

Técnicas y enfoques innovadores de gestión de Riesgos Operativos en proyectos de construcción.

Yoan Sebastián Gómez Quiroga¹

Lorena Liseth Melo Moreno²

Daniel Stiven Arevalo Quintero³

Director de Opción de Grado

Héctor Andrés López Naranjo

Economista, Magister en Educación

PhD. (C) Administración de Negocios

¹ Programa de Especialización en Gerencia. Universidad La Gran Colombia. ygomezq@ulagrancolombia.edu.co

² Programa de Especialización en Gerencia. Universidad La Gran Colombia.

Lorenaliseth.melo@ulagrancolombia.edu.co

³ Programa de Especialización en Gerencia. Universidad La Gran Colombia. darevaloq@ulagrancolombia.edu.co

Resumen

La importancia de desarrollar estrategias efectivas de mitigación y control de los riesgos operativos en la gestión de proyectos es garantizar su éxito en términos de tiempo, costo y calidad. La presente investigación tiene como objeto explorar como las técnicas tradicionales de gestión de riesgos pueden ser mejoradas y/o complementadas con enfoques innovadores para abordar los desafíos que enfrenta la gerencia en proyectos de construcción. El estudio se realiza mediante un enfoque cualitativo y es exploratorio empleando una revisión de estudios previos. Los resultados evidencian la falta de implementación de sistemas de gestión eficientes mediante tecnologías de la información y tecnologías computacionales actuales para mejorar los procesos y brindar herramientas para la toma de decisión por parte de los gerentes de proyectos.

Palabras clave:

Gestión del riesgo, riesgo operativo, inteligencia artificial, internet de las cosas, machine learning

Abstract

The importance of developing effective operational risk mitigation and control strategies in project management is to ensure its success in terms of time, cost and quality. The present research aims to explore how traditional risk management techniques can be enhanced and/or complemented with innovative approaches to address the challenges faced by construction project management. The study is conducted using a qualitative approach and is exploratory using a review of previous studies. The results evidence the lack of implementation of efficient management systems using current information technologies and computational technologies to improve processes and provide tools for decision making by project managers.

Keywords:

Risk management, operational risk, artificial intelligence, internet of things, machine learning.

Introducción

El sector de la construcción en Colombia viene presentando un escenario de decrecimiento tanto en el sector de edificaciones comprendido por viviendas, edificios, oficinas, comercio y otras estructuras verticales, como también, en el sector de la infraestructura, comprendido en estructuras como vías, acueductos, saneamiento, obras hidráulicas, entre otros. Lo anterior se evidencia en el aporte que genera el sector de la construcción al PIB del país, de acuerdo al boletín técnico del Producto Interno Bruto Trimestral (CT) del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) para el segundo trimestre del 2023, la construcción es el sector que representa 5.1% del total y presentó una disminución del 4.2% respecto al año anterior, siendo el sector con la mayor caída contribuyendo al bajo crecimiento del PIB de solo 0.3% a nivel general (DANE, 2024).

Basados en el informe de Indicadores Económicos Alrededor de la Construcción (IEAC) (DANE, 2023), se están presentando incrementos en los insumos para la construcción, adicionalmente existe una disminución de alrededor del 50% en la venta de inmuebles, disminución del otorgamiento y desembolsos de créditos y leasing habitacional, así como otros tantos factores que muestran el panorama difícil del sector, generando unas alarmas para la economía del país y su estabilidad financiera a futuro.

Sumado a la problemática mostrada por el DANE, no se vislumbra una solución pronta, el gremio constructor sumado al Gobierno Nacional, han solicitado una disminución en las tasas de interés para propulsar el sector, sin embargo, el Banco de la Republica resolvió mantener las tasas de interés en 13.25% (Bancolombia, 2023). Las empresas requieren en la actualidad estar un paso adelante del desarrollo de la economía nacional y estar a la vanguardia de la tecnología y los requerimientos de la sociedad, los cuales se interrelacionan y por consiguiente, producen una necesidad de ahondar en la especialización sobre la gestión de la infraestructura tanto de la actual como de la nueva, incluyendo actividades como la

construcción, financiación, explotación/operación y mantenimiento (Gómez J, 2021), lo que está provocando que las empresas asuman mayores riesgos con el fin de mitigar la ralentización del sector constructivo, en búsqueda de oportunidades de crecimiento sin tener el recurso necesario ni los conocimientos previos, que conlleva al incumplimiento de los objetivos estratégicos planteados por las empresas como de los objetivos de los proyectos en sí, generando impactos negativos en términos de calidad, plazos de entrega y a su vez, en costos.

La incertidumbre y los riesgos siguen creciendo, el informe del DIAN muestra una variabilidad en el establecimiento de las empresas y micro negocios relacionados al sector en el último cuatrienio, donde se ha evidenciado una disminución en sus ingresos y utilidades del 4.1% frente al año 2022, como éste, existen otros indicadores que muestran el complejo análisis que deben plantear las empresas antes de iniciar un proyecto de construcción, en donde muchos de estos indicadores están por fuera del control y seguimiento por parte de cada una de las empresas y por consiguiente, deberán realizar unas previsiones conservadoras para aquellos factores externos que dependerán de las decisiones del Gobierno y desarrollo de la economía en el país, por lo cual, las decisiones de las empresas deben estar enfocadas a identificar, evaluar, mitigar y gestionar los riesgos inherentes a su proceso interno, que incluye la gestión de sus recursos, tiempo, eficacia, y alcance en miras de lograr el éxito, factores que están determinados dentro de los riesgos operativos, enfocados en los procesos internos, recurso humano, tecnologías o cualquier riesgo vinculado a su actividad diaria.

Por lo anterior, esta investigación es crucial para el estudio de los riesgos operativos que representan una amenaza constante para alcanzar el éxito en los proyectos, ya que puede comprometer los objetivos planteados y generar un impacto no solo en los costos, sino también en la calidad y plazos de entrega, aportando el uso de tecnologías emergentes con enfoques de gestión de los procesos que brinden mecanismos para la toma de decisiones sobre aspectos que son controlables, medibles y solucionables.

De esta manera el documento tiene como objetivo general el explorar como las técnicas tradicionales de gestión de riesgos pueden ser mejoradas y/o complementadas con enfoques innovadores para abordar los desafíos que enfrenta la gerencia en proyectos de construcción. Así mismo, se plantea como objetivos específicos, identificar los enfoques de gestión de riesgos que se hayan implementado y sugerir tecnologías emergentes para mejorar la detección y respuesta temprana.

Planteamiento de la problemática de la investigación

La industria de la construcción enfrenta constantemente desafíos complejos que pueden poner en riesgo la ejecución exitosa de los proyectos. Entre estos desafíos, los riesgos operativos representan una preocupación significativa para la gerencia de proyectos, ya que pueden afectar la calidad, el cronograma y el presupuesto de una obra y pueden surgir en diversas etapas del ciclo de vida del proyecto, desde la planificación y diseño hasta la ejecución y entrega, surgiendo de diversas fuentes como la misma complejidad del proyecto a ejecutar, la planificación, seguimiento, las condiciones del entorno donde se desarrolla, la tecnología utilizada, las relaciones laborales con proveedores y comunicación con el recurso humano, entre otros.

Dentro del contexto donde se desarrollan los proyectos, se encuentran factores como la falta de experiencia del equipo de gestión, la insuficiente planificación y seguimiento de riesgos, la gestión inadecuada de proveedores y contratistas, así como la escasa comunicación y coordinación entre las partes interesadas, en ese contexto, es crucial comprender en profundidad los riesgos operativos a los que se enfrenta la gestión de proyectos de construcción, particularmente desde la perspectiva de la gerencia, para desarrollar estrategias efectivas de mitigación y control.

Nuestro campo de acción conllevará a una estrecha relación tanto con el área gerencial como con el área operativa, nace por tanto un interés en el estudio sobre el impacto que puede conllevar no solo nuestras decisiones, si no cualquier decisión dentro del equipo de trabajo, adicional a las tecnologías aplicadas dentro de los procesos y los factores inherentes dentro de nuestra actividad diaria, que conllevan a un impacto desde nuestra profesión hacia los stakeholders y demás personas interesadas con el cumplimiento de los proyectos que tengamos a cargo, adicionalmente, nuestra experiencia en el campo laboral nos ha mostrado como desde una visión preventiva, con constante seguimiento, medición y control, generará acciones de mitigación y no correctivas, importante para siempre salvaguardar la integridad de las personas y el objetivo del proyecto.

Existen instituciones como la International Organization for Standardization (ISO), la Norma Técnica Colombiana (NTC) o el Institute of Risk Management (IRM), los cuales han estudiado la gestión del riesgo siendo este evaluado como un proceso interactivo de mejora continua, el cual abarca todos los niveles dentro de una organización y que evaluado desde fases, permite la separación, identificación y su análisis (Galvan, J. 2006), enfocado en proyectos de construcción, varios autores han desarrollado investigaciones en miras de identificar y mitigar los riesgos, por ejemplo, (Mejía, J. 2019), menciona casos de constructoras reconocidas por escándalos públicos, como lo ha sido CONALVIAS, declarada en insolvencia debido a las malas decisiones del presidente de la compañía, la sanción generada por la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) a la constructora Agora Construcciones S.A. por malos procedimientos constructivos, demoras en la entrega y ausencia de las instalaciones idóneas de habitabilidad o los resultados de la fiscalía sobre el edificio Space, para quienes por un indebido proceso constructivo y de control de diseño, desencadenaron un colapso que conllevo en el fallecimiento de 12 personas; así son innumerables los casos de fallos que llevaron a problemas importantes, por casos como los anteriores, es que se considera el sector

de la construcción como alto riesgo y se crean mecanismos legales para tratar de garantizar y salvaguardar los intereses como lo son las pólizas civiles y contractuales, las fiducias, y personal como los consultores, la supervisión técnica, la interventoría, entre otros.

Basados en la investigación realizada, los antecedentes sobre el ejercicio de la profesión, las constantes falencias y deficiencias en las diferentes etapas de los proyectos de construcción, desde su estructuración hasta su realización, la situación actual del sector a nivel nacional y el decrecimiento constante de la industria, muestran la premura de evaluar lo procesos actuales que han llevado al sector a una situación alarmante, evidenciar las buenas prácticas de las constructoras y proponer mejoras en la toma de decisión por parte de los gerentes, brinda herramientas prácticas y de gran valor que facilitarán el ejercicio profesional, incluyendo tecnologías que pueden aplicarse para mitigar errores y generar un mayor control del accionar, permitirán no solo alcanzar los objetivos si no generar mayor confianza para asumir los proyectos emergentes con cada vez más complejidad, plazos ajustados para entregarlos y presupuestos limitados que requieren una comprensión de los desafíos y una gestión eficiente como gerentes.

En definitiva, esta investigación permitirá comprender mejor la naturaleza y la magnitud de estos riesgos, así como desarrollar estrategias y mejores prácticas para su identificación, evaluación y mitigación efectivas en donde las tecnologías emergentes ofrecen nuevas oportunidades para mejorar la detección, evaluación y respuesta en tiempo real. Además, contribuirá a mejorar la capacidad de los gerentes de proyectos de construcción para anticipar, prevenir y responder a los desafíos operativos, promoviendo así la realización exitosa de los proyectos en términos de tiempo, costo y calidad y fortaleciendo las habilidades de liderazgo y toma de decisiones de los profesionales del sector, lo que tendrá un impacto positivo en la industria en general.

Por consiguiente y teniendo en cuenta lo que es controlable, medible y solucionable para las empresas, nace la necesidad de plantearse la pregunta ¿Cómo las técnicas tradicionales para la gestión de riesgos pueden mejorar para enfrentar los desafíos de la construcción hoy en día?, en donde se hará una revisión de algunas técnicas y se propondrá unas mejoras para la eficiencia en la gerencia de los proyectos.

Marco Teórico

La administración del riesgo operativo es una preocupación que ya viene presentándose en el sector de la construcción, cada vez más las empresas están encaminadas a mejorar los procesos internos y controlar la exposición al riesgo para la consecución y culminación de los proyectos, cuya definición de acuerdo al Project Management Institut (PMI, 2021) está dada como un esfuerzo temporal para crear un producto, servicio o resultado único, por lo cual, es cualquier tipo de acción encaminada a lograr un objetivo, sin importar que este alineado con la misión y visión de la empresa en donde se desarrolle, y más allá del contexto empresarial, involucra cualquier área en donde se plantee un objetivo y se quiera alcanzar unos resultados; de igual forma Morales (Morales, F. 2011) reafirma esta definición indicando que un proyecto es el plan que se establece para transformar una realidad, para lo cual, se incurre en el uso de un conjunto de recursos existentes para crear una fuente de bienes y/o servicios que satisfagan unas respectivas necesidades.

Teniendo en cuenta lo anterior y la consecución de los objetivos planteados, el Riesgo Operativo se vuelve un factor importante para evaluar debido al encontrarse presente en todos los sectores y por estar relacionado con los procesos o sistemas al interior de la empresa, este factor está definido como la posibilidad de que producto de este riesgo, existan perdidas ya sea por fallas en los sistemas implementados, por fallas de los empleados o por el mismo procedimiento dentro de la ejecución de las actividades (Becerra, G et all, 2006), por otro lado, de acuerdo al Sistema de Administración de Riesgo Operativo (SARO) implementado por

múltiples empresas, se entiende como la posibilidad de incurrir en pérdidas por deficiencias, fallas, ausencias o inadecuaciones en procesos, recurso humano, tecnología, infraestructura o por acontecimientos externos dentro de los cuales existen riesgos inherentes o potenciales que son propios de la actividad y riesgos residuales que son los resultantes luego de aplicar controles y seguimientos (Superintendencia Financiera de Colombia, 2007).

El riesgo está en función de las siguientes variables de acuerdo a Palma, C (Palma, C. 2011):

Viabilidad: Probabilidad de que el riesgo sea materializado en la condición que no se encuentren establecidos los controles para su mitigación.

Impacto: Consecuencia potencial del suceso o conocido como el efecto directo o indirecto de la materialización del riesgo.

Exposición: Que tanta afectación se genera debido a la vulnerabilidad frente al riesgo, visto como la parte no cubierta por los controles.

Lo anterior muestra un objetivo claro en la gestión del riesgo, el cual se enfoca en la reducción del riesgo, la reducción de la probabilidad de ocurrencia y, por consiguiente, la reducción del impacto negativo generado por los fallos, sin limitar el crecimiento de las organizaciones y la ejecución de las actividades que generan ingresos económicos.

La gestión del riesgo se reconoce como una parte integral de las buenas prácticas de gestión, las cuales permiten la mejora continua para la toma de decisiones, de acuerdo a la NTC 5254 (2004), este término acuñe un método lógico y sistemático, el cual logra establecer los riesgos dentro de un contexto, permite su identificación, análisis, evaluación, tratamiento, monitoreo y comunicación, asociados a cualquier tipo de actividad, función o proceso, se conoce de igual forma a todas las actividades que una empresa realiza de forma consciente y coherente para identificar, analizar, evaluar y clasificar los riesgos, con el fin de actuar y mitigar las consecuencias (ISO 31000, 2018), muestra de lo anterior, en la práctica se vuelve un

proceso iterativo cuya punto de inicio es identificar la causa, la cual determinará la existencia del tipo de riesgo y la afectación que puede generar, mediante herramientas como cuestionarios, organigramas, diagramas de flujo, inspecciones, entrevistas, entre otros (Del Toro, J. et all. 2005), sin embargo, la falta de implementación de estas herramientas para la obtención de datos estadísticamente confiables y con suficiente data histórica, son limitantes para generar la interacción entre las variables vinculadas y hace que se requiera técnicas dinámicas e innovadoras para su medición.

Las herramientas tecnológicas emergentes se han vuelto una herramienta muy útil para la recolección de la información primaria para la identificación y procesamiento de los datos, el concepto de “Internet de las cosas” (IoT) fue propuesto por Kevin Ashton en el año 1999 enfocado en un sistema de identificación por radiofrecuencia (RFID) para una cadena de suministro, con el desarrollo de la tecnología se encuentran definiciones como las del Ministerio de Industria y Tecnologías de la Información (MIIT) el cual lo define como una red de redes de comunicación y del internet, que usa tecnologías de sensores inteligentes para la identificación de las cosas y realizar una comunicación hacia las personas en tiempo real, para una precisa gestión y toma de decisión (Guo, X. 2013), así mismo lo define Evans, D (Evans, D. 2011), el IoT representa la próxima evolución de Internet, ya que de acuerdo al impacto que ha tenido en los últimos años en diferentes sectores como la educación, comunicación, tecnología, negocios, ciencia, entre otros, generará un crecimiento y una capacidad para recopilar, analizar y distribuir datos convertidos en información útil para la interpretación y posterior análisis.

Existen tres componentes que interactúan entre sí:

1. Hardware: Como sensores, actuadores, dispositivos de comunicación dentro de los objetos (Mora. S, 2015)
2. Middleware: Plataforma o software que permite el intercambio de información entre las aplicaciones como las herramientas para el análisis de los datos. (Mora. S, 2015)

3. Visualización: Herramientas que permiten visualizar e interpretar la información en diferentes dispositivos (Mora. S, 2015).

Lo anterior está fuertemente relacionado con tecnologías como la Inteligencia Artificial (IA) (Alemán, 2017), cuya finalidad es crear máquinas que razonen, aprendan y actúen de manera similar al ser humano siendo una rama de las ciencias de la computación que busca la resolución de problemas en diversas disciplinas, de igual forma, uno de los pioneros dentro de la IA, Marvin Minsky, la define como una “ciencia que construye máquinas para que hagan cosas que, si las hicieran los humanos, requerirían inteligencia” mostrando la habilidad de la IA para resolver temas tan diferentes y complejos como la inteligencia misma, del cual nace los conceptos de Machine Learning (ML) o Aprendizaje Automático (AA) el cual es uno de los enfoques principales de la IA, en donde los computadores y maquinas tienen la capacidad de aprender sin estar programados para ello, a partir de los datos y mediante algoritmos, identifican los patrones dentro de un conjunto de datos y elaboran predicciones, lo que les permite realizar tareas de forma autónoma, analizar un gran volumen de información en menor tiempo, brindando procesos iterativos de análisis de datos los cuales pueden ser corroborados y afinados mediante el aprendizaje supervisado. (ISOL. 2023)

Estado del Arte

Existen diferentes estudios realizados sobre los riesgos operativos en Colombia, uno de los cuales fue realizado por Mejía (Mejía, J. 2019) llamado “Modelo de evaluación de riesgo operativo aplicado a un proyecto de construcción de vivienda”, cuyo objetivo era determinar el impacto que tiene el riesgo operativo sobre la valoración de un proyecto de construcción. El autor utilizó un enfoque mixto en donde realizó una identificación de los riesgos operativos en diferentes macro procesos dentro de los proyectos de construcción, enfocado en los proyectos de inversión. La obtención de datos se realizó mediante toma de muestras en campo por medio de entrevistas a ingenieros que complementaron la información obtenida previamente por

medio de la metodología Delphi con el fin de lograr una lluvia de ideas y conceptos que abordan de forma eficaz la clasificación de los riesgos, sus causas y sus respectivas consecuencias.

Adicionalmente, definió unas escalas dentro del modelo propuesto donde contemplaba la probabilidad y el impacto, para posteriormente mediante una matriz o mapa de riesgo, generar la identificación y evaluación usando metodologías como la valoración por flujos de caja, valor presente neto (VPN), valor en riesgo (VaR) y métodos probabilísticos, obteniendo resultados de los impactos por sector y concluyendo en la necesidad de implementar un Sistema de Administración del Riesgo Operativo (SARO) como mecanismo para la gestión y mitigación en todas las empresas de construcción

Otros autores como Naranjo y Tintín (Naranjo & Tintin, 2019) realizaron un estudio llamado "Modelo para la gestión de riesgo operativo mediante el uso del método Risicar caso aplicado: Área de recursos humanos y construcción de la compañía constructora RHR Rock & Hydro Resources CIA LTDA, cuyo objetivo es establecer una metodología y un modelo de gestión del riesgo en el área de recursos humanos dentro de la compañía RHR CIA LTDA para mejorar los procesos y reducir las pérdidas económicas. El autor realiza un enfoque cuantitativo - descriptivo en donde analiza los macro procesos y las actividades detalladas dentro del quehacer de la empresa, aplicando el método Risicar el cual a su vez permite asignar un valor de riesgo como resultado de relacionar dos variables, frecuencia e impacto, posteriormente evaluar la gravedad y su nivel dentro de los indicadores de riesgo elegidos y mediante los resultados obtenidos, diseñar una medida de tratamiento para mitigar los mismos dentro de dos grupos: Control del riesgo (evitar, prevenir y proteger) y financiación de perdidas (aceptar, transferir y retener), posterior a su implementación se propone un monitoreo y revisión regular.

Adicional al método aplicado, utilizan la técnica de modelación cuantitativa llamada Loss Distribution Approach (LDA) con el fin de calcular las perdidas por riesgos basándose en la

información histórica previa recopilada por la empresa y complementada con personal externo, usando una Distribución Compound para modelar los datos obtenidos trabajando por separados las dos variables aleatorias, la frecuencia y la severidad.

El estudio concluyo en la identificación de pérdidas económicas significativas dentro de los procesos de contratación y desvinculación para el área de Recursos Humanos y para el área de Construcción se identificó conflictos en la entrega y recepción de las obras como perdidas por adquisiciones que no están dentro de lo presupuestado, generando unas fases y actividades para cada área con el fin de gestionar esos riesgos y reducir el impacto financiero que se provoca.

El autor Walter Cabrera (Cabrera, W. 2017) dentro de su estudio llamado “Metodología para la planificación de la construcción de obras de regeneración urbana” cuyo objetivo era analizar las metodologías que existen para la planificación mediante la investigación bibliográfica y de proyectos actualmente construidos. El autor utilizo un enfoque mixto de tipo exploratorio en donde realizo una búsqueda de proyectos de regeneración urbana en avenidas construidas como también la revisión del estado actual de las avenidas que fueron regeneradas, para plantear una metodología de planificación de la construcción de obras basado en la guía PMBOK, presentando también las filosofías de Lean Construction, Last Planner y el método Activity Based Costing (ABC) con el fin de mejorar el proceso de planeación y planificación dentro de la administración de proyectos enfocado a la gestión eficiente del recurso.

El estudio concluye luego del análisis estadístico de los datos identificados, que la calidad es la más afectada debido al mal proceso de planeación, planificación y control, lo que muestra incrementos en tiempos de entregas, costos directos e indirectos, por lo cual el autor presenta una metodología con procesos para obras del sector publico basada en precios

unitarios que se basa en la guía PMBOK e incluye principios de las metodologías Lean Construction y Last Planner.

La inteligencia artificial se ha utilizado principalmente para la automatización de actividades o para asistir a la toma de decisiones en la gestión de proyectos de ingeniería, de acuerdo al estudio realizado por Caro (Caro, B. 2021) llamado "Estudio de aplicaciones de la inteligencia artificial en el desarrollo de proyectos de ingeniería civil" cuyo objetivo se basó en estudiar como la industria 4.0 está afectando la ingeniería civil mediante el desarrollo de tecnologías basadas en la inteligencia artificial como también sus potenciales aplicaciones en un futuro cercano, éste autor utilizó un enfoque mixto en donde realizó una recopilación de publicaciones enfocadas al desarrollo e implementación de la IA como toma de información mediante entrevistas a empresas desarrolladoras de software y a encargados de proyectos de ingeniería que hayan implementado estas tecnologías, para posteriormente analizar los efectos y sus potencialidades.

Dentro de la investigación se encuentra el desarrollo de aplicaciones que apoyan áreas como el diseño, planificación, gestión y construcción directamente en obra, aprovechando el "Machine Learning" enfocada en el cumplimiento de plazos y costos, aplicando la visión artificial para el control de seguridad, medición de avance y productividad y detección temprana de daños, adicionalmente, dentro de las potencialidades encontradas se encuentran los algoritmos para la optimización de rutas de transporte y cadena de suministro, las aplicaciones para gestión de inventarios, la robótica para la construcción modular y de prefabricados, integración con metodologías y softwares BIM, entre otros, concluyendo en que la inteligencia artificial tiene un gran impacto y está desarrollándose en las áreas de planificación y gestión de proyectos, diseño y asistencia de actividades de construcción en obra.

En países de Europa como es el caso de Finlandia se creó el primer proyecto basado en la metodología Building Information Modelling (BIM) para el año 2002 y se crea para el 2012

los requerimientos BIM comunes a nivel nacional, ya para el año 2016, Reino Unido haría obligatoria la implementación de BIM en los proyectos de obras públicas y de igual forma sucedió en España para el año 2018. Puntualmente para el caso de Colombia, la implementación y transformación digital lleva aproximadamente 10 años en algunas constructoras y para el sector público se estableció una estrategia nacional BIM 2020 – 2026 en donde se pretende impulsar la transformación digital de forma progresiva buscando mejorar el uso de los recursos disponibles y aumentar la productividad.

De acuerdo al estudio realizado por Zou, Y. Kiviniemi, A. Jones, S.W. A (2016) sobre la gestión de riesgo a través de BIM y sus tecnologías en búsqueda de una identificación de riesgos de forma temprana, prevención y comunicación de accidentes, entre otros, muestra los desafíos y brechas existentes dentro del sector de la construcción para la adopción generalizada, los autores tienen un enfoque cualitativo en donde realizaron una revisión bibliográfica de las técnicas tradicionales para la gestión de riesgo donde se encuentran lo indicados en las normas (ISO 31000, 2018), que incluyen Delphi, listas de verificación, análisis de fortalezas-debilidades-oportunidades-amenazas (FODA), escalas de calificación de riesgos, evaluación de riesgos ambientales, redes neuronales (NN), análisis de vínculos de filas, mantenimiento centrado en la confiabilidad, índices de riesgo, entre otros. El estudio concluye con una lista de ejemplos de aplicación de BIM como lo es: Visualización 3D, detección de conflictos, planificación en 4D, estimación de costos 5D, gestión de seguridad, espacio y de calidad, análisis estructural, operación y mantenimiento, interoperabilidad.

Metodología

La presente investigación tiene un enfoque cualitativo. Una investigación cualitativa según Denzin y Lincoln (2018) es “un proceso de interpretación y análisis de fenómenos complejos dentro de sus contextos naturales, sin reducirlos a categorías preconcebidas”, para Herrera (s.f.) implica la recolección y la utilización de material no numérico que describen las

actividades y las situaciones que generan problemas, con el fin de indagar en los hechos, sus patrones y sus complejas interrelaciones que forman la realidad, lo cual permite capturar la diversidad de las experiencias humanas e interpretar a partir de los resultados. Basado en lo anterior y teniendo presente que es este enfoque es iterativo, reflexivo y adaptable, el explorar las técnicas tradicionales de gestión de riesgo dentro del complejo mundo de la construcción mediante la revisión de estudios y sus aplicaciones metodológicas dentro de un sector donde se presentan diferentes dinámicas y se interrelacionan los seres humanos, la tecnología y los procesos, permite analizar y proponer tecnologías emergentes para mejorar los resultados basados en la detección e identificación temprana de los riesgos mejorando las probabilidades de ocurrencia de los eventos, los impactos y las afectaciones económicas

Así mismo, el tipo de estudio corresponda a un tipo exploratorio, el cual está definido según Morales (s.f.) como un enfoque que permite explorar un tema a menudo desconocido y plantearse preguntas más profundas y a partir de ello, surgir posibles investigaciones, de igual forma este tipo de investigación busca proporcionar una visión general y explorar posibles soluciones, sin entrar en un análisis exhaustivo de los detalles, lo anterior en concordancia con los objetivos específicos planteados en donde se analizan los estudios realizados sobre la gestión de riesgo y a partir de ello, surgen propuestas innovadoras que no se evalúan dentro de este trabajo pero abren la propuesta para futuras investigaciones de aplicación.

Las fuentes de información para la presente investigación son fuentes secundarias debido a que parte de estudios realizados por otros investigadores, en esta investigación no se recopilarán datos de forma directa, por el contrario, se basará en textos, documentos, informes y estudios previos para entender los contextos y analizar los sistemas de gestión existentes para de igual forma sugerir tecnologías de la información, análisis probabilísticos aplicados en otros campos y tecnologías computacionales actuales que pueden servir para mejorar los procesos

De esta manera, para el objetivo de identificar los enfoques de gestión de riesgo, se consultaron, con el mismo criterio de implementación de metodologías de gestión del riesgo tradicionales, diferentes estudios de caso en áreas empresariales como recursos humanos, construcción, financieros, entre otros, y se realizó la revisión de guías enfocadas en la gestión de proyectos utilizadas ampliamente en el sector y aprobadas por diferentes tipos de profesionales, lo anterior para poder establecer una referencia que pueda ser usada en próximos estudios.

Para el caso del objetivo de sugerir tecnologías emergentes para mejorar la detección y respuesta temprana a los riesgos operativos, se realizó una revisión de las tecnologías de la información que están en auge en la actualidad y que tienen potencia de implementación dentro de los proyectos de construcción, basados en tecnologías de IA, ML y DL, con la capacidad de interconexión con IoT y BIM para la recopilación y gestión de la información.

Resultados

En este apartado se muestran los principales hallazgos de la investigación que tiene como objetivo explorar como las técnicas tradicionales de gestión de riesgos pueden ser mejoradas y/o complementadas con enfoques innovadores para abordar los desafíos que enfrenta la gerencia en proyectos de construcción.

En relación al objetivo específico enfocado a identificar los enfoques de gestión de riesgo, cabe resaltar que en el sector de la construcción existen una gran diversidad de procesos dentro del ciclo de vida de los proyectos, en todas sus fases: inicio, planificación, ejecución, supervisión y cierre, sin embargo, existe una característica relevante, los riesgos son mayores al inicio de los proyectos mientras se genera una sinergia interna dentro del equipo de trabajo y con el cliente, donde se afinan los procesos como las tecnologías y van disminuyendo en las etapas finales del proyecto, por lo cual, la etapa de planificación es clave para tratar de

prevenir y proyectar los riesgos que se puedan presentar, siendo esta fase una de las más relevantes dentro del trabajo de gestión del riesgo.

Dentro de las técnicas de identificación y manejo de los riesgos, se evidencia que la mayoría está orientada al juicio de expertos mediante la metodología Delphi para poder evaluar el impacto y su probabilidad, de esta forma dentro de las matrices de clasificación identificar como se afectan económicamente los proyectos, lo anterior está fuertemente determinado por la experiencia y conocimientos de cada profesional, los cuales difieren respecto al contexto, la empresa, las tecnologías usadas, los grupos de trabajo con los que trabajaron y donde se desarrollaron y adquirieron ese conocimiento.

La guía Project Management Body of Knowledge (PMBOK) (PMI, 2021) establece en uno de sus capítulos un apartado enfocado en la gestión de los riesgos, es de aclarar, que las metodologías establecidas en esta guía son de uso aceptado en el medio y de gran difusión, muchos de los profesionales establecen sus criterios de decisión hoy en día a partir de esta guía, en donde explican las tendencias y prácticas mediante ejemplos de los riesgos relacionados y los no relacionados con eventos, dentro de los cuales se encuentran los riesgos de variabilidad y los de ambigüedad, en esta guía se sugiere una técnica para los riesgos de variabilidad mediante el uso del análisis de Monte Carlo, la cual es una técnica que se emplea para realizar un análisis cuantitativo de los riesgos para el análisis del impacto en un proyecto, en donde se evalúan combinaciones potenciales y se obtienen probabilidades relativas para escenarios optimistas como pesimistas, lo anterior es útil como herramienta para identificar los riesgos asociados a fases tales como el incumplimiento de tareas y plazos de forma temprana, elaboración de presupuestos y programaciones más realistas como minimizar los sobrecostos y cuantificar los riesgos, de esta forma es posible evaluar los impactos posteriormente debido al uso de sistemas electrónicos y modelos de simulación con resultados rápidos, simulando resultados en condiciones sin riesgo presente y más amigables para el

análisis que los modelos analíticos, sin embargo tiene limitantes, debido a que requiere mínimo 3 estimaciones por cada actividad evaluada, por lo cual su efectividad dependerá de las mismas y no es posible utilizarla para actividades o riesgos particulares (Wrike, s.f.), es importante también resaltar que para programas de computación como Excel, se encuentra un complemento que le permite análisis del riesgo con la simulación Monte Carlo, el cual tiene como nombre RISK y se integra dentro de las funcionalidades de las hojas de cálculo.

En la actualidad las diferentes técnicas para la gestión de riesgo han mostrado que, dentro del ciclo de vida de los proyectos, al ser desarrollados y/o transferidos por diferentes áreas (diseño, planificación, construcción, mantenimiento, cliente) existe una deficiencia en la implementación real de la gestión de los riesgos, ya que al transferir la responsabilidad entre áreas, suele abandonarse el proyecto al cumplir las tareas específicas encomendadas y el no registrar y comunicar adecuadamente las lecciones e información, termina perdiéndose y desaprovechándose un gran volumen de datos, sumado a lo anterior, se presentan desafíos dentro de los mismos proyectos como lo es la captura y análisis de conocimiento en tiempo real, la gestión del conocimiento o experiencia multidisciplinar y una comunicación eficaz, la experticia de proyectos anteriores no se aprovecha para proyectos futuros debido a la gestión ineficaz de la base de datos y la facilidad de extracción de los mismos.

Teniendo en cuenta el cambio en la forma de concebir y gestionar los proyectos, la incorporación de tecnologías como BIM en la actualidad y teniendo en cuenta el desarrollo en diferentes países de estrategias BIM de implementación en el sector público y privado, permite obtener muchos beneficios desde tiempo, seguridad, recurso humano, económico, entre otros. Esta herramienta es una metodología de trabajo colaborativo que permite la creación y gestión de los proyectos en donde se centraliza toda la información y permite obtener unos beneficios debido al desarrollo de los proyectos dentro de un entorno 3D, de tal forma que permite de forma anticipada atender errores de diseño, generar una mayor planificación del recurso

humano y del proceso constructivo, reducir los costos que conllevan los reprocesos, cuantificar materiales de formas más precisa y demás beneficios que se pueden extraer de esta tecnología en todo el ciclo de vida del proyecto, una herramienta muy útil que se está desarrollando en el sector para mitigar errores en las etapas de diseño y planeación y que adicionalmente permite mitigar errores en la etapa de desarrollo, funcionando como un generador de información, recopilación y herramienta de interfuncionalidad de otras plataformas relacionadas con BIM.

Con relación al objetivo específico enfocado a sugerir tecnologías emergentes para mejorar la detección y respuesta temprana, es importante resaltar que debido a la falta de información existente sobre la gestión de riesgo en proyectos de construcción, se encuentran alternativas de análisis de riesgos con baja información dentro de la etapa de planificación mediante el uso de modelos probabilísticos, dentro de los cuales se encuentra el modelo de Redes Bayesianas, el cual es un modelo de causa – efecto dinámico que incorpora datos relevantes de entrada mediante el uso de probabilidad, posibles causas y condicionales asociadas a los efectos, adicional, incluye información para la toma de decisiones a partir de juicio de expertos, analistas y especialistas como de observaciones y confiabilidad hacia el equipo, buscando que el modelo generado cuente con la información más actualizada (Dávila, G et all, 2016), el cual vinculado con tecnologías que incorporen la toma de información en tiempo real, que pueda ser almacenada y que brinde las herramientas para el análisis y distribución de los datos ya convertidos en información útil para la interpretación y toma de decisión, permitirá generar planes de acción y alertas tempranas para la mitigación oportuna de los riesgos.

La obtención de estos datos puede evaluar desde dos perspectivas, desde sistemas reactivos los cuales incluyen: Bases de Datos recopiladas en proyectos anteriores y por diferentes expertos que pueden servir como criterio de decisión, Realidad Virtual (VR) para

realización de entornos tridimensionales en tiempo real, el cual es virtual y adicional interactivo, CAD 4D que busca introducir cronogramas y secuencias de construcción a un modelo 3D; desde sistemas proactivos los cuales incluyen todos los mecanismos para obtención de datos en tiempo real debido a que los proyectos tienden a ser dinámicos, éstos combinan una o varias tecnologías de la información y han estado enfocadas al rastreo y posición exacta de objetos estáticos y móviles, mediante tecnologías como radiofrecuencia (RFID), monitoreo y sistemas de posicionamiento global (GPS), escaneo láser, sensores, entre otros.

Cabe señalar que tienen sus características ya que los sistemas reactivos no suelen utilizar datos en tiempo real, requiriendo, por tanto, un procesamiento posterior de la información para analizarla y los sistemas proactivos tienen la capacidad de recopilar y analizar datos en tiempo real, lo que permite generar advertencias y retroalimentación de forma inmediata. (Zou, Y et all. 2016)

Sumado a lo anterior, la vinculación de la inteligencia artificial y la toma de datos ya sea de la forma cotidiana o por medio de IoT, muestra que el uso de los modelos predictivos tal como el modelo de aprendizaje automático, puede evaluar un conjunto de datos y proporcionar información no solo mediante los datos suministrados por el personal experto, sino que tiene la capacidad de usar el patrón identificado dentro de los datos, los parámetros con los que debe funcionar establecidos por nosotros y los rangos de seguridad o de alerta, para abordar datos no conocidos o aleatorios y obtener información de ellos, por lo cual, podrá utilizar ese conocimiento adquirido para acelerar y mejorar esa habilidad de análisis (Machine Learning), de ésta forma se evidencia como puede mejorar el proceso de gestión de los riesgos, ya que no se desecha el conocimiento y la experiencia humana, si no que a partir de dicho conocimiento, se busca desarrollar mecanismos de identificación temprana más ágiles, en tiempo real y más eficiente para el procesamiento de dicha información en miras de promover la toma de decisiones informadas en los responsables de las actividades, lo que se conoce

como Sistemas Basados en el Conocimiento que es posible vincularlo a modelo de Deep Learning (DL) o aprendizaje profundo como complemento de análisis de información de los datos estructurados y precisos de Machine Learning (ML) para complementar las soluciones y resultados mediante más capas de redes neuronales.

Sistemas que involucran el uso de inteligencia artificial permiten que los gestores de proyectos tengan herramientas más eficientes para llevar a cabo la tarea de analizar un gran conjunto de datos, adicionalmente, les permite realizar un seguimiento del progreso y de las actividades en tiempo real, garantizando de esta forma que todas las partes se encuentren alineadas, reduciendo la probabilidad de retrasos y errores, existen en el mercado plataformas como Asana (Asana, 2024) que aprovechan la IA para agilizar la comunicación mediante la interconexión con diferentes plataformas como Slack o Microsoft Teams, automatizar la gestión de tareas ya que se pueden programar los recordatorios hacia los equipos con el fin de evitar olvidos y retrasos en tareas críticas y aportar análisis predictivos mediante información en tiempo real adicionalmente permite una visualización de la información clara y ágil con el fin de identificar posibles riesgos, falencias en herramientas tecnológicas, errores del personal responsable, desviaciones, entre muchas más oportunidades de mejora dentro del proceso de gestión de proyectos.

Otra de las plataformas muy útiles dentro del proceso de planificación es la plataforma Alice Technologies, la cual sirve para la optimización y simulación de proyectos en donde se realizan simulaciones con millones de iteraciones, para lo cual se requiere un modelo 3D del proyecto, disponibilidad de recursos, rendimientos, cronogramas, restricciones y devuelve las soluciones que cumplan con las restricciones definidas en donde se puede analizar el costo, tiempo y secuencia de trabajo, esta plataforma ha sido utilizado en escenarios de optimización de cronogramas que a su vez se reflejado en mejoras de costos para los proyectos,

adicionalmente de generar un modelo 4D que puede ahorrar tiempo de profesionales o consultores externos.

Empresas como Isol, (ISOL, 2023) empresa mexicana consultora especializada en el desarrollo de soluciones tecnológicas ofrece dentro de su portafolio de servicios, soluciones enfocadas en transformación digital, optimización de procesos, desarrollo de herramientas de Business intelligence (BI) para la obtención de datos en forma visible e inmediata, desarrollo móvil para extender las operaciones y funcionalidades a dispositivos personales y todo lo relacionado a IA sobre modelos predictivos, machine learning, entre otros.

En relación a una etapa de ejecución y seguimiento se encuentran tecnologías de reconocimiento de imágenes y análisis de las mismas, lo anterior basados en el aporte que permite la IA, herramientas como drones e imágenes en 3D obtenidas por tecnologías LIDAR o láseres, se puede hacer una gestión de los proyectos en tiempo real y a su vez una gestión de los riesgos, evaluando las condiciones, los avances reales frente a lo planificado y reportado por personal en campo. Dentro de las herramientas encontradas en el mercado esta Computer Visión, una de las técnicas de Deep Learning más conocida en la industria, es útil para medir rendimientos, cumplimientos de seguridad, identificar riesgos, entre otros, esta Smartvid.io la cual permite analizar imágenes para encontrar indicadores de riesgo de seguridad, calidad y productividad y generar informes para la toma de decisión.

En el mercado es posible encontrar diferentes herramientas que pueden servir como herramientas útiles para la toma de decisión de los gerentes de proyectos para anticipar, prevenir y responder a los desafíos, promoviendo así la realización exitosa de los proyectos en términos de tiempo, costo y calidad.

Conclusiones y Recomendaciones

La presente investigación tuvo como objetivo explorar como las técnicas tradicionales de gestión de riesgos pueden ser mejoradas y/o complementadas con enfoques innovadores para abordar los desafíos que enfrenta la gerencia en proyectos de construcción, el creciente interés sobre investigar y adoptar tecnologías de información y comunicación (TIC) para la gestión de riesgo, está basado en que las diferentes industrias se están viendo beneficiadas de las ventajas de la implementación de tecnologías digitales, por lo cual, se están generando investigaciones para identificar las posibilidades y alcances que se pueden lograr en la gestión de los riesgos, con el fin de evaluar cómo éstas técnicas pueden proporcionar mejores herramientas y métodos, pero que a su vez permitan y faciliten la colaboración entre especialidades y entre empresas, temas de gran relevancia para la consecución del éxito en la mitigación de los riesgos.

La Inteligencia Artificial y el Internet de las Cosas, más el desarrollo de algoritmos predictivos vinculados a hardware para la toma de datos con la interrelación de la experiencia del equipo de trabajo, están transformando el futuro de los proyectos de construcción con la optimización de los procesos, la gestión y evaluación de los recursos y la mitigación de los riesgos.

La vinculación de las estrategias actuales con las nuevas mediante los Sistemas Basados en el Conocimiento y Machine Learning, permitirá la transición gradual e implementación correcta de las tecnologías dentro de las empresas de construcción que permita tener una curva de aprendizaje y de adaptación, al ejecutar de manera simultánea ambas técnicas.

Se recomienda analizar el costo – beneficio a partir de estudios más detallados mediante métodos de valoración de inversión como lo es el retorno de la inversión (ROI), rendimiento de gestión (ROM) o con métodos menos tradicionales en donde se tenga en

cuenta no solo el costo generado por la implementación si no el proceso de capacitación, curva de aprendizaje, eficacia en la incorporación de nuevas tecnologías, productividad del grupo de trabajo, beneficios llevados en términos monetarios, todo lo anterior en miras a una implementación con rendimiento estable a lo largo de tiempo y que puede influir en las empresas constructoras y su cuota en el mercado.

Se recomienda investigar las herramientas de realidad mixta (realidad aumentada y realidad virtual) para evaluar como a partir del modelo BIM es posible evaluar directamente en campo diferentes riesgos que no han sido predicho por IA, Machine Learning o Deep Learning.

Lista de Referencia o Bibliografía

- Acevedo, G., Ruiz, A. (2015). Propuesta de un modelo de referencia basado en internet de las cosas para diseñar soluciones utilizando tecnologías de la información y comunicaciones. XX Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informatica. Ciudad Universitaria. México, D.F.
- Asana (2024). Software para gestión de proyectos. <https://asana.com/es/uses/project-management>
- Balcerero, S., Velásquez Gómez, J. E., Rodríguez Olaya, J., Aguiar Jaramillo, D. E., Montoya Suárez, L. M., y Gil Vera, V. D. (2024). Inteligencia artificial aplicada al riesgo de las viviendas: Una revisión de literatura. Cuaderno Activa, 15(1).
<https://doi.org/10.53995/20278101.1216>
- Becerra, G., Guzmán, A., & Trujillo, M. A. (2006). La importancia de la administración del riesgo operativo en las entidades crediticias. Universidad & Empresa, 5(10), 271-290.
- Bancolombia. (2023, octubre 2). ¿Cómo está el sector de la construcción y su PIB en Colombia 2023. Bancolombia. <https://www.bancolombia.com/empresas/capital-inteligente/actualidad-economica-sectorial/pib-construccion-colombia>.
- Cabrera Morales, W. (2017). Metodología para la planificación de la construcción de obras de regeneración urbana. Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- CAMACOL (2018). Informe de Productividad. Bogotá D.C.
- Dávila, G. Ortiz, F. & Cruz, F. (2016). Cálculo del valor en riesgo operacional mediante redes bayesianas para una empresa financiera. Contaduría y administración, 61(1), 176-201.
<https://doi.org/10.1016/j.cya.2015.09.009>

- Delfines, M., & Paire, C. (2009). Qualitative techniques for managing operational risk. Argentina: Munich Personal RePEc Archive.
- Del Toro, J. C., Fonteboa, A., Armada, E., Santos, C.M. (2005). Programa de Preparación Económica para Cuadros. Material de Consulta. La Habana, Cuba: Combinado de Periódicos Granma.
- Denzin, N. K., Lincoln, Y. S. (2018). The SAGE Handbook of Qualitative Research (5th ed.). Sage Publications.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE (2024, febrero 15). Boletín técnico. Gov.co. Recuperado el 29 de abril de 2024, de <https://www.dane.gov.co/files/operaciones/PIB/bol-PIB-IVtrim2023.pdf>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE (2024, marzo 08). Indicadores Económicos Alrededor de la Construcción (IEAC). Recuperado el 29 de abril de 2024, de <https://www.dane.gov.co/files/operaciones/IEAC/bol-IEAC-IVtrim2023.pdf>
- Doukas, C. (2012). Building Internet of Things with the Arduino.
- Evans, D. (2011). Internet of Things. La próxima evolución de Internet lo está cambiando todo. Grupo de Soluciones Empresariales para Internet (IBSG) de Cisco.
- Galván, J. (2006). Apuntes contables: Revista Científica de Contabilidad. Gestión del Riesgo: Pautas generales ofrecidas por la norma técnica colombiana (NTC 5254). 95 No 11.
- Gomez, J. (2021, 29 de abril). ¿Qué es la infraestructura? Infraestructura y Desarrollo en México <https://www.revistainfraestructura.com.mx/significado-definicion-y-tipos-de-infraestructura/>
- Guo, X. H. (2013). Application Models of IOT. In Applied Mechanics and Materials

- (Vols. 416–417, pp. 1983–1986). Trans Tech Publications, Ltd.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.416-417.1983>
- Herrera, J. (s.f.). La investigación cualitativa. Universidad de Guadalajara. México
<http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/jspui/handle/123456789/1167>
- Horning, P. (2019). Modelo de gestión de riesgos operativos para proyectos de construcción.
- Institute of Risk Management IRM (s.f.). Developing Risk Professionals. Short Guide to the Risk Management Process. <https://www.theirm.org/media/2517823/8-short-guide-risk-management-process.pdf>
- International Organization for Standardization. (2018). Administración/ Gestión de riesgos – Lineamientos guía (ISO 31000 Segunda Edición).
<https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:es>
- ISOL. (2023). Modelos de predicción de riesgos: cómo funcionan y sus beneficios.
<https://www.isol.mx/mentoring/modelos-de-prediccion-de-riesgos-beneficios>
- Jannadi, O.A., Almishari, S. (2003). Risk assessment in construction. Journal of Construction Engineering and Management. ASCE. Vol129, pp. 492-500.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2003\)129:5\(49](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2003)129:5(49)
- Martin, A., Millan, J., Sala, J., Hidalgo, J., Bañri, A. (2018). Internet de las cosas y plataformas de código abierto como herramientas de apoyo para la construcción 4.0. Anales de Edificación. Vol 4, N° 2, 1- 8. 10.20868/ade.2018.3772.
- McEwen, A., Cassimally, H. (2013). Designing the Internet of things.
- Mejía, J. (2019). Modelo de evaluación del riesgo operativo aplicado a un proyecto de construcción de vivienda. Universidad de Medellín. Medellín.
- Mora, S. (2015). Entendiendo el Internet de las cosas. Investiga. TEC. Vol No 24.
https://revistas.tec.ac.cr/index.php/investiga_tec/article/view/2381/2169

- Morales, D. A. (2017). Técnicas de inteligencia artificial aplicadas a problemas de ingeniería civil. *Universidad & Ciencia*, 6, 164–175.
<https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/195>
- Morales, F. (2011). Concepto de proyecto: Lecciones de experiencia. XV Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Universidad Politécnica de Madrid. Huescas
<https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/195>
- Morales, N. (s.f.). Investigación exploratoria: Tipos, metodología y ejemplos.
<https://www.academia.edu/download/64537756/Investigaci%C3%B3n%20Exploratoria.pdf>.
- Murillo, J., Arias, M., & Franco, L. (2014). Riesgo Operativo, "Técnicas de Modelación Cuantitativa". Medellín: Sello Editorial.
- Naranjo, L., & Tintín, E. (2019). Modelo para la gestión de riesgo operativo mediante el uso del método RISICAR caso aplicado: área de recursos humanos y construcción de la compañía Constructora RHR Rock & Hydro Resources CIA, Ltda. Cuenca, Ecuador. Universidad del Azuay.
- Norma Técnica Colombiana. (2004). Gestión del Riesgo. (NTC 5254). Colombia.
- Páez, A., Galindo, D. (2017). El riesgo operativo dentro del sector financiero interpolado al sector real de la construcción. Universidad la Gran Colombia. Bogotá, Colombia.
- Palma Rodríguez, C. (2011). ¿Cómo construir una matriz de riesgo operativo? *Revista De Ciencias Económicas*, 29(1). <https://doi.org/10.15517/rce.v29i1.7061>.
- Plaza, L. I. (2011, febrero). El arte de transformar los datos en conocimiento.
Blog Personal de Inés Gómez Plaza: <http://www.inesgopla.com/el-arte-de-transformar-los-datos-enconocimiento/>
- Project Management Institute. (2021). Guía de los fundamentos para la dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®) (Séptima ed.). Pennsylvania.

Superintendencia Financiera de Colombia (junio, 2007). Circular Externa 041. Capitulo XXIII

Reglas relativas a la administración del riesgo operativo.

Vieites, A. G. (2006). Sistemas de Información: Herramientas Prácticas para la
Gestión Empresarial. Ra-Ma.

Walter Octavio C. M. (2017), "Metodología para la planificación de la construcción de
obras de regeneración urbana". (Tesis de Magister) UTMACH, Unidad Académica
Ingeniería Civil, Machala, Ecuador

Wrike (s.f.). ¿Qué es el análisis Montecarlo en gestión de proyectos)

[https://www.wrike.com/es/project-management-guide/faq/que-es-el-analisis-montecarlo-
en-gestion-de-proyectos/](https://www.wrike.com/es/project-management-guide/faq/que-es-el-analisis-montecarlo-en-gestion-de-proyectos/)

Zou, Y. Kiviniemi, A. Jones, S.W. A (2016). review of risk management through BIM and
BIM-related technologies, Saf. Sci. 97 (2017) 88–98, [https://doi.org/10.1016/j.
ssci.2015.12.027](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.12.027).