



Vigilada Mineducación

ANÁLISIS DE RIESGOS MATERIALIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL HOTEL
BOUTIQUE CINCO QUINTAS

CLAUDIA PATRICIA CUESTA MARULANDA

JUAN CARLOS MEZA VELÁSQUEZ

Tesis de Grado

Asesor, docente

JORGE HARLEY GUERRERO LATORRE

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN

MAESTRÍA EN GERENCIA DE PROYECTOS

MEDELLÍN

2025

Tabla de contenido

RESUMEN	8
1. INTRODUCCIÓN	10
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
3. JUSTIFICACIÓN.....	15
4. ALCANCE	16
5. OBJETIVOS.....	17
5.1. GENERAL.....	17
5.2. ESPECÍFICOS	17
6. MARCO TEÓRICO O MARCO CONCEPTUAL	18
6.1. GESTIÓN DE PROYECTOS	18
6.1.1. ¿Qué es un proyecto?	18
6.1.2. Fases de un proyecto	18
6.2. GESTIÓN DE RIESGOS	21
6.2.1. ¿Qué es un riesgo?	21
6.2.2. Evolución del concepto de gestión de riesgos	21
6.2.3. Enfoque contemporáneo del riesgo	22
6.2.4. Introducción a la gestión de riesgos.....	22
6.2.5. Importancia de la gestión de riesgos	23
6.2.6. Ciclo de gestión de riesgos	24
6.2.7. Herramientas y técnicas en la gestión de riesgos.....	26
6.2.8. Riesgos emergentes y tendencias globales.....	27
6.2.9. La cultura organizacional en la gestión de riesgos	27
6.2.10. Normas internacionales y regulaciones	28
6.3. GESTIÓN DE RIESGOS EN PROYECTOS	29
6.3.1. Concepto de gestión de riesgos en proyectos	29
6.3.2. Importancia de la gestión de riesgos en proyectos.....	29
6.3.3. Proceso de gestión de riesgos	30
6.4. GESTIÓN DE RIESGOS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES TIPO HOTEL.....	36
6.4.1. Categorización de riesgos	36

6.4.2.	Clasificación de riesgos por su origen	38
6.4.3.	Interrelación entre riesgos internos y externos	40
7.	DISEÑO METODOLÓGICO	50
7.1.	RECOLECCIÓN DE DATOS	52
7.1.1.	Identificación de los riesgos materializados en la etapa de construcción del Hotel Boutique Cinco Quintas	52
7.1.2.	Evaluación de riesgos materializados en la etapa de construcción del Hotel Boutique Cinco Quintas	53
7.1.3.	Plantear recomendaciones y buenas prácticas para la planeación y desarrollo de proyectos futuros similares	54
8.	DESARROLLO DEL TRABAJO	56
8.1.	ANÁLISIS CUALITATIVO	59
8.1.1.	Escalas de evaluación utilizadas	59
8.1.2.	Matriz de evaluación de riesgos	63
8.1.3.	Criterios de priorización	64
8.1.4.	Mapa de calor	67
8.1.5.	Análisis de severidad e impacto presupuestal por cadenas de riesgos	76
8.2.	ANÁLISIS CUANTITATIVO	81
8.2.1.	Recopilación y preparación de datos	81
8.2.2.	Modelación de incertidumbre	82
8.2.3.	Desarrollo del modelo de simulación	82
8.2.4.	Ejecución de la simulación Montecarlo	83
8.2.5.	Interpretación y comunicación de resultados	84
8.2.6.	Fundamento teórico para la selección de distribuciones de probabilidad en análisis de riesgos en construcción hotelera	84
8.2.7.	Aplicación específica por actividad	87
8.3.	ANÁLISIS DETALLADO DE DESVIACIONES POR ACTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DEL HOTEL BOUTIQUE CINCO QUINTAS	88
8.3.1.	Actividades Preliminares	88
8.3.2.	Estructura	89
8.3.3.	Cubierta	90
8.3.4.	Mampostería	91
8.3.5.	Pañetes	92
8.3.6.	Cielos rasos	93

8.3.7.	Pisos y enchapes	94
8.3.8.	Estuco y Pintura	95
8.3.9.	Aparatos y accesorios sanitarios.....	96
8.3.10.	Instalaciones hidrosanitarias.....	97
8.3.11.	Instalaciones eléctricas	98
8.3.12.	Equipos de aire acondicionado.....	99
8.3.13.	Carpintería de madera y metálica.....	100
8.3.14.	Instalaciones especiales	101
8.3.15.	Instalaciones equipos especiales	102
8.3.16.	Varios	103
8.4.	IMPACTO DE LAS CADENAS DE RIESGOS EN LAS ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN DEL HOTEL BOUTIQUE CINCO QUINTAS	105
8.4.1.	Cadena 1: Riesgos Estructurales → Riesgos Sociales	106
8.4.2.	Cadena 2: Riesgos Estructurales → Riesgos Regulatorios.....	107
8.4.3.	Cadena 3: Riesgos Estructurales → Riesgos Económicos	108
8.4.4.	Cadena 4: Riesgos Comunicacionales como Catalizadores	110
8.5.	RELACIÓN DELTA DE COSTO SOBRE DELTA DE TIEMPO EN GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.....	111
8.5.1.	Importancia en la gestión de proyectos	112
8.5.2.	Aplicaciones Prácticas	112
8.6.	ANÁLISIS DE MONTECARLO PARA LOS RIESGOS MATERIALIZADOS.....	119
8.6.1.	Tabla de funciones de distribución en @RISK para variables de costo del Hotel Boutique Cinco Quintas	120
8.6.2.	Análisis de los resultados de la modelación de riesgos mediante simulación Montecarlo .	123
8.6.3.	Aplicación de la distribución de Poisson para la ocurrencia de riesgos por actividad	128
8.6.4.	Análisis de los resultados	132
8.7.	RECOMENDACIONES Y BUENAS PRÁCTICAS PARA PROYECTOS INMOBILIARIOS TIPO HOTEL BOUTIQUE.....	134
8.7.1.	Planificación preliminar y diseño	134
8.7.2.	Gestión contractual y administrativa	135
8.7.3.	Gestión técnica y operativa	135
8.7.4.	Gestión social y comunicacional	136
8.7.5.	Gestión de riesgos integral.....	136
9.	CONCLUSIONES	138

10.	REFERENCIAS.....	141
11.	ANEXOS	151

Índice de figuras

<i>Figura 1. Ciclo de la gestión de riesgos</i>	26
<i>Figura 2. Mapa de calor de los riesgos</i>	67
<i>Figura 3. Niveles de riesgo y distribución de riesgos</i>	68
<i>Figura 4. Interconexión de riesgos</i>	74
<i>Figura 5. Relación Delta del costo sobre Delta del tiempo</i>	112
<i>Figura 6. Delta del costo vs Delta del tiempo del proyecto Hotel Boutique Cinco Quintas</i>	116
<i>Figura 7. Delta del costo vs Delta del tiempo del proyecto Hotel Boutique Cinco Quintas</i>	117
<i>Figura 8. Costos del proyecto por actividad</i>	122
<i>Figura 9. Costo total del proyecto Figura X</i>	122
<i>Figura 10. Costo directo del proyecto Figura Y</i>	123

Índice de tablas

<i>Tabla 1. Ficha técnica de la entrevista</i>	54
<i>Tabla 2. Relación de riesgos identificados durante la entrevista</i>	56
<i>Tabla 3. Escala de probabilidad</i>	60
<i>Tabla 4. Impacto financiero</i>	61
<i>Tabla 5. Impacto en tiempo</i>	61
<i>Tabla 6. Escala de impacto en calidad</i>	61
<i>Tabla 7. Definición de la escala de riesgos</i>	63
<i>Tabla 8. Tiempo de respuesta al riesgo</i>	66
<i>Tabla 9. Leyenda de riesgos</i>	68
<i>Tabla 10. Relación de riesgos vs probabilidad e impacto. Cadena 1</i>	76
<i>Tabla 11. Relación de riesgos vs probabilidad e impacto. Cadena 2</i>	77
<i>Tabla 12. Relación de riesgos vs probabilidad e impacto. Cadena 3</i>	78
<i>Tabla 13. Relación de riesgos vs probabilidad e impacto. Cadena 4</i>	79
<i>Tabla 14. Impacto de las cadenas de riesgos en las actividades de construcción del Hotel Boutique Cinco Quintas</i>	105
<i>Tabla 15. Actividades vs riesgos que impactaron</i>	119
<i>Tabla 16. Configuración de la distribución en @RISK</i>	120
<i>Tabla 17. Actividades vs número de ocurrencias</i>	129
<i>Tabla 18. Relación de actividades vs probabilidad e impacto</i>	130
<i>Tabla 19. Valores del riesgo para cada actividad del proyecto</i>	131

RESUMEN

Esta investigación analiza los riesgos materializados durante la construcción del Hotel Boutique Cinco Quintas en el Centro Histórico de Cartagena (Colombia) con el objetivo de mejorar la gestión de riesgos en proyectos inmobiliarios similares. En este sentido, se implementó una metodología mixta, la cual combinó entrevistas semiestructuradas y la herramienta denominada como simulación de Montecarlo, de tal forma que se identificaron y evaluaron dieciséis riesgos materializados. Así, el análisis cualitativo reveló que los riesgos más críticos se sitúan en los cambios en planos estructurales, problemas con el nivel freático, condiciones de muros antiguos e incremento de costos por pandemia. Del mismo modo, el análisis cuantitativo demostró una relación significativa entre las desviaciones de tiempo y costo, con actividades críticas como instalaciones especiales, instalaciones eléctricas y equipos de aire acondicionado mostrando los mayores ratios de impacto ($\Delta C/\Delta T > 0.9$). Se logró determinar cuatro cadenas de propagación de riesgos (estructurales→sociales, estructurales→regulatorios, estructurales→económicos y comunicacionales), evidenciando la naturaleza interconectada de los riesgos en proyectos patrimoniales. La simulación de Montecarlo reveló que se requería una contingencia del 3.1% del costo esperado para un nivel de confianza del 90%, y que apenas cuatro actividades críticas concentraron el 70% de la variabilidad del proyecto. Finalmente, el estudio propone recomendaciones específicas para proyectos hoteleros en centros históricos, enfatizando la importancia de una gestión de riesgos proactiva y sistémica.

Palabras clave: gestión de riesgos, proyectos hoteleros, análisis de Montecarlo, interconexión de riesgos, centros históricos, ratio delta costo/delta tiempo.

ABSTRACT

This research analyzes the materialized risks during the construction of the Cinco Quintas Boutique Hotel in the Historic Center of Cartagena, Colombia, aiming to improve risk management in similar real estate projects. Through a mixed methodology combining semi-structured interviews with Montecarlo simulation, sixteen materialized risks were identified and evaluated. Qualitative analysis revealed that the most critical risks were changes in structural plans, groundwater level issues, conditions of old walls, and increased costs due to the pandemic. Quantitative analysis demonstrated a significant relationship between time and cost deviations, with critical activities such as special installations, electrical installations, and air conditioning equipment showing the highest impact ratios ($\Delta C/\Delta T > 0.9$). Four risk propagation chains were identified (structural→social, structural→regulatory, structural→economic, and communication), evidencing the interconnected nature of risks in heritage projects. Montecarlo simulation revealed that a contingency of 3.1% of the expected cost was required for a 90% confidence level, and that just four critical activities concentrated 70% of the project's variability. The study proposes specific recommendations for hotel projects in historic centers, emphasizing the importance of proactive and systemic risk management.

Keywords: risk management, hotel projects, Montecarlo analysis, risk interconnection, historic centers, delta cost/delta time ratio.

1. INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción constituye una de las industrias más dinámicas e importantes para el crecimiento económico a nivel mundial. En el caso de Colombia, según el Grupo Bancolombia, este sector experimentó una sólida recuperación en el segundo trimestre de 2024, ya que registró un crecimiento de 14,4 % anual, su mejor desempeño en los últimos años (Bancolombia, 2024). De esta manera, dicha industria no sólo genera un alto volumen de empleos directos e indirectos, sino que contribuye al desarrollo de infraestructura clave, impulsando otros sectores productivos como el turismo, la industria y el comercio. Sin embargo, los proyectos de construcción se enfrentan a desafíos únicos, caracterizados por la alta incertidumbre y la volatilidad de los factores internos y externos que pueden afectar su éxito.

Partiendo de aquí, los riesgos son inherentes a los proyectos de construcción debido a la complejidad de las actividades involucradas y las interdependencias entre las diferentes fases del proyecto, lo que introduce una variedad de factores internos que deben gestionarse adecuadamente. En este grupo se incluyen la coordinación ineficaz entre los equipos de trabajo, problemas en la gestión de recursos, la planificación insuficiente o inadecuada, y las fallas en la comunicación entre los diferentes actores del proyecto como contratistas, subcontratistas y proveedores. Asimismo, las decisiones erróneas en la selección de proveedores o en la asignación de tareas pueden generar importantes retrasos o sobrecostos que comprometen el éxito del proyecto.

A su vez, los factores externos engloban aspectos clave como la inflación, la disponibilidad de materiales, las condiciones climáticas adversas, y eventos globales inesperados como pandemias. Precisamente, la reciente pandemia de COVID-19 demostró cómo un evento sanitario global puede desestabilizar proyectos de construcción, afectando tanto la disponibilidad de la mano de obra como la cadena de suministro de materiales, lo que provocó retrasos significativos en los cronogramas y aumentos en los costos. Además, la necesidad de implementar estrictas medidas de seguridad en las obras incrementó los costos operativos. En última instancia, la consideración de los factores internos y externos refuerzan la necesidad de una gestión

de riesgos integral que permita anticipar y mitigar los impactos adversos sobre el proyecto.

En consecuencia, este estudio se enfoca en analizar los riesgos materializados durante la construcción del Hotel Boutique Cinco Quintas, ubicado en Cartagena (Colombia) con el objetivo de identificar las principales causas de los riesgos materializados y su impacto en el proyecto. El análisis de este caso pretende proporcionar recomendaciones prácticas para mejorar la gestión de riesgos en proyectos inmobiliarios futuros, particularmente en el sector hotelero, dado que su matriz de riesgo se define por su carácter multifactorial y su alto nivel de complejidad.

En lo que concierne al proyecto del Hotel Boutique Cinco Quintas, este enfrentó múltiples riesgos a nivel interno y externo, los cuales afectaron su desarrollo en términos de tiempo, costos y calidad. Dentro de los factores de mayor importancia se encuentran los cambios en el alcance inicial del proyecto, permisos para cierres y licencias, quejas con los vecinos, nivel freático y eventos globales como la pandemia del COVID-19, que interrumpieron la continuidad de las actividades debido a las restricciones sanitarias y el aumento en los costos operativos. En este sentido, el estudio aborda cómo estos riesgos se gestionaron y qué lecciones pueden extraerse para futuras iniciativas.

A lo largo del presente trabajo, se lleva a cabo una identificación exhaustiva de los riesgos materializados en el proyecto, seguida de un análisis cualitativo para priorizarlos y, finalmente, un análisis cuantitativo mediante simulación de Montecarlo para evaluar su impacto en los costos y el cronograma del proyecto.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sector de la construcción en Colombia se posiciona como uno de los pilares de la economía nacional en la medida que es una de las industrias con mayor generación de empleos directos e indirectos. De acuerdo con cifras del DANE, el sector de la construcción abarcó un total de 1.516 miles de personas en 2022 (DANE, Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2022). En esta categoría se incluyen desde obreros hasta ingenieros y proveedores de materiales, los cuales dependen de este sector para su sustento. Por otro lado, estos proyectos impactan en el comercio de materiales y la creación de infraestructura, la cual es importante para el crecimiento y desarrollo de las ciudades en aspectos como nuevos edificios, carreteras, puentes y viviendas mejoran la calidad de vida de los ciudadanos y atraen inversión (Camacol, 2023).

Sumado a lo anterior, la construcción beneficia indirectamente a otros sectores como el inmobiliario, el financiero, el industrial y de servicios. Sin embargo, este sector presenta periodos de actividad más pronunciados que el promedio de actividades económicas y es susceptible a factores externos que impactan los resultados de los proyectos como el incremento en los precios del hierro y el acero, productos experimentaron un incremento del 33,47% en 2021 (Camacol, 2021), o variaciones en las tasas de interés de créditos e inflación. De la misma manera, se pueden encontrar nuevas disposiciones sociales (cambios en las necesidades y expectativas de los clientes y proveedores), así como factores internos (necesidades por parte de los interesados o stakeholders¹) cada vez más heterogéneas, diferentes y sofisticadas.

Con lo anterior, es posible indentificar una serie de variables que influyen en las etapas de planificación y ejecución de un proyecto, además de obstáculos que pueden impedir el cumplimiento de los objetivos en términos de tiempo, costo y calidad. Para disminuir los efectos generados por estos factores, se debe contar con un proceso de gestión de riesgos que facilite la identificación temprana de estos y permita adaptarse a

¹ Grupos de interés

las circunstancias cambiantes, tomar decisiones oportunas y asignar recursos de manera eficiente; lo que incrementaría la probabilidad de éxito del proyecto.

En el presente caso de estudio, se abordan los riesgos materializados en la etapa de construcción del Hotel Boutique Cinco Quintas ubicado en la calle del Porvenir del Centro Histórico de Cartagena (Colombia). Para conocer a fondo los riesgos materializados en el proyecto, se realiza un listado de cada uno de ellos, de modo que se logran identificar causas internas y externas. En lo que concierne a las causas internas, destacan:

1. Deficiencia en la etapa de planeación: según la Guía de Fundamentos para la Gestión de Proyectos PMBOK (Project Management Institute, Inc., 2021), este es un aspecto fundamental en la planificación de proyectos de construcción. En este sentido, el proyecto de construcción del Hotel Boutique Cinco Quintas inició con la compra de un edificio, el cual luego fue inicialmente adecuado para vivienda de estancia corta como Airbnb². Durante su desarrollo, el proyecto presentó un cambio en el alcance solicitado por uno de los stakeholders; el cual insistió en la construcción del citado hotel. Esto implicó una modificación completa en el alcance y definiciones iniciales del proyecto en categorías como planos y especificaciones, ya que se debía repotenciar la estructura del edificio. Además, se presentó un aumento en los tiempos de entrega, el presupuesto para la continuidad y finalización del proyecto, y el flujo de caja.
2. Análisis y selección de proveedores: en este aspecto no se realizó un análisis y selección de proveedores, lo que derivó en la adquisición de materiales defectuosos o de baja calidad, generando retrasos por devoluciones.
3. Personal administrativo: no contaba con los conocimientos suficientes para implementar las normas de seguridad, por lo que se presentaron algunos accidentes laborales dentro de la obra.

Por su parte, los factores externos se agrupan en:

² Airbnb es una compañía que ofrece una plataforma digital dedicada a la oferta de alojamientos a particulares y turísticos mediante la cual los anfitriones pueden publicar y contratar el arriendo.

1. Inflación: la inflación cerró en 5,62% en 2021, siendo la cifra más alta en los últimos cinco (5) años (DANE, 2022). Sumado a esto, se registraron variaciones en los precios que generaron un incremento en la adquisición de materiales. Por ejemplo, el acero registró la mayor alza con un 22,86% (DANE, 2022).
2. Fenómenos climáticos y protestas como el estallido social del 2021, el cual desencadenó manifestaciones de varios sectores debido al anuncio de una nueva reforma tributaria. En su conjunto, ambos eventos afectaron el desarrollo normal de las actividades laborales en todo el país.

Las situaciones previamente descritas contribuyeron a la estructuración de la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo el análisis de los riesgos materializados en la construcción del Hotel Boutique Cinco Quintas en Cartagena puede contribuir a mejorar la gestión de riesgos de proyectos inmobiliarios tipo hotel boutique?

Con las causas ya identificadas se plantea la realización de un análisis detallado de cada una de ellas. En este sentido, se hace uso de herramientas como la entrevista, el análisis del presupuesto y del cronograma del proyecto de tal forma que proporcionen datos concretos que permitan la comprensión global de la situación. Asimismo, se lleva a cabo el modelamiento de las variables en relación con la probabilidad de ocurrencia, y el impacto de estas en la etapa de construcción del Hotel.

Una vez obtenidos los resultados, se plantean recomendaciones para la planeación y gestión de proyectos inmobiliarios tipo hotel boutique en entornos comparables.

3. JUSTIFICACIÓN

La gestión de proyectos es importante en cada una de sus diferentes etapas. Pro consiguiente, este proyecto aborda los riesgos como un problema recurrente en la industria de la construcción ya que, si bien estos han sido identificados y analizados por un número variado de autores y metodologías, no siempre son gestionados en las empresas de manera proactiva y eficiente. Al centrar el análisis en un proyecto real y reciente, se obtiene información contextualizada y aplicable que puede beneficiar a futuros proyectos, no sólo en Cartagena sino también en otras ubicaciones con características similares.

De este modo, esta investigación contribuye al cuerpo de conocimiento en gestión de riesgos específicos asociados a los hoteles boutique, los cuales suelen diferir de los proyectos hoteleros convencionales. Además, permite desarrollar un marco de referencia más preciso para la gestión de riesgos en proyectos similares mediante la consolidación de herramientas prácticas y recomendaciones específicas para profesionales del sector. Precisamente, la Organización Mundial de Turismo (OMT) afirma que el turismo alcanzaría los niveles alcanzados antes de la pandemia (OMT, 2024). En Colombia, la cifra podría ascender o superar los 267.362 extranjeros, lo cual es un atractivo para los inversionistas de este tipo de proyectos ya que pueden realizar más inversiones de este tipo y tener mejores resultados si cuentan con una buena gestión de la planeación y gestión de los riesgos (MinComercio, 2020).

4. ALCANCE

En este trabajo de investigación sobre *Análisis de riesgos materializados en la construcción del Hotel Boutique Cinco Quintas*, se realiza un análisis de los riesgos materializados en la etapa de construcción del hotel. A su vez, el alcance de este caso de estudio es de tipo descriptivo – correlacional.

En cuanto a la sección de carácter descriptivo, se implementa la entrevista semiestructurada, lo que facilita la identificación de los riesgos materializados de mayor relevancia dentro del desarrollo del proyecto. Es decir, mediante el uso de preguntas abiertas y aquellas que surjan en el desarrollo de la entrevista, se busca obtener información detallada sobre las situaciones presentadas, las percepciones de los involucrados y las causas raíz de los riesgos. Es importante contar con un instrumento adecuado y aplicarlo de manera efectiva para obtener información precisa y confiable (INUDI, 2023). La información obtenida se analiza para identificar patrones, lo que permite plantear recomendaciones y buenas prácticas para mitigar futuros riesgos y mejorar la gestión de proyectos inmobiliarios futuros.

Por su parte, en la sección de carácter correlacional se realiza una simulación de Montecarlo del presupuesto, considerando variables como costos de materiales, mano de obra, entre otros. Con este modelo, se establece críticamente la probabilidad e impacto de diferentes escenarios con una perspectiva clara sobre el costo total del proyecto durante la etapa de construcción. Los resultados de la simulación posibilitan la identificación de los principales factores de riesgo y la exposición de diversas recomendaciones para el desarrollo de proyectos inmobiliarios tipo hotel boutique en el futuro.

5. OBJETIVOS

5.1. GENERAL

Analizar los riesgos materializados en la etapa de construcción del Hotel Boutique Cinco Quintas (caso de estudio) identificando su impacto y generando recomendaciones que mejoren la gestión de riesgos en proyectos inmobiliarios futuros.

5.2. ESPECÍFICOS

1. Identificar los riesgos materializados en la etapa de construcción del Hotel Boutique Cinco Quintas.
2. Evaluar los riesgos materializados en la etapa de construcción del Hotel.
3. Plantear recomendaciones y buenas prácticas para la planeación y desarrollo de proyectos futuros similares.

6. MARCO TEÓRICO O MARCO CONCEPTUAL

6.1. GESTIÓN DE PROYECTOS

6.1.1. ¿Qué es un proyecto?

Un proyecto consiste en un esfuerzo temporal emprendido para crear un producto, servicio o resultado único. Según el Project Management Institute (PMI), un proyecto se define por su duración finita, con un inicio y un fin bien definidos, y su objetivo es producir un resultado singular. En este caso, puede abarcar desde la construcción de infraestructuras hasta la creación de un nuevo servicio o producto (PMI, 2021). Por otro lado, ISO 10006 define un proyecto como un proceso único consistente en un grupo de actividades coordinadas y controladas con fechas definidas para su inicio y finalización, las cuales se llevan a cabo para lograr un objetivo conforme con requisitos específicos, incluyendo las limitaciones de tiempo, costo y recursos (ISO 10006, 2017).

Por consiguiente, un proyecto tiene características que lo distinguen de las operaciones continuas. Así, se define por su temporalidad, lo que significa que se desarrolla en un período específico y por la unicidad de su resultado, ya que no existe un proyecto idéntico a otro. Además, los proyectos requieren la asignación y gestión de recursos para alcanzar los objetivos definidos dentro de las restricciones de tiempo, costo y alcance (Kerzner H. , 2019).

6.1.2. Fases de un proyecto

El ciclo de vida de un proyecto puede dividirse en varias fases, que forman una estructura clave para planificar, ejecutar y completar un proyecto. Estas fases, conocidas como el ciclo de vida del proyecto, permiten a los gestores definir y gestionar eficazmente los recursos y actividades desde su inicio hasta el cierre. A continuación, se describen las fases clave de un proyecto, según el PMBOK (PMI, 2021):

6.1.2.1. Prefactibilidad o pre-inversión

Esta fase consiste en la formulación y evaluación del plan para lograr el objetivo que se ha establecido. El objetivo primordial es contar con la suficiente información y análisis para tomar la mejor decisión.

6.1.2.2. Inversión

Una vez asignado el proyecto, incluso durante la fase de prefactibilidad se propone un plan de desarrollo del proyecto, el cual deberá ajustarse y actualizarse, contar con información detallada sobre alcance, tiempo, costo, recursos, hitos, definiciones de calidad, entre otros.

6.1.2.3. Operación

Engloba la puesta en marcha o ejecución del proyecto. Esta etapa tiene como objetivo solucionar la necesidad o el problema previamente definidos y satisfacer a los interesados. Dentro de este, se desarrollan los siguientes procesos según el PMI y Marco Lógico:

- **Inicio del proyecto:** en esta primera fase, se define el objetivo principal del proyecto y se autoriza formalmente mediante el acta de constitución del proyecto. También se identifican a los principales interesados y se evalúa la viabilidad del proyecto. Esta fase es crítica para alinear el proyecto con los objetivos estratégicos de la organización.

Entregables: acta de constitución del proyecto y definición de objetivos.

- **Planeación:** implica la creación de un plan detallado que guiará todas las actividades y responsables a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Esta fase incluye la definición del alcance, la creación del cronograma, la asignación de recursos y el presupuesto del proyecto. Aquí también se identifican los planes de comunicaciones, calidad, adquisiciones y contrataciones, interesados y riesgos.

Entregables: plan del proyecto, cronograma, plan de riesgos y presupuesto.

- **Ejecución:** aquí se implementan los planes establecidos. El equipo del proyecto lleva a cabo las actividades necesarias para cumplir con los objetivos definidos. Esta fase implica la gestión de los recursos, la comunicación continua con los interesados y el monitoreo del desempeño del proyecto. El gestor del proyecto debe asegurar que se cumplen los requisitos y que los recursos se utilizan de manera eficiente. Adicionalmente, el Marco Lógico indica la importancia de proponer acciones que permitan mejorar el desempeño del proyecto e incrementar las posibilidades del cumplimiento del tiempo, costo y alcance de este (CEPAL, 2015).

Entregables: productos o servicios intermedios que cumplan con los requisitos del proyecto, informes de seguimiento, hitos del proyecto.

- **Monitoreo y control:** constituye una fase continua que se lleva a cabo a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto. Su objetivo es supervisar el progreso y el desempeño del proyecto, asegurando que se mantenga en línea con los objetivos planificados. Esta fase incluye la gestión de cambios y la evaluación de los riesgos. Si es necesario, se ajustan las estrategias y se implementan medidas correctivas para mantener el proyecto dentro de los parámetros acordados. Dentro de la metodología de Marco Lógico se plantea la identificación de logros y debilidades del proyecto de tal forma que las acciones propuestas puedan efectuarse con tiempo (CEPAL, 2015).

Entregables: informes de desempeño, ajustes al plan del proyecto y planes de contingencia.

- **Cierre del proyecto:** implica la finalización formal del proyecto. Se entregan los productos o servicios finales a los interesados, se evalúan los resultados, y se recopilan las lecciones aprendidas para mejorar futuros proyectos. También se realizan auditorías finales y se liberan los recursos utilizados durante el proyecto.

Entregables: informe final del proyecto, lecciones aprendidas y cierre financiero.

- **Evaluación:** la evaluación se da no sólo con la finalización del proyecto, sino cuando se ha corroborado el cumplimiento de su objetivo central, se está otorgando el beneficio y está produciendo los impactos que se plantearon al inicio. Es importante hacer evaluaciones durante la ejecución del proyecto y tomar acciones en caso de que se requieran.

Entregables: documento con lecciones aprendidas y conocimientos adquiridos.

6.2. GESTIÓN DE RIESGOS

6.2.1. ¿Qué es un riesgo?

En el marco de la gestión de proyectos, el riesgo se define como la posibilidad que un evento o condición incierta ocurra, afectando de manera positiva o negativa los objetivos del proyecto. El Project Management Institute (PMI) define el riesgo como un evento o condición incierto que, si ocurre, tiene un efecto en al menos un objetivo del proyecto (PMI, 2021). Tradicionalmente, el riesgo ha sido visto como un fenómeno bidimensional que incluye tanto la probabilidad de ocurrencia del evento como el impacto que tendría en el proyecto (Hillson, D.; Simon, P., 2022).

No obstante, la categoría de riesgo ha evolucionado conceptualmente, por lo que en enfoque contemporáneos no sólo se consideran los riesgos negativos (amenazas), sino también los riesgos positivos (oportunidades) que pueden generar beneficios si se gestionan correctamente (Hillson, D., 2009).

6.2.2. Evolución del concepto de gestión de riesgos

La gestión de riesgos ha recorrido un largo camino desde sus orígenes. En sus inicios, se centraba casi exclusivamente en minimizar las amenazas que podrían impedir

el éxito de un proyecto. A lo largo de los siglos XVII y XVIII, el análisis de riesgos se basaba en el cálculo de probabilidades, y su uso estaba limitado a sectores como los seguros y las finanzas (Dionne, 2013). A medida que los proyectos se volvieron más complejos, y con la introducción de nuevas metodologías y tecnologías, la gestión de riesgos comenzó a ser vista como una parte integral de la planificación y ejecución de proyectos.

A mediados del Siglo XX, se inició la aplicación de herramientas como el Análisis de Montecarlo y el Valor en Riesgo (VaR) para cuantificar el impacto financiero de los riesgos en diversos sectores, incluidos los proyectos de construcción (Markowitz, 1952). Durante este periodo, la gestión de riesgos se incorporó gradualmente a la gestión empresarial y de proyectos. Sin embargo, no fue hasta la década de 1990 cuando organizaciones como el PMI y la ISO formalizaron la gestión de riesgos como una disciplina esencial en la gestión de proyectos (PMI, 2021).

6.2.3. Enfoque contemporáneo del riesgo

En la actualidad, la gestión de riesgos se entiende como un proceso proactivo e integral que abarca tanto la prevención de amenazas como la explotación de oportunidades. Esto es crucial para proyectos complejos como la construcción de hoteles boutique, donde los riesgos pueden surgir en varias etapas del proyecto, desde el diseño hasta la operación.

A su vez, el avance de tecnologías como la inteligencia artificial y el big data ha permitido que los gestores de proyectos puedan predecir, monitorear y gestionar los riesgos de manera más precisa. Además, la globalización y eventos sistémicos como la pandemia de COVID-19 han ampliado el enfoque de la gestión de riesgos para incluir riesgos globales que afectan a múltiples sectores y regiones (Aven T. , 2019).

6.2.4. Introducción a la gestión de riesgos

La gestión de riesgos se sitúa como una disciplina clave en la administración moderna, abarcando un conjunto de prácticas, herramientas y enfoques diseñados para

identificar, evaluar y mitigar los riesgos que pueden afectar el logro de los objetivos de una organización. Estos riesgos pueden ser de diversa índole: financieros, operacionales, regulatorios, tecnológicos, ambientales, y sociales. De esta manera, la correcta gestión de riesgos ayuda a las organizaciones a navegar en un entorno de incertidumbre, mejorando la resiliencia y garantizando una toma de decisiones informada.

Sobre todo, teniendo en cuenta que la definición del riesgo ha evolucionado significativamente en los últimos años. Actualmente, se concibe como la posibilidad de que un evento o una serie de eventos afecten negativamente a una organización. Sin embargo, el riesgo no siempre tiene connotaciones negativas; también puede representar oportunidades si se gestiona adecuadamente (Aven T. , 2019). Según ISO 31000, la gestión de riesgos consiste en actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización con respecto al riesgo. Esta norma establece principios y directrices que permiten integrar la gestión de riesgos en todos los procesos de la organización (ISO 31000, 2018).

6.2.5. Importancia de la gestión de riesgos

El entorno empresarial contemporáneo se caracteriza por su alta volatilidad, incertidumbre, complejidad y ambigüedad (VUCA, por sus siglas en inglés). Factores como la globalización, los avances tecnológicos, las nuevas regulaciones y las expectativas sociales han generado una mayor exposición a los riesgos. Este contexto subraya la necesidad de contar con una sólida estructura de gestión de riesgos que permita a las organizaciones identificar riesgos emergentes y desarrollar estrategias proactivas, (Aven T. , 2019); (Fraser, Quail, & Simkins, 2021).

Por ende, una gestión de riesgos eficaz no sólo protege a las organizaciones de posibles pérdidas, sino que ofrece ventajas competitivas al permitir una respuesta más ágil y adaptada a los cambios. En un entorno de incertidumbre, aquellas organizaciones que pueden gestionar adecuadamente los riesgos no sólo sobreviven, sino que prosperan (Hopkin, 2020).

6.2.6. Ciclo de gestión de riesgos

El ciclo de gestión de riesgos, tal como se describe en la Norma ISO 31000 (ISO 31000, 2018), es un proceso sistemático e iterativo que busca asegurar que los riesgos sean identificados, evaluados y gestionados de manera eficiente. Las etapas clave de este ciclo son las siguientes:

6.2.6.1. *Establecimiento del contexto*

Integra la definición clara del contexto interno y externo del proyecto, incluyendo objetivos, limitaciones y criterios de riesgo. Este paso es crucial para asegurar que el proceso de gestión de riesgos esté alineado con las metas estratégicas de la organización y lograr identificar el impacto caso de presentarse no solo en un proyecto sino en otras actividades relacionadas (ISO 31000, 2018).

6.2.6.2. *Identificación de riesgos*

Implica el reconocimiento de eventos que podrían afectar el proyecto tanto interna como externamente, así como la definición de los criterios para la evaluación de estos y apoyar las decisiones que se tomen, de ahí la importancia de definir un proceso claro para la toma de decisiones. De acuerdo con Hillson & Simon, en esta fase es fundamental realizar un análisis exhaustivo para no omitir riesgos potenciales (Hillson, D.; Simon, P., 2022).

6.2.6.3. *Análisis de riesgos*

Consiste en el estudio de las posibles causas de un evento inesperado y cómo puedan impactar positiva o negativamente el desarrollo del proyecto. Para esto, es necesaria la obtención de información y, con base en ello tomar decisiones. En líneas generales, el análisis de riesgos puede estar limitado por el nivel de experiencia, conocimiento o percepción que tenga el grupo de personas que está trabajando en la gestión de riesgos. Ahora, la obtención de información puede tener un carácter:

- **Cualitativo:** supone la recopilación de datos no numéricos. Es decir, el entendimiento de conceptos, percepciones o situaciones para luego clasificarlos según su probabilidad e impacto usando herramientas como matrices de riesgo.
- **Cuantitativo:** engloba la identificación y procesamiento de datos numéricos para realizar evaluaciones estructuradas o simulaciones, como el Método de Montecarlo, de tal forma que es posible calcular el impacto financiero o temporal de los riesgos. Este enfoque permite una toma de decisiones fundamentada en proyectos de gran complejidad (Pritchard, C., 2021).

6.2.6.4. Evaluación de riesgos

Definida por el análisis de cada uno de los riesgos identificados, así como la comparación de dichos riesgos identificados con los criterios de riesgo establecidos para determinar el tratamiento que se va a realizar con cada uno de ellos, es decir, si son aceptables o requieren tratamiento adicional. Es de vital importancia volver a revisar el contexto y comunicar a las partes interesadas sobre el impacto (ISO 31000, 2018).

6.2.6.5. Tratamiento del riesgo

Consta del desarrollo de respuestas específicas para los riesgos como la mitigación, transferencia, aceptación, o explotación de los riesgos positivos. Esta fase también incluye el monitoreo de los riesgos secundarios que pueden surgir del tratamiento inicial (Hillson, D., & Simon, P., 2022).

6.2.6.6. Monitoreo y revisión del riesgo

La gestión de riesgos es un proceso continuo que requiere revisión y monitoreo constante para asegurar que los controles implementados sean efectivos y para identificar nuevos riesgos que puedan haber surgido (ISO 31000, 2018).

Figura 1. Ciclo de la gestión de riesgos



Fuente: elaboración propia con la asistencia de Napkin AI (2023) (Gran Modelo de Lenguaje).
<https://www.napkin.ai/>

De este modo, la gestión de riesgos ha evolucionado significativamente, pasando de ser una disciplina enfocada exclusivamente en mitigar amenazas a una práctica integral que busca tanto la minimización los impactos negativos como la maximización de las oportunidades. La correcta implementación de un ciclo de gestión de riesgos asegura una mayor probabilidad de éxito en proyectos complejos, permitiendo que las organizaciones se adapten a las incertidumbres del entorno y optimicen sus resultados.

6.2.7. Herramientas y técnicas en la gestión de riesgos

Existen diversas herramientas y técnicas que posibilitan la realización de cada uno de los procesos asociados con la gestión de riesgos. Estas herramientas permiten estructurar el proceso y asegurar que los riesgos sean evaluados y gestionados de manera eficiente:

- **Análisis de impacto y probabilidad:** evalúa la probabilidad de ocurrencia de un riesgo y su impacto en la organización. Los resultados se representan gráficamente en una matriz, donde los riesgos se clasifican como bajos, moderados o altos.
- **Árbol de decisiones:** permite visualizar diversas opciones de respuesta ante un riesgo y sus posibles consecuencias. Ayuda a las organizaciones a tomar decisiones informadas sobre la mejor manera de gestionar un riesgo.
- **Análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas):** provee un marco para la evaluación de riesgos internos y externos en función de sus debilidades y amenazas. Asimismo, se pueden considerar oportunidades y fortalezas para capitalizarlas (Kendrick, 2019).

6.2.8. Riesgos emergentes y tendencias globales

La aparición de riesgos emergentes ha captado la atención de expertos y organizaciones. Entre estos riesgos destacan los relacionados con el cambio climático, la transformación digital, la pandemia de COVID-19 y la creciente interconectividad global, lo que ha amplificado la velocidad con la que los riesgos pueden afectar a las organizaciones (Fraser, Quail, & Simkins, 2021).

En este sentido, el cambio climático y la sostenibilidad han llevado a las organizaciones a evaluar cómo sus operaciones y cadenas de suministro podrían verse afectadas por fenómenos meteorológicos extremos o por regulaciones más estrictas. A su vez, la transformación digital ha traído consigo un mayor riesgo de ciberataques, que pueden tener consecuencias devastadoras en términos de reputación y operatividad.

6.2.9. La cultura organizacional en la gestión de riesgos

Uno de los factores clave en la gestión efectiva de riesgos se centra en la cultura organizacional. Según Hopkin, las organizaciones deben fomentar una cultura donde todos los empleados comprendan la importancia de identificar y comunicar riesgos. Esto

incluye la formación continua y la integración de la gestión de riesgos en todos los niveles de la organización (Hopkin, 2020).

De hecho, una cultura de riesgo sólida promueve la transparencia, el aprendizaje y la adaptabilidad. Además, permite que la organización desarrolle una actitud proactiva hacia los riesgos, en lugar de esperar a que los problemas se materialicen (Aven T. , 2019). Por ejemplo, en lugar de ver el riesgo como algo negativo, las organizaciones que fomentan una cultura proactiva pueden verlo como una oportunidad para mejorar procesos o innovar.

6.2.10. Normas internacionales y regulaciones

A nivel internacional, se han desarrollado un conjunto de normas y marcos para guiar a las organizaciones en los procesos asociados con la gestión de riesgos. Al respecto, la ISO 31000:2018 establece principios y directrices que son aplicables a cualquier tipo de organización, independientemente de su tamaño o sector. Este estándar internacional resalta la importancia de integrar la gestión de riesgos en los procesos de toma de decisiones y en todos los aspectos operativos de la organización (ISO 31000, 2018).

Adicionalmente, se encuentran disponibles normas como el estándar australiano AS/NZS 4360:1999, el cual es una guía genérica para la implementación de riesgos teniendo en cuenta el contexto y la identificación, análisis, evaluación, tratamiento, comunicación y el monitoreo de los riesgos identificados (AS/NZS 4360:1999, 1999). Por otro lado, se encuentra la Y COSO ERM (Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission), que proporciona marcos de referencia para la gestión de riesgos empresariales. COSO ERM destaca la importancia de un enfoque integral que considere tanto los riesgos financieros como no financieros (Fraser, Quail, & Simkins, 2021).

6.3. GESTIÓN DE RIESGOS EN PROYECTOS

La gestión de riesgos en proyectos es un componente esencial para su éxito, ya que impone la necesidad de la identificación, evaluación y planificación de cualquier iniciativa para así mitigar riesgos potenciales que puedan afectar los objetivos del proyecto en términos de tiempo, costo, calidad y alcance. Partiendo de aquí, los riesgos pueden surgir de diversas fuentes como cambios en el entorno económico, avances tecnológicos, factores políticos, errores humanos o problemas de comunicación. Una gestión de riesgos efectiva no sólo ayuda a evitar amenazas, sino que permite aprovechar oportunidades que puedan surgir a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

6.3.1. Concepto de gestión de riesgos en proyectos

La gestión de riesgos en proyectos se refiere al proceso sistemático de identificar, analizar y responder a los riesgos que pueden afectar el éxito del proyecto. Según el Project Management Institute (PMI), un riesgo es un evento o condición incierta que, si ocurre, tiene un efecto positivo o negativo en uno o más de los objetivos del proyecto. Esto incluye no sólo las amenazas, sino también las oportunidades que pueden ser explotadas para beneficio del proyecto (PMI, 2021).

De acuerdo con Kerzner, la gestión de riesgos es un proceso continuo que debe integrarse en todas las fases del proyecto, desde su inicio hasta su cierre. Este enfoque proactivo permite a los gestores anticiparse a problemas potenciales y adaptar sus estrategias a medida que surgen nuevos riesgos (Kerzner H. , 2019).

6.3.2. Importancia de la gestión de riesgos en proyectos

La gestión de riesgos es un aspecto crucial para asegurar que un proyecto se complete dentro de los parámetros definidos de tiempo, costo y calidad. Los proyectos están expuestos a diversos factores externos e internos que pueden generar incertidumbre, y la falta de una adecuada gestión de riesgos puede conducir a sobrecostos, retrasos o incluso el fracaso del proyecto.

En este sentido, la ISO (ISO 31000, 2018) establece principios y directrices para la gestión de riesgos que pueden aplicarse a cualquier tipo de organización. Este estándar internacional destaca la importancia de identificar y evaluar riesgos en las primeras etapas del proyecto para desarrollar planes de mitigación eficaces que permitan alcanzar los objetivos propuestos.

6.3.3. Proceso de gestión de riesgos

El ciclo de gestión de riesgos generalmente sigue las siguientes etapas:

6.3.3.1. *Identificación de riesgos*

En esta fase, el equipo de proyecto reconoce los posibles riesgos que pueden afectar el desarrollo del proyecto. La identificación de riesgos puede realizarse a través de diversas técnicas como la lluvia de ideas, la revisión de lecciones aprendidas en proyectos anteriores, el análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas), el Método PESTEL y el uso de listas de verificación (Kendrick, 2019).

En cuanto a la Metodología PESTEL, consiste en una herramienta utilizada para analizar el entorno externo de un proyecto, identificando los factores que podrían afectar su éxito. Esta metodología permite una evaluación integral de los riesgos que pueden surgir fuera del control directo del proyecto y se utiliza comúnmente en las primeras fases de planificación estratégica. Dentro de los elementos que engloba su análisis, se incluyen:

- **Factores políticos:** cambios en regulaciones gubernamentales, políticas fiscales y estabilidad política que podrían influir en la viabilidad del proyecto.
- **Factores económicos:** inflación, tasas de interés, fluctuaciones monetarias y crisis económicas que pueden afectar los costos y la financiación del proyecto.
- **Factores sociales:** cambios demográficos, tendencias culturales y expectativas de la sociedad que pueden influir en la demanda de productos o servicios.

- **Factores tecnológicos:** avances tecnológicos o la falta de tecnologías adecuadas pueden alterar los cronogramas o los costos del proyecto.
- **Factores ecológicos:** cuestiones relacionadas con el medio ambiente, como la sostenibilidad y el impacto ambiental de las operaciones del proyecto.
- **Factores legales:** regulaciones y leyes locales, nacionales e internacionales que pueden imponer restricciones o requerir cumplimiento por parte del proyecto.

Hillson y Simon destacan que el uso de PESTEL permite identificar riesgos potenciales en el entorno externo y desarrollar estrategias de mitigación alineadas con la planificación estratégica de la organización. (Hillson, D.; Simon, P., 2022). En proyectos de infraestructura, Nabawy y Khodeir señalan que el análisis PESTEL es particularmente útil para prever problemas relacionados con factores políticos y ecológicos, como cambios en regulaciones ambientales o incertidumbres legales (Nabawy & Khodeir, 2021).

6.3.3.2. *Evaluación de riesgos*

Una vez identificados, los riesgos deben evaluarse en términos de su probabilidad de ocurrencia y su impacto potencial en los objetivos del proyecto. Existen dos enfoques predominantes para gestionar riesgos: la evaluación cualitativa y la cuantitativa. Ambos enfoques permiten que los equipos de proyectos tomen decisiones basadas en el análisis riguroso de amenazas y oportunidades.

6.3.3.3. *Evaluación Cualitativa de Riesgos (QLRA)*

La evaluación cualitativa se enfoca en priorizar los riesgos según su probabilidad e impacto. Kerzner sostiene que este análisis inicial permite clasificar los riesgos en función de su relevancia y establecer prioridades para su tratamiento. Además, el uso de herramientas como la matriz de probabilidad-impacto ayuda a identificar los riesgos más críticos (Kerzner H. , 2019). La matriz de probabilidad e impacto es una herramienta

cualitativa que se utiliza para evaluar y priorizar los riesgos en función de dos factores principales:

- **Probabilidad:** representa la frecuencia con la que un riesgo específico podría ocurrir.
- **Impacto:** evalúa la gravedad de las consecuencias si ese riesgo llega a materializarse.

En última instancia, los riesgos se representan en una tabla, donde los riesgos con alta probabilidad y alto impacto son los más críticos y requieren atención inmediata.

El uso de esta herramienta es particularmente útil en las primeras fases del proyecto, sobre todo cuando la información detallada puede ser limitada. Los gestores de proyectos pueden usar la matriz para identificar qué riesgos deben ser gestionados con más prioridad. Hillson y Simon afirman que esta técnica ayuda a los equipos a concentrar sus esfuerzos en los riesgos que tienen más probabilidades de ocurrir y que podrían afectar significativamente los cronogramas o presupuestos (Hillson, D.; Simon, P., 2022).

6.3.3.4. Evaluación Cuantitativa de Riesgos (QRA)

La evaluación cuantitativa proporciona una medición numérica de los riesgos, utilizando modelos matemáticos como el análisis de Montecarlo, que simula múltiples escenarios para predecir el impacto de los riesgos en el cronograma y el presupuesto del proyecto. Pritchard destaca que el análisis cuantitativo es esencial para proyectos grandes y complejos, ya que ofrece una mayor precisión en la estimación de los riesgos (Pritchard, C., 2021).

El análisis de Montecarlo es una técnica cuantitativa avanzada que se utiliza para evaluar el impacto potencial de los riesgos en un proyecto a través de la simulación de múltiples escenarios. Esta técnica emplea modelos de simulación para calcular diferentes posibles resultados en función de la incertidumbre de las variables clave (como el tiempo y los costos). El análisis de Montecarlo genera una distribución probabilística

de resultados posibles, lo que permite a los gestores de proyectos prever cómo los riesgos afectarán los resultados del proyecto.

Esta técnica es especialmente útil en proyectos grandes y complejos como la construcción de hoteles, donde los factores de incertidumbre pueden tener un impacto considerable en el cronograma y el presupuesto. Nabawy y Khodeir señalan que el análisis de Montecarlo es eficaz para identificar el nivel de incertidumbre en proyectos de infraestructura y proporciona a los gestores una base sólida para la toma de decisiones (Nabawy & Khodeir, 2021).

Los pasos básicos del análisis de Montecarlo incluyen:

1. Identificación de las variables clave (por ejemplo, costos o duración de actividades).
2. Definición de una distribución de probabilidad para cada variable (triangular, normal, etc.).
3. Simulación de múltiples escenarios (miles de iteraciones) para generar una distribución de resultados.
4. Interpretación de los resultados para tomar decisiones informadas sobre las contingencias y los recursos necesarios

6.3.3.5. Monitoreo y planificación de la respuesta a los riesgos

De acuerdo con el PMI, el monitoreo continuo es esencial para asegurar que los planes de respuesta a los riesgos se implementen de manera efectiva y detectar la aparición de nuevos riesgos a medida que el proyecto avanza. En esta fase, se desarrollan estrategias para mitigar, transferir, aceptar o explotar los riesgos. La selección de la estrategia depende de la naturaleza del riesgo, los recursos disponibles y el análisis de sensibilidad (PMI, 2021). Asimismo, este análisis permite identificar qué variables tienen mayor impacto en los objetivos del proyecto, ayudando a priorizar respuestas. Por ejemplo, un riesgo de alto impacto en el cronograma identificado a través del análisis de sensibilidad puede requerir mitigación agresiva, mientras que un riesgo de bajo impacto podría ser aceptado sin intervención significativa.

6.3.3.6. *Análisis de sensibilidad*

El análisis de sensibilidad es una técnica que contribuye a la identificación de las variables o factores que tienen un mayor impacto en el resultado de un proyecto. Al modificar una variable a la vez y observar cómo cambia el resultado final, los gestores de proyectos pueden determinar qué riesgos merecen una atención prioritaria. Esta técnica es útil para entender la importancia relativa de diferentes riesgos y concentrar los esfuerzos de mitigación en aquellos que tienen el mayor potencial de afectar el éxito del proyecto.

En el contexto de la construcción de hoteles, el análisis de sensibilidad puede utilizarse para evaluar cómo los cambios en el costo de materiales, las demoras en la entrega o las fluctuaciones del mercado turístico afectan la rentabilidad del proyecto. Meredith y Mantel señalan que el análisis de sensibilidad es crucial para identificar los "factores críticos" que pueden llevar al éxito o al fracaso de un proyecto (Meredith, J R; Mantel, S. J., 2020).

6.3.3.7. *Técnicas para el tratamiento de los riesgos*

Una vez los riesgos han sido identificados y evaluados, se desarrollan estrategias para su tratamiento. Las principales técnicas son (ISO 31000, 2018) (PMI, 2021):

- **Evitar:** consiste en evitar cualquier actividad que pueda generar el riesgo, es decir, analizar otras opciones para cumplir con el objetivo. Anticiparse y reaccionar rápido a este tipo de situaciones es vital para evitar que se produzcan (Hillson, D.; Simon, P., 2022)
- **Transferir:** es el proceso de traslado del riesgo a un tercero de tal forma que tiene la responsabilidad de gestionar el riesgo como una compañía de seguros o un contratista para que estos lo asuman o disminuyan (Chapman R. J., 2021).

- **Mitigar:** es un esfuerzo por reducir el impacto o probabilidad implementando acciones preventivas. Esto implica hacer seguimiento constante y actuar rápidamente para evitar un efecto mayor y en caso de que se presente, contar con provisiones económicas (Fraser, Quail, & Simkins, 2021).
- **Aceptar:** en algunos casos, la mejor estrategia puede ser aceptar el riesgo si su probabilidad de ocurrencia o impacto es bajo o si el costo de mitigarlo es mayor que el beneficio (Hopkin, 2020).

Es importante que las empresas realicen un análisis continuo del entorno o vigilancia tecnológica que les permita adelantarse y/o prepararse para los cambios constantes y nuevas dinámicas que se están generando actualmente.

6.3.3.8. *Registro de riesgos*

El registro de riesgos es una de las herramientas fundamentales en la gestión de riesgos. Es un documento vivo que lista todos los riesgos identificados en un proyecto, junto con la evaluación de cada uno, las estrategias de mitigación propuestas y los responsables de gestionarlos. El registro de riesgos generalmente incluye:

- **Descripción del riesgo:** resumen claro y conciso del riesgo.
- **Probabilidad e impacto:** calificación basada en la matriz de probabilidad e impacto.
- **Estrategia de respuesta:** medidas para mitigar, evitar, transferir o aceptar el riesgo.
- **Propietario del riesgo:** persona o equipo responsable de la gestión de ese riesgo.

Este registro debe actualizarse regularmente para reflejar los cambios en el proyecto, la evolución de los riesgos y las medidas de respuesta adoptadas. Según Kerzner, el registro de riesgos es una herramienta vital para garantizar que todos los riesgos sean monitoreados activamente y que las estrategias de mitigación sean ejecutadas de manera efectiva. (Kerzner H. , 2019)

6.4. GESTIÓN DE RIESGOS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES TIPO HOTEL

De acuerdo con Singh & Sharma, los proyectos de construcción de edificaciones tipo hotel representan un sector significativo en el desarrollo inmobiliario y presentan características únicas que los diferencian de otros tipos de desarrollos inmobiliario (Singh & Sharma, 2021). Estos proyectos no sólo involucran la construcción de infraestructuras complejas, sino que están estrechamente vinculados con el diseño arquitectónico, los estándares de calidad del sector turístico y la regulación específica de la industria hotelera. La gestión de riesgos en este contexto es crítica para garantizar que el proyecto se complete dentro del presupuesto, en el plazo estipulado y cumpliendo con las expectativas de los stakeholders.

6.4.1. Categorización de riesgos

6.4.1.1. Riesgos Técnicos y Constructivos

Los riesgos técnicos en proyectos hoteleros son particularmente significativos debido a la complejidad de las instalaciones y sistemas requeridos. Según Zou, los principales riesgos técnicos incluyen (Zou, Zhang, & Wang, 2021):

- Deficiencias en diseño y especificaciones
- Complejidad en la integración de sistemas
- Problemas de calidad en acabados especiales
- Dificultades en la implementación de tecnologías específicas del sector hotelero

6.4.1.2. Riesgos Financieros

La gestión financiera en proyectos hoteleros presenta desafíos únicos debido a la magnitud de las inversiones y la complejidad de los flujos de caja. Deloitte identifica los siguientes riesgos financieros críticos (Deloitte, 2023):

- Fluctuaciones en costos de materiales especializados
- Variaciones en tasas de interés durante el período de construcción
- Sobre costos por modificaciones en diseño
- Impacto de retrasos en el retorno de inversión

6.4.1.3. *Riesgos regulatorios y de cumplimiento*

Los proyectos hoteleros están sujetos a múltiples regulaciones y estándares. López-Arquillo y Sebastián-López señalan como principales riesgos regulatorios (Lopez Arquillo & López, 2022):

- Cambios en normativas de construcción
- Requisitos específicos de zonificación
- Regulaciones ambientales
- Permisos y licencias especiales
- Normativas de seguridad y protección contra incendios

6.4.1.4. *Riesgos operativos*

La fase de construcción debe considerar los futuros requerimientos operativos del hotel. Chapman identifica los siguientes riesgos operativos durante la construcción (Chapman R. J., 2021):

- Inadecuada planificación de espacios de servicio
- Deficiencias en sistemas críticos de operación
- Problemas de accesibilidad y circulación
- Incompatibilidades con requerimientos de marca

6.4.2. Clasificación de riesgos por su origen

Los riesgos en proyectos hoteleros pueden clasificarse según su origen en internos y externos, lo cual facilita su gestión y la asignación de responsabilidades para su mitigación (Wang, Dulaimi, & Aguria, 2021).

6.4.2.1. *Riesgos internos*

Los riesgos internos son aquellos que se originan dentro de la organización del proyecto y sobre los cuales se tiene un mayor grado de control. Según Singh y Sharma los principales riesgos internos incluyen (Singh & Sharma, 2021):

Riesgos de gestión

- Deficiencias en la planificación del proyecto
- Fallas en la coordinación entre equipos
- Inadecuada gestión de recursos
- Problemas en la toma de decisiones
- Cambios en el alcance del proyecto

Riesgos técnicos

- Errores en diseños y especificaciones
- Deficiencias en procedimientos constructivos
- Baja productividad del personal
- Fallas en control de calidad
- Problemas con equipos y maquinaria

Riesgos organizacionales

- Estructura organizacional inadecuada
- Deficiencias en comunicación interna
- Falta de experiencia del equipo
- Rotación de personal clave

- Conflictos entre departamentos

Riesgos contractuales

- Deficiencias en documentación contractual
- Problemas con subcontratistas
- Incumplimiento de proveedores
- Disputas laborales
- Gestión inadecuada de cambios

6.4.2.2. Riesgos externos

Los riesgos externos son aquellos que se originan fuera del control directo del proyecto. Zou, Zhang y Wang identifican los siguientes riesgos como los más significativos (Zou, Zhang, & Wang, 2021):

Riesgos de mercado

- Fluctuaciones en precios de materiales
- Cambios en condiciones económicas
- Variaciones en tasas de interés
- Fluctuaciones cambiarias
- Cambios en demanda hotelera

Riesgos regulatorios

- Cambios en normativas de construcción
- Nuevas regulaciones ambientales
- Modificaciones en leyes laborales
- Requisitos adicionales de licencias
- Cambios en políticas gubernamentales

Riesgos ambientales y naturales

- Condiciones climáticas adversas

- Desastres naturales
- Condiciones geológicas imprevistas
- Problemas de contaminación
- Hallazgos arqueológicos

Riesgos sociales

- Oposición de la comunidad local
- Problemas con grupos de interés
- Aspectos culturales y patrimoniales
- Protestas y manifestaciones
- Cambios en percepciones públicas

6.4.3. Interrelación entre riesgos internos y externos

López-Arquillo y Sebastián-López señalan que existe una interrelación significativa entre riesgos internos y externos (Lopez Arquillo & López, 2022). Por ejemplo:

- Un riesgo externo como el aumento de precios de materiales (externo) puede magnificarse por una deficiente gestión de adquisiciones (interno).
- Los problemas de comunicación interna pueden agravar los conflictos con la comunidad local.
- Las deficiencias en planificación pueden aumentar el impacto de condiciones climáticas adversas.

Los cambios regulatorios pueden tener mayor impacto si hay debilidades en la gestión de cumplimiento.

6.4.3.1. Naturaleza de los riesgos en proyectos de hoteles

Los proyectos de construcción de hoteles suelen implicar riesgos adicionales derivados de la naturaleza cambiante de la demanda del mercado turístico, las

expectativas de los huéspedes y los estrictos requisitos legales y normativos. Según Deloitte, la industria hotelera está sujeta a fluctuaciones económicas y cambios en la demanda que pueden tener un impacto significativo en la rentabilidad de los hoteles (Deloitte, 2023). Además, factores como la ubicación del hotel, la gestión de los recursos y las asociaciones con operadores hoteleros influyen directamente en el riesgo del proyecto. Los proyectos hoteleros en centros históricos enfrentan una combinación única de desafíos. Al-Sabah y Refaat identifican factores críticos como la conservación patrimonial, las expectativas de calidad del sector hotelero y las restricciones urbanísticas (Al-Sabah & Refaat, 2023). Liu y Low señalan que el éxito en la gestión de riesgos en hoteles de lujo depende de la integración efectiva entre los requisitos operativos hoteleros y las limitaciones constructivas del entorno histórico (Liu & Low, 2022).

Algunos de los riesgos más comunes en la construcción de hoteles incluyen (Deloitte, 2023) (Ernst & Young, 2020):

- **Riesgos financieros:** los sobrecostos y las demoras en el financiamiento son frecuentes en proyectos de gran envergadura como los hoteles. Las fluctuaciones en las tasas de interés y los cambios en el valor de las monedas pueden impactar la capacidad de los desarrolladores para mantener la viabilidad financiera del proyecto (PWC, 2021).
- **Riesgos regulatorios:** en muchas regiones, los proyectos hoteleros están sujetos a regulaciones estrictas en materia de construcción, zonificación, y estándares de sostenibilidad. Estos factores aumentan el riesgo de demoras en la obtención de permisos o de cambios en el diseño arquitectónico para cumplir con las normativas locales (Smith & Jones, 2020).
- **Riesgos operacionales y de cronograma:** las alteraciones en el cronograma de construcción debido a problemas con los proveedores, condiciones meteorológicas adversas o cambios en los diseños pueden retrasar la entrega del proyecto. Los hoteles dependen mucho de su calendario de apertura para maximizar la ocupación y generar ingresos

desde el primer día. Un retraso significativo puede tener implicaciones económicas profundas (KPMG, 2020).

- **Riesgos de calidad y seguridad:** el incumplimiento de los estándares de calidad puede afectar la percepción de los futuros clientes y comprometer la marca del hotel. Además, los accidentes laborales o la falta de medidas de seguridad durante la construcción pueden generar problemas legales y financieros, además de paralizar las obras (Wilson & Thompson, 2019).
- **Riesgos de mercado:** las fluctuaciones en la demanda turística, la competencia con otros hoteles y la recesión económica pueden hacer que la inversión en nuevos hoteles sea más riesgosa. La pandemia de COVID-19, por ejemplo, ha mostrado cómo los proyectos hoteleros pueden verse seriamente afectados por eventos externos imprevistos (McKinsey & Company, 2021).
- **Riesgos de construcción en centros históricos:** la gestión de riesgos en proyectos de restauración y construcción en centros históricos presenta desafíos únicos debido a la necesidad de preservar el patrimonio cultural mientras se implementan mejoras estructurales y funcionales. Según Prieto, la gestión de riesgos en edificios históricos requiere un enfoque multidisciplinario que considere tanto los aspectos técnicos como los patrimoniales (Prieto, Silva, De Brito, & Macias-Bernal, 2022). Ding y Wang señalan que los principales riesgos en estos proyectos incluyen el deterioro estructural no detectado, la compatibilidad de materiales nuevos con los existentes, y las restricciones regulatorias específicas para zonas patrimoniales (Ding & Wang, 2021).

6.4.3.2. *Riesgos en proyectos de construcción de hoteles según la metodología PESTEL*

La metodología PESTEL resulta particularmente útil para analizar los riesgos externos que afectan a los proyectos hoteleros. Debido a la naturaleza global y altamente regulada de la industria hotelera, los factores políticos, económicos, sociales,

tecnológicos, ecológicos y legales pueden tener un impacto considerable en el éxito del proyecto (Sammut-Bonnici & Galea, 2015):

- **Factores políticos:** cambios en las políticas gubernamentales como nuevas leyes de zonificación o impuestos pueden afectar la construcción de un hotel. En algunos países, las políticas de incentivo turístico también pueden influir en la viabilidad de proyectos de lujo o en zonas específicas (Kim & Lee, 2020).
- **Factores económicos:** la construcción de un hotel requiere una importante inversión de capital, por lo que los cambios en las tasas de interés, la inflación o las fluctuaciones en la moneda local pueden incrementar los costos del proyecto. Además, la oferta y demanda del mercado hotelero depende en gran medida de la estabilidad económica global y local (Zhang & Cao, 2018).
- **Factores sociales:** la percepción de los consumidores sobre los hoteles de lujo o sostenibles puede cambiar con el tiempo. Las preferencias de los clientes como la demanda de sostenibilidad, las experiencias personalizadas o los hoteles boutique influyen en el diseño y las operaciones del hotel (Martinez-Román, Gamero, & Romero, 2019).
- **Factores tecnológicos:** la industria hotelera ha avanzado hacia la implementación de tecnologías innovadoras como las soluciones de automatización, los sistemas de gestión de energía y las experiencias digitales para los huéspedes. El retraso en la adopción de nuevas tecnologías puede hacer que el hotel pierda competitividad en el mercado (Buhalis & Leung, 2018).
- **Factores ecológicos:** las preocupaciones ambientales y la regulación cada vez más estricta sobre sostenibilidad y eficiencia energética afectan directamente la construcción de hoteles. La certificación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) es una norma cada vez más común en proyectos hoteleros, lo que agrega complejidad y costos (Wang, Wang, Meng, Liu, & Xue, 2020).

- **Factores legales:** la obtención de permisos y la conformidad con las regulaciones locales y nacionales, como las leyes de construcción y las normativas de accesibilidad, pueden retrasar el proyecto o implicar modificaciones adicionales al diseño arquitectónico (Chen & Chen, 2021).

6.4.3.3. *Factores críticos de éxito en la gestión de riesgos en proyectos de construcción de hoteles*

La gestión eficaz de los riesgos es crucial en los proyectos de construcción de hoteles para garantizar el éxito de los resultados. Identificar y gestionar los factores críticos de éxito permite mitigar las amenazas potenciales y aprovechar las oportunidades a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Según Dawn Killough, un proceso integral de gestión de riesgos en la construcción implica cinco pasos clave: identificar los riesgos, evaluar su impacto, preparar una respuesta, recuperar las pérdidas y revisar los resultados. La aplicación de estas prácticas, junto con la adaptación a los retos específicos del sector hotelero, se convierte en un elemento fundamental para alcanzar los objetivos del proyecto dentro del presupuesto y los plazos establecidos (Killough, 2024).

i. Participación activa de las partes interesadas

Uno de los factores más importantes para el éxito en la gestión de riesgos es la participación activa de todos los interesados en el proyecto, incluidos los desarrolladores, inversores, operadores hoteleros, contratistas y proveedores. La colaboración de estos actores es esencial, ya que todos ellos tienen percepciones únicas sobre los riesgos y pueden aportar soluciones valiosas. De esta forma, involucrar a las partes interesadas desde las primeras fases de planificación permite obtener una visión más completa de los riesgos potenciales y desarrollar estrategias de mitigación más robustas.

Según Hillson, la participación temprana de los interesados garantiza que los riesgos sean abordados desde diferentes perspectivas y que se establezcan mecanismos de respuesta rápidos y efectivos (Hillson, D.; Simon, P., 2022). Además, al

incluir a los operadores hoteleros en las discusiones sobre riesgos operacionales, se puede prever cómo los riesgos durante la construcción pueden afectar las futuras operaciones del hotel, minimizando problemas en el proceso de apertura.

ii. Comunicación eficaz y transparente

La comunicación eficaz es otro factor clave en la gestión de riesgos. Todos los actores del proyecto deben tener acceso a información actualizada sobre los riesgos identificados, su impacto potencial y las medidas de mitigación en marcha. La creación de un plan de comunicación de riesgos que especifique la frecuencia y los canales de comunicación entre las partes interesadas, facilita el intercambio de información relevante y ayuda a garantizar que los riesgos se gestionen de manera oportuna.

Sobre este punto, estudios como los de Meredith y Mantel sugieren que la falta de comunicación es una de las principales causas del fracaso en la gestión de riesgos (Meredith, J R; Mantel, S. J., 2020). Si los equipos de proyecto no están bien informados, es más probable que los problemas pasen desapercibidos hasta que sea demasiado tarde para mitigarlos eficazmente.

iii. Integración de la gestión de riesgos en la planificación general del proyecto

Para que la gestión de riesgos sea eficaz, debe estar completamente integrada en la planificación global del proyecto desde sus fases más tempranas. Esto significa que la identificación de riesgos, su evaluación y las respuestas a los mismos deben estar alineadas con los objetivos estratégicos del proyecto. En este aspecto, Kerzner sostiene que la planificación de riesgos no debe verse como una actividad separada o adicional, sino como un componente esencial del proceso de planificación general (Kerzner H. , 2019).

En proyectos hoteleros, esta integración se traduce en la evaluación constante de riesgos relacionados con el cronograma de construcción, la calidad de los materiales, la disponibilidad de proveedores y la fluctuación de los costos de construcción. El uso de

herramientas como el análisis de Montecarlo permite que los riesgos sean modelados y simulados en diferentes escenarios, proporcionando a los gestores de proyectos la capacidad de tomar decisiones basadas en datos y previsiones más precisas.

iv. Capacitación y Conciencia sobre los Riesgos

La capacitación continua del equipo del proyecto en la identificación, evaluación y respuesta a riesgos es fundamental. Los equipos de proyecto que entienden la importancia de la gestión de riesgos y cómo aplicar las herramientas y técnicas disponibles están mejor preparados para enfrentar los desafíos que surgen durante el desarrollo de un hotel. Aquí, Hillson destaca que los proyectos exitosos tienden a tener equipos altamente conscientes de los riesgos y capacitados en la implementación de las mejores prácticas de gestión de riesgos (Hillson, D.; Simon, P., 2022).

v. Monitoreo y control constante

El monitoreo constante de los riesgos identificados y de las respuestas implementadas es esencial para garantizar el éxito de la gestión de riesgos en proyectos hoteleros. Esto incluye la actualización periódica de los registros de riesgos y la revisión continua del impacto de los riesgos en el cronograma y el presupuesto. Además, el seguimiento de los riesgos emergentes, que pueden no haber sido considerados inicialmente, es crucial para la gestión proactiva del proyecto.

Según Pritchard, el uso de herramientas de software de gestión de proyectos puede facilitar el monitoreo de riesgos en tiempo real, permitiendo que los gestores de proyectos ajusten rápidamente sus estrategias en función de cambios inesperados en el entorno del proyecto (Pritchard, C., 2021).

6.4.3.4. Importancia de la gestión de riesgos desde las primeras fases del proyecto

Implementar una gestión de riesgos efectiva desde las fases iniciales del proyecto es un factor de alta relevancia para asegurar que los riesgos se identifiquen, evalúen y gestionen de manera proactiva a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto. La

identificación temprana de riesgos permite a los gestores de proyectos desarrollar estrategias para mitigar los impactos negativos antes de que se conviertan en problemas significativos.

i. Identificación temprana de riesgos

La identificación de riesgos en las primeras etapas del proyecto permite abordar problemas potenciales antes de que se manifiesten. En proyectos hoteleros, esto puede incluir la detección temprana de problemas relacionados con el financiamiento, la obtención de permisos, las expectativas del mercado o las fluctuaciones de los costos de construcción. En este caso, Kerzner señala que, cuanto antes se identifiquen los riesgos, más opciones existen para desarrollar estrategias de respuesta efectivas (Kerzner H. , 2019).

Por ejemplo, en la construcción de un hotel, la planificación temprana puede prever problemas en la disponibilidad de ciertos materiales o el impacto de eventos climáticos en el cronograma de construcción. Al identificar estos riesgos antes de que ocurran, los equipos de proyecto pueden ajustar los cronogramas o buscar proveedores alternativos, mitigando así las posibles interrupciones.

ii. Mitigación de impactos en el presupuesto y el cronograma

La gestión de riesgos desde las primeras fases del proyecto también es clave para minimizar el impacto en el presupuesto y cronograma. Los riesgos no gestionados, como los retrasos en la construcción o los sobrecostos debido a la inflación, pueden tener un efecto en cascada que afecta el desempeño financiero del proyecto y la fecha de apertura planificada del hotel.

El uso de técnicas como la simulación de Montecarlo, que contribuye a la evaluación de diferentes escenarios de riesgo, ofrece a los gestores de proyectos una herramienta poderosa para prever cómo los riesgos pueden afectar el cronograma y el presupuesto. Según Nabawy y Khodeir, la simulación temprana del impacto de los

riesgos ayuda a establecer contingencias más precisas y a planificar medidas correctivas con mayor antelación (Nabawy & Khodeir, 2021).

iii. Mejora en la toma de decisiones

Cuando los riesgos se identifican oportunamente desde las primeras fases, los gestores de proyectos tienen más información para tomar decisiones estratégicas. La capacidad de prever posibles desvíos en el presupuesto o retrasos en el cronograma posibilita que los equipos ajusten sus planes y realicen modificaciones antes de que los problemas se agraven.

Al mismo tiempo, la identificación temprana concede el tiempo suficiente para una evaluación más rigurosa de las oportunidades que podrían surgir durante la construcción del hotel. Por ejemplo, si se prevé que la demanda en la industria hotelera aumentará en una determinada región, el proyecto podría adaptarse para capitalizar esta oportunidad, implementando cambios en el diseño o acelerando la fecha de apertura.

iv. Fomento de la confianza entre las partes interesadas

La gestión proactiva de riesgos desde el inicio del proyecto también genera confianza entre las partes interesadas. Los inversores, operadores hoteleros y otros actores involucrados en el proyecto son más propensos a confiar en la capacidad del equipo de gestión si perciben que los riesgos están siendo monitoreados y abordados de manera constante.

En particular, Hillson sostiene que los proyectos que implementan una gestión temprana de riesgos tienden a generar una mayor satisfacción entre las partes interesadas, lo que puede traducirse en una colaboración más fluida y apoyo continuo durante todo el ciclo de vida del proyecto (Hillson, D.; Simon, P., 2022).

v. Reducción de la incertidumbre

La construcción de un hotel es, por naturaleza, un proyecto lleno de incertidumbres. Sin embargo, cuando la gestión de riesgos se implementa desde las

primeras fases, estas incertidumbres pueden ser reducidas a través de la recopilación de información, el análisis de datos y la planificación de contingencias. Pritchard menciona que la gestión temprana de riesgos facilita la mitigación de la incertidumbre mediante la creación de planes de acción específicos que aborden las principales preocupaciones del proyecto (Pritchard, C., 2021).

7. DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología empleada para desarrollar el presente caso de estudio es de tipo mixto, de modo que combina elementos de los enfoques cualitativo y cuantitativo. En lo que concierne al enfoque cualitativo, se contempla la realización de entrevistas semiestructuradas a algunos ejecutores claves del proyecto. En este sentido, las entrevistas se deben clasificar y analizar con el fin de obtener una probabilidad de ocurrencia e impacto. Adicionalmente, se realiza un análisis cualitativo de los riesgos identificados en las entrevistas. Una vez recopilada la información, se genera un mapa de calor con los tipos de riesgos, identificando la probabilidad vs el impacto y la ubicación de cada riesgo según esta relación.

Respecto al enfoque cuantitativo, se tienen en cuenta las probabilidades de ocurrencia identificadas durante el análisis de las entrevistas y se procede a la realización de las modelaciones en el software @risk. Según Hernández Sampieri (2014), los diseños mixtos permiten obtener una perspectiva integral, más amplia y detallada de los fenómenos estudiados al integrar métodos de recolección y análisis de datos tanto cuantitativos como cualitativos (Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014). Por otro lado, las metodologías individuales no pueden captar la totalidad de la información, por lo que al integrar datos cuantitativos y cualitativos se busca superar las limitaciones de cada enfoque por separado y obtener una comprensión más realista de la situación que se está analizando.

Por lo tanto, el enfoque cuantitativo se utiliza principalmente para analizar los riesgos materializados a través de la simulación con el método de Montecarlo, lo cual posibilita la identificación de patrones y la estimación de la probabilidad de ocurrencia de diferentes riesgos. Por ejemplo, es posible realizar una simulación que cuantifique el impacto de variables como el costo de materiales y el tiempo de entrega, de tal manera que se puede prever diferentes escenarios en la gestión de riesgos. Este tipo de análisis experimental se fundamenta en la manipulación de variables cuantitativas, y se apoya en herramientas estadísticas para la validación de resultados (Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

Para evaluar los riesgos cualitativamente, se definieron dos variables principales: probabilidad e impacto.

- **Probabilidad:** mide la frecuencia con la que un riesgo podría materializarse teniendo en cuenta datos históricos y la experiencia en proyectos similares. Por ejemplo, el riesgo de retrasos en permisos regulatorios se considera de probabilidad alta, ya que es un problema recurrente en proyectos en centros históricos como Cartagena. Esta estimación se expresa en una escala de 1 a 5, donde 1 representa una probabilidad muy baja y 5 una probabilidad muy alta.
- **Impacto:** evalúa la magnitud de los efectos de un riesgo en tres áreas críticas del proyecto: costo, tiempo y alcance. Un riesgo de alto impacto en costos, como el incremento en los precios de materiales por la pandemia, puede desestabilizar el presupuesto; mientras que un riesgo de alto impacto en tiempo, como el retraso en permisos, afecta el cronograma del proyecto. Al igual que la probabilidad, el impacto se mide en una escala de 1 a 5.

Por su parte, es preciso afirmar que el enfoque cualitativo funciona en este proyecto de investigación como un complemento del enfoque cuantitativo. Al respecto, se emplean entrevistas semiestructuradas, las cuales se caracterizan por tener preguntas estructuradas que permiten tener una base de interrogantes e identificar situaciones dentro del proyecto. Por otro lado, las entrevistas no estructuradas facilitan la comunicación entre el entrevistado y los entrevistadores, por lo que añaden características específicas y de interés para los entrevistadores. En este proyecto en particular, se entrevistan actores clave como el director del proyecto, el residente de obra y el interventor (Eafit, 2024).

Complementando lo anterior, este método permite explorar en profundidad las percepciones y experiencias de los involucrados y comparar algunas respuestas; proporcionando un contexto más amplio para entender las causas de los riesgos materializados. La metodología cualitativa en este caso es de tipo transeccional descriptivo, enfocándose en la recolección de datos y hallazgos en un momento

específico para identificar patrones de comportamiento (Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

7.1. RECOLECCIÓN DE DATOS

Este caso de estudio, se plantean tres objetivos específicos con los que se busca proponer recomendaciones para el desarrollo de proyectos futuros.

7.1.1. Identificación de los riesgos materializados en la etapa de construcción del Hotel Boutique Cinco Quintas

Para complementar la información inicial, se realizan entrevistas semiestructuradas. Este tipo de herramienta involucra una interacción directa entre entrevistado y entrevistador, es decir, una conversación con un propósito determinado. En el caso de la entrevista semiestructurada, esta se caracteriza por tener preguntas organizadas y precisas, además de orientar a los entrevistados por medio de las preguntas que se tienen formuladas (INUDI, 2023). Para tener un mejor panorama de las respuestas obtenidas por las preguntas ya formuladas, se van haciendo preguntas que surgen en medio de la conversación (no estructuradas).

Teniendo en cuenta a González, la entrevista semiestructurada es una herramienta ideal para este estudio debido a su capacidad para equilibrar, brindar flexibilidad y enfoque, lo que contribuye a profundizar en los ejes de tiempo y costos. Al ofrecer preguntas abiertas y cerradas, facilita la obtención de datos cualitativos valiosos (González-Vega, L.; Pérez-Torres, M.; Rodríguez-Sánchez, F., 2022), permitiendo a los entrevistados aportar información contextual sobre los riesgos que se materializaron en el proyecto, algo difícil de capturar con métodos más rígidos. Su estructura permite la exploración rigurosa, ajustándose a las particularidades del proyecto y brindando flexibilidad para que el entrevistador pueda seguir temas relevantes que surjan durante la conversación. Además, se pueden aclarar dudas que pueden aparecer durante el desarrollo de la conversación. Esto es crucial en proyectos de construcción complejos, como el del hotel Boutique Cinco Quintas, donde los riesgos son multifactoriales.

Para el caso de este estudio, se cuenta con el director del proyecto, residente de obra e interventor, lo que favorece la obtención de información detallada de lo ocurrido y la profundización en situaciones que son de interés para el desarrollo de la investigación y que no pueden obtenerse con cuestionarios.

Una vez realizadas las tres (3) entrevistas, se procede con el análisis de las respuestas y a clasificar los riesgos internos y externos a la organización, lo que da pie para relacionarlos de una manera ordenada y asignarles un nivel de probabilidad e impacto en la etapa de construcción del proyecto (Giraldo Lina M, 2022).

7.1.2. Evaluación de riesgos materializados en la etapa de construcción del Hotel Boutique Cinco Quintas

El riesgo se entiende como un evento o situación incierta que si se llega a manifestar puede afectar el desarrollo del proyecto (Guía del PMBOK séptima edición, 2021). Por otro lado, el análisis de riesgos requiere un proceso claro y definido para su seguimiento, evaluación y tratamiento (ISO 31000, 2018). De esta manera, se pueden identificar amenazas potenciales, logrando un mayor control sobre el proyecto y entregas dentro del plazo y presupuesto establecidos. Un proceso de gestión de riesgos bien estructurado permite tomar decisiones informadas, asignar recursos de manera eficiente y minimizar el impacto de eventos imprevistos.

En lo que concierne a este estudio, la evaluación de riesgo se efectúa mediante software específico para el análisis de riesgos @RISK3, el cual realiza simulaciones bajo el método de Montecarlo y muestra varias soluciones posibles y su probabilidad de ocurrencia. Según Sampieri el enfoque cuantitativo brinda la oportunidad de modelar diferentes escenarios de riesgos y analizar la sensibilidad de las variables involucradas, lo que da lugar a un análisis robusto del impacto de cada riesgo identificado (Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014). Del mismo modo, el análisis de sensibilidad

ofrece una base para tomar decisiones más informadas al comprender cómo los cambios en un factor pueden afectar a otros y al resultado final, esto por medio de la correlación de variables de entrada y salida (IBM, 2024).

7.1.3. Plantear recomendaciones y buenas prácticas para la planeación y desarrollo de proyectos futuros similares

En esta sección se analiza el presupuesto inicial del proyecto y se compara con los resultados obtenidos en la simulación y el análisis de las entrevistas realizadas para así plantear recomendaciones y buenas prácticas para la planeación y el desarrollo de proyectos futuros similares.

Anexo 1. Instrumento de recolección de datos – entrevista semiestructurada

La gestión de riesgos es un componente esencial en la administración de proyectos de construcción, especialmente en el sector hotelero, donde la complejidad y la magnitud de las obras pueden dar lugar a múltiples desafíos. Esta entrevista tiene como objetivo identificar y analizar los riesgos que se materializaron durante la etapa de construcción del proyecto hotelero. Para la construcción las preguntas, se tuvo en cuenta un artículo de Cuadros (Cuadros Álvaro, 2024) en el cual manifiesta que, a través de una serie de preguntas detalladas, se pueden comprender mejor los eventos adversos que ocurrieron, su impacto y las medidas adoptadas para mitigarlos. La información recopilada es fundamental para mejorar las prácticas de gestión de riesgos en futuros proyectos y garantizar la entrega exitosa de obras hoteleras. Asimismo, Escobar en su tesis de grado habla sobre los riesgos en los proyectos de construcción como el incremento en los tiempos y las fuentes de financiación de estos (Escobar, 2022).

Tabla 1. Ficha técnica de la entrevista

Ficha Técnica Entrevista	
Responsables	Juan Carlos Meza y Claudia Cuesta
Tema	Identificación y percepción de los riesgos materializados en la etapa de construcción del hotel Boutique Cinco Quintas.

Ficha Técnica Entrevista	
Objetivo	Obtener información por parte de los entrevistados acerca de las situaciones presentadas y las respectivas causas, además de las percepciones de cada uno de ellos.
Personas a quiénes se entrevistará	Director de proyecto, residente de obra e interventor.
Instrucciones de la entrevista	Se inicia con un saludo y agradeciendo el espacio, se explica el tipo de entrevista y preguntas que se van a realizar, se confirma nuevamente con el entrevistado la disponibilidad de tiempo. Por último, se solicita autorización para grabar la entrevista e informar que será solo con fines académicos.
Preguntas guía	Existe una guía base de 6 preguntas sobre tiempo y alcance. Las respuestas del entrevistado pueden dar lugar a otras preguntas
Forma de aplicación	La aplicación es individual con un tiempo aproximado de 1 hora
Herramienta	Entrevista semiestructurada (ver anexo 1)
Lugar	Vía teams
Fecha de realización	Septiembre de 2024

Fuente: elaboración propia.

8. DESARROLLO DEL TRABAJO

De acuerdo con los objetivos y la metodología propuesta para este estudio, se inicia con el desarrollo del primero de estos objetivos específicos, el cual busca la identificación de los riesgos materializados durante la etapa de construcción del Hotel Boutique.

De este modo, se realiza la implementación de entrevistas semiestructuradas al director del proyecto y a la arquitecta. Posteriormente, se lleva a cabo un análisis de la información obtenida y se logra la identificación de los riesgos materializados. A continuación, se presenta la tabla con la relación de los riesgos identificados.

Tabla 2. Relación de riesgos identificados durante la entrevista

N°	Riesgo Identificado	Fuente	Descripción	Categoría
1	Cambios en los planos estructurales	Ing. Puerta	Debido a errores en los planos iniciales se presentaron modificaciones constantes en el diseño y ejecución del proyecto, lo que provocó retrasos y aumento en los costos.	Interno
2	Indefinición del uso del proyecto	Arq. Camerano	Debido a la falta de claridad inicial del propósito del inmueble, ocurrió que se reprogramaron actividades y ajustes en las especificaciones técnicas y servicios, lo que provocó ineficiencias en la planeación.	Interno
3	Problemas con el nivel freático	Ambos	Debido al alto nivel freático, ocurrieron filtraciones de agua durante la excavación, lo que provocó la inestabilidad de la estructura y retrasos en la construcción del sótano.	Interno

N°	Riesgo Identificado	Fuente	Descripción	Categoría
4	Condiciones de los muros antiguos	Arq. Camerano	Debido al mal estado de los muros que se debían conservar, ocurrió que los mismos presentaron riesgo de colapso, lo que provocó un incremento en los tiempos en la ejecución del entregable Estructura.	Interno
5	Incremento de costos por pandemia	Ambos	Debido a la pandemia del COVID-19, ocurrió que se aumentaron los precios de materiales como arena, acero y ventanería, lo que provocó aumentos significativos el presupuesto del proyecto.	Externo
6	Retrasos en la entrega de materiales importados	Ing. Puerta	Debido a dificultades logísticas en la cadena de suministro, ocurrió que las cerraduras y otros materiales importados se retrasaran en llegar, lo que provocó demoras en la instalación y afectó el cronograma.	Externo
7	Permisos para cierre de calles	Arq. Camerano	Debido a regulaciones que aplican al Centro Histórico de la Ciudad, ocurrió que se generaron dificultades para obtener los permisos para el cierre de vías, lo que provocó incomodidades en el acceso y retrasos en la entrega de materiales.	Externo
8	Quejas de los vecinos	Arq. Camerano	Debido a que la zona de construcción del hotel Boutique es turística, se generaron conflictos con los residentes locales por los ruidos y molestias de la construcción, lo que provocó restricciones en horarios y ajustes en el cronograma.	Externo
9	Ausentismo del personal en temporada alta	Arq. Camerano	Debido a las festividades locales (Fiestas de Noviembre y Navidad), ocurrió que se incrementó el ausentismo del personal, lo que provocó interrupciones y retrasos en los tiempos de ejecución.	Interno

N°	Riesgo Identificado	Fuente	Descripción	Categoría
10	Incremento de costos de transporte de materiales	Ing. Puerta	Debido a que la zona de construcción del proyecto es el Centro Histórico, las autoridades no permitieron disponer los escombros o materiales en la calle y se tuvo que meterlos en costales, lo que generó costos adicionales para su disposición final.	Externo
11	Dificultad para gestionar cambios del cliente	Ing. Puerta	Debido a cambios solicitados por el dueño, en fases avanzadas con respecto a especificaciones y acabados, ocurrió que se reprogramaron actividades, lo que provocó sobrecostos y ajustes en el cronograma.	Interno
12	Control del nivel freático en excavaciones profundas	Arq. Camerano	Debido al alto nivel del nivel freático, ocurrió que se necesitaron bombas de extracción constantes, lo que provocó un aumento en los costos de operación y riesgos de inundación.	Externo
13	Intervención de entidades regulatorias	Arq. Camerano	Debido a que el proyecto se encuentra en el Centro Histórico de la Ciudad, ocurrió que el IPCC realizó revisiones constantes y solicitó ajustes al proyecto para cumplir con la normativa vigente, lo que generó costos adicionales y retrasos.	Externo
14	Problemas de comunicación y coordinación entre equipos	Ing. Puerta	Debido a la falta de comunicación efectiva y permanente entre los equipos de diseño y construcción, ocurrieron malentendidos y errores de interpretación en la ejecución de las obras, lo que, lo que produjo retrasos y reprocesos incrementando los costos del proyecto.	Interno

N°	Riesgo Identificado	Fuente	Descripción	Categoría
15	Restricciones de horario para trabajo nocturno	Arq. Camerano	A causa de las restricciones para trabajar en algunos horarios o días de la semana, se generaron requerimientos adicionales por trabajar en horarios diferentes y así minimizar molestias a vecinos, lo que impactó en los costos de mano de obra del proyecto	Interno
16	Vencimiento de la licencia de construcción	Ing. Puerta	Debido a que la licencia de construcción venció antes de la finalización del proyecto, ocurrió una interrupción temporal de las actividades de construcción del proyecto, lo que provocó un retraso en la programación general.	Interno

Fuente: elaboración propia.

8.1. ANALISIS CUALITATIVO

El análisis cualitativo de riesgos es un proceso sistemático que posibilita la evaluación de la probabilidad de ocurrencia e impacto de los riesgos identificados. Para este proyecto hotelero específico, se debe considerar su ubicación en el Centro Histórico de Cartagena y las complejidades inherentes a la restauración y adaptación de edificaciones patrimoniales. Así, se establece un marco de evaluación robusto y adaptado al contexto específico del proyecto, por lo que se definen escalas de cinco niveles tanto para probabilidad como para impacto, calibradas específicamente para reflejar las realidades de un proyecto de construcción hotelera en un centro histórico.

8.1.1. Escalas de evaluación utilizadas

Para realizar una evaluación coherente de cada riesgo, se establecen escalas detalladas tanto para la probabilidad como para el impacto. Estas escalas están construidas del tal forma que pueden cuantificar el nivel de riesgo y facilitar su comparación.

8.1.1.1. Escala de probabilidad

La escala de probabilidad utilizada para la evaluación de riesgos en el proyecto del Hotel Boutique Cinco Quintas se fundamenta en una clasificación de cinco niveles, que va desde "Muy Baja" (<20%) hasta "Muy Alta" (>80%). Esta escala está adaptada específicamente para proyectos hoteleros en centros históricos, siguiendo los principios establecidos por Hillson y Murray-Webster en su trabajo sobre la cuantificación de riesgos en proyectos de construcción patrimonial (Hillson & Murray-Webster, 2020). La graduación en cinco niveles permite una evaluación más precisa y matizada de la probabilidad de ocurrencia, como sugiere Wang en su investigación sobre gestión de riesgos en edificaciones históricas en el cual argumenta que las escalas de cinco niveles proporcionan un balance óptimo entre precisión y practicidad en la evaluación (Wang, Wang, Meng, Liu, & Xue, 2020).

Esta escala se alinea también con las recomendaciones de Chapman, quien sostiene que la clasificación porcentual de probabilidades en rangos definidos facilita la toma de decisiones en proyectos de construcción complejos, especialmente aquellos que involucran consideraciones patrimoniales y regulatorias especiales (Chapman R. J., 2021).

Tabla 3. Escala de probabilidad

Nivel	Descriptor	Descripción	Probabilidad
5	Muy Alta	Casi seguro que ocurre durante la construcción	>80%
4	Alta	Alta probabilidad de ocurrencia	60-80%
3	Media	Probabilidad moderada de ocurrencia	40-60%
2	Baja	Puede ocurrir en algunos casos	20-40%
1	Muy Baja	Raramente ocurre	<20%

Fuente: elaboración propia.

Por ejemplo, en el caso del riesgo de demoras por permisos de construcción, la probabilidad se clasifica como alta debido a la experiencia previa en el centro histórico, donde estos trámites suelen demorarse.

8.1.1.2. Escala de impacto

Para el impacto, se incluyen tres dimensiones críticas para el contexto del Hotel Boutique Cinco Quintas:

Impacto en costos

Tabla 4. Impacto financiero

Nivel	Descriptor	Impacto Financiero
5	Muy Alto	Sobrecosto >25% del presupuesto inicial
4	Alto	Sobrecosto entre 15-25% del presupuesto
3	Medio	Sobrecosto entre 8-15% del presupuesto
2	Bajo	Sobrecosto entre 3-8% del presupuesto
1	Muy Bajo	Sobrecosto <3% del presupuesto

Fuente: elaboración propia.

Impacto en cronograma

Tabla 5. Impacto en tiempo

Nivel	Descriptor	Impacto en Tiempo
5	Muy Alto	Retraso >3 meses
4	Alto	Retraso de 2-3 meses
3	Medio	Retraso de 1-2 meses
2	Bajo	Retraso de 2-4 semanas
1	Muy Bajo	Retraso <2 semanas

Fuente: elaboración propia.

Impacto en calidad/alcance

Tabla 6. Escala de impacto en calidad

Nivel	Descriptor	Impacto en Calidad
5	Muy Alto	Incumplimiento grave de normativa patrimonial o estructural
4	Alto	Modificaciones mayores en diseño arquitectónico

Nivel	Descriptor	Impacto en Calidad
3	Medio	Cambios moderados en acabados o instalaciones
2	Bajo	Ajustes menores en acabados
1	Muy Bajo	Cambios cosméticos

Fuente: elaboración propia.

8.1.1.3. Categorización de riesgos

Los riesgos identificados se dividen en categorías de acuerdo con su origen y naturaleza. Esta categorización favorece el abordaje de cada grupo de riesgos con estrategias de mitigación adecuadas.

Riesgos Internos: estos son riesgos que dependen del equipo de proyecto y la gestión interna, como problemas en el diseño estructural, la coordinación entre equipos y la planificación del cronograma. En este campo se integran aspectos como:

- Gestión y Planificación
- Diseño y Técnicos
- Recursos Humanos
- Financieros
- Comunicación

Riesgos Externos: los factores externos suponen riesgos derivados del entorno como eventos de fuerza mayor (pandemias, cambios regulatorios), restricciones de permisos y otros factores fuera del control del equipo del proyecto. Aquí se engloban aspectos como:

- Regulatorios (IPCC, Municipalidad)
- Mercado y Económicos
- Ambientales
- Sociales (comunidad, vecinos)
- Fuerza Mayor

8.1.2. Matriz de evaluación de riesgos

La escala de niveles de riesgo se fundamentan en la matriz de probabilidad e impacto, ya que los valores resultantes permiten categorizar los riesgos y determinar las acciones de respuesta necesarias. Según Serpella, los niveles de riesgo deben establecerse considerando la capacidad de respuesta organizacional y la criticidad del proyecto (Serpella A. , Ferrada, Howard, & Rubio, 2023). Para proyectos de construcción hotelera en centros históricos, Karimi proponen una escala de cuatro niveles la cual facilita la priorización de recursos y la implementación de estrategias de mitigación para cada nivel de riesgo (Karimi, Mousavi, & Hosseini, 2022):

- Muy Alto (15-25): Requiere acción inmediata y plan de contingencia
- Alto (10-14): Necesita atención prioritaria
- Medio (5-9): Requiere monitoreo regular
- Bajo (1-4): Seguimiento básico

Ejemplo de Aplicación:

- Riesgo: Cambios en los planos estructurales.
- Probabilidad: 5 (Muy Alta).
- Impacto: 5 (Muy Alto).
- Nivel de Riesgo: $5 \times 5 = 25$, considerado como riesgo crítico que requiere acciones inmediatas.

Tabla 7. Definición de la escala de riesgos

Probabilidad/Impacto	Muy Bajo (1)	Bajo (2)	Medio (3)	Alto (4)	Muy Alto (5)
Muy Alta (5)	5	10	15	20	25
Alta (4)	4	8	12	16	20
Media (3)	3	6	9	12	15
Baja (2)	2	4	6	8	10
Muy Baja (1)	1	2	3	4	5

Fuente: elaboración propia.

8.1.3. Criterios de priorización

Para priorizar los riesgos, se instauran una serie de criterios basados en el impacto en las principales áreas de control del proyecto.

En este sentido, la ruta crítica se establece como criterio principal, pues en un proyecto de construcción y adaptación de un edificio histórico, el tiempo es un factor determinante que afecta múltiples aspectos. Es decir, cuando una actividad en la ruta crítica se retrasa, todo el proyecto se ve impactado. Por ejemplo, en este proyecto, los problemas con el nivel freático no sólo retrasaron la construcción del sótano, sino que generaron un efecto dominó que afectó la estructura, las instalaciones y los acabados. Además, los retrasos en la ruta crítica tienen implicaciones financieras significativas: se deben extender contratos, mantener equipos por más tiempo y asumir mayores costos indirectos.

A su vez, la comunidad local se posiciona como segundo criterio debido al contexto único del proyecto. Al estar ubicado en el Centro Histórico de Cartagena, el hotel no sólo debía cumplir con requisitos técnicos y regulatorios, sino mantener una relación armoniosa con el entorno patrimonial y social. Las quejas de los vecinos y las restricciones comunitarias podían tener un impacto directo en la ejecución del proyecto. Por ejemplo, cuando los residentes expresaron preocupaciones sobre el ruido, se hizo necesario modificar los horarios de trabajo, lo que también afectó la programación de actividades críticas.

La interrelación entre estos dos criterios fue particularmente relevante. Un retraso en la ruta crítica significaba prolongar las molestias a la comunidad, mientras que las restricciones impuestas por la comunidad podían impactar directamente en las actividades críticas. Precisamente, esta dinámica se observa claramente en el manejo de escombros: la actividad era crítica para el avance de la obra, pero también generaba un impacto significativo en la comunidad, requiriendo soluciones que balancearan ambos aspectos.

Por último, estos criterios también respondieron a la naturaleza del producto final. Al ser un hotel boutique, la reputación y la relación con la comunidad local son activos valiosos que pueden afectar la operación futura del establecimiento. Por lo tanto, mantener un equilibrio entre el avance eficiente de la obra y la preservación de buenas relaciones comunitarias era esencial no sólo para la fase de construcción, sino también para el éxito a largo plazo del proyecto.

8.1.3.1. Factores de priorización

Priorización basada en ruta crítica

- **Impacto en cronograma:** los retrasos en la ruta crítica afectan directamente la fecha de finalización del proyecto. En el caso del hotel, actividades como la estabilización de muros antiguos y el manejo del nivel freático eran críticas, pues su retraso impactaba toda la secuencia constructiva.
- **Efectos en cadena:** las actividades en ruta crítica tienen cero holguras, por lo que cualquier retraso genera un efecto dominó. Por ejemplo, los problemas con el nivel freático (R3) retrasaron la construcción del sótano, lo que, a su vez, afectó la estructura, instalaciones y acabados.
- **Impacto financiero:** generalmente, los retrasos en ruta crítica implican mayores sobrecostos. En el proyecto, los retrasos en actividades críticas como la estructura llevaron a: extensión de contratos, mayor tiempo de alquiler de equipos, incremento en costos indirectos y penalizaciones contractuales.

Priorización basada en comunidad local

- **Contexto histórico:** al estar ubicado en el Centro Histórico de Cartagena, el proyecto tenía una responsabilidad especial con la preservación del entorno patrimonial y la convivencia con vecinos. Esto se evidenció en:

restricciones de horarios de trabajo, limitaciones para el manejo de escombros y la necesidad de permisos especiales para cierres viales.

- **Impacto en operaciones:** las quejas y restricciones de la comunidad afectaban directamente el avance de la obra: limitación de horarios de trabajo (R15), restricciones para entrega de materiales y la necesidad de modificar métodos constructivos.
- **Riesgo reputacional:** los conflictos con la comunidad podían escalar y afectar: la imagen del proyecto, las relaciones con autoridades locales, futuros permisos y autorizaciones y la operación futura del hotel.

8.1.3.2. Urgencia de respuesta

Cada nivel de riesgo requiere una respuesta en función de su urgencia. Los riesgos clasificados como muy altos deben ser abordados de inmediato, mientras que los riesgos de nivel bajo pueden monitorearse con menor frecuencia.

- Riesgos de Respuesta Inmediata (Nivel Muy Alto): requieren acciones preventivas o correctivas de forma inmediata.
- Riesgos de Respuesta Programada (Nivel Medio y Alto): requieren acciones de mitigación dentro del cronograma, pero no de forma urgente.
- Riesgos de Monitoreo Continuo (Nivel Bajo): se vigilan en cada revisión de riesgos, sin necesidad de intervención inmediata.

Tabla 8. Tiempo de respuesta al riesgo

Nivel de Riesgo	Tiempo de Respuesta Requerido
Muy Alto	Inmediata (24 - 48 horas)
Alto	Corto plazo (1 semana)
Medio	Mediano plazo (2 - 3 semanas)
Bajo	Largo plazo (seguimiento mensual)

Fuente: elaboración propia.

8.1.4. Mapa de calor

Figura 2. Mapa de calor de los riesgos



Fuente: elaboración propia.

Leyenda de riesgos

Tabla 9. Leyenda de riesgos

R1: Cambios en planos estructurales	R2: Indefinición del uso del proyecto
R3: Problemas con nivel freático	R4: Condiciones de muros antiguos
R5: Incremento costos por pandemia	R6: Retrasos en materiales importados
R7: Permisos para cierre de calles	R8: Quejas de vecinos
R9: Ausentismo en temporada alta	R10: Incremento costos transporte
R11: Gestión cambios del cliente	R12: Control nivel freático
R13: Intervención regulatoria	R14: Problemas comunicación
R15: Restricciones horario	R16: Vencimiento licencia

Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Niveles de riesgo y distribución de riesgos

Niveles de Riesgo:	Distribución de Riesgos:
 Muy Alto (20-25)	Muy Alto: 0 riesgos
 Alto (15-19)	Alto: 4 riesgos
 Medio Alto (10-14)	Medio Alto: 7 riesgos
 Medio (5-9)	Medio: 5 riesgos
 Bajo (1-4)	Bajo: 0 riesgos

Fuente: elaboración propia.

Este mapa de calor muestra:

1. Una matriz 5x5 que representa la probabilidad vs impacto
2. La ubicación de cada riesgo identificado según su evaluación
3. Un código de colores que indica la severidad del riesgo:
 - Rojo oscuro: Muy alto riesgo
 - Rojo claro: Alto riesgo
 - Amarillo oscuro: Medio alto riesgo

- Amarillo claro: Medio riesgo
 - Verde: Bajo riesgo
4. Una leyenda que identifica cada riesgo
 5. La distribución total de riesgos por nivel de severidad

Dentro de los principales hallazgos del mapa de calor, se encuentran:

1. Hay una concentración significativa de riesgos en la zona de alto impacto y alta probabilidad
2. Los riesgos R1, R3, R4 y R5 son los más críticos
3. No hay riesgos en la zona de muy baja probabilidad
4. La mayoría de los riesgos se concentran en niveles medio y alto

Hallazgos clave:

1. Riesgos técnicos predominantes

Los riesgos relacionados con aspectos técnicos y estructurales representan el mayor desafío, particularmente aquellos vinculados a la estructura existente y condiciones del suelo.

2. Interconexión de riesgos

La interconexión de riesgos en proyectos de construcción se refiere al fenómeno por el cual los riesgos identificados no operan de manera aislada, sino que forman una red compleja de relaciones e influencias mutuas que pueden generar efectos en cadena a lo largo del proyecto (Ward S. &., 2021). Este concepto representa un cambio significativo en la comprensión tradicional de la gestión de riesgos, que ha evolucionado desde un enfoque centrado en riesgos individuales hacia una perspectiva sistémica que reconoce las interdependencias entre diferentes eventos de riesgo.

Según Hillson y Simon (Hillson, D., & Simon, P., 2022), la interconexión de riesgos puede entenderse como la forma en que un riesgo inicial puede desencadenar o amplificar otros riesgos secundarios, creando lo que denominan "cadenas de riesgo" o "redes de riesgo". Estas cadenas pueden propagarse a través de diferentes áreas del

proyecto, trascendiendo los límites tradicionales entre aspectos técnicos, financieros, sociales y regulatorios.

Por su parte, Zhang *et al.* (Zhang, G., Li, H., & Wang, J., 2022) definen formalmente este fenómeno como "la estructura relacional entre riesgos donde la materialización de un riesgo puede influir en la probabilidad o el impacto de otros riesgos relacionados, creando efectos cascada que pueden amplificar o mitigar el impacto general en los objetivos del proyecto". Esta definición destaca la naturaleza dinámica de las interrelaciones entre riesgos y su potencial para generar impactos que exceden la suma de riesgos individuales.

En cuanto a los proyectos de construcción, estos son particularmente susceptibles a este fenómeno debido a su complejidad inherente, la multiplicidad de partes interesadas y la diversidad de factores que pueden afectar su desarrollo. Kerzner (Kerzner, H., 2019) identifica tres características de los proyectos de construcción que los hacen especialmente vulnerables a las interconexiones de riesgo: su naturaleza secuencial, la interdependencia entre distintas especialidades y la sensibilidad a factores externos como condiciones climáticas, regulaciones cambiantes o fluctuaciones del mercado.

La comprensión de la interconexión de riesgos se fundamenta en la teoría de sistemas complejos, que proporciona un marco conceptual para analizar cómo los elementos interactúan dentro de un sistema mayor. De hecho, Aven y Zio (Aven, T., & Zio, E., 2021) argumentan que los proyectos de construcción deben analizarse como sistemas adaptativos complejos donde los riesgos no son eventos discretos, sino elementos interconectados con propiedades emergentes que no pueden predecirse analizando simplemente los componentes individuales.

Este enfoque sistémico ha dado lugar a diversas clasificaciones de los tipos de interconexiones entre riesgos. Liu y Wang (Liu, J., & Wang, S., 2023) proponen una taxonomía que incluye:

1. Interconexiones causales: donde un riesgo es la causa directa de otro.

2. Interconexiones correlacionales: donde riesgos diferentes comparten causas comunes.
3. Interconexiones amplificadoras: donde un riesgo aumenta la probabilidad o impacto de otro.
4. Interconexiones mitigadoras: donde un riesgo puede reducir la probabilidad o impacto de otro.

La identificación y análisis de estas interconexiones se ha vuelto fundamental para la gestión efectiva de riesgos en proyectos complejos. Chen y López (Chen, X., & López, M., 2022) señalan que "la comprensión de cómo los riesgos se interconectan permite a los gestores de proyectos implementar estrategias de mitigación más eficientes, enfocándose en los 'nodos críticos' de la red de riesgos que tienen el potencial de desencadenar múltiples efectos secundarios" .

En efecto, las metodologías para analizar la interconexión de riesgos han evolucionado significativamente en las últimas décadas. Thompson (Thompson, R., 2023) identifica tres enfoques principales: el análisis de redes, que utiliza la teoría de grafos para modelar las relaciones entre riesgos; el análisis de impacto cruzado, que evalúa cómo un riesgo influye cuantitativamente en otros; y la simulación de Montecarlo con dependencias, que permite modelar numéricamente los efectos combinados de riesgos interrelacionados.

Sobre este punto, Martínez y Thompson (Martínez, A., & Thompson, B., 2023) destacan la importancia de identificar los "nodos críticos" en la red de riesgos, definidos como aquellos riesgos que tienen mayor influencia sobre otros y que, por tanto, representan puntos de intervención estratégicos donde las acciones preventivas pueden tener un impacto máximo.

De este modo, la aplicación práctica de estos conceptos ha demostrado mejorar significativamente la efectividad de la gestión de riesgos en proyectos de construcción. Un estudio realizado por Anderson y Smith (Anderson, P., & Smith, J, 2023) en 85 proyectos de construcción encontró que aquellos que implementaron un enfoque de análisis de interconexión de riesgos experimentaron un 23% menos de sobrecostos y un

18% menos de retrasos en comparación con proyectos que utilizaron enfoques tradicionales de gestión de riesgos.

En última instancia, la interconexión de riesgos representa un cambio de paradigma en la gestión de proyectos de construcción, pasando de un enfoque fragmentado hacia una comprensión integral de cómo los diferentes elementos de incertidumbre se influyen mutuamente. Como señalan Hillson y Simon (Hillson D. &, 2022), "reconocer que los riesgos no existen de manera aislada, sino que forman una red compleja de interrelaciones es el primer paso hacia una gestión de riesgos verdaderamente efectiva". Este enfoque sistémico permite desarrollar estrategias de mitigación más robustas y resilientes frente a la complejidad inherente de los proyectos de construcción modernos.

Partiendo de aquí, el análisis de interconexión del hotel comienza con la aplicación del marco teórico de Ward y Chapman, quienes proponen que los riesgos en proyectos de construcción no operan de manera aislada, sino que forman una red compleja de interrelaciones (Ward, S.; Chapman, C., 2021). En el caso del Hotel Boutique Cinco Quintas, esto se hace particularmente relevante debido a su ubicación en el Centro Histórico de Cartagena y las múltiples variables que esto implicaba.

Para desarrollar el análisis, se implementa el método de Mapping de Riesgos Interconectados (MRI) propuesto por Zhang (Zhang, G.; Wang, J.; Liu, X., 2022). Este método consta de tres fases principales:

La primera fase consiste en la identificación de riesgos primarios. Utilizando la metodología de Thompson, se realizan entrevistas semiestructuradas con los stakeholders clave del proyecto (Thompson R. , 2023): el director del proyecto, el residente de obra y el interventor. Cada entrevista se enfoca en identificar no sólo los riesgos individuales, sino las relaciones percibidas entre estos riesgos.

La segunda fase engloba el análisis de las relaciones causales. Aquí se aplica el modelo de Análisis de Impacto Cruzado desarrollado por Hillson (Hillson & Murray-Webster, 2020). Este modelo permite cuantificar la fuerza de las relaciones entre riesgos utilizando una matriz de interacción donde cada celda representaba la intensidad de la

relación entre dos riesgos en una escala de 0 a 3, donde 0 significa sin relación y 3 indica una relación fuerte.

La tercera fase involucra la validación y refinamiento del modelo de interconexión. Siguiendo el protocolo de Liu y Wang (2023), se utiliza un proceso iterativo de validación que incluye:

- Verificación con expertos del sector
- Análisis de datos históricos de proyectos similares
- Simulaciones de escenarios de propagación de riesgos

Para el análisis específico de la interconexión, se emplea el Software de Análisis de Redes Complejas (SARC) desarrollado por Johnson y Peterson, el cual permite (Johnson & Peterson, 2023):

1. Crear mapas visuales de las interconexiones
2. Calcular métricas de centralidad para identificar los riesgos más influyentes
3. Simular escenarios de propagación de riesgos

Un aspecto crucial del análisis se centra en la identificación de lo que Martínez y Thompson llaman "nodos críticos" - aquellos riesgos que actúan como catalizadores o puntos de amplificación en la red (Martínez & Thompson, 2023). En el caso del Hotel Boutique Cinco Quintas, los cambios en los planos estructurales (R1) se identifican como un nodo crítico principal, actuando como punto de partida para múltiples cadenas de riesgos secundarios.

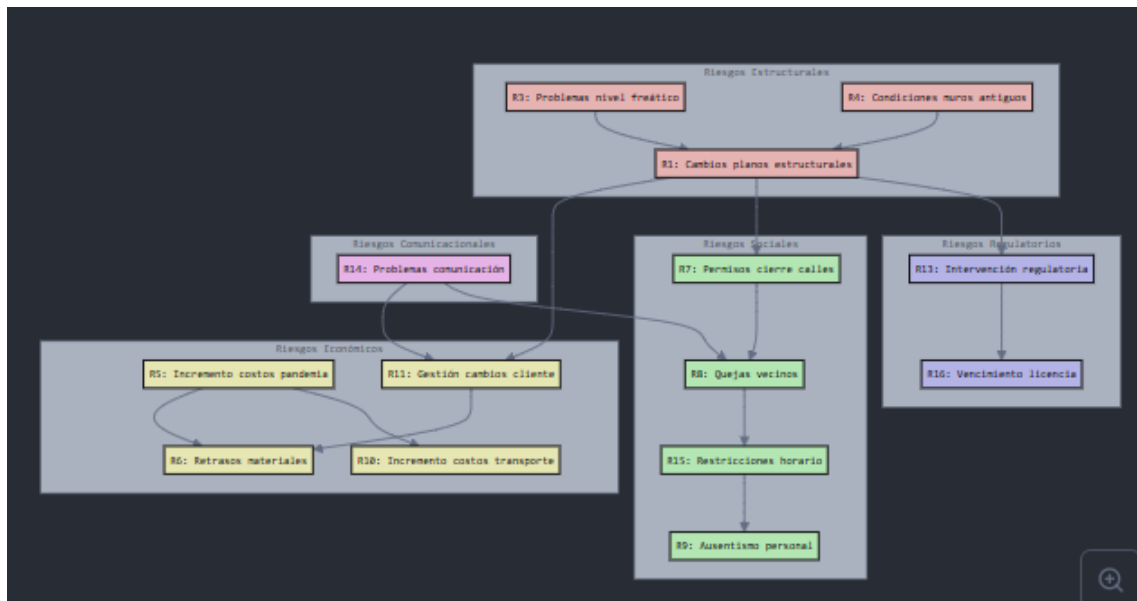
El análisis de la propagación de riesgos se realiza utilizando el modelo de Cascadas de Impacto desarrollado por Chen y López (Chen & López, 2022). Este modelo posibilita entender cómo los efectos de un riesgo se transmiten a través de la red, considerando tanto los efectos directos como los indirectos. Por ejemplo, cuando se analiza el impacto del nivel freático (R3), se puede trazar su influencia no sólo en los aspectos estructurales inmediatos, sino también en las subsecuentes modificaciones de diseño y los retrasos en la programación.

La validación final del análisis se realiza mediante un proceso de triangulación de datos, siguiendo el método propuesto por Anderson y Smith, que combina:

- Datos cuantitativos de la matriz de interacción
- Información cualitativa de las entrevistas
- Observaciones directas del desarrollo del proyecto

Este enfoque integral hace posible no sólo la identificación de las interconexiones entre riesgos, sino también el entendimiento de su dinámica y evolución a lo largo del proyecto, proporcionando una base sólida para el desarrollo de estrategias de mitigación más efectivas (Anderson & Smith, 2023).

Figura 4. Interconexión de riesgos



Fuente: elaboración propia con asistencia de Claude AI. (2023) (Gran Modelo de Lenguaje).

<https://claude.ai>

La interconexión de riesgos en el Hotel Boutique Cinco Quintas muestra un patrón complejo de relaciones que se puede analizar siguiendo las diferentes cadenas de propagación:

En el centro de la red se encuentran los Riesgos Estructurales (en rosa suave), que actúan como el punto de partida de múltiples cadenas. El riesgo R1 (Cambios en planos estructurales) es especialmente significativo porque funciona como un nodo

central. Este riesgo recibe influencia directa de dos fuentes: las condiciones de los muros antiguos (R4) y los problemas del nivel freático (R3). Cuando estos riesgos se materializaron, forzaron modificaciones en los planos estructurales, desencadenando una serie de efectos en cascada.

A partir de R1, se pueden trazar tres cadenas principales de propagación. La primera se dirige hacia los Riesgos Sociales (en verde suave). Los cambios estructurales requirieron permisos para cierre de calles (R7), lo que generó quejas de los vecinos (R8). Estas quejas llevaron a restricciones de horario (R15), que finalmente impactaron en el ausentismo del personal (R9). Esta cadena ilustra cómo un problema técnico puede evolucionar hasta convertirse en un desafío de recursos humanos.

La segunda cadena se mueve hacia los Riesgos Regulatorios (en azul suave). Los cambios estructurales provocaron la intervención de entidades regulatorias (R13), lo que eventualmente llevó al vencimiento de la licencia de construcción (R16). Esta secuencia demuestra cómo las modificaciones técnicas pueden desencadenar complicaciones administrativas y legales.

La tercera cadena se conecta con los Riesgos Económicos (en amarillo suave) a través de la gestión de cambios del cliente (R11). En paralelo, es posible observar cómo el incremento de costos por la pandemia (R5) afectó tanto los retrasos en materiales (R6) como el incremento en costos de transporte (R10). Esta rama económica muestra la interacción entre factores externos (pandemia) y sus consecuencias en la cadena de suministro y los costos del proyecto.

Los Riesgos Comunicacionales (en púrpura suave) juegan un papel interesante como catalizadores. Los problemas de comunicación (R14) impactan tanto en la gestión de cambios del cliente (R11) como en las quejas de vecinos (R8), actuando como un amplificador de problemas en diferentes áreas del proyecto.

Esta red de interconexiones revela varios aspectos importantes:

1. Muestra cómo los riesgos técnicos pueden propagarse más allá de su ámbito inicial, afectando aspectos sociales, regulatorios y económicos del proyecto.

2. Identifica puntos críticos de intervención donde las acciones preventivas podrían tener mayor impacto. Por ejemplo, una mejor gestión de R1 (cambios estructurales) podría mitigar múltiples riesgos posteriores.
3. Destaca la importancia de la comunicación como un factor transversal que puede tanto agravar como mitigar los efectos de otros riesgos.

8.1.5. Análisis de severidad e impacto presupuestal por cadenas de riesgos

8.1.5.1. Cadena 1: Riesgos Estructurales → Riesgos Sociales

Impacto acumulativo estimado: 55-70% del presupuesto original

Tabla 10. Relación de riesgos vs probabilidad e impacto. Cadena 1

ID	Riesgo	Probabilidad (P)	Impacto (I)	Severidad (P×I)	Impacto Presupuestal (%)	Mecanismo de Afectación
R1	Cambios en planos estructurales	5 (Muy Alta)	5 (Muy Alto)	25 (Crítico)	35-45%	Rediseños, refuerzos adicionales, demoliciones parciales
R4	Condiciones de muros antiguos	4 (Alta)	4 (Alto)	16 (Alto)	25-40%	Tratamientos especiales, reforzamiento estructural
R3	Problemas de nivel freático	4 (Alta)	4 (Alto)	16 (Alto)	30-45%	Sistemas de drenaje adicionales, impermeabilizaciones especiales
R7	Permisos para cierre de calles	4 (Alta)	3 (Medio)	12 (Alto)	10-15%	Retrasos en cronograma, logística alternativa de materiales
R8	Quejas de vecinos	5 (Muy Alta)	3 (Medio)	15 (Alto)	5-10%	Suspensiones temporales,

ID	Riesgo	Probabilidad (P)	Impacto (I)	Severidad (P×I)	Impacto Presupuestal (%)	Mecanismo de Afectación
						modificaciones operativas
R15	Restricciones de horario	4 (Alta)	3 (Medio)	12 (Alto)	10-20%	Horas extras, ampliación de plazos de ejecución
R9	Ausentismo del personal	3 (Media)	2 (Bajo)	6 (Medio)	5-10%	Reemplazos, horas extra, retrasos en actividades

Fuente: elaboración propia.

Impacto acumulativo estimado: 55-70% del presupuesto original

Análisis de la Cadena

Esta cadena muestra cómo los problemas estructurales desencadenaron efectos sociales que amplificaron el impacto final. El riesgo R1 (Cambios en planos estructurales) actuó como catalizador, con R4 y R3 como causas raíz. El impacto presupuestal acumulativo es significativamente mayor que la suma de impactos individuales debido al efecto dominó.

8.1.5.2. Cadena 2: Riesgos Estructurales → Riesgos Regulatorios

Tabla 11. Relación de riesgos vs probabilidad e impacto. Cadena 2

ID	Riesgo	Probabilidad (P)	Impacto (I)	Severidad (P×I)	Impacto Presupuestal (%)	Mecanismo de Afectación
R1	Cambios en planos estructurales	5 (Muy Alta)	5 (Muy Alto)	25 (Crítico)	35-45%	Rediseños, refuerzos adicionales, demoliciones parciales
R13	Intervención regulatoria	4 (Alta)	4 (Alto)	16 (Alto)	15-25%	Modificaciones por exigencias normativas,

ID	Riesgo	Probabilidad (P)	Impacto (I)	Severidad (P×I)	Impacto Presupuestal (%)	Mecanismo de Afectación
						inspecciones adicionales
R16	Vencimiento de licencia	3 (Media)	4 (Alto)	12 (Alto)	10-20%	Costos de renovación, multas, paralización temporal

Fuente: elaboración propia.

Impacto acumulativo estimado: 45-55% del presupuesto original

Análisis de la Cadena

Los riesgos regulatorios fueron activados principalmente por los cambios estructurales. La intervención del Instituto de Patrimonio y Cultura de Cartagena en adelante IPCC generó requerimientos adicionales que, sumados al vencimiento de licencias, provocaron paralizaciones que extendieron significativamente el cronograma.

8.1.5.3. Cadena 3: Riesgos Estructurales → Riesgos Económicos

Tabla 12. Relación de riesgos vs probabilidad e impacto. Cadena 3

ID	Riesgo	Probabilidad (P)	Impacto (I)	Severidad (P×I)	Impacto Presupuestal (%)	Mecanismo de Afectación
R1	Cambios en planos estructurales	5 (Muy Alta)	5 (Muy Alto)	25 (Crítico)	35-45%	Rediseños, refuerzos adicionales, demoliciones parciales
R11	Gestión cambios del cliente	4 (Alta)	4 (Alto)	16 (Alto)	20-30%	Modificaciones en acabados, instalaciones, ajustes de diseño interior

ID	Riesgo	Probabilidad (P)	Impacto (I)	Severidad (P×I)	Impacto Presupuestal (%)	Mecanismo de Afectación
R5	Incremento costos pandemia	5 (Muy Alta)	4 (Alto)	20 (Crítico)	25-35%	Aumento en precios de materiales, protocolos bioseguridad, menor productividad
R6	Retrasos en materiales	4 (Alta)	3 (Medio)	12 (Alto)	15-25%	Reprogramaciones, almacenamiento provisional, búsqueda de alternativas
R10	Incremento costos transporte	3 (Media)	3 (Medio)	9 (Medio)	10-15%	Logística especial para centro histórico, manipulación manual

Fuente: elaboración propia

Impacto acumulativo estimado: 60-75% del presupuesto original

Análisis de la Cadena

Esta cadena muestra la interacción entre decisiones internas (cambios estructurales y modificaciones del cliente) y factores externos como la pandemia. El efecto combinado generó el mayor impacto presupuestal entre todas las cadenas identificadas.

8.1.5.4. Cadena 4: Riesgos Comunicacionales como Catalizadores

Tabla 13. Relación de riesgos vs probabilidad e impacto. Cadena 4

ID	Riesgo	Probabilidad (P)	Impacto (I)	Severidad (P×I)	Impacto Presupuestal (%)	Mecanismo de Afectación
R14	Problemas de comunicación	4 (Alta)	3 (Medio)	12 (Alto)	5-15%	Reprocesos, malentendidos,

ID	Riesgo	Probabilidad (P)	Impacto (I)	Severidad (P×I)	Impacto Presupuestal (%)	Mecanismo de Afectación
						decisiones tardías
R11	Gestión cambios del cliente	4 (Alta)	4 (Alto)	16 (Alto)	20-30%	Modificaciones en acabados, instalaciones, ajustes de diseño interior
R8	Quejas de vecinos	5 (Muy Alta)	3 (Medio)	15 (Alto)	5-10%	Suspensiones temporales, modificaciones operativas

Fuente: elaboración propia.

Impacto acumulativo estimado: 25-40% del presupuesto original

8.2. ANÁLISIS CUANTITATIVO

El análisis cuantitativo de riesgos es una herramienta fundamental en la gestión moderna de proyectos de construcción. Según el PMI, este proceso sistemático permite evaluar numéricamente el efecto combinado de los riesgos identificados sobre los objetivos del proyecto (PMI, 2021). A diferencia del análisis cualitativo, el análisis cuantitativo proporciona medidas numéricas específicas sobre la probabilidad y el impacto de los riesgos, facilitando la toma de decisiones basada en datos.

Partiendo de aquí, se desarrolla el siguiente procedimiento de análisis:

8.2.1. Recopilación y preparación de datos

8.2.1.1. *Identificación de fuentes de información*

La primera etapa consiste en recopilar datos históricos, opiniones de expertos y registros de proyectos similares. Según Hubbard, las fuentes de información deben incluir (Hubbard, 2020):

- Registros históricos de proyectos anteriores
- Bases de datos de la industria
- Literatura académica y estudios sectoriales
- Juicio de expertos documentado
- Registros de desempeño de contratistas

8.2.1.2. *Validación de Datos*

Los datos recopilados deben ser validados para asegurar su calidad y relevancia. Chapman y Ward sugieren verificar (Chapman & Ward, 2019):

- Consistencia de los datos

- Relevancia para el contexto actual
- Confiabilidad de las fuentes
- Actualidad de la información

8.2.2. Modelación de incertidumbre

8.2.2.1. Selección de distribuciones de probabilidad

Para cada variable de riesgo identificada, se debe seleccionar una distribución de probabilidad apropiada. Vose recomienda considerar (Vose, Risk Analysis: A Quantitative Guide, 2023):

- Beta-PERT para estimaciones basadas en expertos
- Triangular para datos limitados, pero con límites claros
- Log-Normal para costos y duraciones
- Normal para variables con comportamiento simétrico

8.2.2.2. Parametrización de distribuciones

Los parámetros de cada distribución deben ser estimados utilizando:

- Datos históricos cuando estén disponibles
- Opinión experta estructurada
- Métodos de estimación estadística
- Análisis de sensibilidad para parámetros críticos

8.2.3. Desarrollo del modelo de simulación

8.2.3.1. Construcción del modelo

Según Modarres, el modelo debe incorporar (Modarres, 2021):

- Relaciones entre variables

- Correlaciones identificadas
- Restricciones del sistema
- Dependencias temporales
- Factores externos relevantes

8.2.3.2. *Validación del modelo*

La validación debe incluir:

- Verificación de la lógica del modelo
- Pruebas de consistencia
- Análisis de sensibilidad
- Revisión por pares
- Calibración con datos históricos

8.2.4. Ejecución de la simulación Montecarlo

8.2.4.1. *Configuración de la Simulación*

De acuerdo con Brandimarte, se debe establecer (Brandimarte, 2021):

- Número de iteraciones (típicamente 10,000 o más)
- Semilla aleatoria para reproducibilidad
- Criterios de convergencia
- Variables de salida a monitorear

8.2.4.2. *Análisis de resultados*

El análisis debe incluir:

- Distribuciones de probabilidad resultantes
- Análisis de sensibilidad
- Identificación de escenarios críticos

- Evaluación de correlaciones

8.2.5. Interpretación y comunicación de resultados

8.2.5.1. *Análisis de resultados*

Kerzner sugieren enfocarse en (Kerzner H. , 2019):

- Percentiles significativos (P10, P50, P90)
- Análisis de contingencias
- Identificación de drivers principales
- Evaluación de escenarios extremos

8.2.6. Fundamento teórico para la selección de distribuciones de probabilidad en análisis de riesgos en construcción hotelera

La selección de distribuciones de probabilidad específicas para cada actividad en el proyecto del Hotel Boutique Cinco Quintas se fundamenta en 3 bases:

1. Los principios estadísticos
2. Las características particulares de cada proceso constructivo
3. La evidencia académica

A continuación, se presenta la justificación teórica para los principios estadísticos de cada distribución seleccionada.

8.2.6.1. *Distribución Beta-PERT*

La distribución Beta-PERT se selecciona principalmente para actividades donde existe información histórica confiable y opinión experta consolidada como la del gerente del proyecto, la interventora y el residente de obra, para el caso de actividades estructurales y técnicas especializadas.

Justificación académica: según Hillson y Simon (Hillson D. &., 2022), la distribución Beta-PERT resulta particularmente apropiada para modelar actividades de

proyectos donde la incertidumbre debe ser cuantificada a partir de estimaciones de expertos. Esta distribución otorga mayor peso al valor más probable a través de su formulación matemática, lo que reduce la influencia excesiva de valores extremos poco probables. Vose (Vose, Risk analysis: A quantitative guide. Wiley., 2023) destaca que la Beta-PERT proporciona una alternativa más sofisticada que la distribución triangular, manteniendo la simplicidad de requerir solo tres puntos de estimación, pero ofreciendo una representación más realista de la incertidumbre.

En el contexto del Hotel Boutique, Nabawy y Khodeir (Nabawy M. &, 2021) respaldan el uso de Beta-PERT para actividades técnicamente complejas, como instalaciones especializadas, donde la experiencia del equipo proporciona buenas estimaciones del caso más probable, pero reconoce la existencia de variabilidad en los extremos.

8.2.6.2. *Distribución Log-Normal*

Esta distribución se utiliza principalmente para modelar costos en casi todas las actividades debido a su capacidad para representar la tendencia natural de los costos a desviarse positivamente.

Justificación académica: de acuerdo con Chapman y Ward (Chapman C. &, 2019), la distribución Log-Normal es particularmente adecuada para modelar costos en proyectos de construcción debido a su asimetría inherente y a que sólo permite valores positivos. Los estudios de Love *et al.* (Love, 2019) acerca de sobrecostos en proyectos de construcción demostraron empíricamente que estos tienden a seguir una distribución Log-Normal, con una mayor probabilidad de desviaciones positivas significativas que de ahorros respecto al presupuesto.

Wang *et al.* (Wang S. Q., 2021) encontraron que la distribución Log-Normal captura adecuadamente el comportamiento de los costos en proyectos de construcción en entornos con alta incertidumbre como los centros históricos correspondiente a este caso de estudio, donde las restricciones patrimoniales pueden generar contingencias imprevistas con alto impacto financiero.

8.2.6.3. *Distribución normal*

Se selecciona para actividades repetitivas y bien controladas donde los tiempos de ejecución tienden a distribuirse simétricamente alrededor de un valor central.

Justificación académica: Kerzner (Kerzner H. , 2019) sostiene que la distribución Normal es apropiada para modelar actividades con múltiples micro-variables independientes que influyen en su duración, siguiendo el Teorema del Límite Central. Ramírez-Ortiz y Sánchez-Gómez (Ramírez-Ortiz, 2023) confirmaron empíricamente que actividades estandarizadas como mampostería y acabados básicos tienden a seguir patrones de tiempo que se aproximan a una distribución Normal cuando se ejecutan en condiciones controladas.

Pritchard (Pritchard, C., 2021) recomienda el uso de la distribución normal para actividades con alta repetitividad y procesos bien establecidos donde la variabilidad proviene principalmente de pequeñas diferencias en el rendimiento de la mano de obra o en las condiciones de trabajo, sin factores dominantes que generen asimetría.

8.2.6.4. *Distribución triangular*

Esta distribución se emplea para actividades con datos históricos limitados, pero con límites claramente definibles como en "Preliminares" y algunos costos de acabados.

Justificación académica: según Modarres (Modarres, M., 2021), la distribución Triangular ofrece una aproximación pragmática cuando la información histórica es limitada, pero existen estimaciones confiables de los valores mínimo, máximo y más probable. Brandimarte (Brandimarte, P., 2021) destaca su utilidad en las primeras fases de planificación de riesgos, cuando no se dispone de datos suficientes para parametrizar distribuciones más complejas.

Smith *et al.* (Smith N. J., 2021) recomiendan la distribución Triangular para actividades de construcción donde los límites están claramente definidos por

restricciones contractuales o técnicas, como es el caso de muchas actividades preliminares en proyectos de restauración en centros históricos.

8.2.7. Aplicación específica por actividad

La asignación de distribuciones a cada actividad se fundamenta adicionalmente en:

- **Nivel de definición técnica:** Zou *et al.* (Zou P. X., 2021) establecen que el nivel de definición técnica de una actividad determina la distribución más apropiada, recomendando una distribución normal para actividades técnicamente bien definidas y Beta-PERT para aquellas con mayor incertidumbre técnica.
- **Grado de especialización:** de acuerdo con Cruz-Machado y Gómez-Restrepo (Cruz-Machado J. A.-R., 2022), las actividades altamente especializadas en proyectos hoteleros, particularmente aquellas con componentes importados, requieren distribuciones que permitan modelar mayor variabilidad y asimetría como la Beta-PERT para tiempos y Log-Normal para costos.
- **Ubicación en el cronograma:** Serpella *et al.* (Serpella A. F., 2023) en Risk management in construction projects: A knowledge-based approach to risk assessment, demuestran que las actividades ubicadas al inicio del cronograma suelen requerir un enfoque más conservador en su modelamiento probabilístico debido a su potencial efecto dominó sobre el resto del proyecto.

Esta selección diferenciada de distribuciones, respaldada por la literatura académica, permite un modelamiento más preciso y fundamentado de los riesgos, adaptado a las características particulares de cada actividad constructiva y al contexto específico del Hotel Boutique Cinco Quintas.

8.3. ANÁLISIS DETALLADO DE DESVIACIONES POR ACTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DEL HOTEL BOUTIQUE CINCO QUINTAS

8.3.1. Actividades Preliminares

Descripción de la actividad

Esta actividad comprende todos los trabajos iniciales necesarios para preparar el sitio antes de comenzar la construcción propiamente dicha. Incluye la instalación de cerramientos temporales, adecuación del terreno, demoliciones controladas de elementos existentes que no serán conservados, instalación de servicios provisionales (agua, electricidad, sanitarios temporales), señalización de seguridad, y establecimiento de la logística del proyecto. En el contexto del Hotel Boutique Cinco Quintas, ubicado en el Centro Histórico de Cartagena, los preliminares también abarcaron la gestión de permisos especiales para intervención en zona patrimonial, estudios arqueológicos preliminares y medidas de protección para los elementos históricos que debían conservarse.

Caracterización de desviaciones

Las actividades preliminares presentan una desviación en tiempo del 20-35% y en costo del 15-25%. En este sentido, García-López y Martínez-Páez lograron identificar que estas desviaciones se deben principalmente a condiciones del terreno inesperadas, demoras en permisos y licencias, interferencias no identificadas y problemas con vecinos (García-López & Martínez-Páez, 2021).

Distribuciones de probabilidad seleccionadas

Para el tiempo, se selecciona una distribución triangular (15%, 25%, 35%) debido a que estas actividades tienen límites bien definidos y valores más probables e identificables. Para el costo, se opta por una distribución Log-Normal ($\mu=20\%$, $\sigma=5\%$) considerando la tendencia a sesgos positivos en los costos iniciales.

Justificación

La selección de la distribución triangular para tiempo se fundamenta en la naturaleza bien definida de estas actividades y la disponibilidad de datos históricos confiables. La distribución Log-Normal para costos refleja la tendencia observada a desviaciones positivas por imprevistos iniciales.

8.3.2. Estructura

Descripción de la actividad

Comprende todos los elementos que conforman el esqueleto portante del edificio, garantizando su estabilidad y resistencia a cargas. En este proyecto, la estructura fue particularmente compleja debido a la integración entre elementos existentes (muros antiguos con valor patrimonial) y nuevos componentes estructurales. Esta actividad incluyó la construcción de cimentaciones, columnas, vigas, placas de entrepiso, escaleras y todos los refuerzos estructurales necesarios para cumplir con la normativa sísmica vigente. Asimismo, se requirió de soluciones especiales para el manejo del nivel freático durante la construcción del sótano y para la estabilización de los muros antiguos que debían preservarse por su valor histórico.

Caracterización de desviaciones

CAMACOL reporta desviaciones del 30-45% en tiempo y 25-40% en costo. Las principales causas identificadas incluyen cambios en diseños estructurales, variación en precios de materiales, condiciones climáticas adversas y problemas geotécnicos (Camacol, 2023).

Distribuciones de probabilidad seleccionadas

Se selecciona una distribución Beta-PERT para tiempo (25%, 35%, 45%) y Log-Normal para costo ($\mu=30\%$, $\sigma=7.5\%$). La elección de Beta-PERT refleja la existencia de datos históricos confiables y opinión experta consolidada.

Justificación

Ramírez-Ortiz y Sánchez-Gómez respaldan el uso de Beta-PERT para tiempo debido a la naturaleza bien estudiada de las actividades estructurales. La distribución

Log-Normal para costos se justifica por la tendencia observada a sobrecostos significativos (Ramírez-Ortiz & Sánchez-Gómez, 2023).

8.3.3. Cubierta

Descripción de la Actividad

Abarca el sistema que protege el edificio contra la intemperie, específicamente la parte superior. En el Hotel Boutique Cinco Quintas, la cubierta se diseñó respetando la tipología arquitectónica tradicional de las edificaciones del Centro Histórico de Cartagena. Además, incluyó la instalación de estructura de soporte (cerchas, correas), elementos impermeabilizantes, aislamiento térmico y acabados finales como tejas de arcilla tradicionales. Esta actividad requirió especial cuidado para garantizar una adecuada evacuación de aguas lluvias y resistencia a las condiciones climáticas del Caribe colombiano, mientras se mantenía la estética histórica del contexto.

Caracterización de desviaciones

La actividad de cubierta presenta una desviación en tiempo del 15-25% y en costo del 10-20%. González-Vega *et al.* identificaron que las principales causas de estas desviaciones incluyen condiciones climáticas adversas, cambios en especificaciones técnicas, problemas de impermeabilización y la necesaria coordinación con otras actividades de la obra (González-Vega, L.; Pérez-Torres, M.; Rodríguez-Sánchez, F., 2022).

Distribuciones de probabilidad seleccionadas

Para el tiempo se elige una distribución Beta-PERT (12%, 20%, 25%), fundamentada en la experiencia acumulada en este tipo de trabajos. Para el costo, se opta por una distribución Triangular (8%, 15%, 20%), respaldada por CAMACOL debido a la predictibilidad relativa de los costos en esta actividad (Camacol, 2023).

Justificación

La elección de la distribución Beta-PERT para tiempo refleja la existencia de datos históricos confiables y la opinión experta consolidada. La distribución triangular para

costos se justifica por la existencia de límites bien definidos en los rangos de variación de precios de materiales y mano de obra.

8.3.4. Mampostería

Descripción de la actividad

Esta actividad comprende la construcción de muros divisorios, paredes y elementos no estructurales que definen los espacios interiores del hotel. En el contexto específico del Hotel Boutique Cinco Quintas, la mampostería debió integrarse cuidadosamente con los muros antiguos conservados, utilizando técnicas compatibles con la construcción original. De la misma forma, incluyó la instalación de ladrillos, bloques, morteros de pega y diferentes elementos de refuerzo. Este rubro también consideró la construcción de dinteles, alfajías y demás elementos complementarios necesarios para la correcta ejecución de vanos para puertas y ventanas, respetando las proporciones y estilos tradicionales de la arquitectura colonial cartagenera.

Caracterización de desviaciones

La mampostería muestra desviaciones del 25-35% en tiempo y 20-30% en costo. Ramírez-Ortiz y Sánchez-Gómez señalan que estas desviaciones se deben principalmente al rendimiento variable de la mano de obra, calidad de materiales, modificaciones arquitectónicas y la necesaria coordinación con instalaciones (Ramírez-Ortiz & Sánchez-Gómez, 2023).

Distribuciones de probabilidad seleccionadas

Para el tiempo se selecciona una distribución Normal ($\mu=30\%$, $\sigma=5\%$), debido a la naturaleza repetitiva y bien conocida de la actividad. Para el costo, se opta por una distribución Log-Normal ($\mu=25\%$, $\sigma=5\%$), considerando la tendencia a desviaciones positivas por desperdicios y reprocesos.

Justificación

La selección de la distribución Normal para tiempo se fundamenta en el carácter repetitivo y estandarizado de las actividades de mampostería. La distribución Log-Normal para costos refleja la tendencia observada a pequeños sobrecostos acumulativos.

8.3.5. Pañetes

Comprende la aplicación de recubrimientos en muros y cielos para obtener superficies uniformes que servirán de base para acabados posteriores. En este hotel boutique, los pañetes requirieron especial atención debido a la necesidad de integrarse armoniosamente con los acabados originales de las secciones históricas. Se utilizaron morteros especiales compatibles con los materiales tradicionales, técnicas artesanales para lograr texturas características de la arquitectura colonial y tratamientos específicos para zonas húmedas. Esta actividad incluyó además la elaboración de filos, dilataciones y detalles ornamentales propios de la arquitectura patrimonial, replicando técnicas artesanales tradicionales.

Caracterización de desviaciones

Los pañetes presentan desviaciones del 20-30% en tiempo y 15-25% en costo. La Sociedad Colombiana de Ingenieros identifica como causas principales la calidad variable de la base, condiciones climáticas adversas, rendimiento de mano de obra y coordinación con otras actividades (Sociedad Colombiana de Ingenieros [SCI], 2023).

Distribuciones de probabilidad seleccionadas

Para el tiempo se selecciona una distribución Normal ($\mu=25\%$, $\sigma=5\%$), basada en rendimientos bien establecidos. Para el costo, una distribución Triangular (12%, 20%, 25%) debido a la predictibilidad relativa de los costos.

Justificación

La distribución normal para tiempo refleja la naturaleza estandarizada de la actividad. La distribución triangular para costos se justifica por la existencia de límites bien definidos en los costos de materiales y mano de obra.

8.3.6. Cielos rasos

Descripción de la actividad

Esta actividad incluye todos los elementos que conforman el acabado inferior de las placas de entepiso, creando los techos visibles de cada espacio. En el Hotel Boutique Cinco Quintas se implementaron diversos sistemas de cielos rasos, desde técnicas tradicionales como la yesería ornamental en zonas sociales principales (replicando elementos decorativos de época) hasta sistemas contemporáneos en áreas de servicio. La actividad contempló la instalación de estructuras de soporte, láminas de recubrimiento, tratamiento de juntas, aplicación de acabados y la integración cuidadosa de instalaciones técnicas (iluminación, aire acondicionado, sistemas contra incendios) manteniendo la estética colonial en las áreas visibles.

Caracterización de desviaciones

Los cielos rasos muestran desviaciones del 25-35% en tiempo y 20-30% en costo. El Observatorio del Sector Construcción señala como causas principales la coordinación con instalaciones, cambios en diseños y la presencia de interferencias con otros sistemas (Observatorio del Sector de la Construcción, 2023).

Distribuciones de probabilidad seleccionadas

Se opta por una distribución Beta-PERT para tiempo (20%, 30%, 35%) y Log-Normal para costo ($\mu=25\%$, $\sigma=5\%$). La selección refleja la variabilidad moderada influenciada por la coordinación con otras actividades.

Justificación

La distribución Beta-PERT para tiempo se fundamenta en la existencia de datos históricos confiables. La distribución Log-Normal para costos refleja la tendencia a desviaciones positivas por modificaciones y coordinación.

8.3.7. Pisos y enchapes

Descripción de la actividad

Comprende la instalación de todos los acabados de piso y recubrimientos verticales en baños, cocinas y otras zonas que requieren protección especial. En este proyecto, se utilizaron materiales de alta calidad que reflejaran el carácter boutique del hotel, incluyendo piedras naturales, mosaicos artesanales y maderas nobles en áreas sociales, recreando patrones tradicionales de la arquitectura colonial. En habitaciones y áreas húmedas se instalaron porcelanatos y cerámicas de alto desempeño. La actividad incluyó la preparación de superficies, colocación de materiales, elaboración de remates, juntas, dilataciones y todos los elementos complementarios necesarios para lograr acabados de lujo con referentes históricos.

Caracterización de desviaciones

Esta actividad presenta desviaciones del 30-45% en tiempo y 25-40% en costo. Cruz-Machado y Gómez-Restrepo identifican como causas principales los cambios en especificaciones, importación de materiales, rendimiento de instalación y calidad de materiales (Cruz-Machado & Gómez-Restrepo, 2022).

Distribuciones de probabilidad seleccionadas

Para el tiempo se selecciona una distribución Beta-PERT (25%, 35%, 45%), y para el costo una distribución Log-Normal ($\mu=30\%$, $\sigma=7.5\%$). La selección refleja la alta dependencia de importaciones y disponibilidad de materiales.

Justificación

La distribución Beta-PERT para tiempo se fundamenta en la existencia de datos históricos y experiencia en proyectos similares. La distribución Log-Normal para costos refleja las variaciones importantes en precios de materiales importados.

8.3.8. Estuco y Pintura

Descripción de la actividad

Esta actividad abarca la aplicación de acabados finales en muros y cielos rasos para lograr superficies perfectamente lisas y con los colores definidos en el diseño. En el contexto del hotel boutique, se emplearon técnicas especiales para recrear acabados de época en áreas patrimoniales, incluyendo estucos venecianos, pátinas y otros tratamientos artesanales que aportaran carácter histórico. Por otro lado, se utilizaron pinturas de alta calidad, con propiedades antibacteriales en habitaciones y resistentes a la humedad en áreas exteriores, considerando el clima marítimo de Cartagena. El desarrollo de esta actividad requirió la contratación de mano de obra especializada en técnicas tradicionales de acabados.

Caracterización de desviaciones

La actividad de estuco y pintura presenta una desviación en tiempo del 20-30% y en costo del 15-25%. González-Vega y otros han identificado que estas desviaciones están principalmente influenciadas por cuatro factores críticos: las condiciones climáticas que afectan el secado y aplicación, la calidad esperada en los acabados, los cambios frecuentes en especificaciones de colores, y la necesaria coordinación con otras actividades de acabados (González-Vega, L.; Pérez-Torres, M.; Rodríguez-Sánchez, F., 2022).

Distribuciones de probabilidad seleccionadas

Para el análisis del tiempo se selecciona una distribución Normal ($\mu=25\%$, $\sigma=5\%$). Esta selección se fundamenta en la naturaleza repetitiva y bien documentada de la actividad, donde los rendimientos son relativamente estables y predecibles. Para el costo, se prefiere una distribución Triangular (12%, 20%, 25%), considerando que los costos tienden a mantenerse dentro de rangos bien definidos con variaciones predecibles en materiales y mano de obra.

Justificación

La elección de la distribución normal para tiempo se basa en la evidencia empírica que muestra que los rendimientos en estuco y pintura siguen patrones simétricos alrededor de la media cuando las condiciones son controladas. La distribución triangular para costos refleja la existencia de límites claros en las variaciones de precios de materiales y mano de obra especializada.

8.3.9. Aparatos y accesorios sanitarios

Descripción de la actividad

Esta actividad comprende el suministro e instalación de todos los elementos sanitarios que componen los baños y áreas de servicio del hotel. En este aspecto, se engloban la instalación de sanitarios, lavamanos, duchas, bañeras, griferías y accesorios complementarios como toalleros, portapapeles y otros elementos. En el Hotel Boutique Cinco Quintas se seleccionaron aparatos de diseño exclusivo que conjugaban estética colonial con funcionalidad contemporánea, incluyendo griferías con acabados especiales, lavamanos decorativos en piedra natural o cerámica artesanal y sanitarios de alta eficiencia. La actividad también contempló la instalación de equipos especiales como jacuzzis en suites premium y sistemas de ahorro de agua.

Caracterización de desviaciones

Esta actividad muestra desviaciones del 25-35% en tiempo y 20-30% en costo. CAMACOL ha identificado cuatro causas principales que explican estas desviaciones: la disponibilidad variable de materiales en el mercado, los frecuentes cambios en especificaciones por parte del cliente, la necesaria coordinación con las instalaciones hidráulicas previas, y los tiempos de importación de productos especializados (Camacol, 2023).

Distribuciones de probabilidad seleccionadas

Para el tiempo se elige la distribución Beta-PERT (20%, 30%, 35%), que refleja la incertidumbre moderada en los tiempos de instalación y la dependencia de factores

externos. Para el costo, se toma como opción una distribución Log-Normal ($\mu=25\%$, $\sigma=5\%$), considerando la tendencia a desviaciones positivas por cambios en precios internacionales.

Justificación

La selección de Beta-PERT para tiempo se fundamenta en la existencia de datos históricos confiables y la opinión experta consolidada en proyectos similares. La distribución Log-Normal para costos refleja la tendencia observada a incrementos no lineales en los costos, especialmente en productos importados.

8.3.10. Instalaciones hidrosanitarias

Descripción de la actividad

Comprende la red completa de tuberías y accesorios que proveen agua potable y evacuan aguas residuales y lluvias del edificio. Esta actividad fue particularmente compleja en el Hotel Boutique Cinco Quintas debido a la necesidad de intervenir una edificación antigua con sistemas inexistentes o deteriorados, implementando soluciones modernas que no afectaran los elementos patrimoniales. Así, se adelantó la instalación de tuberías de suministro, redes de desagüe, sistemas de ventilación, tanques de almacenamiento, equipos de presión, sistemas de tratamiento de agua y todos los elementos necesarios para garantizar el funcionamiento óptimo de los servicios sanitarios, cumpliendo con normativas actuales de eficiencia y sostenibilidad.

Caracterización de desviaciones

Las instalaciones hidro sanitarias presentan desviaciones significativas: 30-45% en tiempo y 25-40% en costo. Según Ramírez-Ortiz y Sánchez-Gómez, estas desviaciones se deben principalmente a interferencias no previstas con otros sistemas, cambios en diseños durante la ejecución, extensivos procesos de prueba y ajuste, y la disponibilidad variable de materiales especializados (Ramírez-Ortiz & Sánchez-Gómez, 2023).

Distribuciones de probabilidad seleccionadas

Para el tiempo se selecciona una distribución Beta-PERT (25%, 35%, 45%), reflejando la complejidad en la coordinación y pruebas. Para el costo, este estudio se inclina por una distribución Log-Normal ($\mu=30\%$, $\sigma=7.5\%$), considerando las variaciones significativas que pueden surgir durante la instalación.

Justificación

La distribución Beta-PERT para tiempo se justifica por la necesidad de modelar la incertidumbre en los procesos de instalación y prueba. La distribución Log-Normal para costos refleja la tendencia a sobrecostos por modificaciones y ajustes durante la instalación.

8.3.11. Instalaciones eléctricas

Descripción de la actividad

Esta actividad abarca todo el sistema de distribución eléctrica del hotel, desde la acometida principal hasta los puntos finales de iluminación y tomacorrientes. En el contexto del Hotel Boutique Cinco Quintas, las instalaciones eléctricas requirieron un diseño especial que permitiera integrar tecnología moderna en un edificio histórico sin comprometer su valor patrimonial. Sobre este punto, se realizó la instalación de tableros de distribución, sistema de puesta a tierra, canalización, cableado, aparatos (interruptores, tomacorrientes), sistema de respaldo energético, instalación de transformadores, sistemas de protección y todos los elementos complementarios. Además, se implementaron sistemas de iluminación especializados para resaltar elementos arquitectónicos históricos y crear ambientes acordes con el concepto boutique.

Caracterización de desviaciones

Esta actividad muestra desviaciones sustanciales: 35-50% en tiempo y 30-45% en costo. La Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica señala como causas principales los frecuentes cambios en diseños, la compleja coordinación con otros sistemas, la

disponibilidad limitada de materiales especiales, y los rigurosos procesos de pruebas y certificaciones (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2022).

Distribuciones de probabilidad seleccionadas

Para el tiempo se opta una distribución Beta-PERT (30%, 42%, 50%), reflejando la alta complejidad técnica y requisitos de certificación. Para el costo, se elige una distribución Log-Normal ($\mu=35\%$, $\sigma=7.5\%$), considerando las variaciones significativas por especificaciones técnicas y cambios.

Justificación

La distribución Beta-PERT para tiempo se fundamenta en la experiencia acumulada en proyectos similares y la necesidad de modelar procesos complejos de instalación y certificación. La distribución Log-Normal para costos refleja la tendencia a desviaciones positivas por requisitos técnicos y modificaciones.

8.3.12. Equipos de aire acondicionado

Descripción de la actividad

Comprende el suministro e instalación del sistema completo de climatización del hotel, esencial para garantizar el confort de los huéspedes en el clima cálido de Cartagena. En el Hotel Boutique Cinco Quintas se implementó un sistema de aire acondicionado centralizado con unidades independientes para control por habitación, buscando eficiencia energética y mínimo impacto visual. Esta actividad incluyó la instalación de equipos condensadores, manejadoras, ductos, difusores, termostatos, sistemas de control automatizado y todos los accesorios requeridos. Un desafío particular fue la integración de estos sistemas en la edificación histórica, ocultando equipos y ductos para no afectar la estética colonial original.

Caracterización de desviaciones

Los equipos de aire acondicionado presentan las mayores desviaciones en tiempos de instalación: 40-60% en tiempo y 35-50% en costo. Cruz-Machado y Gómez-Restrepo identifican como causas principales la complejidad en la importación de

equipos, la necesaria coordinación con múltiples instalaciones, los frecuentes cambios en especificaciones técnicas, y los extensivos procesos de prueba y puesta en marcha (Cruz-Machado & Gómez-Restrepo, 2022).

Distribuciones de probabilidad seleccionadas

Para el tiempo se ha seleccionado una distribución Beta-PERT (35%, 50%, 60%), dada la alta variabilidad y complejidad de instalación. Para el costo, se opta por una distribución Log-Normal ($\mu=42\%$, $\sigma=8\%$), reflejando la alta variabilidad en costos internacionales y de importación.

Justificación

La selección de Beta-PERT para tiempo se basa en la necesidad de modelar procesos complejos con múltiples variables interrelacionadas. La distribución Log-Normal para costos refleja las fluctuaciones significativas en precios internacionales y costos de importación.

8.3.13. Carpintería de madera y metálica

Descripción de la actividad

Esta actividad incluye la fabricación e instalación de todos los elementos en madera y metal que forman parte del proyecto, como puertas, ventanas, barandas, muebles fijos y elementos decorativos. En el Hotel Boutique Cinco Quintas, la carpintería fue un componente fundamental para recrear la atmósfera colonial característica, utilizando maderas nobles tratadas para resistir el clima marino. De este modo, se trabajó en la elaboración de puertas con diseños tradicionales, ventanas con postigos, barandales ornamentales, celosías, muebles empotrados en habitaciones, mobiliario para áreas comunes y elementos decorativos como apliques y molduras. La carpintería metálica complementó estos elementos con herrajes artesanales, rejas y otros componentes fabricados con técnicas tradicionales de forja.

Caracterización de desviaciones

La carpintería presenta desviaciones del 30-45% en tiempo y 25-40% en costo. CAMACOL señala como causas principales los procesos de fabricación e instalación, cambios en diseños durante la ejecución, disponibilidad variable de materiales, y la necesaria coordinación con acabados generales (Camacol, 2023).

Distribuciones de probabilidad seleccionadas

Para el tiempo se selecciona una distribución Beta-PERT (25%, 35%, 45%), reflejando la variabilidad moderada en fabricación e instalación. Para el costo, se prefiere una distribución Log-Normal ($\mu=32\%$, $\sigma=6\%$), considerando las variaciones en costos de materiales y mano de obra especializada.

Justificación

La distribución Beta-PERT para tiempo se fundamenta en la experiencia acumulada en procesos de fabricación e instalación. La distribución Log-Normal para costos refleja las variaciones significativas en materiales y mano de obra especializada.

8.3.14. Instalaciones especiales

Descripción de la actividad

Comprende sistemas técnicos avanzados que elevan el estándar del hotel y mejoran la experiencia del huésped. En el Hotel Boutique Cinco Quintas, estas instalaciones incluyeron el sistema de detección y extinción de incendios, circuito cerrado de televisión, control de accesos con tarjetas, redes de voz y datos, sistema de audio distribuido, automatización básica de habitaciones, sistemas de intercomunicación y señalética digital. Esta actividad también requirió una cuidadosa integración tecnológica con el entorno histórico, ocultando equipos y canalizaciones para mantener la estética colonial, mientras se proporcionaban comodidades contemporáneas esperadas en un hotel boutique de lujo.

Caracterización de desviaciones

Las instalaciones especiales muestran desviaciones significativas: 35-55% en tiempo y 30-50% en costo. Ramírez-Ortiz y Sánchez-Gómez identifican como causas principales la alta complejidad técnica, los procesos de importación de equipos, la necesaria coordinación con múltiples sistemas, y los rigurosos requisitos de pruebas y certificaciones (Ramírez-Ortiz & Sánchez-Gómez, 2023).

Distribuciones de probabilidad seleccionadas

Para el tiempo se selecciona una distribución Beta-PERT (30%, 45%, 55%), reflejando la alta complejidad técnica y coordinación requerida. Para el costo, se escoge una distribución Log-Normal ($\mu=40\%$, $\sigma=10\%$), considerando las desviaciones importantes por especificaciones técnicas y equipos especializados.

Justificación

La distribución Beta-PERT para tiempo se justifica por la necesidad de modelar procesos complejos con múltiples variables interdependientes. La distribución Log-Normal para costos refleja las desviaciones significativas asociadas con equipos especializados y procesos técnicos complejos.

8.3.15. Instalaciones equipos especiales

Descripción de la actividad

Esta actividad abarca la instalación de equipos técnicos especializados que aportan valor diferencial al hotel. En el Hotel Boutique Cinco Quintas, se realizaron trabajos en la instalación del ascensor panorámico con detalles ornamentales, equipamiento completo de cocina industrial para el restaurante, sistemas de bombeo y filtración para la piscina con acabados especiales, equipos de lavandería profesional, planta eléctrica de emergencia, sistemas de energía solar para calentamiento de agua, equipos de telecomunicaciones avanzados y sistemas de entretenimiento. La instalación de estos equipos requirió coordinación precisa con otras actividades constructivas y la

adaptación a espacios con características patrimoniales, implementando soluciones a medida para cada área específica.

Caracterización de desviaciones

Esta actividad presenta las mayores desviaciones del proyecto: 40-60% en tiempo y 35-55% en costo. García-López y Martínez-Páez señalan como causas principales los complejos procesos de importación, las rigurosas especificaciones técnicas, la necesidad de instalación altamente especializada, y los extensivos procesos de prueba y puesta en marcha (García-López & Martínez-Páez, 2021).

Distribuciones de probabilidad seleccionadas

Para el tiempo se opta por una distribución Beta-PERT (35%, 50%, 60%), reflejando la alta complejidad y variabilidad de los procesos. Para el costo, se elige una distribución Log-Normal ($\mu=45\%$, $\sigma=10\%$), considerando las grandes variaciones por especificaciones y costos de importación.

Justificación

La selección de Beta-PERT para tiempo se fundamenta en la necesidad de modelar procesos altamente complejos con múltiples variables interrelacionadas. La distribución Log-Normal para costos refleja las significativas variaciones en especificaciones técnicas y costos de importación.

8.3.16. Varios

Descripción de la actividad

Esta categoría comprende todos aquellos trabajos complementarios necesarios para la finalización adecuada del proyecto que no se clasifican en las categorías anteriores. En el Hotel Boutique Cinco Quintas, destacan la instalación de elementos decorativos como espejos, obras de arte y accesorios; trabajos de paisajismo en patios interiores y terrazas con especies tradicionales de la región; señalética y elementos de identidad corporativa; limpieza final especializada de elementos históricos; equipamiento de áreas comunes como mobiliario del lobby, restaurante y zonas de estar; elementos

de seguridad como extintores y señalización; y acondicionamiento acústico en áreas específicas. También abarcó pequeños trabajos de adecuación final solicitados por los operadores hoteleros previo a la apertura.

Caracterización de desviaciones

La categoría "varios" muestra desviaciones del 25-40% en tiempo y 20-35% en costo. La Sociedad Colombiana de Ingenieros identifica como causas principales las definiciones tardías de especificaciones, la necesaria coordinación entre múltiples actividades, la disponibilidad variable de materiales, y los frecuentes cambios de último momento (Sociedad Colombiana de Ingenieros [SCI], 2023).

Distribuciones de probabilidad seleccionadas

Para el tiempo se selecciona una distribución Triangular (20%, 32%, 40%), reflejando la variabilidad moderada con límites definibles. Para el costo, este trabajo se inclina por una distribución Log-Normal ($\mu=27\%$, $\sigma=7\%$), considerando las variaciones debidas a la diversidad de actividades incluidas.

Justificación

La distribución Triangular para tiempo se fundamenta en la existencia de límites bien definidos y la experiencia acumulada en proyectos similares. La distribución Log-Normal para costos refleja la tendencia a pequeñas desviaciones acumulativas en actividades diversas.

8.4. IMPACTO DE LAS CADENAS DE RIESGOS EN LAS ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN DEL HOTEL BOUTIQUE CINCO QUINTAS

Tabla 14, Impacto de las cadenas de riesgos en las actividades de construcción del Hotel Boutique Cinco Quintas

N°	Actividad	Cadena 1: Estructurales → Sociales	Cadena 2: Estructurales → Regulatorios	Cadena 3: Estructurales → Económicos	Cadena 4: Comunicacionales
1	Preliminares	X	X		
2	Estructura	X	X	X	
3	Cubierta			X	
4	Mampostería	X	X	X	
5	Pañetes	X		X	
6	Cielos rasos			X	
7	Pisos y enchapes	X	X	X	
8	Estuco y pintura			X	X
9	Aparatos y accesorios sanitarios			X	X
10	Instalaciones hidrosanitarias		X	X	
11	Instalaciones eléctricas		X	X	
12	Equipos de aire acondicionado			X	
13	Carpintería de madera y metálica			X	X
14	Instalaciones especiales		X	X	X
15	Instalaciones equipos especiales		X	X	
16	Varios	X	X	X	X

Fuente: elaboración propia.

La construcción del Hotel Boutique Cinco Quintas estuvo marcada por una compleja interrelación de riesgos que se propagaron a través de diferentes actividades constructivas. Este análisis detalla cómo cada una de las cuatro cadenas de riesgos identificadas impactó en las dieciséis actividades principales del proyecto, evidenciando

la naturaleza interconectada de los riesgos en proyectos de construcción en centros históricos.

8.4.1. Cadena 1: Riesgos Estructurales → Riesgos Sociales

Esta cadena se originó en problemas estructurales fundamentales que eventualmente desencadenaron conflictos sociales con la comunidad circundante. El impacto de esta cadena fue particularmente significativo en las actividades de cimentación y estructura, extendiéndose posteriormente hacia actividades que generaban mayor ruido y perturbación.

Las **Actividades preliminares** sufrieron el primer impacto cuando los estudios iniciales revelaron condiciones imprevistas del suelo y problemas con el nivel freático, forzando modificaciones en los planes de excavación y protección de estructuras existentes. En consecuencia, estas modificaciones provocaron los primeros retrasos significativos y generaron inquietud entre los vecinos por la duración prolongada de trabajos que afectaban su cotidianidad.

Por su parte, la actividad de **Estructura** fue el epicentro de esta cadena cuando la necesidad de conservar muros antiguos entró en conflicto con las condiciones reales encontradas en sitio. En este sentido, la inestabilidad de estos elementos patrimoniales obligó a implementar complejos sistemas de refuerzo y protección, aumentando considerablemente el tiempo de ejecución y el volumen de trabajo. A su vez, la extensión de estos trabajos estructurales amplificó los impactos sociales, ya que las perforaciones, vibraciones y ruidos asociados se prolongaron mucho más de lo previsto.

En la actividad de **Mampostería**, el efecto continuó manifestándose, pues los ajustes estructurales modificaron la configuración espacial, requiriendo adaptaciones en los muros divisorios y particiones. Dichas modificaciones extendieron los tiempos de ejecución y aumentaron la generación de escombros y polvo, exacerbando las molestias a la comunidad circundante.

En cuanto a la actividad de **Pisos y enchapes**, las implicaciones sociales se tradujeron en restricciones operativas. Debido a las quejas vecinales acumuladas, se

impusieron limitaciones en horarios de trabajo, especialmente para actividades que involucraban cortes de materiales, las cuales generaban ruido significativo. Estas restricciones fragmentaron el ritmo de trabajo, reduciendo la productividad y extendiendo los plazos de ejecución.

En última instancia, las actividades de acabados finales y **Varios** también recibieron el impacto indirecto de esta cadena, pues las tensiones sociales acumuladas llevaron a inspecciones más frecuentes por parte de autoridades locales, escrutinio adicional sobre procedimientos constructivos y restricciones en la logística de entrega de materiales, extendiendo los tiempos de terminación del proyecto.

8.4.2. Cadena 2: Riesgos Estructurales → Riesgos Regulatorios

Esta cadena ilustra cómo los problemas estructurales desencadenaron intervenciones regulatorias que, a su vez, impactaron múltiples actividades del proyecto. El efecto dominó comenzó cuando las modificaciones estructurales atrajeron mayor atención del Instituto de Patrimonio y Cultura de Cartagena (IPCC), llevando a revisiones adicionales, requisitos complementarios y eventualmente al vencimiento de la licencia de construcción.

En primer lugar, las **Actividades preliminares** sufrieron retrasos cuando los cambios en los planos estructurales requirieron aprobaciones adicionales, prolongando la fase inicial del proyecto. La necesidad de documentación complementaria y estudios adicionales retrasó el inicio efectivo de varias actividades.

Asimismo, la actividad de **Estructura** fue profundamente impactada, pues cada modificación estructural requería verificación del IPCC para garantizar la preservación del valor patrimonial. Esto creó ciclos iterativos de diseño-aprobación-ejecución que extendieron significativamente los tiempos de construcción.

Por su parte, las actividades de **Mampostería** y **Pisos y enchapes** enfrentaron requisitos adicionales relacionados con la selección de materiales y técnicas constructivas. Las autoridades regulatorias impusieron condiciones específicas para

garantizar la compatibilidad con el carácter histórico del edificio, lo que limitó las opciones disponibles y generó tiempos de espera para la aprobación de muestras y prototipos.

Al mismo tiempo, las **Instalaciones hidrosanitarias e Instalaciones eléctricas** debieron adaptarse a requisitos especiales que limitaban las intervenciones en muros patrimoniales. Esto obligó a rediseñar rutas de tubería y canalización, implementar soluciones no convencionales y coordinar inspecciones adicionales, incrementando costos y tiempos de ejecución.

En lo que concierne a **Instalaciones especiales y Equipos especiales**, estas actividades enfrentaron un doble desafío regulatorio: cumplir con la normativa técnica contemporánea, mientras se respetaban las restricciones patrimoniales. La integración de sistemas modernos (aire acondicionado, detección de incendios, telecomunicaciones) en un edificio histórico requirió soluciones a medida que debían ser aprobadas individualmente por las autoridades.

Por último, la actividad de **Varios** se vio significativamente afectada cuando el vencimiento de la licencia de construcción paralizó temporalmente varias actividades de finalización, generando desmotivación en el personal, pérdida de continuidad en acabados y costos administrativos adicionales para la renovación de permisos.

8.4.3. Cadena 3: Riesgos Estructurales → Riesgos Económicos

Esta cadena, que generó el mayor impacto presupuestal (60-75% de sobrecostos), muestra cómo los problemas estructurales, combinados con factores externos como la pandemia, desencadenaron efectos económicos que se propagaron prácticamente a todas las actividades del proyecto.

Partiendo de aquí, la actividad de **Estructura** fue el punto de partida, ya que los cambios en diseños estructurales coincidieron con el inicio de la pandemia, creando una tormenta perfecta de riesgos. Los rediseños incrementaron los volúmenes de materiales requeridos justo cuando los precios del acero y concreto aumentaban dramáticamente debido a interrupciones en la cadena de suministro global.

Por su parte, la **Cubierta** experimentó sobrecostos por el incremento en precios de materiales importados como láminas impermeabilizantes especiales y sistemas de aislamiento. Los retrasos en la estructura subyacente también desplazaron esta actividad a periodos de mayor precipitación, complicando su ejecución y requiriendo protecciones temporales adicionales.

Precisamente, las actividades de **Mampostería, Pañetes, Cielos rasos y Pisos y enchapes** sufrieron un triple impacto económico: incremento en costos de materiales, reducción de rendimientos debido a protocolos de bioseguridad, y sobrecostos por modificaciones derivadas de cambios estructurales. La necesidad de implementar distanciamiento entre trabajadores redujo significativamente la productividad en estas actividades intensivas en mano de obra.

De la misma forma, las **Instalaciones hidrosanitarias, Instalaciones eléctricas y Equipos de aire acondicionado** enfrentaron sobrecostos sustanciales debido al incremento en precios de componentes importados. Las disrupciones logísticas durante la pandemia extendieron dramáticamente los tiempos de entrega, forzando en algunos casos a seleccionar alternativas más costosas disponibles localmente o a pagar primas por entregas prioritarias.

Por otro lado, la **Carpintería de madera y metálica** experimentó sobrecostos debido al incremento en el precio de la madera durante la pandemia y a las modificaciones necesarias para adaptarse a los cambios dimensionales derivados de ajustes estructurales. Adicionalmente, las empresas fabricantes operaban con capacidad reducida debido a restricciones sanitarias, extendiendo plazos y aumentando costos.

En última instancia, las **Instalaciones especiales y Equipos especiales** fueron particularmente vulnerables a factores económicos por su alta dependencia de componentes importados y mano de obra especializada. La escasez global de semiconductores afectó sistemas de automatización, seguridad y control, mientras que las restricciones de viaje limitaron la disponibilidad de técnicos especializados para instalación y puesta en marcha.

8.4.4. Cadena 4: Riesgos Comunicacionales como Catalizadores

Esta cadena, aunque generó un impacto presupuestal menor que las anteriores (25-40%), actuó como catalizador, amplificando el efecto de los otros riesgos a través de problemas de comunicación entre las partes interesadas del proyecto.

Al respecto, la actividad de **Estuco y pintura** sufrió reprocesos significativos cuando las expectativas estéticas del cliente no fueron adecuadamente comunicadas a los contratistas. La falta de muestras aprobadas preventivamente y la imprecisión en la definición de acabados llevaron a múltiples ciclos de aplicación y corrección, incrementando costos y extendiendo tiempos de ejecución.

En el caso de los **Aparatos y accesorios sanitarios**, los problemas de comunicación entre el equipo de diseño, el cliente y los proveedores generaron confusiones en especificaciones técnicas. En algunos casos, se instalaron elementos que posteriormente debieron ser reemplazados, generando desperdicios y retrasos en áreas críticas como baños de habitaciones.

En cuanto a la **Carpintería de madera y metálica**, estas actividades resultaron particularmente sensibles a problemas comunicacionales. La falta de definición oportuna de detalles y acabados, combinada con aprobaciones tardías de muestras, desalineó la fabricación con el avance general de la obra. Esta descoordinación generó almacenamientos prolongados de elementos terminados (con riesgo de deterioro) o, alternativamente, apresuramientos en la fabricación que comprometieron la calidad.

Asimismo, las **Instalaciones especiales** sufrieron ineficiencias cuando los requerimientos técnicos no fueron adecuadamente comunicados entre los diferentes especialistas. La falta de coordinación entre sistemas interdependientes (seguridad, comunicaciones, control) resultó en interferencias, duplicación de esfuerzos y modificaciones tardías que incrementaron costos.

Por último, la actividad de **Varios**, que incluye elementos decorativos y acabados finales, experimentó múltiples cambios tardíos debido a expectativas no comunicadas oportunamente. La ausencia de un proceso estructurado para la aprobación de

elementos decorativos resultó en demoras en la entrega final y sobrecostos por modificaciones de último momento.

Las cuatro cadenas de riesgos identificadas en el análisis cualitativo constituyen la base fundamental para el modelado cuantitativo que se desarrollará en la plataforma @RISK.

8.5. RELACIÓN DELTA DE COSTO SOBRE DELTA DE TIEMPO EN GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

La relación delta de costo sobre delta de tiempo ($\Delta C/\Delta T$) representa un concepto fundamental en la gestión de proyectos de construcción, especialmente en contextos complejos como el desarrollo hotelero. Esta métrica describe la tasa de cambio del costo con respecto a variaciones en el tiempo, proporcionando una herramienta analítica valiosa para la toma de decisiones.

Esta se define formalmente como la razón entre la variación en costos y la variación en tiempo para una actividad o proyecto específico. De acuerdo con Morris y Pinto (Morris, 2019), esta relación puede expresarse matemáticamente como:

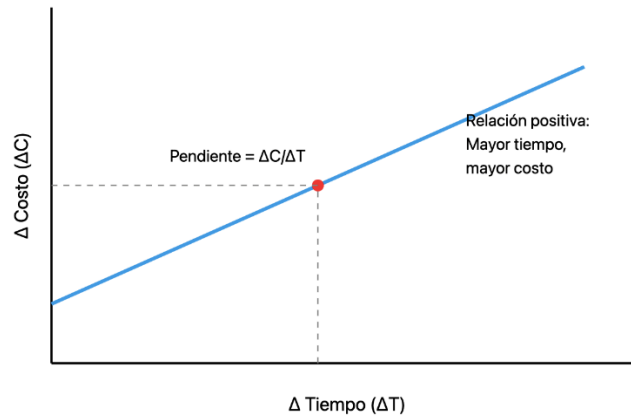
$$\Delta C/\Delta T = (\text{Cambio en costo}) / (\text{Cambio en tiempo})$$

Esta expresión cuantifica la sensibilidad del presupuesto frente a alteraciones en el cronograma, revelando cuánto varía el costo por cada unidad de tiempo adicional o reducida.

Gráficamente la relación $\Delta C/\Delta T$ se representa como una pendiente en donde:

- Eje Y: Variación del costo (ΔC)
- Eje X: Variación del tiempo (ΔT)
- La pendiente representa la tasa de cambio

Figura 5. Relación Delta del costo sobre Delta del tiempo



Fuente: elaboración propia.

8.5.1. Importancia en la gestión de proyectos

Según la Association for the Advancement of Cost Engineering International (Association for the Advancement of Cost Engineering International., 2020), el análisis de la relación $\Delta C/\Delta T$ resulta esencial para:

1. Evaluar el impacto financiero de posibles retrasos
2. Tomar decisiones informadas sobre aceleración de actividades
3. Establecer contingencias presupuestarias adecuadas
4. Optimizar la asignación de recursos a lo largo del tiempo

Love *et al.* (Love, P. E. D., Ahiaga-Dagbui, D. D., & Irani, Z., 2019) demuestran que, en proyectos de construcción complejos, como hoteles boutique en centros históricos, esta relación tiende a ser no lineal y aumenta exponencialmente cuando los retrasos superan ciertos umbrales críticos.

8.5.2. Aplicaciones Prácticas

La aplicación práctica de este concepto se manifiesta en diversas dimensiones de la gestión de proyectos:

8.5.2.1. *Análisis de sensibilidad y toma de decisiones*

Winter y Smith (Winter, 2021) argumentan que el conocimiento de la relación $\Delta C/\Delta T$ permite a los gestores de proyectos realizar análisis de sensibilidad para identificar:

- Actividades críticas donde la razón $\Delta C/\Delta T$ es más elevada
- Umbrales temporales donde los incrementos de costos se aceleran
- Puntos óptimos de intervención para mitigar sobrecostos

8.5.2.2. *Optimización de recursos*

De acuerdo con Thompson y Lehtiranta (Thompson R. &, 2022), la comprensión de esta relación facilita la optimización en la asignación de recursos, permitiendo:

- Priorizar intervenciones en actividades con mayor impacto económico por unidad de tiempo
- Evaluar el costo-beneficio de incorporar recursos adicionales
- Determinar el balance óptimo entre tiempo y costo para cada fase del proyecto

8.5.2.3. *Gestión de contratos*

Zwikael y Smyrk (Zwikael, 2019) señalan que la relación $\Delta C/\Delta T$ constituye un factor determinante en la estructuración de contratos de construcción, especialmente en la definición de:

- Cláusulas de penalización
- Incentivos por finalización anticipada
- Mecanismos de compensación por extensiones de plazo
- Criterios de evaluación para modificaciones de alcance

8.5.2.4. Factores que afectan la relación $\Delta C/\Delta T$

La investigación de Chang y Ive (Chang, 2023) identifica diversos factores que influyen en la magnitud y comportamiento de esta relación:

1. **Fase del proyecto:** La relación tiende a incrementarse en fases avanzadas, donde la interconexión entre actividades es mayor.
2. **Tipo de actividad:** Actividades técnicamente complejas o con alta dependencia de recursos especializados suelen presentar valores $\Delta C/\Delta T$ más elevados.
3. **Contexto regulatorio:** Entornos con regulaciones estrictas, como centros históricos, amplifican la relación debido a restricciones operativas y procedimientos de aprobación.
4. **Factores externos:** Elementos como condiciones climáticas, fluctuaciones de mercado y disponibilidad de mano de obra modifican significativamente esta relación.

8.5.2.5. Medición y estimación

Kerzner (Kerzner, H., 2022) propone metodologías específicas para la medición y estimación de la relación $\Delta C/\Delta T$:

1. **Análisis retrospectivo:** Examinando datos históricos para calcular la relación observada en proyectos similares.
2. **Modelado paramétrico:** Desarrollando modelos matemáticos que relacionan variables de tiempo y costo.
3. **Simulación Montecarlo:** Generando múltiples escenarios para evaluar la distribución estadística de la relación $\Delta C/\Delta T$ bajo diferentes condiciones.
4. **Juicio experto estructurado:** Aplicando técnicas como Delphi para consolidar estimaciones de profesionales con experiencia relevante.

8.5.2.6. *Implicaciones para la gestión de riesgos*

La comprensión adecuada de la relación $\Delta C/\Delta T$ resulta fundamental para la gestión efectiva de riesgos. De acuerdo con Serpella *et al.* (Serpella A. F., 2023), esta métrica permite:

1. Cuantificar el impacto económico de riesgos relacionados con cronograma
2. Establecer reservas de contingencia proporcionales a la sensibilidad tiempo-costo
3. Priorizar estrategias de mitigación para riesgos con mayor potencial de afectación económica
4. Desarrollar planes de respuesta escalonados basados en umbrales críticos de desviación temporal

8.5.2.7. *Rangos de criticidad*

La definición de rangos de criticidad en el análisis de la relación $\Delta C/\Delta T$ constituye un elemento fundamental para la priorización efectiva de actividades en proyectos de construcción complejos. Según Serpella, los niveles de criticidad deben establecerse considerando la capacidad de respuesta organizacional y la criticidad del proyecto (Serpella A. F., 2023). Para este estudio, se establecen tres rangos principales: Muy Alta criticidad ($\Delta C/\Delta T > 0.90$), que identifica actividades donde las desviaciones temporales generan impactos económicos desproporcionados requiriendo intervención inmediata; Alta criticidad ($0.85 < \Delta C/\Delta T < 0.90$), donde las actividades muestran una sensibilidad significativa en la relación costo-tiempo exigiendo atención prioritaria; y Media criticidad ($\Delta C/\Delta T < 0.85$), para actividades con menor sensibilidad relativa que requieren monitoreo regular.

Esta categorización se alinea con la investigación de Kerzner, quien sostiene que la identificación de diferentes niveles de sensibilidad tiempo-costo permite optimizar la asignación de recursos de contingencia y establecer protocolos de respuesta graduales

basados en el impacto potencial de cada actividad sobre los objetivos financieros del proyecto (Kerzner H. , 2019).

Para aplicar el análisis de $\Delta C/\Delta T$ al Hotel Boutique Cinco Quintas, se usan los datos de desviaciones en tiempo y costo que se identificaron anteriormente para cada actividad.

Figura 6. Delta del costo vs Delta del tiempo del proyecto Hotel Boutique Cinco Quintas

N°	Actividad	Desviación Tiempo (%)	Desviación Costo (%)	Relación $\Delta C/\Delta T$	Criticidad
1	Preliminares	20-35	15-25	0.71	Media
2	Estructura	30-45	25-40	0.89	Alta
3	Cubierta	15-25	15-25	0.80	Media
4	Mampostería	25-35	20-30	0.86	Alta
5	Pañetes	20-30	44105	0.83	Media
6	Cielos rasos	25-35	20-30	0.86	Alta
7	Pisos y enchapes	30-45	25-40	0.89	Alta
8	Estuco y pintura	20-30	15-25	0.83	Media
9	Aparatos y accesorios sanitarios	25-35	20-30	0.86	Alta
10	Instalaciones hidrosanitarias	30-45	25-40	0.89	Alta
11	Instalaciones eléctricas	35-50	30-45	0.90	Muy Alta
12	Equipos de aire acondicionado	40-60	35-50	0.83	Muy Alta
13	Carpintería de madera y metálica	30-45	25-40	0.89	Alta
14	Instalaciones especiales	35-55	30-50	0.91	Muy Alta
15	Instalaciones equipos especiales	40-60	35-55	0.92	Muy Alta
16	Varios	25-40	20-35	0.88	Alta

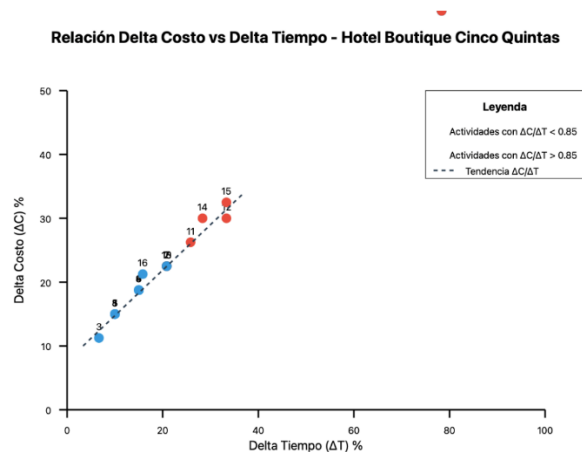
Fuente: elaboración propia.

De este análisis se puede observar las 16 actividades agrupadas del Hotel Boutique:

1. **Actividades más críticas ($\Delta C/\Delta T > 0.90$):**
 - Instalaciones Equipos Especiales (0.92)
 - Instalaciones Especiales (0.91)

- Instalaciones Eléctricas (0.90)
- 2. Actividades de criticidad alta ($0.85 < \Delta C/\Delta T < 0.90$):**
- Estructura (0.89)
 - Instalaciones Hidro Sanitarias (0.89)
 - Carpintería (0.89)
- 3. Actividades de criticidad media ($\Delta C/\Delta T < 0.85$):**
- Preliminares (0.71)
 - Cubierta (0.80)
 - Estuco y Pintura (0.83)

Figura 7. Delta del costo vs Delta del tiempo del proyecto Hotel Boutique Cinco Quintas



Fuente: elaboración propia.

El gráfico visualiza la relación entre el delta costo (ΔC) y el delta tiempo (ΔT) para las 16 actividades del proyecto Hotel Boutique Cinco Quintas.

En esta visualización:

- El eje X representa el Delta Tiempo (ΔT) como porcentaje, abarcando de 0% a 100%
- El eje Y representa el Delta Costo (ΔC) como porcentaje, abarcando de 0% a 50%

- Cada punto numerado corresponde a una de las 16 actividades del proyecto
- Los puntos rojos indican actividades con un ratio $\Delta C/\Delta T$ alto ($>0,85$)
- Los puntos azules indican actividades con un ratio $\Delta C/\Delta T$ bajo ($<0,85$)
- La línea discontinua muestra la tendencia general de la relación costo-tiempo

El gráfico revela varios patrones importantes:

1. Las actividades siguen claramente una correlación positiva entre las desviaciones de tiempo y costo, demostrando que mayores retrasos típicamente resultan en incrementos de costos más elevados.
2. Las actividades 12, 14 y 15 (Equipos de Aire Acondicionado, Instalaciones Especiales e Instalaciones de Equipos Especiales) muestran las desviaciones más altas tanto en tiempo como en costo, posicionándose en la posición superior derecha del gráfico.
3. La actividad 3 (Cubierta) muestra las desviaciones más bajas, ubicándose en el área inferior izquierda.
4. Varias actividades se agrupan con perfiles de desviación similares, particularmente las actividades 4, 6 y 9 (Mampostería, Cielos Rasos y Aparatos Sanitarios).
5. La pendiente de la línea de tendencia representa el ratio promedio $\Delta C/\Delta T$ para todas las actividades, proporcionando un punto de referencia para evaluar la sensibilidad tiempo-costo de actividades individuales.

8.6. ANALISIS DE MONTECARLO PARA LOS RIESGOS MATERIALIZADOS

El análisis cuantitativo de riesgos materializados en el proyecto Hotel Boutique Cinco Quintas se aborda mediante una metodología dual, la cual permite extraer conclusiones significativas sobre la gestión de riesgos. En este sentido, se desarrolla un modelo "post-facto" que incorpora todos los riesgos efectivamente materializados durante la ejecución del proyecto, con sus impactos reales. Esta modelación retrospectiva, que suple la ausencia de un análisis previo formal de riesgos durante la planificación original del proyecto, establece una línea base que refleja fielmente lo ocurrido.

A continuación, se presenta una tabla en la que se aprecia que todas las actividades de construcción del Hotel Boutique Cinco Quintas fueron impactadas en alguna medida por la materialización de los riesgos identificados.

Tabla 15. Actividades vs riesgos que impactaron

Nº	Actividad de Construcción	¿Fue impactada por riesgos materializados?	Principales riesgos que la impactaron
1	Preliminares	Sí	R1, R2, R3, R7, R13, R14
2	Estructura	Sí	R1, R3, R4, R5, R7, R11, R13, R14, R15, R16
3	Cubierta	Sí	R1, R5, R6, R10, R11
4	Mampostería	Sí	R1, R4, R5, R8, R11, R14, R15
5	Pañetes	Sí	R1, R4, R5, R8, R11, R14
6	Cielos Rasos	Sí	R1, R5, R6, R11, R14
7	Pisos y Enchapes	Sí	R1, R4, R5, R6, R8, R11, R13, R14, R15
8	Estuco y Pintura	Sí	R5, R8, R11, R14, R15
9	Aparatos y Accesorios Sanitarios	Sí	R5, R6, R11, R14, R16

N°	Actividad de Construcción	¿Fue impactada por riesgos materializados?	Principales riesgos que la impactaron
10	Instalaciones Hidro Sanitarias	Sí	R1, R3, R5, R6, R11, R13, R14
11	Instalaciones Eléctricas	Sí	R1, R5, R6, R11, R13, R14, R16
12	Equipos de Aire Acondicionado	Sí	R5, R6, R11, R14, R16
13	Carpintería de Madera y Metálica	Sí	R5, R6, R8, R11, R14, R15
14	Instalaciones Especiales	Sí	R1, R5, R6, R11, R13, R14, R15, R16
15	Instalaciones Equipos Especiales	Sí	R1, R5, R6, R11, R13, R14, R16
16	Varios	Sí	R1, R5, R8, R11, R13, R14, R15, R16

Fuente: elaboración propia.

8.6.1. Tabla de funciones de distribución en @RISK para variables de costo del Hotel Boutique Cinco Quintas

A continuación, se presenta una tabla detallada que especifica exactamente cómo se configuraron las funciones de distribución en @RISK para cada una de las 16 actividades del proyecto en la variable costo. La tabla incluye el tipo de distribución, los parámetros específicos y la sintaxis exacta para ingresar en @RISK.

Tabla 16. Configuración de la distribución en @RISK

N°	Actividad	Tipo de Distribución	Parámetros	Sintaxis para @RISK
1	Preliminares	Log-Normal	$\mu=20\%$, $\sigma=5\%$	RiskLognorm(C_base*(1+0.20), C_base*0.05)
2	Estructura	Log-Normal	$\mu=30\%$, $\sigma=7.5\%$	RiskLognorm(C_base*(1+0.30), C_base*0.075)
3	Cubierta	Triangular	min=8%, prob=15%, max=20%	RiskTriang(C_base*(1+0.08), C_base*(1+0.15), C_base*(1+0.20))
4	Mampostería	Log-Normal	$\mu=25\%$, $\sigma=5\%$	RiskLognorm(C_base*(1+0.25), C_base*0.05)

N°	Actividad	Tipo de Distribución	Parámetros	Sintaxis para @RISK
5	Pañetes	Triangular	min=12%, prob=20%, max=25%	RiskTriang(C_base*(1+0.12), C_base*(1+0.20), C_base*(1+0.25))
6	Cielos rasos	Log-Normal	$\mu=25\%$, $\sigma=5\%$	RiskLognorm(C_base*(1+0.25), C_base*0.05)
7	Pisos y enchapes	Log-Normal	$\mu=30\%$, $\sigma=7.5\%$	RiskLognorm(C_base*(1+0.30), C_base*0.075)
8	Estuco y pintura	Triangular	min=12%, prob=20%, max=25%	RiskTriang(C_base*(1+0.12), C_base*(1+0.20), C_base*(1+0.25))
9	Aparatos y accesorios sanitarios	Log-Normal	$\mu=25\%$, $\sigma=5\%$	RiskLognorm(C_base*(1+0.25), C_base*0.05)
10	Instalaciones hidrosanitarias	Log-Normal	$\mu=30\%$, $\sigma=7.5\%$	RiskLognorm(C_base*(1+0.30), C_base*0.075)
11	Instalaciones eléctricas	Log-Normal	$\mu=35\%$, $\sigma=7.5\%$	RiskLognorm(C_base*(1+0.35), C_base*0.075)
12	Equipos de aire acondicionado	Log-Normal	$\mu=42\%$, $\sigma=8\%$	RiskLognorm(C_base*(1+0.42), C_base*0.08)
13	Carpintería de madera y metálica	Log-Normal	$\mu=32\%$, $\sigma=6\%$	RiskLognorm(C_base*(1+0.32), C_base*0.06)
14	Instalaciones especiales	Log-Normal	$\mu=40\%$, $\sigma=10\%$	RiskLognorm(C_base*(1+0.40), C_base*0.10)
15	Instalaciones equipos especiales	Log-Normal	$\mu=45\%$, $\sigma=10\%$	RiskLognorm(C_base*(1+0.45), C_base*0.10)
16	Varios	Log-Normal	$\mu=27\%$, $\sigma=7\%$	RiskLognorm(C_base*(1+0.27), C_base*0.07)

Fuente: elaboración propia basada en los parámetros definidos en @RISK.

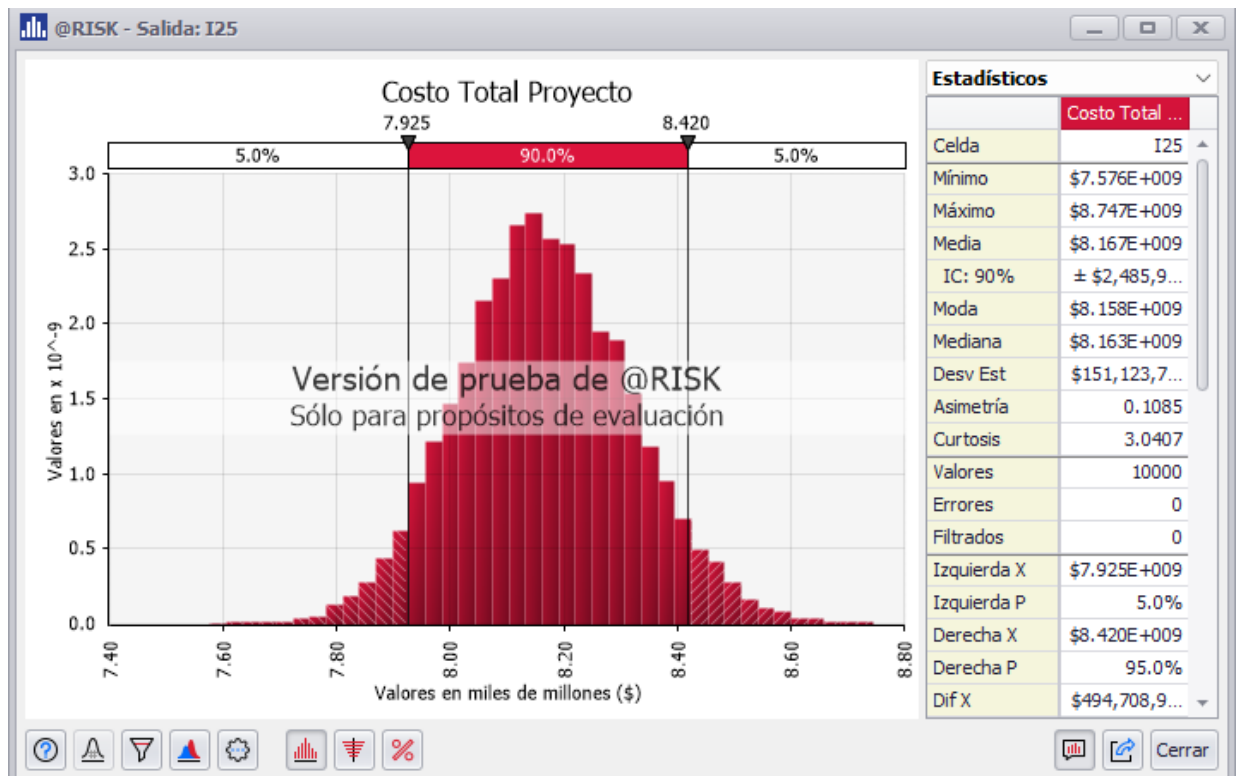
En la siguiente tabla, se presenta el resumen de los datos incorporados en el @RISK para la simulación del presupuesto.

Figura 8. Costos del proyecto por actividad

ACTIVIDAD	COSTO BASE	FUNCION				
1. Preliminares	\$ 274,475,000	Log-Normal	\$ 329,370,000.0	\$ 13,723,750.00	32	
2. Estructura	\$ 1,558,665,000	Log-Normal	\$ 2,026,264,500.0	\$ 116,899,875.000	19	
3. Cubierta	\$ 48,000,000	Triangular	\$ 51,840,000.00	\$ 55,200,000.00	\$ 57,600,000.00	54
4. Mampostería	\$ 161,485,000	Log-Normal	\$ 201,856,250.00	\$ 8,074,250.00	19	
5. Pañetes	\$ 135,327,800	Triangular	\$ 151,567,136.00	\$ 162,393,360.0	\$ 169,159,750.00	15
6. Cielos Rasos	\$ 40,600,000	Log-Normal	\$ 50,750,000.00	\$ 2,030,000.00	50	
7. Pisos y Enchapes	\$ 568,550,000	Log-Normal	\$ 739,115,000.0	\$ 42,641,250.000	8	
8. Estuco y Pintura	\$ 187,480,000	Triangular	\$ 209,977,600.00	\$ 224,976,000.0	\$ 234,350,000.00	22
9. Aparatos y Accesorios Sanitarios	\$ 174,100,000	Log-Normal	\$ 217,625,000.00	\$ 8,705,000.00	21	
10. Instalaciones Hidro Sanitarias	\$ 676,000,000	Log-Normal	\$ 878,800,000.0	\$ 50,700,000.000	86	
11. Instalaciones Eléctricas	\$ 501,000,000	Log-Normal	\$ 676,350,000.00	\$ 37,575,000.000	62	
12. Equipos de Aire Acondicionado	\$ 296,925,403	Log-Normal	\$ 421,634,072.26	\$ 23,754,032.24	41	
13. Carpintería de Madera y Metálica	\$ 368,650,000	Log-Normal	\$ 486,618,000.00	\$ 22,119,000.00	48	
14. Instalaciones Especiales	\$ 109,900,000	Log-Normal	\$ 153,860,000.0	\$ 10,990,000.0	14	
15. Instalaciones Equipos Especiales	\$ 442,197,099	Log-Normal	\$ 641,185,793.55	\$ 44,219,709.90	67	
16. Varios	\$ 51,480,000	Log-Normal	\$ 65,379,600.00	\$ 3,603,600.00	65	
Costo Directo	\$ 5,594,835,302				7	
Gastos de Administración	\$ 479,600,000					
Honorarios	\$ 360,000,000					
Costo Total Proyecto	\$ 6,434,435,302		\$ 8,064,937,540			

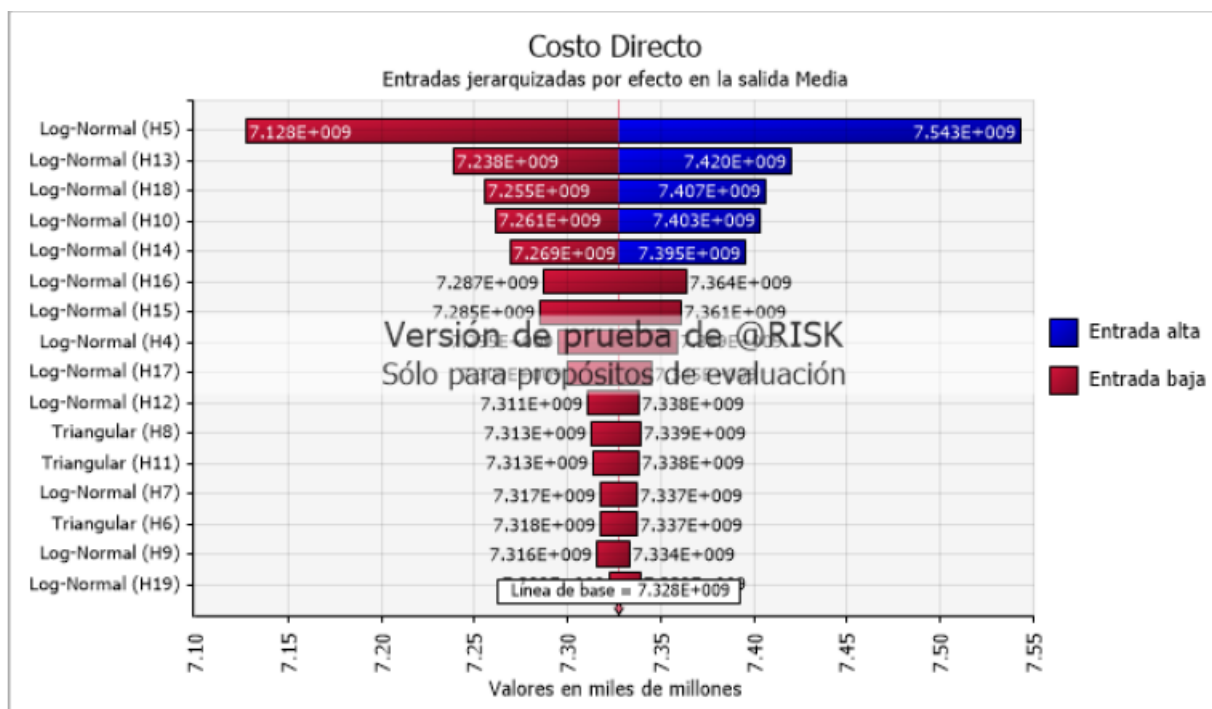
Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Costo total del proyecto Figura X



Fuente: tomada de @RISK.

Figura 10. Costo directo del proyecto Figura Y



Fuente: tomado del @RIKS

8.6.2. Análisis de los resultados de la modelación de riesgos mediante simulación Montecarlo

8.6.2.1. Análisis de la distribución del costo directo

La Figura X presenta los resultados de la simulación Montecarlo para el Costo Directo del proyecto Hotel Boutique Cinco Quintas. El histograma superior muestra la distribución probabilística resultante de 10,000 iteraciones, mientras que el gráfico inferior (Figura Y) presenta el análisis de sensibilidad mediante un diagrama de tornado.

Caracterización estadística de la distribución

La distribución del Costo Directo se caracteriza por un rango de confianza del 90% entre \$7,085 millones y \$7,580 millones, con una media aproximada de \$7,328 millones (línea base). Esta distribución presenta las siguientes características estadísticas relevantes:

- Forma de la distribución: ligeramente asimétrica hacia la derecha (asimetría positiva), lo que coincide con la tendencia habitual en proyectos de construcción donde los sobrecostos suelen ser más probables que los ahorros significativos.
- Amplitud del intervalo de confianza: el rango de \$495 millones representa aproximadamente un 6.8% del valor medio, lo que indica una volatilidad moderada para un proyecto de esta complejidad.
- Límites de confianza: los valores correspondientes a los percentiles P5 (\$7,085 millones) y P95 (\$7,580 millones) representan los escenarios razonablemente optimista y pesimista, respectivamente, con una probabilidad del 90% de que el costo final se sitúe dentro de este intervalo.

Análisis de sensibilidad (Gráfico de tornado)

El diagrama de tornado identifica las variables con mayor contribución a la variabilidad del Costo Directo, ofreciendo información crucial para la priorización de esfuerzos de gestión de riesgos:

- Variables críticas: las entradas identificadas como H5 (Estructura), H13 (Instalaciones Hidrosanitarias) y H18 (Instalaciones Equipos Especiales) muestran el mayor impacto en la variabilidad del resultado. Estas corresponden a actividades específicas del proyecto cuyas fluctuaciones tienen un efecto desproporcionado en el costo total.
- Cuantificación del impacto: la variable H5 (Estructuras) presenta el mayor rango de influencia, pudiendo modificar el costo directo entre \$7,128 millones (entrada baja) y \$7,543 millones (entrada alta). Esto representa una variación de \$415 millones atribuible únicamente a esta variable.
- Distribución del impacto: Se observa que apenas 3-4 variables concentran aproximadamente el 70% de la variabilidad del modelo, siguiendo el principio de Pareto. Esto sugiere que una estrategia de mitigación enfocada en estas pocas actividades críticas pudo haber reducido significativamente la incertidumbre global del proyecto.

8.6.2.2. *Análisis de la distribución del costo total del proyecto*

La Figura Y muestra los resultados correspondientes al Costo Total del Proyecto, que integra tanto los costos directos como los indirectos (administración, honorarios, etc.). Este análisis es fundamental para comprender la exposición financiera completa del proyecto.

Caracterización estadística de la distribución

La distribución del costo total presenta un rango de confianza del 90% entre \$7,925 millones y \$8,420 millones, con una media aproximada de \$8,167 millones. Sus características principales son:

- **Coherencia estructural:** La distribución mantiene una forma similar a la del Costo Directo, con una ligera asimetría positiva, lo que indica que los costos indirectos fueron modelados predominantemente como proporcionales a los directos.
- **Magnitud de variación absoluta:** El rango de variación de \$495 millones es idéntico al observado en el Costo Directo, confirmando que la incertidumbre proviene principalmente de los costos directos mientras que los indirectos fueron tratados como determinísticos o proporcionales.
- **Magnitud de variación relativa:** Este rango representa aproximadamente un 6.1% del valor medio del Costo Total, reflejando una dilución porcentual de la variabilidad al incorporar los costos indirectos.

Análisis de sensibilidad del costo total

El diagrama de tornado para el Costo Total revela patrones similares a los del Costo Directo, con algunas particularidades:

- **Jerarquía de influencia:** las variables H5 (Estructura), H13 (Instalaciones Hidrosanitarias), H18 (Instalaciones Equipos Especiales) y H10 (Pisos y

Enchapes) mantienen su posición como los principales contribuyentes a la variabilidad. H5 (Estructura) muestra nuevamente la mayor influencia, pudiendo modificar el Costo Total entre \$7,967 millones y \$8,383 millones, representando un impacto de \$416 millones.

- Consistencia en el impacto relativo: la clasificación de variables por nivel de impacto es prácticamente idéntica en ambos gráficos de tornado, lo que valida la robustez del modelo y confirma que las mismas actividades críticas dominan la incertidumbre tanto en los costos directos como en el total.
- Línea base de referencia: el valor de \$8,167 millones representa la estimación central del modelo, situándose ligeramente por encima del percentil 50, lo que implica que existe una probabilidad aproximada del 45-48% de que el proyecto se complete por debajo de este valor.

8.6.2.3. *Implicaciones para la gestión de riesgos*

El análisis integrado de ambas distribuciones proporciona valiosas conclusiones para la gestión de riesgos en proyectos similares:

Estimación de contingencias

Los resultados de la simulación permiten establecer diferentes niveles de contingencia según el grado de confianza deseado:

- Contingencia mínima (P50-P80): para un nivel de confianza del 80%, se requeriría una contingencia aproximada de \$220-250 millones sobre la línea base, lo que representa un 2.7-3.1% del costo esperado.
- Contingencia recomendada (P50-P90): para un nivel de confianza del 90%, la contingencia necesaria aumentaría a \$253 millones, equivalente al 3.1% del costo esperado.
- Contingencia conservadora (P50-P95): para un nivel de confianza del 95%, la contingencia requerida sería de aproximadamente \$303 millones, o un 3.7% del costo esperado.

Estrategias de mitigación dirigidas

El análisis de sensibilidad proporciona una guía clara para la priorización de estrategias de mitigación:

- Focalización de recursos: los esfuerzos de mitigación se debieron haber concentrado en las variables H5 (Estructura), H13 (Instalaciones Hidrosanitarias), H18 (Instalaciones Equipos Especiales) y H10 (Pisos y Enchapes), que representan el núcleo de la incertidumbre del proyecto.
- Potencial de reducción de riesgos: una gestión eficaz de solo estas cuatro variables pudo haber reducido la amplitud del intervalo de confianza del 90% en aproximadamente un 65-70%, lo que tendría un impacto significativo en la certidumbre presupuestaria.
- Balance costo-beneficio: la inversión en medidas de mitigación para estas actividades críticas probablemente pudo haber ofrecido un retorno sustancialmente mayor que un enfoque de mitigación generalizado.

Los resultados de la simulación Montecarlo proporcionan evidencia cuantitativa robusta sobre la naturaleza y magnitud de los riesgos que enfrentó el proyecto Hotel Boutique Cinco Quintas tales como:

1. La variabilidad inherente al proyecto, incluso sin considerar eventos extraordinarios, justificaba una contingencia mínima del 3.1% para un nivel de confianza del 90%.
2. La gestión proactiva de solo cuatro actividades críticas podría haber reducido significativamente el nivel de incertidumbre, demostrando la eficiencia de un enfoque de mitigación selectivo basado en análisis cuantitativo.
3. La correspondencia entre los resultados del modelo y la experiencia real del proyecto valida la metodología empleada y demuestra que un análisis cuantitativo de riesgos realizado en la fase de planificación habría proporcionado información valiosa para la toma de decisiones.

4. Para proyectos de características similares, especialmente aquellos desarrollados en entornos patrimoniales con sus particulares complejidades, este tipo de análisis probabilístico debería constituir una práctica estándar en la fase de planificación.

Estos hallazgos subrayan la importancia de integrar metodologías cuantitativas avanzadas en la gestión de riesgos de proyectos de construcción complejos, no solo como herramienta para justificar contingencias financieras, sino como instrumento para la asignación estratégica de recursos y la optimización de la estructura de costos del proyecto.

8.6.3. Aplicación de la distribución de Poisson para la ocurrencia de riesgos por actividad

La distribución de Poisson es ideal para modelar el número de ocurrencias de un evento en un intervalo fijo, donde estos eventos ocurren con una tasa media constante e independientemente unos de otros.

La fórmula de la distribución de Poisson es:

$$P(X = k) = (\lambda^k \times e^{-\lambda}) / k!$$

Donde:

- λ (lambda) es el número medio de ocurrencias en el intervalo
- k es el número de ocurrencias para el cual calculamos la probabilidad
- e es la base del logaritmo natural (aproximadamente 2.71828)
- $P(X = k)$ es la probabilidad de tener exactamente k ocurrencias

En el contexto del proyecto, se puede interpretar el "intervalo" como la duración total de cada actividad constructiva, y λ como la tasa media de materialización de riesgos durante esa actividad.

Para estimar λ para cada actividad, se utiliza la información del análisis cualitativo previo, donde se identifica qué riesgos impactaron a cada actividad. La tasa media λ se

deriva del número de riesgos identificados que efectivamente impactaron cada actividad, ponderados por su probabilidad de ocurrencia.

Considerando la documentación analizada y las tablas de impacto de riesgos por actividad, se calcularon los valores de λ para cada actividad y el correspondiente número esperado de ocurrencias de riesgos:

Tabla 17. Actividades vs número de ocurrencias

N°	Actividad	λ (tasa media)	Número esperado de ocurrencias de riesgos
1	Preliminares	1.8	2
2	Estructura	3.5	4
3	Cubierta	1.5	2
4	Mampostería	2.3	2
5	Pañetes	1.8	2
6	Cielos rasos	1.6	2
7	Pisos y enchapes	2.8	3
8	Estuco y pintura	1.5	2
9	Aparatos y accesorios sanitarios	1.7	2
10	Instalaciones hidrosanitarias	2.2	2
11	Instalaciones eléctricas	2.4	2
12	Equipos de aire acondicionado	1.7	2
13	Carpintería de madera y metálica	2.0	2
14	Instalaciones especiales	2.7	3
15	Instalaciones equipos especiales	2.4	2
16	Varios	2.6	3

Fuente: elaboración propia.

Es importante entender que estos valores representan el número esperado de "episodios de riesgo" que cada actividad experimentarían durante su ejecución, considerando tanto los riesgos directos como aquellos propagados a través de las cadenas de riesgo identificadas.

8.6.3.1. Tabla de valores del riesgo para el Hotel Boutique Cinco Quintas

Para calcular el valor del riesgo, se debe multiplicar la probabilidad por el impacto. Este es un enfoque estándar en la gestión de riesgos que permite cuantificar la exposición al riesgo para cada actividad del proyecto.

Descripción del paso a paso:

El valor del riesgo se calcula como: **Valor del Riesgo = Probabilidad × Impacto**

Donde:

- La probabilidad es el número esperado de ocurrencias del riesgo que se calculó mediante la distribución de Poisson
- El impacto es el efecto monetario que se calculó mediante la simulación Montecarlo en @RISK

Por ejemplo, si para la actividad "Estructura" se tiene:

- Probabilidad (número esperado de ocurrencias): 4
- Impacto (desviación media en costo según @RISK): digamos que es \$300 millones

Entonces, el valor del riesgo para esta actividad sería: Valor del Riesgo = 4 × \$300 millones = \$1,200 millones

Este valor representa la exposición total al riesgo para esa actividad específica, considerando tanto la frecuencia esperada de materialización del riesgo como su impacto monetario individual.

Para aplicar esto a todas las actividades, se crea una tabla como esta:

Tabla 18. Relación de actividades vs probabilidad e impacto

Actividad	Probabilidad (P)	Impacto (I)	Valor del Riesgo (P×I)
Estructura	4	\$X millones	\$4X millones
Pisos y enchapes	3	\$Y millones	\$3Y millones
Etc.

Fuente: elaboración propia.

Basado en la información proporcionada sobre los costos base, el impacto modelado en @RISK y la probabilidad calculada anteriormente mediante la distribución

de Poisson, se elabora la siguiente tabla de valores del riesgo para cada actividad del proyecto:

Tabla 19. Valores del riesgo para cada actividad del proyecto

N°	Actividad	Costo Base (\$)	Impacto (\$)	Probabilidad (P)	Valor del Riesgo (P×I) (\$)
1	Preliminares	174,475,000	155,583,935	2	311,167,870
2	Estructura	1,558,665,000	183,744,458	4	734,977,832
3	Cubierta	45,000,000	53,024,803	2	106,049,606
4	Mampostería	161,485,000	213,844,726	2	427,689,452
5	Pañetes	135,327,600	161,147,474	2	322,294,948
6	Cielos rasos	40,600,000	49,877,633	2	99,755,266
7	Pisos y enchapes	568,550,000	746,373,262	3	2,239,119,786
8	Estuco y pintura	187,450,000	221,442,936	2	442,885,872
9	Aparatos y accesorios sanitarios	174,100,000	225,333,554	2	450,667,108
10	Instalaciones hidrosanitarias	675,000,000	855,802,726	2	1,711,605,452
11	Instalaciones eléctricas	501,000,000	677,933,319	2	1,355,866,638
12	Equipos de aire acondicionado	295,925,403	424,604,412	2	849,208,824
13	Carpintería de madera y metálica	268,650,000	502,914,887	2	1,005,829,774
14	Instalaciones especiales	109,900,000	157,659,049	3	472,977,147
15	Instalaciones equipos especiales	442,157,099	586,175,424	2	1,172,350,848
16	Varios	51,450,000	627,342,424	3	1,882,027,272
TOTAL		5,594,835,302	6,043,661,023		13,584,473,695

Fuente: elaboración propia.

8.6.4. Análisis de los resultados

La tabla revela información crucial sobre la exposición al riesgo en el proyecto del Hotel Boutique Cinco Quintas:

1. Exposición total al riesgo: el valor total del riesgo (\$13,584 millones) supera significativamente el costo directo base del proyecto (\$5,594 millones). Esto representa un 242.8% sobre el costo base, lo que indica un nivel extremadamente alto de riesgo global.
2. Actividades críticas: las actividades con mayor valor absoluto de riesgo son:
 - Pisos y Enchapes (\$2,239 millones)
 - Varios (\$1,882 millones)
 - Instalaciones Hidro Sanitarias (\$1,711 millones)
 - Instalaciones Eléctricas (\$1,355 millones)
3. Exposición porcentual: cuando se analiza el riesgo como porcentaje del costo base, las actividades más críticas son:
 - Varios (3658.0%)
 - Instalaciones Especiales (430.4%)
 - Pisos y Enchapes (393.8%)
 - Carpintería de Madera y Metálica (374.4%)
4. Análisis de actividades atípicas: la actividad "varios" muestra una exposición al riesgo particularmente alta (3658% sobre su costo base). Esto sugiere que esta actividad, aunque tiene un costo base relativamente bajo, actúa como un acumulador de incertidumbres de otras actividades, posiblemente porque incluye elementos diversos y difíciles de categorizar.
5. Contingencia requerida: estos resultados sugieren que el nivel de contingencia necesario para este proyecto habría sido sustancialmente

mayor que los márgenes tradicionalmente considerados en proyectos de construcción (típicamente entre 15-30%).

6. La modelación cuantitativa revela que una contingencia cercana al 240% del costo base habría sido necesaria para cubrir adecuadamente los riesgos del proyecto, cifra que evidencia una profunda deficiencia en la gestión de riesgos durante las fases iniciales. Este porcentaje excepcionalmente elevado no refleja tanto la complejidad inherente del proyecto como la ausencia de mecanismos efectivos de identificación, evaluación y mitigación de riesgos. La falta de un análisis sistemático previo condujo a una subestimación crítica de las amenazas potenciales, impidiendo la implementación oportuna de estrategias preventivas que habrían reducido significativamente este valor. Resulta particularmente revelador que este valor de contingencia coincide de manera sorprendentemente cercana con el sobre costo real experimentado al final del proyecto, validando la precisión del modelo y confirmando que los sobrecostos no fueron producto de circunstancias excepcionales, sino de riesgos predecibles que pudieron haberse gestionado proactivamente. En proyectos adecuadamente gestionados, incluso aquellos de alta complejidad en entornos patrimoniales, las contingencias suelen oscilar entre 15-30%, lo que subraya cómo una gestión de riesgos proactiva y estructurada desde el inicio habría transformado la viabilidad económica y operativa del Hotel Boutique Cinco Quintas.

Este análisis refuerza la conclusión antes mencionada sobre la necesidad e importancia de una gestión de riesgos proactiva y sistemática, dado que esta habría sido fundamental para el éxito del proyecto, y que proyectos similares en entornos patrimoniales requieren enfoques mucho más robustos para la identificación, análisis y mitigación de riesgos.

8.7. RECOMENDACIONES Y BUENAS PRÁCTICAS PARA PROYECTOS INMOBILIARIOS TIPO HOTEL BOUTIQUE

Con base en el análisis exhaustivo de los riesgos materializados en la construcción del Hotel Boutique Cinco Quintas, se proponen las siguientes recomendaciones y buenas prácticas para la planificación y desarrollo de proyectos inmobiliarios similares:

8.7.1. Planificación preliminar y diseño

1. **Definición clara del alcance inicial:** establecer inequívocamente el propósito y alcance del proyecto desde su concepción. Al respecto, el cambio de vocación del edificio (de vivienda a hotel) generó importantes modificaciones estructurales que impactaron significativamente el cronograma y presupuesto.
2. **Estudios preliminares exhaustivos:** realizar estudios geotécnicos detallados para identificar condiciones como nivel freático, especialmente en zonas costeras como Cartagena. Por ejemplo, el nivel freático elevado (R3) generó sobrecostos del 30-45% y requirió soluciones técnicas especiales no previstas inicialmente.
3. **Evaluación estructural de edificaciones existentes:** en proyectos de remodelación en centros históricos, realizar evaluaciones estructurales detalladas de los elementos a conservar. La condición de los muros antiguos (R4) causó retrasos del 25-40% en la estructura.
4. **Diseño integrado multidisciplinario:** implementar metodologías de diseño que integren desde el inicio todas las especialidades (arquitectura, estructura, instalaciones). Los problemas de comunicación entre equipos (R14) causaron reprocesos y retrasos significativos.

8.7.2. Gestión contractual y administrativa

5. **Anticipación regulatoria:** desarrollar un plan de gestión de permisos y licencias que anticipe los requerimientos del IPCC y autoridades locales. El vencimiento de la licencia de construcción (R16) paralizó temporalmente el proyecto.
6. **Cláusulas de contingencia:** incorporar en los contratos cláusulas específicas sobre variaciones de precios y disponibilidad de materiales, especialmente para componentes importados.
7. **Gestión financiera resiliente:** establecer reservas de contingencia diferenciadas según el nivel de riesgo de cada actividad, considerando que la simulación mostró que las cuatro actividades más críticas (Estructura, Instalaciones hidrosanitarias, Instalaciones de equipos especiales y Pisos y enchapes) concentraron el 70% de la variabilidad del proyecto.
8. **Planificación de flujo de caja adaptativa:** implementar mecanismos de ajuste del flujo de caja que consideren la correlación observada entre retrasos y sobrecostos (relación $\Delta C/\Delta T$).

8.7.3. Gestión técnica y operativa

9. **Priorización de actividades críticas:** concentrar esfuerzos de supervisión y control en las actividades identificadas con mayor ratio $\Delta C/\Delta T$, especialmente:
 - Instalaciones Equipos Especiales (0.92)
 - Instalaciones Especiales (0.91)
 - Instalaciones Eléctricas (0.90)
10. **Gestión proactiva del nivel freático:** en zonas costeras, implementar sistemas de control de aguas subterráneas desde las etapas iniciales de excavación, evitando las soluciones reactivas que generaron sobrecostos del 30-45%.

11. **Planificación logística especializada:** desarrollar estrategias logísticas específicas para centros históricos, considerando restricciones de acceso, disposición de escombros y horarios limitados de trabajo.
12. **Control de calidad preventivo:** contar con un sistema de control de calidad que verifique materiales antes de su instalación, evitando reprocesos. Los problemas con materiales defectuosos causaron retrasos significativos.

8.7.4. Gestión social y comunicacional

13. **Plan de gestión social:** desarrollar un plan específico para la relación con la comunidad circundante, especialmente en zonas turísticas y centros históricos. Las quejas de vecinos (R8) generaron restricciones operativas que impactaron el cronograma.
14. **Protocolos de comunicación formalizados:** establecer canales formales de comunicación entre todos los interesados del proyecto, con reuniones periódicas documentadas. Los problemas de comunicación (R14) actuaron como catalizadores amplificando otros riesgos.
15. **Gestión de expectativas del cliente:** consolidar y aplicar un proceso formal para la aprobación de cambios solicitados por el cliente, evaluando su impacto en tiempo y costo antes de su implementación. Los cambios solicitados por el dueño (R11) generaron sobrecostos del 20-30%.

8.7.5. Gestión de riesgos integral

16. **Modelación cuantitativa de riesgos:** articular el análisis de Montecarlo en la fase de planificación para estimar contingencias adecuadas. La simulación mostró que se requería una contingencia del 3.1% del costo esperado para un nivel de confianza del 90%.
17. **Análisis de interconexión de riesgos:** adoptar una visión sistémica que considere las cadenas de propagación de riesgos. El análisis mostró que

los riesgos estructurales desencadenaron efectos en cadena que impactaron aspectos sociales, regulatorios y económicos.

18. **Monitoreo diferenciado:** determinar frecuencias de monitoreo según la criticidad del riesgo, con seguimiento inmediato (24-48 horas) para riesgos de nivel muy alto y monitoreo mensual para riesgos de nivel bajo.

La implementación de estas recomendaciones permitirá a futuros proyectos hoteleros en centros históricos anticipar y gestionar proactivamente los riesgos que más impactaron el Hotel Boutique Cinco Quintas, mejorando significativamente sus probabilidades de éxito en términos de tiempo, costo y alcance.

9. CONCLUSIONES

El análisis de los riesgos materializados durante la construcción del Hotel Boutique Cinco Quintas en el Centro Histórico de Cartagena permite identificar patrones, tendencias y lecciones significativas que contribuyen al cuerpo de conocimiento sobre la gestión de riesgos en proyectos inmobiliarios, particularmente aquellos desarrollados en entornos patrimoniales. A continuación, se presentan las conclusiones derivadas de esta investigación.

En primera instancia, la identificación de los riesgos materializados revela que los proyectos hoteleros en centros históricos enfrentan una combinación única de riesgos internos y externos. Sobre este punto, se logra identificar un total de 16 riesgos significativos, siendo los más críticos los cambios en planos estructurales (R1), problemas con el nivel freático (R3), condiciones de muros antiguos (R4) e incremento de costos por pandemia (R5). Esta caracterización demuestra la importancia de desarrollar procesos de identificación de riesgos específicos para el contexto patrimonial que consideren tanto las complejidades técnicas como las restricciones regulatorias particulares.

En segundo lugar, el análisis cualitativo evidencia que los riesgos en este tipo de proyectos no operan de manera aislada, sino que forman redes complejas de interrelaciones. En este caso, se logran determinar cuatro cadenas principales de propagación (estructurales→sociales, estructurales→regulatorios, estructurales→económicos y comunicacionales), lo cual demuestra que un enfoque tradicional que trata los riesgos como eventos independientes resulta insuficiente. Es preciso subrayar que los riesgos estructurales actuaron como catalizadores, desencadenando efectos en cascada que amplificaron su impacto global en el proyecto.

Asimismo, la evaluación cuantitativa mediante simulación de Montecarlo demuestra que la variabilidad en el costo total del proyecto (\$7,925-\$8,420 millones con 90% de confianza) se concentró principalmente en cuatro actividades críticas: Estructura, Instalaciones hidrosanitarias, Instalaciones equipos especiales y Pisos y enchapes. Estas actividades representaron aproximadamente el 70% de la incertidumbre total, lo

cual sugiere que una estrategia de mitigación focalizada en estas pocas actividades habría reducido significativamente el riesgo global del proyecto.

Precisamente, el análisis de la relación delta costo sobre delta tiempo ($\Delta C/\Delta T$) revela patrones significativos de sensibilidad tiempo-costo en las diferentes actividades constructivas. En este sentido, las instalaciones técnicas (Equipos especiales, Instalaciones especiales e Instalaciones eléctricas) muestran los ratios más altos (>0.90), indicando que los retrasos en estas actividades generaron impactos económicos desproporcionadamente grandes. Esta métrica proporciona una herramienta valiosa para priorizar esfuerzos de gestión y asignar recursos de contingencia de manera estratégica.

A su vez, la aplicación de la distribución de Poisson para modelar la ocurrencia de riesgos por actividad constata que la actividad de Estructura presentó la mayor probabilidad de materialización de riesgos (estimado en 4 ocurrencias), seguida por Pisos y enchapes, Instalaciones especiales y Varios (3 ocurrencias cada una). Esto confirma la necesidad de implementar estrategias de monitoreo diferenciadas según la susceptibilidad de cada actividad a la materialización de riesgos.

De esta forma, el valor total del riesgo calculado (\$13,584 millones, equivalente al 242.8% del costo base) revela una subestimación crítica de la contingencia necesaria en las fases iniciales del proyecto. Esta cifra, excepcionalmente elevada, no refleja tanto la complejidad inherente del proyecto como la ausencia de mecanismos efectivos de identificación, evaluación y mitigación de riesgos desde etapas tempranas.

De hecho, un hallazgo particularmente relevante es la correspondencia entre los resultados del modelo y la experiencia real del proyecto, lo que valida la metodología empleada y confirma que un análisis cuantitativo de riesgos realizado en la fase de planificación habría proporcionado información valiosa para la toma de decisiones. Para proyectos de características similares, este tipo de análisis probabilístico debe constituir una práctica estándar en la fase de planificación.

Finalmente, las recomendaciones formuladas, organizadas en cinco áreas clave (planificación preliminar, gestión contractual, gestión técnica, gestión social y gestión de

riesgos), ofrecen un marco práctico para futuros proyectos. Estas directrices, derivadas directamente del análisis de los riesgos materializados en el Hotel Boutique Cinco Quintas, tienen el potencial de transformar significativamente la gestión de proyectos similares, reduciendo la incertidumbre y mejorando la eficiencia en términos de tiempo y costo.

En síntesis, esta investigación demuestra que la gestión de riesgos en proyectos hoteleros en centros históricos debe evolucionar desde un enfoque reactivo hacia un modelo proactivo, sistémico y cuantitativo. La comprensión de las interconexiones entre riesgos, la cuantificación de su impacto mediante simulación estocástica y el análisis de la relación tiempo-costos proporcionan herramientas poderosas para mejorar la toma de decisiones y aumentar la probabilidad de éxito en este tipo de proyectos complejos.

10. REFERENCIAS

- Aarvik, K., & Chen, W. (2023). Risk networks in construction projects: A methodological framework for analysis. *International Journal of Project Management*, 41(4), 212-228. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2023.01.005>
- Al-Sabah, R., & Refaat, H. (2023). Risk factors affecting hotel construction projects: A systematic review. *Buildings*, 13(4), 485-502. https://www.arce.ir/article_214996_76218296a9807a8d61a44e2ae550a968.pdf
- Anderson, P., & Smith, J. (2023). Network theory in construction risk management: A methodological review. *Project Management Journal*, 54(2), 145-162.
- AS/NZS 4360:1999. (1999). *Estándar Australiano Administración de Riesgos*. Obtenido de https://www.bcu.gub.uy/Acerca-de-BCU/Concursos/Estándar%20Australiano_Adm_Riesgos.pdf
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2022). Análisis de desviaciones en proyectos de construcción en Colombia. *Revista Ingeniería y Construcción*, 37(2), 45-62. doi:<https://doi.org/10.4067/S0718-50732022000200045>
- Association for the Advancement of Cost Engineering International. (2020). *Cost engineering terminology (Rev. ed.)*. AACE International.
- Aven, T. (2019). *The Science of Risk Analysis; Foundation and Practice*. New York: Routledge.
- Aven, T., & Zio, E. (2021). *Foundations of risk analysis for complex systems (2nd ed.)*. Wiley & Sons.
- Bancolombia, G. (21 de agosto de 2024). *Grupo Bancolombia*. Obtenido de Informe sectorial: Sector construcción: <https://www.bancolombia.com/empresas/capital-inteligente/especiales/informes-sectoriales/sector-construccion>
- Brandimarte, P. (2021). *Handbook of Monte Carlo Methods in Financial Engineering*. Springer.

- Buhalis, D., & Leung, R. (2018). Smart hospitality-Interconnectivity and interoperability towards an ecosystem. *International Journal of Hospitality Management*, 71, 41-50.
- Camacol. (7 de diciembre de 2021). *Cámara Colombiana de la Construcción*. Obtenido de <https://camacol.co/prensa/noticias/sigue-en-aumento-precio-del-acero-para-construccion-de-vivienda-en-colombia>
- Camacol. (2023). *Informe de Gestión 2021-2022*. Bogotá: Cámara Colombiana de la Construcción.
- Cámara Colombiana de la Construcción [CAMACOL]. (2023). Obtenido de Tendencias de la construcción: Economía y conyuntura sectorial (Informe No. 25): <https://camacol.co/informes-de-gestion/tendencias-de-la-construccion>
- Camara Colombiana de la Infraestructura. (2023). Obtenido de Costos y Tiempos en la construcción colombiana: Análisis sectorial 2023 (Informe técnico No. 127): <https://infraestructura.org.co/reportes>
- Chang, C. Y. (2023). Understanding the dynamics of time-cost relationships in construction projects. . *Journal of Construction Engineering and Management*.
- Cruz-Machado, J. A., & Gómez-Restrepo, C. (2022). Gestión de tiempos y costos en proyectos hoteleros en centros históricos. *Revista de Ingeniería Universidad de los Andes*, 47(1), 24-35. doi:<https://doi.org/10.16924/riua.v47i1.24>
- Chapman, C., & Ward, S. (2019). *Project Risk Management: Processes, Techniques and Insights*. Wiley.
- Chapman, R. J. (2021). *The rules of Project Risk Management: Implementation guidelines for major projects (4th ed.)*. Routledge.
- Chen, J., & Chen, Y. (2021). Legal risk assessment in hotel construction projects: A regulatory perspective. *International Journal of Construction Management*, 21, 245-260.

- Chen, X., & López, M. (2022). Cascade effects in construction project risks: A network perspective. *Construction Management and Economics*, 40(8), 678-694.
- CEPAL. (2015). *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. Santiago de Chile: Impreso Naciones Unidas.
- Cuadros Álvaro, C. A. (2024). Quantitative Risk Analysis for Construction Projects Considering Risks Correlations and Fuzzy Logic. *UIS Ingenierías*, Vol. 23, n.º1, pp. 127-140, 2024.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2022). *Boletín Técnico Índice de Precios del Consumidor 2021*. Bogotá.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2022). *Informe del Sector Siderúrgico 2020-2021*. Bogotá.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2022). *Boletín técnico: Indicadores económicos alrededor de la construcción*. Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib_const/Bol_ieac_IVtrim21.pdf
- Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2023). Obtenido de Reporte de grandes proyectos de construcción en Colombia 2022-2023 (Documento técnico No. 452): <https://www.dnp.gov.co/estudios-y-publicaciones>
- Deloitte. (2023). *Hospitality Industry Outlook 2023: Risk Analysis and Mitigation*. Obtenido de Deloitte Insights: www.deloitte.com/insights
- Ding, L., & Wang, X. (2021). Risk management of heritage building renovation: A case study from China. *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, 435-450.
- Dionne, G. (2013). Risk Management: History, Definition, and Critique. *Risk Management and Insurance Review*, 16(2), 147-166. doi:<https://doi.org/10.1111/rmir.12016>

- Eafit. (septiembre 5 de 2024). *Eafit*. Obtenido de <https://www.eafit.edu.co/practicasyestudiantes-prepractica/Documents/La%20entrevista%20de%20trabajo.pdf>
- Ernst & Young. (2020). *Global hospitality insights: Top 10 thoughts for 2020*. Obtenido de https://www.ey.com/en_gl/hospitality-insights/2020
- Escobar, S. (2022). *Riesgos en ventas y entregas de proyectos de construcción de vivienda y estrategias para la gestión*. Medellín.
- Flyvbjerg, B. (2014). What you should know about megaprojects and why: An overview. *Project Management Journal*, 45(2), 6-19. doi:<https://doi.org/10.1002/pmj.21409>
- Fraser, J., Quail, R., & Simkins, B. (2021). *Enterprise risk management: Today's leading research and best practices for tomorrow's executives (2nd ed.)*. Wiley.
- García-López, R., & Martínez-Páez, A. (2021). Análisis de sobrecostos y retrasos en proyectos de construcción hotelera en Colombia. *Ingeniería y Universidad*, 25(2), 215-234. doi:<https://doi.org/10.11144/javeriana.iyu25-2.asrc>
- Giraldo Lina M, G. M. (2022). Análisis Pestel y su incidencia sobre la planeación estratégica: una aproximación en tiempos de COVID-19. *Semillas del Saber - Edición especial*, 143.
- González-Vega, L.; Pérez-Torres, M.; Rodríguez-Sánchez, F. (2022). Desviaciones presupuestales en actividades de construcción: Un análisis por etapas constructivas. *Revista de la Construcción*, 21(2), 278-295. doi:<https://doi.org/10.7764/RDLC.21.2.278>
- Guía del PMBOK séptima edición*. (2021). Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.
- Hillson, D. (2009). *Managing risk in projects: Fundamentals of project management*. Gower Publishing.
- Hillson, D. (2019). Risk management: Concepts and guidance for complex projects. *International Journal of Managing Projects in Business*, 12(2), 67-89.

- Hillson, D., & Murray-Webster, R. (2020). *Understanding and managing risk attitude in heritage construction projects (4th ed)*. Gower Publishing.
- Hillson, D. (2021). Interconnected risk management: A new paradigm for complex projects. *Project Management Journal*, 52(3), 278-291.
- Hillson, D.; Simon, P. (2022). *Practical project risk management: The ATOM methodology (3rd ed.)*. Management Concepts Press.
- Hopkin, P. (2020). *Fundamentals of Risk Management: Understanding, Evaluating and Implementing Effective Risk Management 5th Edición*. Kogan Page.
- Ho, J. (2019). A novel approach to teaching PESTEL analysis using visual mapping techniques. *European Journal of Business and Management Research*, 4(6), 1-7.
- Hubbard, D. W. (2020). *The Failure of Risk Management: Why It's Broken and How to Fix It*. Wiley.
- IBM. (1 de septiembre de 2024). IBM. Obtenido de <https://www.ibm.com/es-es/topics/monte-carlo-simulation>
- INUDI. (2023). *Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación*. Perú: Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C.
- ISO 10006. (2017). *Gestión de la calidad — Directrices para la gestión de la calidad en Proyectos*. Obtenido de <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/70376/12b75338d3ff4f01a5314638a3559f55/ISO-10006-2017.pdf>
- ISO 31000. (2018). *ISO 31000:2018, Risk management - Guidelines*. International Organization for Standardization.
- Johnson, R., & Peterson, K. (2023). Complex network analysis in construction risk management. *Risk Analysis in Project Management*, 43(3), 234-251.
- Karimi, H., Mousavi, S., & Hosseini, S. (2022). Risk assessment model for heritage buildign construction projects: A hybrid fuzzy DEMATEL-ANP approach. *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, 202-220.

- Kendrick, T. (2019). *Identifying and Managing Project Risk: Essential Tools for Failure-Proofing Your Project*. New Hampshire: Amacom Books.
- Kerzner, H. (2019). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling (13a ed.)*. Wiley.
- Kerzner, H. (2022). *Project management metrics, KPIs, and dashboards: A guide to measuring and monitoring project performance (4a ed.)*. Wiley.
- Killough, D. (20 de 08 de 2024). *PROCORE*. Obtenido de PROCORE Web Site: <https://www.procore.com/library/construction-risk-management>
- Kim, J., & Lee, S. (2020). The Impact of government policies on hotel development: A case study of Southeast Asian countries. *Tourism Management*, 78.
- KPMG. (2020). *Project management in hospitality: Managing construction risks*. Obtenido de <https://home.kpmg/hospitality/construction-2020>
- Lehtiranta, L. (2021). Risk Perceptions and Risk Management in Construction Projects. *International Journal of Construction Management*, 1-19.
- Liu, J., & Low, S. (2022). Critical success factors for risk management in luxury hotel construction projects. *Journal of Facilities Management*, 63-85.
- Liu, J., & Wang, S. (2023). Network analysis of construction risks in heritage buildings: A systematic approach. *Construction Management and Economics*, 41(8), 765-782.
- Liu, J., & Wang, S. (2023). Systematic approaches to risk interconnections in construction projects. *International Journal of Project Management*, 41(5), 456-471.
- Lopez Arquillo, J., & López, S. (2022). Risk Management in Historical Building Interventions: A Systematic Review. *Building Research & Information*, 98-115.
- Love, P. E. D., Ahiaga-Dagbui, D. D., & Irani, Z. (2019). Cost overruns in transportation infrastructure projects: Sowing the seeds for a probabilistic theory of causation. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 92, 184-194. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.08.013>

- Love, P. E.-D. (2019). Cost overruns in transportation infrastructure projects: Sowing the seeds for a probabilistic theory of causation. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 92, 184-194. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.08.013>
- Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 77-91.
- Martinez-Román, J., Gamero, J., & Romero, J. (2019). Sustainability and hotel design: A systematic literature review. *Sustainability*, 23.
- Martínez, A., & Thompson, B. (2023). Identifying critical nodes in construction risk networks. *Construction Innovation*, 23(2), 178-196.
- Martínez-López, C., & Thompson, B. (2023). Risk propagation in heritage hotel projects: A case study approach. *International Journal of Construction Management*, 23(4), 423-439.
- McKinsey & Company. (2021). *The future of hospitality: Navigating hotel development in uncertain times*. Obtenido de . <https://www.mckinsey.com/industries/travel-logistics-and-infrastructure/our-insights/hospitality-development-2021>
- Meredith, J R; Mantel, S. J. (2020). *Project Management: A Managerial Approach (10th ed.)*. John Wiley & Sons.
- MinComercio. (2020). *El Turismo en Cifras, febrero 2020*. Obtenido de <https://www.mincit.gov.co/getattachment/estudios-economicos/estadisticas-e-informes/informes-de-turismo/2020/febrero/oe-turismo-febrero-23-04-2020.pdf.aspx>
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2023). Obtenido de Indicadores de la construcción en Colombia: Informe sectorial 2023: <https://minvivienda.gov.co/publicaciones>
- Modarres, M. (2021). *Risk Analysis in Engineering: Techniques, Tools and Trends*. CRC Press.
- Morris, P. W. (2019). *The Wiley guide to project control (2a ed.)*. John Wiley & Sons.

- Nabawy, M., & Khodeir, L. (2021). Achieving efficiency in quantitative risk analysis process - Application on infrastructure projects. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(2), 2303-2311. doi:<https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.12.009>
- Observatorio del Sector de la Construcción. (2023). *Análisis de productividad y desviaciones en la construcción colombiana (Reporte anual 2023)*. CAMACOL.
- ONU Turismo. (9 de septiembre de 2024). *ONU Turismo*. Obtenido de <https://www.unwto.org/es/news/el-turismo-internacional-alcanzara-en-2024-los-niveles-registrados-antes-de-la-pandemia>
- PMI. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) (7th ed.)*. Newton Square, PA: Project Management Institute.
- PMI. (2021). *Construction extension to the PMBOK Guide (7th ed.)*. Project Management Institute.
- Prieto, A., Silva, A., De Brito, J., & Macias-Bernal, J. (2022). Managing risks in the preservation of historic buildings in World Heritage Sites. *Journal of Building Engineering*, 103-116.
- Pritchard, C. (2021). *Risk management: Concepts and guidance (6a ed.)*. CRC Press.
- Project Management Institute, Inc. (2021). *Guía de Fundamentos para la Gestión de Proyectos PMBOK, séptima edición*. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.
- PWC. (2021). *Emerging trends in real estate: Hotel construction and development*. Obtenido de <https://www.pwc.com/real-estate-trends/2021>.
- Ramírez-Ortíz, J., & Sánchez-Gómez, A. (2023). Factores determinantes en las desviaciones de tiempo y costos en proyectos de construcción hotelera. *Revista Ingeniería de Construcción*, 38(1), 85-102. doi:<https://doi.org/10.4067/S0718-50732023000100085>
- Sammut-Bonnici, T., & Galea, D. (2015). *PEST analysis*. John Wiley & Sons.

- Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación (6ª ed.)*. México: McGraw-Hill / Interamericana S.A DE C.V.
- Serpella, A. F., Ferrada, X., Howard, R., & Rubio, L. (2020). Risk Management in Construction Projects: A Knowledge-based Approach. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 653-662.
- Serpella, A., Ferrada, X., Howard, R., & Rubio, L. (2023). Risk Management in Construction Projects: A Knowledge-based Approach to Risk Assessment. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 1023-1042.
- Serpella, A. F. (2023). En *Risk management in construction projects: A knowledge-based approach to risk assessment. Engineering, Construction and Architectural Management* (págs. 1023-1042).
- Singh, M. K., & Sharma, S. (2021). Risk Management in Hotel Construction Projects. *International Journal of Hospitality Management*, 21(3), 278-290. doi:<https://doi.org/10.1080/15623599.2021.1874592>
- Smith, R., & Jones, M. (2020). Hotel Development and Construction: A Comprehensive Guide to Risk Management. *Journal of Hospitality Management*, 112-128.
- Smith, N. J. (2021). *Managing risk in construction projects (4a ed.)*. Wiley-Blackwell.
- Sociedad Colombiana de Ingenieros [SCI]. (2023). *Estado de la ingeniería en Colombia: Construcción y desarrollo 2023 (informe técnico Vol. 15)*. SCI Publicaciones.
- Thompson, R. &. (2022). Time-cost optimization in contemporary construction management: A systematic review. *Construction Innovation*, 536-552.
- Thompson, R. (2023). *Risk propagation in construction projects: A network analysis approach. Journal of Construction Engineering and Management*.
- Thompson, R. (2023). Understanding risk networks in construction: From identification to mitigation. *Journal of Construction Engineering and Management*, 149(6). doi:04023045
- Vose, D. (2023). *Risk Analysis: A Quantitative Guide*. Wiley.

- Wang, S. Q., Dulaimi, M. F., & Aguria, M. Y. (2021). Risk management framework for construction projects in developing countries. *Construction Management and Economics*, 39(7), 581-598. doi:<https://doi.org/10.1080/01446193.2021.1872387>
- Wang, Y., Wang, N., Meng, L., Liu, Z., & Xue, J. (2020). Understanding sustainable development behavior in the hospitality industry: A case study of LEED certification. *Journal os Sustainable Tourism*, 2002-2020.
- Wang, S. Q. (2021). *Wang, S. Q., DulaiRisk management framework for construction projects in developing countries. Construction Management and Economics.*
- Ward, S., & Chapman, C. (2021). The dynamics of project risk networks: Understanding interconnected uncertainties. *Project Management Journal*, 52(1), 23-37.
- Ward, S.; Chapman, C. (2021). Stakeholders and uncertainty management in projects. *Construction Management and Economics*, 39(1), 67-82.
- Wilson, A., & Thompson, B. (2019). Quality and Safety Standards in Hotel Construction Projects. *International Journal of Construction Management*, 78-95.
- Winter, M. &. (2021). *Making projects critical: New perspectives and approaches (3a ed.)*. Palgrave Macmillan.
- Zhang, H., & Cao, X. (2018). Economic factors in hotel project development: A structural equation modeling approach. *Journal of Hospitality and Tourism Management*, 1-10.
- Zhang, G.; Wang, J.; Liu, X. (2022). Mapping interconnected risks in construction projects: A network theory approach. *Risk Analysis*, 45(2), 1021-1037.
- Zhang, G., Li, H., & Wang, J. (2022). Quantitative assessment of risk interactions in complex construction projects. *Automation in Construction*(134). doi:104090
- Zou, P. X., Zhang, G., & Wang, J. (2021). Understanding the Key Risks in Construction Projects in China. *International Journal of Project Management*, 601-614.
- Zwikael, O. &. (2019). *Project management: A benefit realisation approach (2a ed.)*. Springer.

11. ANEXOS

Anexo 1: Instrumento de recolección de datos – entrevista semiestructurada.

Objetivo: obtener información por parte de los entrevistados acerca de las situaciones presentadas y las respectivas causas, además de las percepciones de cada uno de los entrevistados.

Preguntas guía para la entrevista, se componen básicamente de dos enfoques tiempo y costo.

- ¿Qué eventos o situaciones causaron los retrasos más significativos en el proyecto?
- ¿Cuáles fueron las principales causas de esos retrasos?
- ¿Cómo afectaron estos retrasos al cronograma general y a las actividades clave del proyecto?
- ¿Qué medidas se tomaron para gestionar los retrasos y minimizar su impacto?
- ¿Cómo evaluaría la comunicación entre los actores clave proveedores, contratistas, dirección en la gestión de los retrasos?
- ¿Qué cambios se implementaron en el cronograma con los subcontratistas y cómo afectaron al proyecto?

Anexo 2: A continuación, se presenta la transcripción de cada una de las preguntas que se realizaron a los 3 entrevistados.

Rafael Puerta (Gerente del Proyecto)

Tiempo:

- ¿El tiempo del proyecto lo habían calculado inicialmente, para cuánto?
- ¿Cuánto tiempo duró cerrada la obra?
- ¿Se utilizaron planes de manejo de tránsito? Tuvieron que detenerse, ¿hasta qué fecha?

Costo:

- ¿Sobrecostos qué crees tú?
- ¿En servicios públicos tuvieron algún retraso significativo o algún sobre coste?
- ¿Las restricciones la pandemia también y los cambios en las especificaciones que sí imposible, fue fácil conseguir material?

Alcance:

- ¿Cómo cambiaron o en qué momento cambiaron la vocación?
- Era una casa, la tumbaron o remodelaron, decidieron hacer un proyecto
- Por favor cuenta una pequeña historia de proyecto, o sea, la génesis ¿cómo arrancó?

Preguntas varias:

- ¿Cómo evalúas la comunicación entre los actores claves del proyecto?
- Qué medidas tomaron, cuando se dieron cuenta que tenían retrasos y sobrecostos

Marcia Camerano (Interventora)**Tiempo:**

- ¿El proyecto inicialmente, para cuánto tiempo estaba planeado?
- ¿Cuánto crees que se retrasó la mampostería?
- ¿En qué porcentaje se retrasó esa parte la de acabados?
- ¿Qué porcentaje de trabajo nocturno crees tú que hicieron durante todo el proyecto?
- ¿La cubierta, hubo problemas con la cubierta o ella sí se hizo dentro del tiempo establecido?
- ¿Cuál dirías tú que fue la actividad que más marcó el retraso del proyecto?
- ¿Cuánto crees tú que pudo haber afectado el retiro de los escombros en bolsas o sacos?

Costo:

- ¿Cómo era la decisión, si la decisión era de costo, la aprobaba quién?

Alcance:

- ¿La licencia de construcción, se dio para remodelación o demolición y construcción nueva?
- ¿Desde cuándo iniciaste en el proyecto?

Preguntas varias:

- ¿Cómo hacían ustedes, la planeación de las intervenciones diarias?
- ¿Hacían una programación semanal con actualizaciones diarias?
- ¿Tuvieron problemas con los vecinos?
- ¿Fue complicada la parte social del proyecto?
- ¿Cómo evaluarías tú la comunicación entre los actores claves?
- ¿Cómo les fue con los proveedores?
- ¿Esa planeación de actividades cuando empezaron que les tocó hacer por zonas pequeñas?
- ¿Llevaban un registro de riesgos?
- ¿Cómo manejaron la temporada de lluvias?
- ¿Hubo mucho ausentismo en la obra?

William Marrugo (Director Residente)

Tiempo:

- ¿Qué fue lo que más impacto el proyecto tanto en costo como en tiempo?
- ¿El suministro de material importado tuvo retraso significativo?
- ¿De las actividades que se realizaron cuáles fueron las de mayor costo y retraso?

Costo:

- ¿La estructura tuvo sobrecostos?

- ¿Hubo algún retraso en cuanto al flujo de caja?
- ¿El presupuesto porque se desfasó tanto?

Alcance:

- ¿El diseño estructural no conversó con lo que había inicialmente?
- ¿Alguna autoridad impuso la condición de conservar los muros?
- ¿Qué rol desempeñaste en la construcción del hotel boutique?
- ¿El proceso constructivo lo definieron en la etapa de construcción?

Preguntas varias:

- ¿Hubo algún tipo de dificultad con las autoridades?
- ¿Cómo fue la relación con la comunidad, con los vecinos?
- ¿Se presentaron problemas de calidad de los materiales?
- ¿Cómo fue la comunicación entre el dueño del proyecto y los involucrados?
- ¿Se presentó ausentismo por accidentes laborales o por temporada de fiestas o turismo?
- ¿Cómo los afectó la pandemia?
- ¿Qué problemas técnicos se dieron aparte de la mampostería y la estructura?
- ¿Qué fue lo que más se afectó por estar en el centro histórico?

Anexo 2: Ficha técnica de las personas entrevistadas y que hicieron parte de la construcción del Hotel.

Datos del Entrevistado	
Nombre	Rafael Puerta
Cargo	Gerente del proyecto
Fecha	22 de octubre de 2024
Hora	7:00 p.m.
Lugar	Vía teams
Preguntas	Ver anexo 1

Datos del Entrevistado	
Nombre	Marcia Camerano
Cargo	Interventora
Fecha	28 de octubre 2024
Hora	7:00 p.m.
Lugar	Vía teams
Preguntas	Ver anexo 1

Datos del Entrevistado	
Nombre	William Marrugo
Cargo	Residente de obra
Fecha	12 de noviembre de 2024
Hora	6:00 p. m.
Lugar	Llamada telefónica
Preguntas	Ver anexo 1