



# Monitoreo de indicadores de valor a través de minería de datos, gestión de procesos de negocio y mejoramiento continuo con gestión del riesgo\*

Darío Enrique Soto Durán\*\*

Juan Camilo Giraldo Mejía\*\*\*

Fabio Alberto Vargas Agudelo\*\*\*\*

Jovani Jiménez Builes\*\*\*\*\*

Antonio Jesús Valderrama Jaramillo\*\*\*\*\*

Recibido: 01/07/2019 • Aceptado: 26/11/2019

<https://doi.org/10.22395/rium.v19n37a5>

## Resumen

Para las organizaciones es importante conocer el comportamiento de los procesos a través de la gestión del riesgo y la evaluación de los indicadores clave de desempeño (*Key Performance Indicators*, KPI). Un propósito del ciclo de mejoramiento continuo “planear - hacer - verificar - actuar” (PHVA) es determinar el estado de los indicadores y realizar reingeniería de procesos para lograr el cumplimiento ideal. La gestión del riesgo previene la desviación de los indicadores frente a las metas propuestas. Para determinar las variables relevantes de un proceso es necesario establecer mecanismos de monitoreo y control como forma eficiente de obtención de conocimiento basado en el uso de técnicas como las de minería de datos (MD). Estos conceptos se han articulado aquí en un modelo desarrollado para lograr el estado ideal de los KPI en una organización, y se evidencian a través de un caso de estudio aplicado en un proceso misional de una institución de educación superior, por medio del cual se describe el éxito de la teoría y el análisis planteados. Este modelo establece unos componentes a partir de la articulación de características de MD, la gestión de procesos de negocio o *Business Process Management* (BPM) y el ciclo PHVA con gestión del riesgo, de tal suerte que se hace posible un diseño ajustado a las necesidades particulares que sirve como modelo para investigaciones futuras.

**Palabras clave:** indicador clave de valor KPI; minería de datos; gestión de procesos de negocio; ciclo de mejoramiento continuo PHVA; gestión del riesgo; Norma ISO.

\* El contenido de este artículo es derivado de una investigación realizada en el Tecnológico de Antioquia por los autores, quienes forman parte del grupo de Investigación GIISTA. Esta investigación comprendió un trabajo de grado del programa de Maestría en Gestión de Tecnología de la Información de la Facultad de Ingeniería.

\*\* Ingeniero de sistemas, magíster en ciencias de la computación y Ph. D. en ingeniería de sistemas e informática. Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria. Correo electrónico: dsoto@tdea.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6557-844X>.

\*\*\* Ingeniero de sistemas, especialista en informática, magíster en ingeniería de sistemas, y Ph. D. en ingeniería de sistemas e informática. Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria. Email: [jgiraldo1@tdea.edu.co](mailto:jgiraldo1@tdea.edu.co), Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6564-3029>.

\*\*\*\* Ingeniero de sistemas, especialista en ingeniería de software, magíster en ingeniería de sistemas, y Ph. D. en ingeniería de sistemas e informática. Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria. Email: [fvargas@tdea.edu.co](mailto:fvargas@tdea.edu.co), Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-6921-4918>.

\*\*\*\*\* Docencia de Computadores, magíster en ingeniería de sistemas, y Ph. D. en ingeniería de sistemas e informática, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Medellín. Correo electrónico: [jajimen1@unal.edu.co](mailto:jajimen1@unal.edu.co). Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7598-7696>.

\*\*\*\*\* Ingeniero de software, magíster en gestión de tecnología de la información y especialista en administración de riesgos y seguros. Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria. Correo electrónico: [avalderr@tdea.edu.co](mailto:avalderr@tdea.edu.co). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7016-8031>.

## Monitoring Value Indicators by Applying Data Mining, Business Process Management, and Continuous Improvement with Risk Management

### **Abstract**

Recognizing the behavior of processes through risk management and the assessment of value indicators (KPI), which stands for ‘Key Performance Indicators’, is something of paramount importance for institutions. One of the purposes of the continuous PDCA improvement cycle (Plan - Do - Check - Act) is to determine the state of the indicators and carry out processes reengineering to achieve the ideal goal. Risk management comes from the deviation of the indicators with respect to the proposed goals. In order to determine the relevant variables of a process, monitoring and control mechanisms must be set as an efficient way to obtain the knowledge based on the use of data mining techniques (MD). These concepts articulate in a model that was developed to achieve the ideal condition of the KPIs within an institution, and it is evidenced through a case study applied to a missional process in an institution of higher education. The establishment of data mining, business process management (BPM), PDCA continuous improvement cycle (Plan - Do - Check - Act), and risk management characteristics was used to define the components of the model. The aforementioned allowed to create an effective model, capable of meeting the needs of this research in particular, and able to be used as a model for future research. The proposed model was applied to a specific case, which allowed to describe the success of the theory, as well as the analysis stated.

**Keywords:** Key value indicator; data mining; business process management; PDCA continuous improvement cycle; risk management; ISO Standard.

## Monitoramento de indicadores de valor por meio da mineração de dados, gestão de processos de negócio e melhoria contínua com gestão de risco

### **Resumo**

Para as organizações é importante conhecer o comportamento dos processos por meio da gestão de risco e da avaliação dos indicadores chave de desempenho (Key Performance Indicators, KPI). Um propósito do ciclo de melhoria contínua “planejar – fazer – verificar – agir” (PHVA) é determinar o estado dos indicadores e realizar reengenharia de processos para conseguir a execução ideal. A gestão de risco previne o desvio dos indicadores diante das metas propostas. Para determinar as variáveis relevantes de um processo é necessário estabelecer mecanismos de monitoramento e de controle como forma eficiente de obtenção de conhecimento baseado no uso de técnicas como as de mineração de dados (MD). Esses conceitos foram articulados aqui num modelo desenvolvido para alcançar o estado ideal dos KPI numa organização, e são evidenciados por meio de um caso de estudo aplicado num processo missional de uma instituição de educação superior, por meio do qual se descreve o sucesso da teoria e das análises propostas. Esse modelo estabelece uns componentes a partir da articulação de características de MD, a gestão de processos de negócio ou Business Process Management (BPM) e o ciclo PHVA com gestão de risco, de tal forma que se torna possível um desenho ajustado às necessidades particulares que serve como modelo para pesquisas futuras.

**Palavras-chave:** indicador chave de valor KPI; mineração de dados; gestão de processos de negócio; ciclo de melhoria contínua PHVA; gestão de risco; Norma ISO.

## INTRODUCCIÓN

Para las organizaciones es importante conocer cómo se encuentran los procesos a través de la gestión del riesgo y la evaluación de los KPI, de tal manera que sea posible aplicarles reingeniería y así establecer un ciclo de mejoramiento continuo PHVA, que mediante la gestión del riesgo determine la posibilidad de desviación por los riesgos a que se ven sujetos dichos indicadores. Los KPI suelen presentarse en un cuadro de mando integral, con clave de colores para facilitar su interpretación [1], y deben ser específicos, medibles y cuantificables [2] para evaluar el éxito de la organización [3]. Se pueden extraer por métodos o técnicas de minería de datos, los cuales acceden a las bodegas de datos o modelos analíticos y permiten analizar las variables que corresponden a los KPI [4]. Sin embargo, la carencia de reingeniería y optimización de procesos de negocio es uno de los principales problemas que afecta la competitividad de las organizaciones [5]. Una solución es hacer seguimiento con BPM, que se aplica sobre el rediseño, configuración, ejecución y monitoreo de procesos [6], con lo que se facilita la gestión empresarial con herramientas tecnológicas [7] para analizar los procesos y obtener mejora continua [8]; esto, a su turno, permite a las organizaciones hacer operaciones inteligentes [9] [10].

Las etapas que comprende el seguimiento con BPM son [11]: cinco:

- 1) *Diseño*: definición de los objetivos y estrategias.
- 2) *Modelamiento*: especificación de los usuarios y reglas para la ejecución del proceso.
- 3) *Ejecución*: entrega de la información a los usuarios involucrados.
- 4) *Monitoreo*: control del proceso para su correcta ejecución.
- 5) *Optimización*: identificación de rutas críticas, flujos a mejorar y cuellos de botella.

Algunas investigaciones relacionan este proceso de BPM con MD, para explorar las grandes bases de datos de manera automática o semiautomática. Así, es posible encontrar patrones que expliquen el comportamiento de los datos en un determinado contexto [12] y analizar el conocimiento a partir de datos almacenados [13]. Para desarrollar proyectos de MD se sigue una metodología de obtención de conocimiento conocida como *Cross Industry Standard Process for Data Mining* (CRISP-DM) [14], que consta de seis fases:

- 1) *Comprensión del negocio*: que se centra en objetivos, requerimientos y necesidades de minería de datos.

- 2) *Comprensión de los datos*: se orienta a la recopilación, exploración y comprobación de calidad de los datos.
- 3) *Preparación de los datos*: corresponde a la elección del conjunto final de datos.
- 4) *Modelado: selección* de técnicas de modelado que cumpla con los requisitos.
- 5) *Evaluación*: se evalúan los modelos para el cumplimiento de los objetivos.
- 6) *Despliegue*: se usa el conocimiento obtenido [15] [16] [17] [18].

En la literatura se encuentran, en menor cantidad, propuestas que integran BPM y MD con PHVA, hecho que plantea la necesidad de investigar y aportar propuestas que relacionen MD, BPM, Y PHVA [19]. El agregar el ciclo PHVA hace posible la planear y entender el problema, definir objetivos e identificar procesos, en aras de medir la efectividad de los cambios. Cada etapa de PHVA tiene un propósito [20]:

- *Planificar*: establecer objetivos y procesos.
- *Hacer*: implementar cambios planificados.
- *Verificar*: establecer un periodo de prueba para medir y valorar la efectividad de los cambios.
- *Actuar*: en el caso de que los resultados no se ajusten a las expectativas y objetivos predefinidos, realizar las correcciones y modificaciones necesarias.

Según Cardoso [21] es posible aprender a partir de MD encontrando reglas, usándolas para establecer la predicción del comportamiento y buscar la mejora de procesos en los cuales se presentan grandes volúmenes de datos y su análisis manual es bastante complejo [22]; con ello se optimizaría el proceso a partir de indicadores y patrones obtenidos de los datos [23]. En [24] se establece que BPM aporta de forma significativa a cumplir con los objetivos de una organización con el análisis sistemático de los procesos, sumado a la aplicación de técnicas de MD (como *Clustering* [25]) para generar conocimiento, mejorar los indicadores KPI, y apoyar en la toma de decisiones [26] [27]. Estas investigaciones han utilizado algunas técnicas de MD o BPM, o una fusión de ambas para llegar a los resultados esperados; pero se tiene la necesidad de realizar un monitoreo frecuente sobre los procesos a través de los KPI, y un análisis

de riesgo que permita aplicar PHVA sobre la cadena de valor de la organización, de tal suerte que se identifiquen amenazas o peligros que puedan surgir [28].

La gestión del riesgo, según el Sistema de Gestión ISO 31000, aporta a la valoración y tratamiento del riesgo para su respectiva evaluación, dado que tiene inmerso el ciclo PHVA. El análisis del riesgo, a su turno, se realiza a partir de la determinación de la probabilidad de ocurrencia y del efecto/consecuencia. Luego de la evaluación, se determina la priorización del riesgo, antes de la siguiente etapa —tratamiento [29]—. Empresas pertenecientes a los grupos Sura, Orbis y Aval, y la Organización Leonisa, entre otros, con buenas prácticas de gestión y que cuentan o han contado con alguno o varios sistemas de gestión ISO, han establecido sus indicadores KPI apoyados por la gestión del riesgo respecto a posibles desviaciones, con una debida “calificación de regla para relacionar indicadores respecto a sus metas”; establecen con ello su estado como “crítico”, “alerta” o “ideal”, y a partir de ello priorizan planes de acción y su respectivo seguimiento.

Este artículo presenta un modelo que integra PHVA, BPM, y MD para alcanzar el estado ideal de los KPI [30]. Su medición es la clave para dar información de gestión, reduciendo la incertidumbre y tomar decisiones adecuadas [31], aportando en la reconstrucción de procesos con MD [32] y obtención de conocimiento. El resto del artículo se organiza así: en la primera sección se establecen los materiales y métodos, que presentan la descripción del proceso para el diseño del modelo. En la segunda y tercera sección se especifica el modelo propuesto y los resultados de su aplicación en el caso de estudio, respectivamente. En la cuarta sección se plantea una discusión acerca del modelo obtenido. Por último, se presentan las conclusiones.

## 1. MATERIALES Y MÉTODOS

A partir de un proceso de revisión de literatura se identificaron las características y funcionalidades de algunos modelos que integran BPM y MD, y por ende las carencias en el monitoreo de actividades de procesos organizacionales. Como una forma de superar estas debilidades, se propone una forma de hacer seguimiento, evaluación y mejoramiento de los KPI. Para la aplicación y evaluación del modelo se tomó como caso de estudio el proceso de los semilleros de investigación del Tecnológico de Antioquia, siguiendo la metodología CRISP-DM como estándar para desarrollo de proyectos de obtención de conocimiento y MD. Consideradas las etapas de CRISP-DM se especifican los componentes del modelo y sus actividades, articuladas con MD, BPM, y PHVA, como se describe en la tabla 1.

Tabla 1. Especificación de componentes del modelo a partir de CRISP-DM

Etapas modelo propuesto	Etapas de CRISPDM
Modelado de la organización	Contexto del negocio, de los datos, y su preparación
Análisis de procesos	Modelado
Mejora de procesos	Evaluación
Realimentación	Despliegue

Fuente: elaboración propia.

### 1.1 Modelado de la organización

El modelado de la organización busca establecer la estructuración de la organización en función de los objetivos. Esta etapa comprende las siguientes actividades:

- Con MD: *comprensión del negocio* (involucra la descripción de la organización, del proceso e indicadores), *comprensión y preparación de los datos*.
- Con BPM: *diseño y modelamiento del proceso*.
- Con PHVA mediante la gestión del riesgo: *planeación*, que involucra la determinación del contexto de la organización que articula la actividad de comprensión del negocio de la MD y la identificación de las amenazas o riesgos.

### 1.2 Análisis de procesos

El análisis de procesos busca encontrar los registros o datos de los diferentes indicadores, determinándolos a partir de los datos que se hayan ingresado al sistema de registros. Consta de las siguientes actividades:

- Con MD: modelado y evaluación.
- Con BPM: ejecución.
- Con PHVA mediante la gestión del riesgo: hacer, determinando la evaluación y priorización del riesgo.

### 1.3 Mejora de procesos

En la mejora de procesos, al margen del estado en que se encuentren los KPI, se evalúa la situación de cada una de las variables frente al proceso de gestión. Comprende las siguientes actividades:

- Con MD: despliegue.
- Con BPM: monitoreo.

- Con PHVA mediante la gestión del riesgo: verificar, determinando el cumplimiento de planes de acción previamente establecidos.

### 1.4 Realimentación

La realimentación, o plan de mejora, es posterior a la evaluación; se establece en ella la optimización del KPI, con un correspondiente plan de mejora. Consta de tres actividades:

- Con MD: despliegue.
- Con BPM: optimización.
- Con PHVA mediante la gestión del riesgo: actuar, determinando nuevos planes de acción o mejoras, acorde al cumplimiento de los indicadores o nuevos riesgos.

## 2. MODELO PROPUESTO

En esta sección se presenta el modelo propuesto, integrado por componentes y actividades, especificados a partir de las etapas de la metodología CRISP-DM, el ciclo PHVA y la estrategia para BPM. En la figura 1 se representa el modelo.

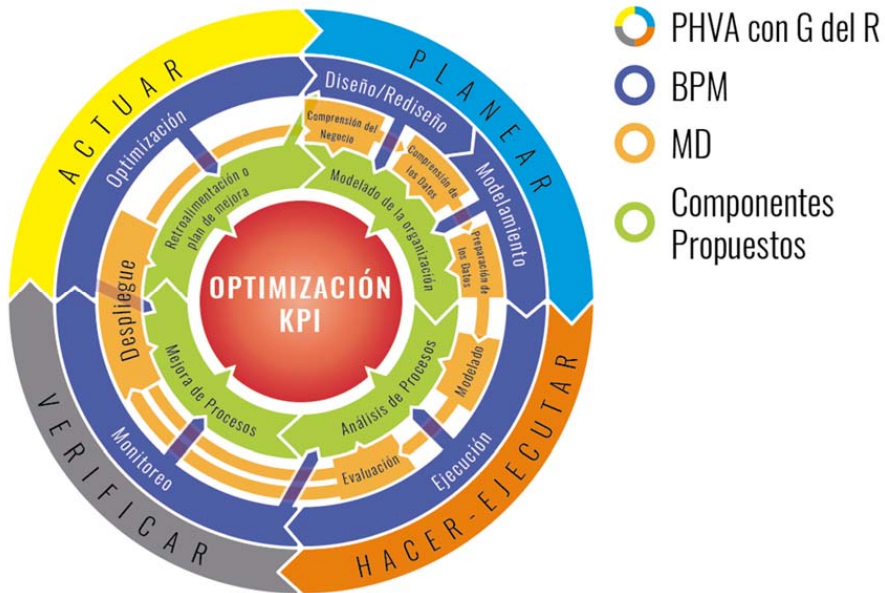


Figura 1. Modelo propuesto: integración de componentes

Fuente: elaboración propia.

## 2.2 Especificación y articulación de los componentes del modelo

A continuación se presenta la relación de los componentes propuestos para el modelo, y su articulación con MD, BPM y PHVA con gestión del riesgo.

Articulación con el componente *modelado de la organización*: *planear* permite conocer la organización, establecer los objetivos y el estado actual de los indicadores del proceso, y definir un cronograma de trabajo (figura 2).

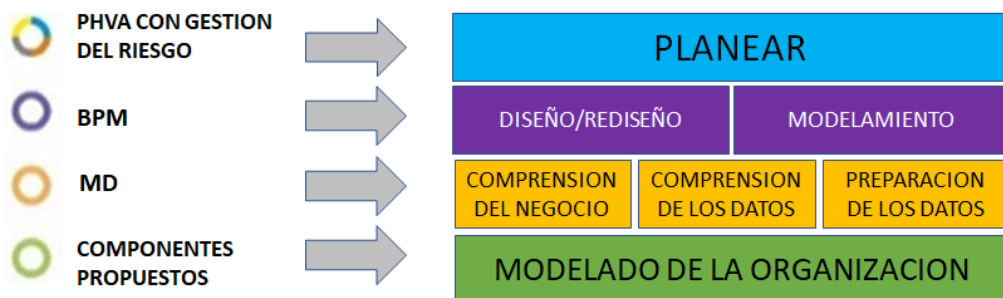


Figura 2. Articulación del componente *modelado de la organización*

Fuente: elaboración propia.

Articulación del componente *análisis del proceso*: *hacer* es el camino hacia la acción; se ejecuta el cronograma planeado y se evalúa todo el proceso en ejecución, con lo que se cumple el respectivo análisis de procesos (figura 3).

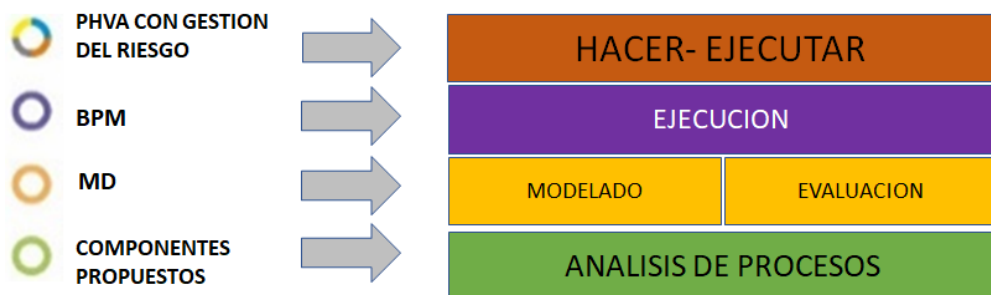


Figura 3. Articulación del componente *análisis del proceso*

Fuente: elaboración propia.

Articulación con el componente *mejora de procesos*: *verificar* es el camino hacia la revisión y monitoreo de la ejecución del cronograma planeado, demostrándose el despliegue respectivo (figura 4).



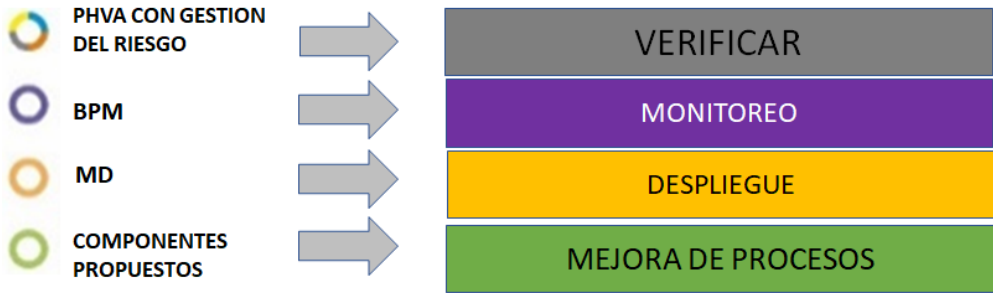


Figura 4. Articulación del componente *mejora de procesos*.

Fuente: elaboración propia.

Articulación con el componente *retroalimentación: actuar* es la última etapa de la revisión y seguimiento del proceso; en su desarrollo se toman decisiones de rediseño de procesos, se realizan acciones de despliegue, y se da paso a la retroalimentación o plan de mejora (figura 5).

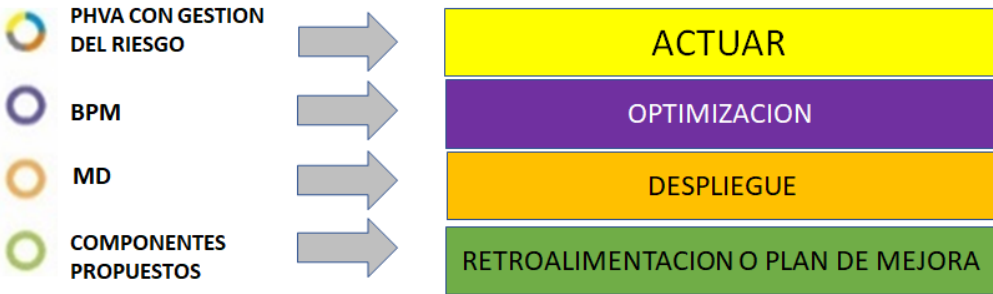


Figura 5. Articulación con componente *plan de mejora*

Fuente: elaboración propia.

### 3. CASO DE ESTUDIO

#### 3.1 Modelado de la organización

El caso de estudio para evaluar la aplicación del modelo se llevó a cabo en el Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria - TdeA (Medellín, Colombia), al interior de la Dirección de Investigaciones de dicha institución.

##### 3.1.1 Comprensión del negocio

El proceso analizado corresponde a la planeación y seguimiento a semilleros de investigación del TdeA (figura 6).

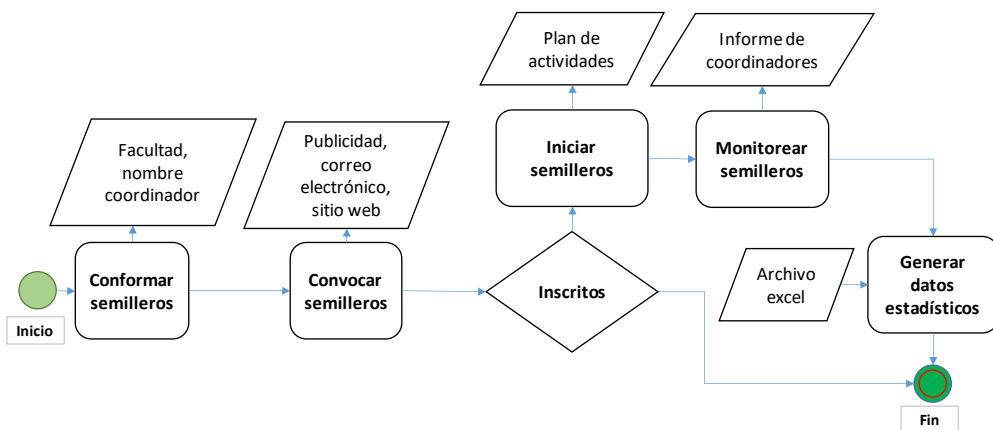


Figura 6. Flujo del proceso de semilleros de investigación TdeA

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.2 Comprensión y preparación de los datos

*Especificación de fuentes de datos.* Los datos se encuentran en una hoja de cálculo (en la aplicación Microsoft Excel®) que contiene la información de registros que realiza la Dirección de Investigaciones. Se seleccionaron las hojas correspondientes al primer y segundo semestres académicos de los años 2016, 2017 y 2018 (6 hojas de registros en total), con la selección de campos *periodo, facultad y grupo de investigación*.

*Especificación de Indicadores.* La Dirección de Investigaciones requiere varios indicadores, entre los que se encuentran los siguientes: participación de estudiantes en semilleros de investigación; cantidad anual de semilleros; proporción anual de estudiantes por semillero; total acumulado de estudiantes en semilleros por facultades; y total acumulado de cantidad semilleros por facultades, entre otros.

### 3.1.3 Gestión del riesgo en componente planear

En la identificación del riesgo de las amenazas a evaluar, se destaca la baja vinculación de nuevos docentes con alto nivel de cualificación, la inadecuada estrategia de divulgación de semilleros y el bajo reconocimiento, apoyo económico y estímulos.

## 3.2 Análisis de procesos

El análisis realizado a partir de los indicadores respecto a la meta definida se presenta en la tabla 2. Para cada indicador de gestión de procesos se definió una regla compuesta por un valor base y un porcentaje (parámetros establecidos con anterioridad por expertos de la organización).

Tabla 2. Calificación de regla para relacionar indicadores respecto a su meta.

Rangos en valor absoluto	Rango en porcentaje sobre una meta de 5 (valor absoluto / meta)* 100	Priorización e interpretación de los rangos en valor absoluto o porcentajes
>4	> 80 % o 0,80	Ideal
<= 4 y >= 3	<=80 % o 0,80 y >= 60 % o 0,60	Alerta
<3	< 60 % o 0,60	Crítico

Fuente: elaboración propia.

### 3.2.1 Modelado

El indicador de valor KPI se determinó a partir del periodo anual, con una regla compuesta por el presupuesto o meta, el resultado obtenido, y el porcentaje de cumplimiento. Para establecer la participación de los estudiantes del TdeA en semilleros de investigación se definieron variables que indican la relación en cada año, de lo proyectado a alcanzar y lo obtenido al finalizar cada periodo académico. Estas metas son establecidas desde la Dirección de Investigaciones.

### 3.2.2 Ejecución

En la tabla 3 se especifica la regla de determinación del indicador KPI para presupuestos vs. resultados y el porcentaje de cumplimiento por cada año.

Tabla 3. Determinación del indicador KPI y meta del proceso para *participación de los estudiantes en los semilleros*

Periodo (año)	Regla del Indicador		
	Presupuesto o Meta	Resultado obtenido	Porcentaje de cumplimiento (resultado/meta) *100
2016	500	51	10,2 %
2017	500	350	70,0 %
2018	500	554	110,8 %

Fuente: elaboración propia.

*Hacer - ejecutar.* En este punto se realiza la aplicación de la metodología de gestión del riesgo, con la determinación de su análisis respectivo.

*Análisis del Riesgo.* Se establecen las probabilidades y frecuencias, con lo cual se definen los rangos y niveles. Las probabilidades establecidas permitirán determinar la frecuencia de las ocurrencias —en este caso, las causas que relacionan las acciones o actividades que corresponden a la participación de los estudiantes en los semilleros—. En la tabla 4 se presenta la probabilidad/frecuencia de la metodología de gestión de riesgo.

Tabla 4. Tabla de probabilidad / frecuencia

Tabla de Probabilidad / Frecuencia		
Descripción detallada	Rangos	Nivel
Ocurriría solo bajo circunstancias excepcionales	Raro	1
Podría ocurrir algunas veces	Improbable	2
Puede ocurrir en algún momento	Posible	3
Ocurrencia en la mayoría de las circunstancias	Probable	4
La ocurrencia se da en la mayoría de las circunstancias	Casi seguro	5

Fuente: elaboración propia con base en la Norma ISO 31000.

Los impactos de la metodología de gestión de riesgos se reflejan en lo financiero, lo operativo, la imagen organizacional y los clientes. Para cada uno de estos aspectos en las se describen los impactos, con los rangos y niveles definidos, en las tablas 5, 6, 7 y 8.

Tabla 5. Impacto en lo financiero.

Impacto en lo financiero		
Descripción detallada en millones	Rangos	Nivel
Pérdida menor a \$ 10	Insignificante	1
Pérdida mayor o igual a \$ 10 y menor a \$ 20	Menor	2
Pérdida mayor o igual a \$ 20 y menor a \$ 30	Intermedio	3
Pérdida mayor o igual a \$ 30 y menor a \$ 40	Mayor	4
Pérdida mayor o igual a \$ 40	Superior	5

Fuente: elaboración propia con base en la Norma ISO 31000.

Tabla 6. Impacto en la operación

Impacto en la operación		
Descripción detallada	Rangos	Nivel
Indisponibilidad del semillero de investigación	Insignificante	1
Indisponibilidad a nivel del Grupo de investigación	Menor	2
Indisponibilidad a nivel de Facultad	Intermedio	3
Indisponibilidad de la Dirección de Investigación	Mayor	4
Indisponibilidad a nivel externo	Superior	5

Fuente: elaboración propia con base en la Norma ISO 31000.

Tabla 7. Impacto en la imagen

Impacto en la imagen		
Descripción detallada	Rangos	Nivel
Identifica el problema de imagen en el grupo	Insignificante	1
Identifica el problema de imagen institucional	Menor	2
Identifica el problema de imagen a nivel regional	Intermedio	3
Identifica el problema de imagen a nivel nacional	Mayor	4
Identifica el problema de imagen internacionalmente	Superior	5

Fuente: elaboración propia con base en la Norma ISO 31000.

Tabla 8. Impacto en los clientes / mercado

Impacto en los clientes / mercado		
Descripción detallada	Rangos	Nivel
Pérdida menor de 5 % de estudiantes en semilleros	Insignificante	1
Pérdida hasta 10 % de estudiantes en semilleros	Menor	2
Pérdida hasta 15 % de estudiantes en semilleros	Intermedio	3
Pérdida hasta 25 % de estudiantes en semilleros	Mayor	4
Pérdida superior a 50 % de estudiantes en semilleros	Superior	5

Fuente: elaboración propia con base en la Norma ISO 31000.

### Evaluación

La evaluación del riesgo es el producto del nivel de la probabilidad/frecuencia por el nivel de cada impacto involucrado. En la tabla 9 se presenta la evaluación del riesgo a partir de la definición de valores de probabilidad/frecuencia (tabla 4) y los impactos (tablas 5, 6, 7 y 8). La evaluación del riesgo facilita la toma de decisiones en función de la manera en que se priorizan, dentro de lo cual se destaca la criticidad de cada grado de riesgo (GR).

Tabla 9. Grado de riesgo

Nivel de probabilidad \ Nivel de impacto	Nivel de impacto				
	5	4	3	2	1
5	25	20	15	10	5
4	20	16	12	8	4
3	15	12	9	6	3
2	10	8	6	4	2
1	5	4	3	2	1

Fuente: elaboración propia con base en la Norma ISO 31000.

### 3.3 Mejora de procesos

#### 3.3.1 Despliegue

Se aplicó la técnica *clustering* de MD al conjunto de registros conformado por los atributos de año; nombre de facultad; nombre del grupo; nombre del programa; nombre del semillero; semestre o periodo académico; y total de estudiantes. El algoritmo se entrenó tomando como variables de entrada los atributos anteriores, y como variable de predicción el Total Estudiantes.

*Diagrama de perfiles.* Con la aplicación de la técnica se muestran los registros agrupados en subconjuntos o subgrupos —denominados ‘clústeres’—, en un diagrama de perfiles que se presenta en la figura 7. Este diagrama muestra cuatro columnas:

variables (atributos que se eligieron para el análisis de datos, esto es, variables de predicción y entrada); estados (colores que identifican a cada uno de los datos de las variables); datos que contiene cada variable; y concentración de datos por variable (especifica los porcentajes indicados por colores).

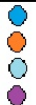

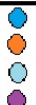
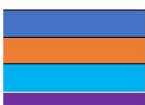




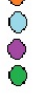

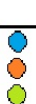



Atributos			Perfiles del Clúster
Variables	Estados		Población (Todo) Tamaño: 139
Año		2018 2017 2016 ausente	
Nombre F		FACULTAD DE INGENIERIA FACULTAD DE EDUCACIÓN Y CIENCIAS SOCIALES FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y ECONOMICAS FACULTAD DE DERECHO Y CIENCIAS FORENSES Otros	
Nombre G		INTEGRA OBSERVATOS GIISTA OBSERVATORIO PUBLICO Otros	
Nombre P		Ingeniería Ambiental Administración Financiera Psicología Negocios y comercio Internacional Otros	
Nombre		En familia, texto, y contexto Aplicaciones económicas en Finanzas y negocios Estudios Internacionales Desarrollo Organizacional, responsabilidad social Otros	
Semestre		2 1 Ausente	
Total Estudiantes		17,56 5,0 1,0	

Figura 7. Diagrama de perfiles de clúster

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el análisis del comportamiento de las variables de la figura 7, “año” muestra la mayor concentración de datos en el 2018, y el color que relaciona es azul. Los datos relacionados con el total de estudiantes que participan en semilleros de investigación a nivel institucional indican una mayor concentración (color violeta) para el año 2017 y menor para el 2016 (color verde). Para la variable “facultad”, los colores indican el espacio en que se presentó más concentración de estudiantes mediante otro código de colores; y la variable “total estudiantes” muestra un comportamiento general, lo cual indica que entre 1 y 18 estudiantes se concentran en uno o más semilleros.

*Diagrama de características.* Este presenta un resumen del comportamiento de las variables respecto al total de registros. La probabilidad más alta se presenta en los datos del atributo “semestre” (valor 2), y se destaca el año 2018; así mismo, la facultad con más concentración de estudiantes es la de Ingeniería: entre 5 y 7 estudiantes participan en semilleros de investigación (figura 8).

Características para población (Todo)		
VARIABLES	VALORES	PROBABILIDAD
SEMESTRE	2	
ANIO	2018	
SEMESTRE	1	
NOMBRE F	FACULTAD DE INGENIERÍA	
ANIO	2017	
NOMBRE F	FACULTAD DE EDUCACIÓN Y CIENCIAS SOCIALES	
TOTAL ESTUDIANTES	5-7	
TOTAL ESTUDIANTES	2-4	
TOTAL ESTUDIANTES	8-17	
NOMBRE F	FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS	
NOMBRE G	INTEGRA	
ANIO	2016	
NOMBRE G	OBSERVATOS	
NOMBRE G	GIISTA	
NOMBRE G	OBSERVATORIO PUBLICO	
NOMBRE G	RED	
NOMBRE P	INGENIERÍA AMBIENTAL	
NOMBRE P	ADMINISTRACIÓN FINANCIERA	
NOMBRE P	PSICOLOGÍA	
NOMBRE G	SENDEROS	
NOMBRE P	NEGOCIOS Y COMERCIO INTERNACIONAL	

Figura 8. Diagrama de características de clúster

Fuente: elaboración propia.

En la figura 9 puede observarse el comportamiento de la participación de los estudiantes frente a su meta. De aquí se observa el crecimiento de la participación en semilleros entre 2016 y 2018, representado en un 10 %, 70 % y 111 %, respectivamente. Igualmente, se destaca que la meta ha estado por encima de los estudiantes participantes, excepto en el año 2018, en que se superó.

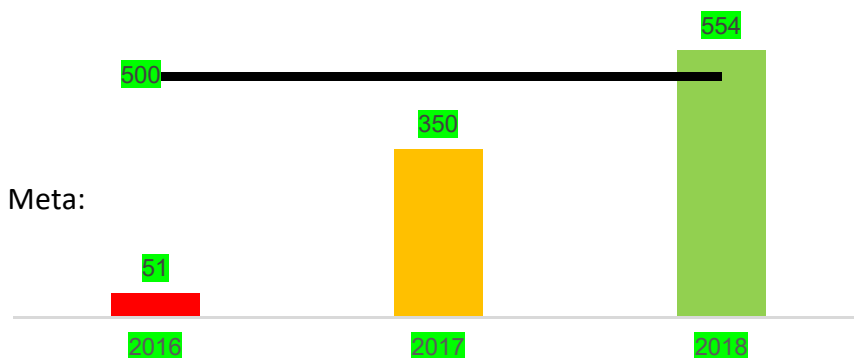


Figura 9. Total de estudiantes en semillero anual institucional vs. estudiantes participantes esperados (meta)

Fuente: elaboración propia.

*Monitoreo.* A partir de la aplicación de la metodología de gestión del riesgo se presentan los resultados de las acciones de monitoreo. En la figura 10 se evidencia un crecimiento paulatino de la cantidad de semilleros de investigación entre 2016 y 2018 —representado en 18 %, 29 % y 53 % sobre el total, respectivamente—.

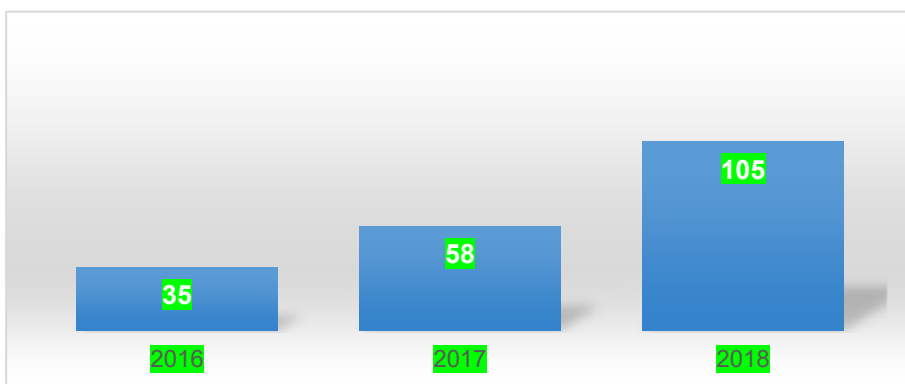


Figura 10. Cantidad de semilleros por año a nivel institucional

Fuente: elaboración propia.

En la figura 11 se observa un crecimiento paulatino en la proporción del número de estudiantes por semillero por año de 314 % y 262 % en 2017 y 2018, respectivamente, frente al 2016.



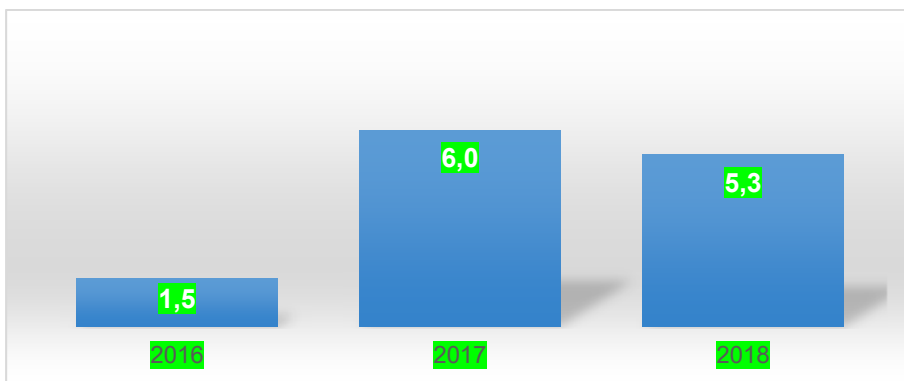


Figura 11. Proporción del número de estudiantes por semillero por año a nivel institucional

Fuente: elaboración propia.

La proporción de estudiantes en los semilleros está representada por las facultades de Ingeniería, Educación y Ciencias Sociales, Ciencias Administrativas y Económicas, y Derecho y Ciencias Forenses, y por el Departamento de Ciencias Básicas y Áreas Comunes: ostentan el 40 %, 32 %, 16 %, 6 % y 6 % en el periodo estudiado, respectivamente (figura 12).



Figura 12 Total acumulado de estudiantes en semilleros por facultad, 2016 - 2018

Fuente: elaboración propia.

De las cinco facultades de la investigación, el 72 % de los estudiantes participantes en semilleros pertenecen a las de Ingeniería, Educación y Ciencias Sociales.

*Evaluación del riesgo.* A partir de la información analizada, en las tablas 10, 11 y 12 se presenta la evaluación del riesgo de las amenazas.

Tabla 10. Gestión de riesgo por amenazas para 2016.

Amenazas sobre el "No cumplimiento de la meta de cantidad de estudiantes en los semilleros"		Probabilidad / Frecuencia			IMPACTO				Mayor grado de riesgos (GR) de la amenaza específica	
					Descripción	En lo FINANCIERO	En la OPERACIÓN	En la IMAGEN		En Los CLIENTES / MERCADO
						Pérdida menor a \$10 millones	Hay indisponibilidad a nivel de Dirección de Investigación / Institución	Se identifica el problema de imagen a nivel de Institución		Pérdida superior al 50% de los estudiantes participantes en semilleros.
Descripción	Rango	Nivel	Insignificante	Mayor	Menor	Superior				
			Nivel 1	4	2	5				
Baja vinculación de nuevos docentes con alto perfil o nivel de cualificación	Probabilidad de ocurrencia en la mayoría de las circunstancias	Probable	4	16	8	20	20			

Amenazas sobre el "No cumplimiento de la meta de cantidad de estudiantes en los semilleros"		Probabilidad / Frecuencia			IMPACTO				Mayor grado de riesgos (GR) de la amenaza específica	
					Descripción	En lo FINANCIERO	En la OPERACIÓN	En la IMAGEN		En Los CLIENTES / MERCADO
						Pérdida menor a \$10 millones	Hay indisponibilidad a nivel de Dirección de Investigación / Institución	Se identifica el problema de imagen a nivel de Institución		Pérdida superior al 50% de los estudiantes participantes en semilleros.
Descripción	Rango	Nivel	Insignificante	Mayor	Menor	Superior				
			Nivel 1	4	2	5				
Inadecuada estrategia de divulgación de semilleros (poca publicidad o escasa divulgación por parte de docentes).	La expectativa de ocurrencia se da en la mayoría de circunstancias	Casi seguro	5	20	10	25	25			

Amenazas sobre el "No cumplimiento de la meta de cantidad de estudiantes en los semilleros"		Probabilidad / Frecuencia			IMPACTO				Mayor grado de riesgos (GR) de la amenaza específica	
					Descripción	En lo FINANCIERO	En la OPERACIÓN	En la IMAGEN		En Los CLIENTES / MERCADO
						Pérdida menor a \$10 millones	Hay indisponibilidad a nivel de Dirección de Investigación / Institución	Se identifica el problema de imagen a nivel de Institución		Pérdida superior al 50% de los estudiantes participantes en semilleros.
Descripción	Rango	Nivel	Insignificante	Mayor	Menor	Superior				
			Nivel 1	4	2	5				
Bajo reconocimiento, apoyo económico y estímulos (Motivación y sensibilización de los estudiantes)	Probabilidad de ocurrencia en la mayoría de las circunstancias	Probable	4	16	8	20	20			

Fuente: elaboración propia.

Tabla 11. Gestión del riesgo por amenazas para 2017.

Amenazas sobre el "No cumplimiento de la meta de cantidad de estudiantes en los semilleros"		Probabilidad / Frecuencia			IMPACTO				Mayor grado de riesgos (GR) de la amenaza específica	
					Descripción	En lo FINANCIERO	En la OPERACIÓN	En la IMAGEN		En Los CLIENTES / MERCADO
						Pérdida menor a \$10 millones	Hay indisponibilidad a nivel de Dirección de Investigación / Institución	Se identifica el problema de imagen a nivel de Institución		Pérdida hasta el 25% de los estudiantes participantes en semilleros.
Descripción	Rango	Nivel	Insignificante	Mayor	Menor	Mayor				
			Nivel 1	4	2	4				
Baja vinculación de nuevos docentes con alto perfil o nivel de cualificación	Puede ocurrir en algún momento	Posible	3	12	6	12	12			

Amenazas sobre el "No cumplimiento de la meta de cantidad de estudiantes en los semilleros"		Probabilidad / Frecuencia			IMPACTO				Mayor grado de riesgos (GR) de la amenaza específica	
					Descripción	En lo FINANCIERO	En la OPERACIÓN	En la IMAGEN		En Los CLIENTES / MERCADO
						Rango	Insignificante	Mayor		Menor
Inadecuada estrategia de divulgación de semilleros (poca publicidad o escasa divulgación por parte de docentes).		Probabilidad de ocurrencia en la mayoría de las circunstancias	Probable	4	XXX	4	16	8	16	16

Amenazas sobre el "No cumplimiento de la meta de cantidad de estudiantes en los semilleros"		Probabilidad / Frecuencia			IMPACTO				Mayor grado de riesgos (GR) de la amenaza específica	
					Descripción	En lo FINANCIERO	En la OPERACIÓN	En la IMAGEN		En Los CLIENTES / MERCADO
						Rango	Insignificante	Mayor		Menor
Bajo reconocimiento, apoyo económico y estímulos (Motivación y sensibilización de los estudiantes)		Puede ocurrir en algún momento	Posible	3	XXX	3	12	6	15	15

Fuente: elaboración propia.

Tabla 12. Gestión del riesgo por amenazas para 2018.

Amenazas sobre el "No cumplimiento de la meta de cantidad de estudiantes en los semilleros"		Probabilidad / Frecuencia			IMPACTO				Mayor grado de riesgos (GR) de la amenaza específica	
					Descripción	En lo FINANCIERO	En la OPERACIÓN	En la IMAGEN		En Los CLIENTES / MERCADO
						Rango	Insignificante	Intermedio		Menor
Baja vinculación de nuevos docentes con alto perfil o nivel de cualificación		Puede ocurrir en algún momento	Posible	3	XXX	3	9	6	9	9

Amenazas sobre el "No cumplimiento de la meta de cantidad de estudiantes en los semilleros"		Probabilidad / Frecuencia			IMPACTO				Mayor grado de riesgos (GR) de la amenaza específica	
					Descripción	En lo FINANCIERO	En la OPERACIÓN	En la IMAGEN		En Los CLIENTES / MERCADO
						Rango	Insignificante	Mayor		Menor
Inadecuada estrategia de divulgación de semilleros (poca publicidad o escasa divulgación por parte de docentes).		Puede ocurrir en algún momento	Posible	3	XXX	3	12	6	9	12

Amenazas sobre el "No cumplimiento de la meta de cantidad de estudiantes en los semilleros"	Probabilidad / Frecuencia			IMPACTO				Mayor grado de riesgos (GR) de la amenaza específica	
				En lo FINANCIERO	En la OPERACIÓN	En la IMAGEN	En Los CLIENTES / MERCADO		
				Descripción	En lo FINANCIERO	En la OPERACIÓN	En la IMAGEN		En Los CLIENTES / MERCADO
Bajo reconocimiento, apoyo económico y estímulos (Motivación y sensibilización de los estudiantes)	Probabilidad de ocurrencia en la mayoría de las circunstancias	Probable	4	Rango	Insignificante	Mayor	Menor	Menor	16
				Nivel	1	4	2	2	
				XXX	4	16	8	8	

Fuente: elaboración propia.

Los colores del semáforo utilizado en la determinación de GR en las tablas anteriores van de rojo (crítico) a verde (menos crítico). Se observa un decremento de los rojos y los amarillos hacia los verdes con el incremento de los años del estudio desde 2016 hasta 2018.

### 3.3 Retroalimentación o plan de mejora

#### 3.3.1 Despliegue

La retroalimentación o plan de mejora se realiza a las medidas e indicadores del periodo actual: se determina el grado de cumplimiento con rangos por valor absoluto, porcentaje referente a la meta y priorización del estado (ideal, alerta o crítico), tal como se presenta en la tabla 13.

Tabla 13. Priorización del GR.

Rango del GR en valor absoluto	Rango del GR en porcentaje sobre el valor máximo = 25 (valor absoluto / máximo) * 100	Priorización del GR
>= 20	>= 80 % o 0,80	Crítico
< 20 y >= 10	<80 % o 0,80 y >= 40 % o 0,40	Alerta
<10	< 40 % o 0,40	Ideal

Fuente: elaboración propia.

Luego de la priorización de la evaluación del riesgo por año se realizó la consolidación de las amenazas sobre el “No cumplimiento de la meta de cantidad de estudiantes en los semilleros”, dentro de lo que se destacaron los estados “crítico” y “alerta” (tablas 14, 15 y 16).

Tabla 14. Consolidado de las amenazas, año 2016.

Valor	Amenazas sobre el "No cumplimiento de la meta de cantidad de estudiantes en los semilleros"
25	Bajo reconocimiento, apoyo económico y estímulos
20	Baja vinculación de nuevos docentes con alto perfil o nivel de cualificación
16	Baja vinculación de nuevos docentes con alto perfil o nivel de cualificación
12	Poco aporte en planes institucionales, facultad, dirección de investigación
10	Bajo reconocimiento, apoyo económico y estímulos

Fuente: elaboración propia.

Tabla 15. Consolidado de las amenazas, año 2017.

Valor	Amenazas "No cumplimiento de la meta de estudiantes en semilleros"
25	*****
20	*****
16	Bajo reconocimiento, apoyo económico y estímulos
15	Bajo reconocimiento, apoyo económico y estímulos
12	Baja vinculación de nuevos docentes nivel de cualificación
10	Bajo reconocimiento, apoyo económico y estímulos

Fuente: elaboración propia.

Tabla 16. Consolidado de las amenazas, año 2018.

Valor	Amenazas "No cumplimiento de la meta de estudiantes en semilleros"
25	*****
20	*****
16	Poco aporte e impacto en los planes institucionales, de facultad, dirección de investigación, mínimo impacto en la investigación formativa.
15	Poco aporte e impacto en los planes institucionales, de facultad
12	Bajo reconocimiento, apoyo económico y estímulos. Mínimo impacto en la investigación formativa
10	*****

Fuente: elaboración propia.

*Optimización y actuar.* El tratamiento del riesgo, como optimización y actuación frente a las debilidades manifestadas durante la valoración del GR, se describe en la tabla 17. Este tratamiento implica la selección de acciones, entre las que se puede nombrar: evitar el riesgo, incrementar el riesgo como una oportunidad, retirar la fuente de riesgo, cambiar la probabilidad, cambiar las consecuencias, transferir o compartir el riesgo, y retener el riesgo como decisión informada.

Tabla 17. Definición de recomendaciones a partir de la priorización del GR, año 2018.

Grado de Riesgo (GR)		Alerta			
Amenazas sobre :		Inadecuada estrategia de publicidad y bajo voz a voz de los docentes hacia los estudiantes.			
Tratamiento	Evitar el riesgo: no iniciar o no continuar				
	Incrementar el riesgo como una oportunidad				
	Retirar la fuente del riesgo				
	Cambiar la probabilidad		X		
	Cambiar las consecuencias		X		
	transferir o compartir el riesgo				
	Retener el riesgo como decisión informada				
Plan de acción sugerido (general)	Responsable sugerido	Fecha sugerida	Recursos o Costo aprox. (\$)	Seguimiento	
Continuar con la divulgación de los semilleros en temas de proyectos por realizar, realizados y en beneficios de los mismos en aportes a la investigación	Dirección de investigación, Decanaturas y coordinadores de semilleros con apoyo de docentes de Áreas Técnicas	Semestres 1 y 2 de 2019	Menos de \$10 millones		
Grado de Riesgo (GR)		Alerta			
Amenazas sobre :		Bajo reconocimiento, apoyo económico y estímulos.			
Tratamiento	Evitar el riesgo: no iniciar o no continuar				
	Incrementar el riesgo como una oportunidad				
	Retirar la fuente del riesgo				
	Cambiar la probabilidad				
	Cambiar las consecuencias				
	transferir o compartir el riesgo				
	Retener el riesgo como decisión informada				
Plan de acción sugerido (general)	Responsable sugerido	Fecha sugerida	Recursos o Costo aprox. (\$)	Seguimiento	
Continuar con la divulgación de los reconocimientos, de apoyos económicos y de los estímulos a participantes de semilleros, ante la comunidad Institucional.	Dirección de investigación, Decanaturas y coordinadores de semilleros	Semestres 1 y 2 de 2019	Menos de \$10 millones		
Grado de Riesgo (GR)		Ideal			
Amenazas sobre :		Baja vinculación de nuevos docentes con perfiles y titulaciones más elevados.			
Tratamiento	Evitar el riesgo: no iniciar o no continuar				
	Incrementar el riesgo como una oportunidad				
	Retirar la fuente del riesgo				
	Cambiar la probabilidad		X		
	Cambiar las consecuencias				
	transferir o compartir el riesgo				
	Retener el riesgo como decisión informada				
Plan de acción sugerido (general)	Responsable sugerido	Fecha sugerida	Recursos o Costo aprox. (\$)	Seguimiento	
Continuar con la vinculación de docentes con perfiles titulaciones más elevados, como apoyo a los semilleros.	Vicerectoría académica	Semestres 1 y 2 de 2019	Lo define Vicerectoría académica y Rectoría		

Fuente: elaboración propia.

#### 4. DISCUSIÓN

Las investigaciones revisadas a manera de antecedentes permitieron identificar fortalezas en cuanto a la integración de MD y BPM para la gestión del riesgo. Sin embargo, se encontraron debilidades referidas a los temas de mejora continua con gestión del riesgo, aplicables a la determinación de indicadores y sus posibles incumplimientos. Frente a ello, en este trabajo se presenta un modelo que integra los resultados desde las áreas del ciclo PHVA, BPM y MD: aporta más integralidad en dichos resultados y brinda apoyo para la gestión del riesgo y el análisis del estado de los KPI obtenidos a partir de un modelo dimensional.

En el marco de los procesos vitales de la Dirección de Investigaciones del Tecnológico de Antioquia se estableció una escala de calificación que permite conocer el nivel de cumplimiento y posible optimización de los KPI y de los registros estadísticos, luego de un proceso de minería de datos. Para ello, se definió un listado de amenazas que pudiesen afectar de forma negativa el cumplimiento de la meta asociada a la cantidad de estudiantes en los semilleros de investigación proyectados. Al generar un listado y tablas de probabilidad - frecuencia, así como y la respectiva valoración de impactos en varios aspectos (como los que se involucran en este trabajo), se logró llegar a la valoración del riesgo, su priorización y la determinación de planes de mejora para su gestión.

#### 5. CONCLUSIONES

El modelo propuesto se presenta como una aproximación para realizar gestión del riesgo a partir del ciclo PHVA. Su valor agregado está representado por la incorporación de componentes que no solo permiten la verificación del proceso de negocio bajo análisis a través de BPM, sino que a la vez se obtienen y analizan sus indicadores, con lo que se identifica su estado a partir de probabilidades y frecuencias que se miden desde la gestión del riesgo.

La incorporación del modelo propuesto en el proceso que relaciona los semilleros de investigación de la institución estudiada ha permitido conocer el comportamiento de la participación de los estudiantes a nivel institucional. En este sentido, el proceso permitió resaltar las variables más significativas que permiten determinar por qué se ha presentado más participación en unos periodos académicos respecto a otros, y las causas que motivan dicho comportamiento. Estas últimas se analizaron a partir de los riesgos y permitieron activar elementos del modelo que están orientados a revisar el proceso con el componente BPM, y generar mejora continua a través del componente PHVA. La incorporación del modelo aplicado periodo tras periodo en la definición, valor y seguimiento de los indicadores ayuda a definir planes de acción que favorezcan

y posibiliten una mayor participación de los estudiantes en los diferentes semilleros de investigación de las facultades del Tecnológico de Antioquia.

## REFERENCIAS

- [1] “ISOTools,” [En línea]. Available: <https://www.isotools.org/soluciones/procesos/kpis-indicadores/>.
- [2] ”JLV Enterprises,” 2018. [En línea]. Available: <https://jlvbusiness.com/2017/06/19/que-es-un-kpi-y-cuales-son-sus-caracteristicas/>.
- [3] T. P. y. C. Felden, “On the restriction to numeric indicators in Performance Measurement Systems,” 15th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops, 2011.
- [4] M. A. y. J. J. Jeng, “A Tool Framework for KPI Application Development,” IEEE International Conference on e-Business Engineering, 2007.
- [5] Z. Wang, Y. Qing y Y. S., “The Research of Process Mining Assesment used in Business Intelligence,” IEEE, 11th International Conference on Computer and Information Science, 2012.
- [6] E. Souza, “Challenges in Performance Analysis in Enterprise Architectures,” *IEEE Computer Society*, 2013.
- [7] G. Xiang, “Towards the Next Generation Intelligent BPM – In the Era of Big Data,” *Springer*, 2013
- [8] A. Orellana, C. Sanchez y L. Gonzalez, “Aplicación del Modelo L\* de minería de proceso al módulo Almacén del Sistema de Información Hospitalaria alas HIS,” *13th Laccei International Conference*, 2015.
- [9] R. X. J. Y. H. L. W. Z. Wencong Lu, “Data mining-aided materials discovery and optimization.,” 2017.
- [10] A. K. M. Nidhi Tomar, “A Survey on Data Mining Optimization Techniques.,” *International Journal of Science Technology & Engineering | Volume 2 | Issue 06*, December 2015.
- [11] F. N. a. B. M. Christoph Gröger, “Data Mining-driven Manufacturing Process Optimization.,” *Proceedings of the World Congress on Engineering 2012 Vol III.*, p. Vol III., 2012.
- [12] J. I. Gaiña Yungán, “<http://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/1815>,” 12 2015. [En línea]. Available: <http://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/1815>.
- [13] J. J. P. R. A. E. A. Surelys Pérez Jiménez, “Modelo clustering para el análisis en la ejecución de procesos de negocio,” *Investigación Operacional*, pp. Vol 33, No. 3, 210-221, 2012.



- [14] R. Alcover *et al.*, “Análisis del rendimiento académico en los estudios de informática de la Universidad Politécnica de Valencia aplicando técnicas de minería de datos”, 2007 [internet]. Disponible en: <http://bioinfo.uib.es/~joemi/procJenui/Jen2007/alanal.pdf>.
- [15] “Significados”. [internet]. Disponible en: <https://www.significados.com/amenaza/>.
- [16] R. & T. J. Arun, “Analysis and Enhancement Of Process Models Using Scoring For Customer Relationship Management.,” *International Journal of Computer Science Engineering and Information Technology Research.*, pp. 6(5), 75–84. Retrieved from [http://www.tjprc.org/publishpapers/2-14-1476361205-9.IJCSEITR-Analysis and Enhancement of process model using scoring for Customer Relationship Management.pdf](http://www.tjprc.org/publishpapers/2-14-1476361205-9.IJCSEITR-Analysis%20and%20enhancement%20of%20process%20model%20using%20scoring%20for%20customer%20relationship%20management.pdf), 2016.
- [17] U. & Q. H. Shafique, “A Comparative Study of Data Mining Process Models ( KDD , CRISP-DM and SEMMA ).,” *International Journal of Innovation and Scientific Research*, pp. 12(1), 217–222. Retrieved from <http://www.ijisr.issr-journals.org/abstract.php?>, 2014.
- [18] G. Quiceno, L. Uribe y P. Noreña Cardona, “Visualizaciones analíticas para la toma de decisiones en pequeñas y medianas empresas utilizando Data Mining”, *Cuaderno Activa*, vol. 8, n.º 8, pp. 31–39, 2016.
- [19] A. Rembert y C. Ellis, “An Initial Approach to Mining Multiple Perspectives of a Business Process,” in *TAPIA '09: The Fifth Richard Tapia Celebration of Diversity in Computing Conference: Intellect, Initiatives, Insight, and Innovations*, pp. 35–40, 2010.
- [20] “ISOTools”. [internet]. Disponible en: <https://www.isotools.org/2015/02/20/en-que-consiste-el-ciclo-phva-de-mejora-continua/>
- [21] E. Cardoso, “Towards a Methodology for Goal-Oriented Enterprise Management,” en *17th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops*, 2013.
- [22] X. Gao, “Towards the Next Generation Intelligent BPM”, *Business Process Management. Lecture Notes in Computer Science*, vol. 8094, pp. 4-10, 2013.
- [23] M. A. Cetina, “Gestión de procesos con BPM,” *Tecnología, Investigación y Academia. Universidad Distrital Francisco José de Caldas*, vol. 4, n.º 2, pp.45-56, 2016.
- [24] “Sinnexus Business Intelligence Informática estratégica”. [internet]. Disponible en [https://www.sinnexus.com/business\\_intelligence/datamining.aspx](https://www.sinnexus.com/business_intelligence/datamining.aspx).
- [25] E. Blanco-Hermida, *Algoritmos de clustering y aprendizaje automático aplicados a Twitter*, Barcelona: Universidad Politécnica de Valencia, 2016.
- [26] K. R. Saylam y S. Ozgur, “Process mining in business process management: concepts and challenges,” en *2013 International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO)*, pp. 131-134, 2013.
- [27] E. Leonard Brizuela y Y. Castro Blanco, “Metodologías para desarrollar Almacén de Datos” *Revista de Arquitectura e Ingeniería, Revista de Arquitectura e Ingeniería*, vol. 7, n.º 3, pp. 1–12.

- [28] U. Shafique y H. Qaiser, “A Comparative Study of Data Mining Process Models ( KDD , CRISP-DM and SEMMA )”, *International Journal of Innovation and Scientific Research.*, vol. 12, n.º 1, 217–222.
- [29] ICONTEC, *Norma Técnica Colombiana NTC-31000. Gestión del Riesgo. Principios y Directrices*, Bogotá: Icontec, 2011.
- [30] T. Pidun y C. Felden, “On the Restriction to Numeric Indicators in Performance Measurement Systems”, 2011 IEEE 15th International Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops, Helsinki, 2011, pp. 96-102. DOI: 10.1109/EDOCW.2011.16.
- [31] D. Wegener y S. Rüping, “On Reusing Data Mining in Business Process – A Pattern- Based Approach”, en *International Conference on Business Process Management*, Berlín, 2011, pp. 264-276.