



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Plan de gestión para la construcción de edificio multifamiliar  
con local comercial en Babahoyo, 2024**

**AUTORA**

**Zapata Chora Katherine Elizabeth**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Previo a la obtención del grado académico en  
**MAGÍSTER EN INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN EN GESTIÓN DE LA  
CONSTRUCCIÓN**

**TUTORA**

**PhD. María Guerrero Bejarano**

**Santa Elena, Ecuador**

**Año 2025**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

**PhD Roxana Álvarez Acosta  
COORDINADORA (E) DEL  
PROGRAMA**

---

**PhD. María Guerrero Bejarano  
TUTORA**

---

**PhD. Jaime Argudo Rodríguez  
DOCENTE ESPECIALISTA 1**

---

**PhD. Ochoa García Santiago  
DOCENTE ESPECIALISTA 2**

---

**Mgtr. María Rivera González  
SECRETARÍA GENERAL  
UPSE**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**CERTIFICACIÓN TUTOR**

Certifico que luego de haber dirigido científica y técnicamente el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por el cual apruebo en todas sus partes el presente trabajo de titulación que fue realizado en su totalidad por ZAPATA CHORA KATHERINE ELIZABETH, como requerimiento para la obtención del título de Magíster en Ingeniería Civil mención en Gestión de la Construcción.

**TUTORA**

---

**PhD. María Guerrero Bejarano**

**23 días del mes de septiembre del año 2025**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, KATHERINE ELIZABETH ZAPATA CHORA**

**DECLARO QUE:**

El trabajo de Titulación, *Plan de gestión para la construcción de edificio multifamiliar con local comercial en Babahoyo, 2024* previo a la obtención del título en *Magíster en Ingeniería Civil mención en Gestión de la Construcción*, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Santa Elena, a los 23 días del mes de septiembre del año 2025

**LA AUTORA**

---

**Katherine Elizabeth Zapata Chora**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO**

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado *Plan de gestión para la construcción de edificio multifamiliar con local comercial en Babahoyo, 2024*, presentado por el estudiante, KATHERINE ELIZABETH ZAPATA CHORA fue enviado al Sistema Antiplagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 2%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.

 CERTIFICADO DE ANÁLISIS  
magister

Antiplagio\_TRABAJO\_DE\_TITULACIÓN\_K  
ATHERINE\_ZAPATA\_GESTIÓN

< 1% Similitudes  
< 1% similitudes entre comillas  
0% entre las fuentes mencionadas  
2% Idiomas no reconocidos  
44% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

**2%**  
Textos sospechosos

Nombre del documento: Antiplagio_TRABAJO_DE_TITULACIÓN_KATHERINE_ZAPATA_GESTIÓN.docx ID del documento: 22e70e5542500be7fec8fdd8253fd42e27b5d894 Tamaño del documento original: 773,5 kB	Depositante: MARÍA AUXILIADORA GUERRERO BEJARANO Fecha de depósito: 22/9/2025 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 22/9/2025	Número de palabras: 20.194 Número de caracteres: 137.581
---	---	---

**LA TUTORA**

**PhD. María Guerrero Bejarano**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, KATHERINE ELIZABETH ZAPATA CHORA**

Autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de artículo profesional de alto nivel con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este artículo académico dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor

Santa Elena, a los 23 días del mes de septiembre del año 2025

**LA AUTORA**

---

**Katherine Elizabeth Zapata Chora**

## AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en primer lugar a Dios, por darme la fortaleza, la salud y la sabiduría necesarias para llegar hasta este momento. Su guía me ha permitido mantenerme firme frente a las dificultades y avanzar con claridad en este proceso académico.

Mi gratitud también a las autoridades y docentes de la Universidad Estatal Península De Santa Elena, quienes con su compromiso y dedicación aportaron de manera fundamental a mi formación profesional. Gracias a sus enseñanzas, hoy cuento con las bases para desempeñarme con responsabilidad y ética en el ámbito de la construcción y la gestión de proyectos.

De manera especial, agradezco al equipo académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y en especial de la maestría en Ingeniería Civil con mención en Gestión de la Construcción, por su apoyo constante, sus orientaciones y por haberme brindado el espacio académico para desarrollar esta investigación, que no solo cumple con un requisito de titulación, sino que también busca aportar al crecimiento profesional y al desarrollo urbano de nuestra región.

*Katherine Elizabeth Zapata Chora*

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por ser mi fortaleza y mi guía en cada paso, dándome la salud y la claridad necesarias para continuar hasta alcanzar esta meta.

Con todo mi amor y gratitud, a mis padres, quienes con su ejemplo de esfuerzo, honestidad y sacrificio sembraron en mí los valores que hoy me permiten alcanzar esta meta. Gracias por su apoyo incondicional y por enseñarme a creer en mí misma incluso en los momentos más difíciles.

A mi esposo, por ser mi compañero de vida, mi apoyo constante y mi refugio en cada jornada. Su comprensión, paciencia y aliento me dieron la fuerza necesaria para seguir adelante cuando las dificultades parecían mayores que mis fuerzas.

A mis hijas, quienes son mi mayor motivación y la razón más grande para superarme cada día. Ellas me inspiran a ser mejor persona y profesional, y este logro también es para ellas.

A mis hermanos y demás familiares, que con sus palabras de aliento y cariño me recordaron siempre que no estaba sola en este camino.

Cada avance en este camino llevó consigo el respaldo de ustedes, por eso este triunfo no es solo mío, sino también de quienes caminaron a mi lado.

*Katherine Elizabeth Zapata Chora*

## ÍNDICE GENERAL

<b>TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....</b>	<b>II</b>
<b>CERTIFICACIÓN TUTOR .....</b>	<b>III</b>
<b>DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....</b>	<b>IV</b>
<b>CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO .....</b>	<b>V</b>
<b>AUTORIZACIÓN .....</b>	<b>VI</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>VII</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE GENERAL .....</b>	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS .....</b>	<b>XII</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>XIII</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XIV</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
Formulación del problema de investigación .....	3
Objetivo General: .....	3
Objetivos Específicos: .....	4
Planteamiento hipotético.....	4
<b>CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....</b>	<b>6</b>
1.1.    Revisión de literatura.....	6
1.2.    Desarrollo teórico y conceptual.....	8
<b>CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA.....</b>	<b>13</b>
2.1.    Contexto de la investigación .....	13
2.2.    Diseño y alcance de la investigación.....	13
2.3.    Tipo y métodos de investigación.....	15
2.4.    Población y muestra .....	16
2.5.    Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	18
2.6.    Procesamiento de la evaluación: Validez y confiabilidad de los instrumentos aplicados para el levantamiento de información. ....	19
<b>CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>21</b>

3.1.	Presentación y análisis de resultados.....	21
3.2.	Viabilidad comercial .....	21
3.3.	Viabilidad técnica.....	42
3.4.	Viabilidad económica.....	49
3.5.	Análisis de impacto económico del proyecto de construcción.....	66
3.6.	Límites de aplicabilidad, exclusiones y limitaciones del estudio.....	68
3.7.	Propuesta .....	69
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>75</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>76</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>		<b>77</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>80</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.- Variables, indicadores y métodos de medición para la validación de la hipótesis .....</b>	<b>5</b>
<b>Tabla 2.- Importancia atribuida a la ubicación del edificio por los encuestados en Babahoyo. ....</b>	<b>21</b>
<b>Tabla 3.- Importancia de la cercanía a vías principales. ....</b>	<b>22</b>
<b>Tabla 4.- Importancia de la proximidad a servicios y comercio. ....</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 5.- Importancia de la accesibilidad a transporte público. ....</b>	<b>24</b>
<b>Tabla 6.- Importancia de la calidad de los materiales de construcción. ....</b>	<b>25</b>
<b>Tabla 7.- Importancia de la seguridad estructural en el edificio. ....</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 8.- Importancia del diseño arquitectónico en el proyecto. ....</b>	<b>27</b>
<b>Tabla 9.- Importancia de las áreas comunes en el proyecto. ....</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 10.- Importancia de los servicios básicos. ....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla 11.- Relevancia de contar con servicios de mantenimiento y limpieza. ....</b>	<b>30</b>
<b>Tabla 13.- Importancia atribuida a la disponibilidad de áreas de recreación y socialización. ....</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 13.- Rango de precio aceptado por los compradores de un piso en el proyecto. ....</b>	<b>32</b>
<b>Tabla 14.- Rango de arriendo considerado adecuado por los encuestados. ....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla 15.- Frecuencia con que los encuestados considerarían adquirir o arrendar un inmueble en la zona. ....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 16.- Evaluación de factores clave del proyecto según expertos del sector inmobiliario .....</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 17.- Matriz de análisis de modos y efectos de fallo (FMEA) aplicada al proyecto de edificio multifamiliar con local comercial en Babahoyo. ....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 18.- Riesgos Críticos del Proyecto y Factores Determinantes .....</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 19.- Análisis comparativo de costos esperados y retrasos por riesgo. ....</b>	<b>67</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.-</b> <i>Distribución de respuestas sobre la importancia de la ubicación céntrica.</i> .....	22
<b>Gráfico 2.-</b> <i>Distribución de respuestas sobre la importancia de la cercanía a vías principales.</i> .....	23
<b>Gráfico 3.-</b> <i>Distribución de respuestas sobre la proximidad a servicios y comercio.</i> .....	24
<b>Gráfico 4.-</b> <i>Distribución de respuestas sobre la accesibilidad a transporte público.</i> .....	25
<b>Gráfico 5.-</b> <i>Distribución de respuestas sobre la importancia de la seguridad estructural.</i> .....	26
<b>Gráfico 6.-</b> <i>Distribución de respuestas sobre la importancia de la seguridad estructural.</i> .....	27
<b>Gráfico 7.-</b> <i>Distribución de respuestas sobre la importancia del diseño arquitectónico.</i> .....	28
<b>Gráfico 8.-</b> <i>Distribución de respuestas sobre la importancia de las áreas comunes.</i> .....	29
<b>Gráfico 9.-</b> <i>Servicios esenciales según los encuestados.</i> .....	30
<b>Gráfico 10.-</b> <i>Distribución de respuestas sobre la relevancia de mantenimiento y limpieza.</i> .....	31
<b>Gráfico 11.-</b> <i>Distribución de respuestas sobre la importancia de áreas de recreación y socialización.</i> ..	32
<b>Gráfico 12.-</b> <i>Rangos de precio aceptados por los encuestados.</i> .....	33
<b>Gráfico 13.-</b> <i>Rangos de arriendo considerados adecuados.</i> .....	34
<b>Gráfico 14.-</b> <i>Distribución de frecuencia de adquisición o arriendo.</i> .....	35
<b>Gráfico 15.-</b> <i>Visualización de la distribución del impacto económico</i> .....	52
<b>Gráfico 16.-</b> <i>Visualización de la distribución del impacto económico</i> .....	54
<b>Gráfico 17.-</b> <i>Función de distribución acumulada de los costos.</i> .....	56
<b>Gráfico 18.-</b> <i>Función de distribución acumulada del costo por escenario – Riesgo de Abastecimiento.</i> .	58
<b>Gráfico 19.-</b> <i>Distribución simulada del costo asociado al Riesgo 5 (Control de obra)</i> .....	61
<b>Gráfico 20.-</b> <i>Relación entre el Riesgo 4 (Abastecimiento) y el Riesgo 5 (Control de obra)</i> .....	61
<b>Gráfico 21.-</b> <i>Boxplot – Días de retraso por el riesgo de Control de obra</i> .....	62
<b>Gráfico 22.-</b> <i>Boxplot del porcentaje de partidas afectadas en el control de obra</i> .....	62
<b>Gráfico 23.-</b> <i>Función de distribución acumulada (CDF) del costo total asociado al Riesgo 6: Coordinación BIM</i> .....	64
<b>Gráfico 24.-</b> <i>Distribución de costos asociados al Riesgo 6: Coordinación BIM</i> .....	65
<b>Gráfico 25.-</b> <i>Relación entre costos de los riesgos R6 y R4</i> .....	65
<b>Gráfico 26.-</b> <i>Relación entre costos de los riesgos R6 y R5</i> .....	66

## RESUMEN

El presente trabajo analiza los riesgos en la gestión y construcción de edificaciones de hasta tres pisos en la ciudad de Babahoyo, con el objetivo de reducir sobrecostos, retrasos y fallas técnicas que afectan la competitividad del lugar. Para ello, se aplicaron encuestas, entrevistas a expertos, el método FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) y la simulación Monte Carlo como herramientas complementarias para identificar, evaluar y priorizar riesgos de naturaleza técnica, económica y administrativa. Los resultados del análisis FMEA evidenciaron que los riesgos críticos corresponden al estudio geotécnico y cimentación (RPN = 270), a la impermeabilización de cubiertas (RPN = 210) y la coordinación BIM (RPN = 175), por su alta severidad e impacto en el cronograma del proyecto. La simulación Monte Carlo, implementada en RStudio, permitió estimar una probabilidad de falla del 40,6% en cimentaciones con sondeos superficiales y un impacto económico promedio de USD 8.600 por cada 100 m<sup>2</sup> de construcción. Asimismo, el modelo proyectó una reserva para contingencias cercana a USD 26.000, equivalente al 10–12% del presupuesto base del proyecto, valor necesario para cubrir imprevistos técnicos y logísticos. Estos resultados demuestran que la integración de los métodos FMEA y Monte Carlo permite anticipar escenarios de riesgo y cuantificar sus efectos económicos, aportando una base técnica para la planificación preventiva y la mejora continua en la gestión de obras. Como propuesta de solución, se plantea la implementación de un Plan de Gestión Integrado sustentado en los principios de Lean Construction, Building Information Modeling (BIM) y Project Management, orientado a minimizar desperdicios, mejorar la coordinación interdisciplinaria y fortalecer la eficiencia productiva de los desarrollos inmobiliarios en Babahoyo.

***Palabras clave:*** gestión de proyectos, riesgos, construcción.

## ABSTRACT

This study analyzes the risks in the management and construction of buildings up to four stories high in the city of Babahoyo, aiming to reduce cost overruns, delays, and technical failures that affect the area's competitiveness. To this end, surveys, expert interviews, the FMEA method (Failure Mode and Effects Analysis), and Monte Carlo simulation were applied as complementary tools to identify, evaluate, and prioritize risks of a technical, economic, and administrative nature. The FMEA analysis results revealed that the critical risks correspond to geotechnical study and foundation (RPN = 270), roof waterproofing (RPN = 210), and BIM coordination (RPN = 175), due to their high severity and impact on the project schedule. The Monte Carlo simulation, implemented in RStudio, allowed estimating a 40.6% probability of failure in foundations with shallow boreholes and an average economic impact of USD 8,600 per 100 m<sup>2</sup> of construction. Additionally, the model projected a contingency reserve of approximately USD 26,000, equivalent to 10–12% of the project's base budget, a value necessary to cover technical and logistical unforeseen events. These results demonstrate that integrating FMEA and Monte Carlo methods allows anticipating risk scenarios and quantifying their economic effects, providing a technical basis for preventive planning and continuous improvement in project management. As a proposed solution, the implementation of an Integrated Management Plan is suggested, based on the principles of Lean Construction, Building Information Modeling (BIM), and Project Management, aimed at minimizing waste, improving interdisciplinary coordination, and strengthening the productive efficiency of real estate developments in Babahoyo.

**Keywords:** project management, risks, construction.

## INTRODUCCIÓN

La edificación de viviendas multifamiliares con áreas comerciales surge como una respuesta integral al aumento poblacional y a la expansión urbana en centros urbanos intermedios como Babahoyo. Esta tipología de uso mixto busca atender la creciente demanda habitacional, fomentar el uso eficiente del suelo y mejorar la accesibilidad a servicios, reduciendo desplazamientos (ONU-Hábitat, 2020). Además, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2022) destaca que estas soluciones integradas dinamizan la economía local, mejoran la calidad del entorno construido y fortalecen la resiliencia urbana frente a desafíos sociales y ambientales. Aun así, estos proyectos enfrentan importantes dificultades de planificación e implementación debido a la dificultad para gestionar los recursos técnicos, financieros y humanos, cumplimiento de normativas de construcción y urbanismo. (Kerzner, 2019). Por lo tanto, para garantizar la viabilidad y la sostenibilidad a lo largo del ciclo de vida del proyecto, es necesario crear estrategias de gestión adaptadas al entorno local.

La gestión de proyectos es importante, no solo por su impacto financiero, sino también por su efecto en la calidad de vida urbana, la utilización eficiente de recursos y la seguridad estructural (Gestionando la Toma de Decisiones de Riesgo, 2023). Investigaciones internacionales señalan que el crecimiento urbano mal planificado conlleva a sobrecostos y retrasos frecuentes en obras (Dlamini & Cumberlege, 2021; World Bank, 2019). Esto se debe a que la ausencia de una adecuada planificación genera problemas de coordinación entre los actores del proyecto, duplicidad de esfuerzos y ajustes imprevistos en el diseño y la ejecución. Asimismo, la falta de previsión en la gestión del suelo y en la provisión de servicios básicos obliga a realizar modificaciones costosas en etapas avanzadas del proyecto, lo que incrementa los plazos y eleva el presupuesto. Además, el uso improvisado del terreno urbano suele generar conflictos éticos y sociales, que resultan en paralizaciones y demandas judiciales, factores que posponen la entrega de las obras y comprometen su calidad general (PMI, 2021). Muchos proyectos en Latinoamérica aún enfrentan diversos desafíos, incluso con la introducción de herramientas como la Construcción Esbelta y tecnologías digitales como el Modelado de Información de Construcción (BIM). Se atribuyen principalmente a fallas en la gestión y a una falta de planificación global adaptada a las condiciones locales (Gómez Sánchez

et al., 2019), problemas con gastos, plazos y calidad relacionados con el coste, el tiempo y la calidad.

Este trabajo de investigación propone desarrollar un plan de gestión para la construcción de un edificio multifamiliar con local comercial en Babahoyo, integrando aspectos técnicos, económicos y normativos, considerando principios de sostenibilidad para reducir riesgos, optimizar recursos y cumplir los objetivos de tiempo, costo y calidad. Desde el punto de vista social, se busca contribuir a la creación de espacios habitacionales seguros y funcionales; profesionalmente, ofrecer herramientas prácticas para futuros proyectos; y académicamente, fortalecer el conocimiento en gestión de la construcción en contextos urbanos similares. La investigación se basa en un caso de la ciudad de Babahoyo, donde se evaluarán las condiciones del proyecto, se identificarán elementos significativos y se elaborará un plan, basándose en métodos modernos de gestión.

Babahoyo, capital de la provincia de Los Ríos, ha experimentado un crecimiento urbano constante que ha generado la necesidad de diseñar áreas comerciales y residenciales. Según los datos más recientes del censo de Ecuador de 2022, el país cuenta con 16.938.986 habitantes urbanos (INEC, 2022), mientras que en el área urbana de Babahoyo residen aproximadamente 98.251 personas. Esto resalta el fomento de las construcciones de uso mixto como un plan de desarrollo urbano exitoso (ONU -Hábitat, 2020; Cohen, 2006). Sin embargo, la ejecución de estas ideas presenta importantes dificultades: coordinación interdisciplinaria, normativa municipal, gestión de recursos y reducción de riesgos tecnológicos y financieros. La ausencia de planes de gestión integrales adaptados al entorno local puede causar sobrecostos, retrasos y fallas constructivas, afectando así a los constructores y a los consumidores finales (Gómez Sánchez et al., 2019; Dlamini y Cumberlege, 2021).

La experiencia demuestra que el éxito de los proyectos depende de una gestión eficiente. Según el Project Management Institute (PMI, 2021), la integración de herramientas y técnicas de planificación, seguimiento y control en cada fase garantiza la viabilidad técnica, financiera y social. Además, estrategias como Lean Construction y BIM han incrementado la producción y reducido los errores (Sacks et al., 2018). Por tanto, este estudio propone una estrategia integral de planificación adaptada al entorno local para organizar adecuadamente los componentes de una iniciativa de construcción. Se sugiere que, para un edificio de uso mixto en Babahoyo, se cree una estrategia de gestión que aborde las deficiencias actuales.

Finalmente, este estudio busca aportar un modelo replicable en entornos similares, proporcionando una herramienta útil para profesionales y fomentando la creación de espacios habitacionales y comerciales que respondan a necesidades reales, promoviendo un desarrollo urbano eficiente, ordenado y sostenible (Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2020; ONU-Hábitat, 2020).

### **Formulación del problema de investigación**

En Babahoyo, la ausencia de planes de gestión integral que consideren las particularidades técnicas, normativas y económicas del entorno urbano ha provocado que numerosos proyectos de edificaciones mixtas enfrenten sobrecostos, retrasos y deficiencias constructivas, poniendo en riesgo su viabilidad y sostenibilidad. Si bien el desarrollo urbano es constante, se desconoce con precisión el comportamiento del mercado local en cuanto a la demanda de estructuras de uso mixto, lo que limita el desarrollo de planes de marketing exitosos. Por lo que, el presente estudio busca proporcionar datos específicos sobre dicha demanda, determinando las características, preferencias y requisitos de los posibles usuarios de Babahoyo. Esta investigación orientará la toma de decisiones y ayudará a respaldar la estrategia del proyecto para garantizar su viabilidad económica y social. Asimismo, no existe un modelo técnico integral ajustado a las normativas y condiciones constructivas locales que garantice la calidad y seguridad de las obras. En vista de estas limitaciones, surge la necesidad de responder a la siguiente interrogante:

¿Cómo puede un plan de gestión integral contribuir a mejorar la viabilidad técnica, económica y comercial de la construcción de un edificio multifamiliar con local comercial en la ciudad de Babahoyo en 2024?

### **Objetivo General:**

Evaluar cómo la implementación de un plan de gestión integral puede garantizar la viabilidad técnica, económica y comercial de la construcción de un edificio multifamiliar con local comercial en Babahoyo durante 2024.

### **Objetivos Específicos:**

- Analizar los modos de falla presentes en las etapas de diseño y construcción mediante la aplicación del método FMEA y la simulación Monte Carlo, considerando los resultados de las encuestas y entrevistas técnicas, con el propósito de determinar los riesgos críticos del proyecto.
- Interpretar los resultados obtenidos en el análisis de riesgos para comprender las causas y efectos más relevantes que inciden en los aspectos técnicos, económicos y comerciales del proyecto.
- Diseñar un Plan de Gestión Integral basado en los hallazgos del análisis de riesgos, que integre procesos de planificación, control de costos, programación de recursos y cumplimiento normativo, con el fin de reducir sobrecostos y retrasos en la ejecución del edificio multifamiliar.
- Proponer recomendaciones estratégicas derivadas del plan diseñado, orientadas a optimizar la gestión de proyectos similares en contextos urbanos intermedios como Babahoyo, fomentando la sostenibilidad y la competitividad en el sector de la construcción.

### **Planteamiento hipotético**

Se plantea que la implementación de un plan de gestión integral, adaptado a las particularidades técnicas, económicas y comerciales del entorno local de Babahoyo, puede garantizar y mejorar significativamente la viabilidad de la construcción de un edificio multifamiliar con local comercial. Para ello, se consideran las siguientes hipótesis específicas relacionadas con la viabilidad comercial, técnica y económica del proyecto:

**Viabilidad comercial:** La integración del análisis del mercado local y los planes de marketing ayudará a alinear el proyecto con la demanda real, impulsando así la aceptación y los ingresos. Estrategia de mercado exitosa de unidades residenciales y comerciales.

**Viabilidad técnica:** Junto con herramientas como el FMEA para la identificación y mitigación de riesgos, la implementación de la estrategia de gestión garantizará el cumplimiento de los requisitos técnicos, las políticas locales y los estándares de calidad constructiva garantizan la seguridad y utilidad de los edificios.

**Viabilidad económica:** La utilización de técnicas de planificación y control financiero, complementadas con simulación de Monte Carlo para evaluar la incertidumbre en costos y plazos, permitirá un control eficiente del presupuesto, reduciendo sobrecostos y mejorando la rentabilidad y sostenibilidad financiera del proyecto. Para medir y validar esta hipótesis, se definirán las siguientes variables e indicadores:

**Tabla 1.-** Variables, indicadores y métodos de medición para la validación de la hipótesis

<b>Variable</b>	<b>Indicador</b>	<b>Método de medición</b>
<b>Viabilidad comercial</b>	Grado de ajuste del proyecto a la demanda del mercado local	Encuestas a potenciales usuarios, entrevistas a expertos del sector y análisis de estudios de mercado
<b>Viabilidad técnica</b>	Cumplimiento de normativas locales, especificaciones técnicas y estándares de calidad	Análisis de riesgos mediante la aplicación de una matriz FMEA
<b>Viabilidad económica</b>	Eficiencia en el uso de recursos y reducción de costos respecto al presupuesto inicial	Análisis de indicadores financieros, control presupuestario y simulación de escenarios con Monte Carlo

*Nota:* La tabla enumera las variables, indicadores y enfoques de medición previstos para evaluar la viabilidad comercial, económica y tecnológica de construir un edificio multifamiliar en Babahoyo, incluido espacio comercial.

## CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 1.1. Revisión de literatura

Un estudio desarrollado por Macedo Valladares, Noriega Niño de Guzmán y Farfán-Pimentel (2024), titulado “*Modelo de gestión de proyectos inmobiliarios de vivienda para empresas medianas desde la fase conceptual hasta la de posventa*”, propone un modelo integral de gestión inmobiliaria que permita optimizar los procesos constructivos en empresas medianas del sector vivienda. El objetivo fue crear una herramienta de planificación que se utilice en todo el proyecto, desde el inicio hasta la entrega final, teniendo en cuenta aspectos técnicos, económicos y comerciales. Para lograrlo, se revisó información existente y se realizó un estudio de caso en una empresa peruana, usando herramientas como Lean Construction, BIM y VDC. Los resultados mostraron mejoras importantes en la calidad, la rentabilidad y la eficiencia del proyecto. El estudio concluye que una gestión integral, basada en metodologías actuales y tecnologías digitales, mejora el desempeño general de los proyectos.

En el estudio realizado por Othman, Hassan y Mustaffa (2018), titulado “*Factores de riesgo que afectan los proyectos de construcción en los países en desarrollo*”, se investigaron los principales factores de riesgo que afectan el desarrollo de proyectos de construcción en países en vías de desarrollo. El objetivo fue identificar y clasificar los riesgos más críticos que impactan la planificación, ejecución y costos en estos contextos. Para ello, se aplicó una metodología cuantitativa basada en encuestas a profesionales de la construcción en varios países en desarrollo, complementada con análisis estadísticos para determinar la prioridad y el nivel de impacto de cada riesgo. Los resultados indicaron que los riesgos financieros, la falta de comunicación efectiva, la deficiente gestión de recursos y las condiciones políticas y sociales inestables son los más prevalentes. La conclusión enfatiza la necesidad de implementar estrategias de gestión de riesgos adaptadas a las particularidades de los países en desarrollo para mejorar la viabilidad y éxito de los proyectos.

Según Ferrera, L. (2023), en su estudio “*Evaluación de la gestión de la integración en proyectos complejos de infraestructura*”, se analizó cómo funcionan los procesos de integración en proyectos de infraestructura que involucran múltiples disciplinas y actores. El objetivo fue ver de qué manera la gestión de la integración influye en la planificación, ejecución y cierre de estos proyectos. Para esto, se realizó un estudio de caso con

entrevistas a gerentes de proyectos y revisión de documentos de obras públicas y privadas. Los resultados mostraron que una gestión integral mejora la comunicación entre instituciones, reduce conflictos y ayuda a cumplir con los plazos y costos establecidos. La conclusión destaca la importancia de fortalecer los sistemas de gestión de integración para lograr proyectos de infraestructura más eficientes y efectivos.

En Ecuador, Garcés Tola (2018) desarrolló la tesis *“Modelo de control de costos durante los procesos productivos en la construcción de proyectos inmobiliarios de edificios condominales en Cuenca-Ecuador”*, con el propósito de diseñar un modelo específico de control financiero que optimice la gestión económica en proyectos residenciales tipo condominio. La metodología utilizada fue de tipo aplicada, basada en la revisión de modelos internacionales de control de costos, los cuales fueron adaptados a un caso concreto en la ciudad de Cuenca. El análisis incluyó indicadores de monitoreo en tiempo real para detectar desviaciones presupuestarias. Entre los resultados, se destaca una mejora sustancial en la toma de decisiones económicas y una reducción en los márgenes de error financiero. El estudio concluye que un sistema adaptado al entorno local permite un mejor control de los recursos y puede aplicarse a construcciones multifamiliares mixtas, como la propuesta de esta investigación.

La tesis de Ospina (2008), *“Plan de negocios: Edificio Dejerez II”*, se centró en la planificación y viabilidad de un proyecto inmobiliario mixto con departamentos y locales comerciales en Quito. Su objetivo fue evaluar la factibilidad técnica, económica y comercial del edificio mediante un plan de negocios estructurado. La metodología incluyó análisis de mercado, estimación de costos, proyección de ingresos, estudio financiero y evaluación de riesgos, aplicado a un proyecto real de la empresa ALPA Construcciones. Los resultados mostraron que el proyecto era financieramente viable y contaba con mercado suficiente para generar retorno de inversión. La conclusión destaca que combinar análisis de mercado, técnico y financiero permite elaborar un plan sólido para proyectos mixtos.

En Guayaquil, Vera Yáñez (2024) desarrolló la tesis *“Diseño de un edificio con estructura metálica sismorresistente de 3 pisos para uso de un centro comercial en la urbanización Vista San Eduardo”*. Su objetivo fue diseñar una edificación mixta (comercial y de uso público) con enfoque en resiliencia sísmica y eficiencia estructural. Se aplicó una metodología de diseño experto que incluyó análisis de cargas, selección de materiales (acero sismorresistente), evaluación normativa (AISC y normativa

ecuatoriana) y modelado estructural asistido por software. Los resultados demostraron que una estructura metálica bien diseñada reduce el tiempo de construcción y mejora la performance sísmica, cumpliendo con estándares locales y garantizando espacios comerciales seguros. La conclusión evidencia que las estructuras metálicas sismorresistentes ofrecen una solución eficiente y adaptable para edificaciones mixtas en zonas urbanas sísmicas.

Al revisar estos antecedentes, se evidencia la importancia de contar con modelos de gestión capaces de enfrentar la complejidad real de los proyectos de construcción. No se trata solo de aspectos técnicos o estructurales, sino también de considerar los factores económicos, comerciales y humanos que intervienen en cada etapa. Tanto a nivel internacional como nacional, se hace evidente la necesidad de una planificación estratégica, un control adecuado de los costos, una coordinación efectiva entre profesionales y el uso inteligente de nuevas tecnologías para lograr obras más eficientes y sostenibles.

Aun así, la mayoría de los estudios existentes han puesto su atención en proyectos de gran escala o en entornos corporativos muy definidos, dejando de lado realidades más comunes y urgentes, como la construcción de edificios que combinan viviendas y locales comerciales en ciudades como Babahoyo. Justamente, esta investigación nace con el objetivo de atender esa necesidad. Se propone diseñar un modelo de gestión adaptado a las particularidades locales, que permita mejorar la forma en que se planifican y ejecutan este tipo de obras, aportando tanto al crecimiento ordenado de la ciudad como a una gestión profesional más consciente, práctica y cercana a las verdaderas necesidades del área de estudio.

## **1.2. Desarrollo teórico y conceptual**

En este capítulo se presentan los fundamentos conceptuales y técnicos que respaldan la investigación, centrada en desarrollar un plan de gestión integral para la construcción de un edificio multifamiliar con local comercial en Babahoyo. Se abordan temas clave como la gestión de proyectos de construcción, el cumplimiento de normativas locales, la optimización de recursos, la gestión de riesgos y la sostenibilidad en edificaciones urbanas. Estos ejes temáticos permiten contextualizar la problemática desde una perspectiva actual, apoyada en estudios científicos recientes y aplicables al entorno

ecuatoriano, contribuyendo así a la construcción de una propuesta metodológica sólida y contextualizada.

### **1.2.1. Gestión de Proyectos en Construcción**

La gestión de proyectos en construcción integra planificación, organización, ejecución y control para garantizar el cumplimiento de plazos, costos y calidad, tal como lo establece el PMBOK del Project Management Institute (2021). Esta disciplina exige herramientas de monitoreo y control adaptadas al tipo de proyecto y al contexto local, por ejemplo, edificaciones multifamiliares con locales comerciales en Babahoyo. Kerzner (2019) sostiene que la madurez en gestión evaluada con modelos como PMMM (Project Management Maturity Model) mejora el desempeño en tiempo y costos. Estos principios respaldan la construcción local en Babahoyo, donde se requieren ajustes técnicos y económicos para responder a normativas y condiciones específicas.

### **1.2.2. Normativas Locales y Cumplimiento Legal**

El cumplimiento de las normativas y regulaciones locales es fundamental para asegurar la seguridad y sostenibilidad de las edificaciones. En Ecuador, el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) establece las reglas básicas para la planificación urbana y la construcción en los municipios, incluyendo Babahoyo. Esta normativa exige que las edificaciones cumplan con ciertos requisitos técnicos y de seguridad, que varían según la altura y el tipo de construcción. Además, la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) es de cumplimiento obligatorio en todo el país y debe considerarse en todos los procesos constructivos, tal como lo señala la Disposición General Décimo Quinta del COOTAD. Esta normativa busca garantizar la calidad de vida de los ecuatorianos y aporta en la construcción de una cultura de seguridad y prevención.

### **1.2.3. Optimización de Recursos y Control de Costos**

La optimización de recursos en proyectos de construcción es un área que ha recibido considerable atención en la literatura reciente, debido a su impacto directo en la eficiencia y sostenibilidad del proyecto. Diversos estudios han explorado métodos de asignación y planificación de recursos materiales, humanos y financieros para maximizar el rendimiento y reducir los costos operativos. Investigaciones como las de Yang y Wu (2019) muestran que una buena gestión de recursos puede reducir hasta un 20 % los costos finales de un proyecto, mediante técnicas como la programación lineal y la planificación

basada en Lean Construction. El uso de herramientas de optimización, como la metodología Lean, ha demostrado ser eficaz en la construcción, al disminuir desperdicios y mejorar la productividad. Gestión de Riesgos en Construcción

La gestión de riesgos es un elemento crucial para el éxito de los proyectos de construcción, especialmente en edificaciones multifamiliares con locales comerciales, donde pueden presentarse riesgos como fallas estructurales, accidentes laborales o retrasos por factores externos. Según Alshehhi, Sidek y Rozali (2022), una identificación y evaluación temprana de los riesgos durante la fase de planificación permite implementar estrategias de mitigación efectivas que mejoran significativamente el desempeño del proyecto. El estudio demuestra que una gestión proactiva de los riesgos ayuda a reducir incidentes inesperados, aprovechar mejor los recursos, controlar los costos y cumplir con los plazos. Estos resultados destacan la importancia de un enfoque sistemático en la gestión de riesgos para asegurar la seguridad y eficiencia en los proyectos de construcción, especialmente en contextos locales como Babahoyo.

#### **1.2.4. Sostenibilidad en Proyectos de Construcción**

La sostenibilidad en la construcción de edificios multifamiliares con locales comerciales es clave para fomentar un desarrollo urbano responsable y resiliente. En Ecuador, el Proyecto CEELA ha definido 15 principios de eficiencia energética y confort adaptativo, que sirven como guía para diseñar, construir y operar edificaciones sostenibles. Estos principios incluyen aspectos técnicos y constructivos, y pueden ser aplicados por arquitectos e ingenieros para asegurar edificios eficientes, cómodos y adecuados a las necesidades de la región (Proyecto CEELA, 2024). Además, el Certificado EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies) ofrece criterios específicos para la sostenibilidad en edificaciones, enfocándose en el uso racional de materiales, consumo eficiente de energía y agua, y la reducción de emisiones de carbono. La implementación de estos criterios en proyectos de edificaciones mixtas en Ecuador contribuye a la creación de entornos urbanos más sostenibles y habitables (Lecca, 2023).

#### **1.2.5. Integración de BIM y Sostenibilidad**

La integración de Building Information Modeling (BIM) con prácticas sostenibles ha ganado creciente atención en la literatura especializada, al ofrecer un enfoque holístico para mejorar el desempeño ambiental, económico y social en proyectos de construcción. Un estudio sistemático de Sustainable (2023) identificó 46 beneficios ambientales, 15

económicos y 15 sociales derivados de la aplicación combinada de BIM y sostenibilidad en proyectos AEC (Architecture, Engineering & Construction). Entre los principales beneficios ambientales se encuentran la reducción de emisiones de carbono y el control del desperdicio de materiales, aspectos fundamentales en obras multifamiliares con locales comerciales, donde la gestión eficiente de recursos y residuos es prioritaria. En el plano económico, se destacan mejoras en la eficiencia del diseño, reducción de costos y aumento de la productividad. A nivel social, el uso de BIM contribuye a mejorar la seguridad y salud en el sitio de construcción.

Sin embargo, un análisis de beneficios y barreras en proyectos sostenibles muestra que, aunque BIM permite gestionar de manera más eficiente costos, tiempo, calidad y productividad, su implementación enfrenta limitaciones por la falta de experiencia técnica y los altos costos iniciales (Datta et al., 2023). Esta limitación es especialmente relevante en contextos como Babahoyo, donde la adopción tecnológica aún está en desarrollo.

Finalmente, la combinación de BIM, Lean Construction y sostenibilidad, conocida como la “tríada” LC–BIM–Green, ha sido explorada como un enfoque capaz de transformar la industria hacia procesos más colaborativos y eficientes (Moradi & Sormunen, 2024).

Esta integración se traduce en beneficios como optimización en la gestión de materiales, reducción de residuos y mejoras en la coordinación interdisciplinaria, lo que es especialmente útil para proyectos mixtos.

#### **1.2.6. Análisis FMEA en Proyectos de Construcción**

El Análisis de Modo y Efecto de Fallos (FMEA) es una técnica preventiva para identificar y mitigar riesgos potenciales en proyectos constructivos. Ru Wang, Feng y Yang (2019) aplicaron FMEA junto a un método de evaluación difusa para análisis de riesgos en obras de construcción, centrándose en los modos de fallo potenciales y sus consecuencias. Su metodología mide la gravedad, la probabilidad de ocurrencia y la facilidad de detección de cada modo de falla, y propone acciones preventivas antes de que se presenten fallos críticos. Los resultados mostraron que combinar FMEA con evaluación difusa permite valorar los riesgos de manera más precisa, facilitando una gestión anticipada y efectiva. Este enfoque resulta útil para este caso de estudio, ya que permite revisar de forma sistemática fallas técnicas, normativas y operativas, y ayuda a diseñar un plan de mitigación eficaz.

### **1.2.7. Simulación de Monte Carlo para Gestión de Riesgos**

La simulación de Monte Carlo se utiliza para analizar la incertidumbre en variables clave de proyectos y evaluar sus impactos en costos y tiempos. Qazi y Simsekler (2021) desarrollaron un proceso basado en Monte Carlo para priorizar riesgos, integrando actitudes del decisor y la incertidumbre de probabilidades asociadas. Aplicaron el método en un caso real de construcción, permitiendo identificar riesgos poco probables con alto impacto que no aparecen en matrices tradicionales de probabilidad-impacto. Forat Al Sahar (2019), de forma adicional, utilizó el método de Monte Carlo en un proyecto residencial en Irak, demostrando cómo esta herramienta puede ayudar a que los cronogramas se cumplan y que la variabilidad en los tiempos de construcción sea gestionada de manera óptima. Las investigaciones demuestran que Monte Carlo es una herramienta muy eficaz para evaluar diversos escenarios y manejar la incertidumbre, sobre todo en este tipo de construcciones, lo que permite obtener una base sólida para organizar las reservas de tiempo y presupuesto en los proyectos. Por lo tanto, la administración de proyectos de construcción implica una combinación lógica de varias perspectivas teóricas y metodológicas: desde la planificación técnica y el cumplimiento de normativas hasta la gestión de riesgos, el control financiero y la sostenibilidad ecológica. Herramientas como la simulación de Monte Carlo y FMEA son particularmente útiles, dado que posibilitan prever potenciales fallos y analizar situaciones inciertas, lo cual respalda decisiones más fundamentadas y seguras.

Asimismo, implementar criterios de sostenibilidad y cumplir con las regulaciones locales no solo garantiza el respeto a los estándares técnicos, sino que también atiende a las exigencias sociales actuales, particularmente en ciudades como Babahoyo. El marco teórico proporciona la fundamentación necesaria para crear un plan de administración integral que asegure la viabilidad, eficacia y sustentabilidad del edificio multifamiliar con local comercial que se sugiere, adaptándose al contexto local y a las prácticas internacionales más destacadas. Estos criterios conceptuales y metodológicos constituyen una base sólida para el desarrollo del plan de gestión integral de este estudio. Al incorporar principios normativos, técnicos, principios económicos y sostenibles, se busca una estrategia eficaz y replicable para abordar los desafíos singulares, sobre todo en la construcción de edificios multifamiliares con locales comerciales. La metodología utilizada para estructurar este plan se presentará en el siguiente capítulo, abarcando las fases de diagnóstico, diseño, simulación y validación.

## **CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA**

### **2.1. Contexto de la investigación**

La investigación se desarrolla en el área urbana del cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos (Ecuador), un entorno consolidado con actividad residencial y comercial. El proyecto de referencia es un edificio multifamiliar con locales comerciales, ubicado en una zona con acceso a servicios básicos como agua, alcantarillado, electricidad, internet y vías principales. La región de influencia del estudio de mercado abarca un radio aproximado de 500 m alrededor del sitio, considerando zonas con accesibilidad, servicios y transporte comparables (INEC, 2020).

El año base para la factibilidad técnica, económica y comercial es 2024, y el levantamiento de información (encuestas, entrevistas, análisis FMEA, recolección de parámetros para simulación) se realiza en 2024-2025, con corte analítico al primer semestre de 2025.

En el marco institucional y legal, el estudio se apoya en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y ordenanzas municipales, así como las prácticas de gestión de proyectos reconocidos a nivel internacional (PMI, 2021), dirigiendo la propuesta hacia criterios de seguridad, calidad y sostenibilidad.

### **2.2. Diseño y alcance de la investigación**

#### **2.2.1. Diseño de la investigación**

La investigación se enmarca en un diseño no experimental y de tipo transversal. Esto implica que las variables son observadas tal como se presentan en su contexto natural, sin que exista manipulación alguna por parte del investigador. Asimismo, la recolección de datos se realiza en un único momento del tiempo, lo que permite describir la situación y explorar asociaciones entre variables en un punto específico (Hernández Sampieri, Fernández & Baptista, 2022). Es importante para la investigación actual, ya que se busca describir y asociar factores de viabilidad del proyecto en el año 2024 sin manipularlos ni darles seguimiento en el tiempo. Por ejemplo, se analiza la asociación entre la disposición a pagar de los posibles compradores o arrendatarios y las características del edificio, el efecto de la ubicación sobre la intención de compra o alquiler, la relación entre prácticas de gestión de riesgos y los resultados logrados en términos de cumplimiento de plazos y costos.

El enfoque de estudio de caso resulta pertinente al analizar fenómenos complejos en su entorno real, permitiendo responder “cómo” y “por qué” en presencia de múltiples variables interrelacionadas (Yin, 2018); para ello se combinan fuentes de campo encuestas, entrevistas, grupos focales, documentales, normativa, estudios previos y bases oficiales, lo que posibilita una triangulación metodológica que fortalece la validez de las conclusiones (Denzin, 1978; Miles, Huberman & Saldaña, 2014), mientras que el análisis documental aporta una revisión sistemática, crítica y temática para contextualizar y contrastar hallazgos empíricos (Bowen, 2009); en cuanto a las herramientas, el Análisis Modal de Fallos y Efectos (FMEA) permite identificar y priorizar riesgos técnicos y de gestión (IEC 60812:2018), y la simulación Monte Carlo apoya la cuantificación de incertidumbre en plazos, costos y rentabilidad según buenas prácticas de gestión de proyectos (PMI, 2021), justificando su uso en la estimación de probabilidades de cumplimiento de metas y la anticipación de desviaciones bajo distintos escenarios, asegurando que las variables se observen y analicen tal como se presentan en el contexto real del proyecto, sin manipulación, para caracterizar y correlacionar los factores que inciden en su viabilidad técnica, económica y comercial.

### **2.2.2. Alcance de la investigación**

El estudio tiene un alcance descriptivo–correlacional, con apoyos exploratorios.

**Descriptivo:** permite caracterizar de manera detallada los factores técnicos, económicos y comerciales vinculados al proyecto, incluyendo la oferta y demanda del mercado, los costos de ejecución, el cronograma de actividades, los riesgos potenciales y el grado de cumplimiento de la normativa vigente (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

**Correlacional:** busca reconocer y examinar las relaciones entre variables importantes. Por ejemplo, la asociación entre la disposición a pagar de los potenciales compradores o inquilinos y las características constructivas del inmueble, el efecto de la ubicación en la intención de compra o alquiler.

**Exploratorio:** se enfoca en identificar las lagunas de información y los detalles del entorno local que se utilizarán para establecer parámetros en instrumentos analíticos como la simulación Monte Carlo y el Análisis Modal de Fallos y Efectos (FMEA), con el propósito de mejorar la exactitud en la previsión de resultados riesgos (PMI, 2021).

La investigación utiliza como estudio de caso un proyecto ubicado en la ciudad de Babahoyo, que combina técnicas tanto cualitativas como cuantitativas. Se utilizarán encuestas y simulaciones, que, desde la perspectiva cuantitativa servirá para adquirir información cuantificable sobre los costos, riesgos y el mercado del proyecto. Se Llevarán a cabo entrevistas y grupos focales, para que, desde la perspectiva cualitativa se logre la captación de opiniones, expectativas y vivencias de los participantes, que incluyen a posibles inquilinos o compradores, vecinos y expertos en construcción. Esta combinación de metodologías realza la validez de los resultados y ofrece una perspectiva completa para tomar decisiones (Creswell & Creswell, 2018).

## **2.3. Tipo y métodos de investigación**

### **2.3.1. Tipo de investigación**

La investigación es mixta, ya que combina enfoques cuantitativo y cualitativo para ofrecer una visión integral del proyecto.

**Cuantitativo:** permite obtener información medible y objetiva sobre factores como la oferta y demanda del mercado, costos de construcción, cronogramas y riesgos del proyecto. Se aplican instrumentos como encuestas y simulaciones, que facilitan la cuantificación de datos y el análisis estadístico de relaciones entre variables (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

**Cualitativo:** busca comprender percepciones, expectativas y experiencias de los actores involucrados, como potenciales compradores, arrendatarios, vecinos y profesionales de la construcción. Se emplean entrevistas y grupos focales para explorar opiniones, motivaciones y comportamientos que no pueden ser medidos de manera numérica (Creswell, 2014).

### **2.3.2. Tipo de investigación**

En cuanto a los métodos de investigación, se emplean los siguientes, adaptados a los objetivos y a la naturaleza del estudio:

**Inductivo:** permite partir de los datos específicos recolectados del proyecto, del mercado y de los actores involucrados, para generar conclusiones generales sobre la viabilidad y la demanda del proyecto. Por ejemplo, a partir de las preferencias y disposición de pago de los potenciales compradores y arrendatarios, se identifican

patrones que orientan la definición de unidades y servicios más demandados (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

**Hipotético-deductivo:** se emplea para elaborar hipótesis acerca de la conexión entre variables fundamentales, como el lugar donde se ubica un edificio y la intención de adquirirlo o arrendarlo, o la gestión de riesgos con el cumplimiento de costos y plazos. Luego, estas hipótesis se validan a través de análisis cualitativos y cuantitativos (Kerlinger & Lee, 2002).

**Analítico:** posibilita desglosar los elementos técnicos, económicos y comerciales del proyecto para analizar de manera individual su influencia sobre la viabilidad, entre ellos los costos de construcción, los cronogramas y los riesgos detectados en el FMEA (Tamayo, 2004).

**Sintético:** permite la integración de los resultados que se obtienen de las evaluaciones cualitativas y cuantitativas, dando como resultado conclusiones generales y sugerencias prácticas para llevar a cabo el proyecto y su administración (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

El conjunto de métodos utilizados garantiza que el análisis no solamente caracteriza la situación actual del proyecto y su mercado, sino que además descubre conexiones relevantes entre variables y ofrece instrumentos seguros para tomar decisiones.

## **2.4. Población y muestra**

### **2.4.1. Población**

Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2022), el cantón Babahoyo tiene una población aproximada de 153,776 habitantes. Además, la conurbación de Babahoyo, que incluye cantones cercanos, cuenta con una población total de 594,824 habitantes. La población de estudio está constituida por todos los actores directamente relacionados con el proyecto de construcción del edificio multifamiliar con locales comerciales en Babahoyo, incluyendo:

**Posibles inquilinos y compradores:** las personas que se encuentran en el área de influencia del proyecto, considerando un radio estimado de 500 metros, son los principales beneficiarios de la propuesta comercial y habitacional.

**Residentes y vecinos del área:** residentes que podrían resultar afectados por la ejecución y avance del proyecto, por lo cual, se pretende brindar la información necesaria para obtener datos reales de percepción, valor, seguridad, accesibilidad y gustos urbanísticos.

**Técnicos y profesionales del sector de la construcción:** ingenieros civiles, arquitectos, gerentes de proyectos y otros expertos que suministran información acerca de la viabilidad técnica, el cumplimiento de las normas y la planificación del proyecto.

En conjunto, se estima que la población total asciende a 500 personas (Cohen, 2016; INEC, 2022).

#### 2.4.2. Muestra

Dado que la población es amplia y diversa, se aplica un muestreo probabilístico y no probabilístico combinado:

**Muestreo probabilístico:** Para los potenciales compradores y arrendatarios se selecciona una muestra aleatoria, lo que permite obtener resultados representativos sobre la disposición de pago, preferencias y expectativas (Hernández-Sampieri et al., 2014).

**Muestreo no probabilístico:** se utiliza el muestreo por conveniencia y juicio para los vecinos y profesionales, puesto que se busca información específica de actores clave que aportan con experiencias y puntos de vista importantes para el análisis cualitativo (Salkind, 2017).

La combinación de las dos metodologías garantiza que la información sea representativa y variada, ya que recoge datos cuantitativos de confiabilidad y percepciones cualitativas relevantes. La muestra escogida es adecuada para examinar las correlaciones entre variables de mercado, determinar los riesgos y fijar parámetros de simulación para FMEA y Monte Carlo (Project Management Institute, 2021).

#### 2.4.3. Cálculo de la muestra

Para calcular la muestra para una población finita ( $N = 500$ ), se usa la fórmula de muestreo probabilístico para proporciones:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{E^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población (500)

Z = valor de la distribución normal para un nivel de confianza del 95 % (1,96)

p = probabilidad de éxito (0,5)

q = probabilidad de fracaso (0,5)

E = margen de error (0,05)

$$n = \frac{(500) (1.96)^2 (0,5) (0,5)}{(0,05)^2(500 - 1) + (1.96)^2 (0,5) (0,5)}$$

$$n = 217.5$$

Redondeando, la muestra recomendada es de **218 personas** (Hernández-Sampieri et al., 2014).

## **2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para cumplir con los objetivos específicos del estudio, se emplearán técnicas e instrumentos de recolección de datos clasificados según su enfoque cuantitativo, cualitativo o mixto, asegurando que se obtenga información confiable y representativa (Hernández-Sampieri et al., 2014; Salkind, 2017).

### **2.5.1. Técnicas cuantitativas:**

La encuesta estructurada se aplicará a potenciales compradores y arrendatarios, utilizando preguntas cerradas que aborden sus preferencias, disposición de pago, expectativas de servicios y características deseadas del edificio. Paralelamente, se llevará a cabo una revisión documental, analizando normativas vigentes, estudios de mercado previos, bases de datos de costos y cronogramas de construcción. Para ello se emplearán instrumentos como cuestionarios estandarizados y guías de revisión documental. Esta combinación de métodos permite la obtención de datos medibles y objetivos acerca de los factores técnicos relevantes, la demanda y los costos, ofreciendo así una base firme para valorar si el proyecto es viable (Project Management Institute, 2021).

Con el fin de calcular la probabilidad de que los plazos, costos y niveles de rentabilidad se cumplan en diversos escenarios, teniendo en cuenta la incertidumbre y la variabilidad de las variables del proyecto (Sacks et al., 2018), se utilizará el método Monte

Carlo. Además, se llevará a cabo el Análisis FMEA (Análisis modal de fallos y efectos) con el objetivo de determinar, evaluar y clasificar por orden de importancia los riesgos vinculados al plan de gestión. Los instrumentos abarcan plantillas para la evaluación de riesgos, matrices de FMEA y programas informáticos de simulación. La combinación de métodos permite evaluar de forma objetiva el impacto que tienen las decisiones de gestión en los resultados del proyecto y prever posibles desviaciones, lo cual robustece la planificación y la toma de decisiones estratégicas (PMI, 2021).

### **2.5.2. Técnicas cualitativas:**

Se realizarán entrevistas semiestructuradas con profesionales y técnicos de la construcción, con el objetivo de identificar buenas prácticas, riesgos y requerimientos normativos aplicables al proyecto (Hernández-Sampieri et al., 2014). El instrumento utilizado consiste en una guía de entrevista. Esta metodología permite captar información detallada y contextualizada sobre procesos, riesgos y experiencias profesionales que no pueden ser obtenidos mediante métodos cuantitativos, enriqueciendo la comprensión de la viabilidad técnica, económica y comercial del proyecto (Salkind, 2017).

## **2.6. Procesamiento de la evaluación: Validez y confiabilidad de los instrumentos aplicados para el levantamiento de información.**

Para garantizar la calidad y confiabilidad de los datos recolectados en esta investigación, se aplicarán estrategias específicas de validación y control de consistencia de los instrumentos utilizados, tanto en el enfoque cuantitativo como cualitativo (Hernández-Sampieri et al., 2014; Salkind, 2017).

### **2.6.1. Validez de los instrumentos:**

**Encuestas:** Se validarán mediante revisión de expertos en investigación de mercados y construcción, quienes evaluarán la pertinencia, claridad y coherencia de las preguntas con los objetivos específicos del estudio. Además, se realizará un piloto de la encuesta con un pequeño grupo de 10 personas de la población objetivo, permitiendo ajustar redacción, escalas de medición y comprensión de los ítems (Hernández-Sampieri et al., 2014).

**Entrevistas:** los expertos en gestión de proyectos y construcción revisarán la guía de entrevista para garantizar que las preguntas abarquen los aspectos importantes del cumplimiento regulatorio, el control de costos, la planificación y la administración de

riesgos. La comparación con datos documentados y la triangulación con otros instrumentos son métodos para fortalecer la validez (Salkind, 2017).

**Revisión de documentos:** la relevancia y vigencia de las normativas, bases de datos de costos y cronogramas de proyectos anteriores serán comprobadas para garantizar que los datos recopilados reflejen el entorno del proyecto y del mercado en Babahoyo (PMI, 2021).

### **2.6.2. Confiabilidad de los instrumentos:**

**Encuestas:** Se calculará el coeficiente de consistencia interna (Alpha de Cronbach) para los ítems relacionados con preferencias, disposición de pago y expectativas de servicios, garantizando que las respuestas sean consistentes y repetibles (Hernández-Sampieri et al., 2014).

**Entrevistas:** Se aplicará la técnica de codificación y revisión por pares, en la que las transcripciones se analizan de forma independiente por dos investigadores para asegurar la coherencia en la interpretación de percepciones, opiniones y experiencias (Salkind, 2017).

**Simulación y FMEA:** Los parámetros ingresados se verifican mediante la revisión de expertos y la comparación con datos históricos, asegurando la fiabilidad de los resultados de riesgo y probabilidad (Sacks et al., 2018).

### **2.6.3. Procesamiento de la información:**

Los datos cuantitativos se introducirán en un programa de estadística para análisis correlacional y descriptivo, garantizando la estabilidad en la recopilación de datos y el control de errores (Hernández-Sampieri et al., 2014).

Los datos cualitativos se examinan a través de matrices de categorización y triangulación con los resultados cuantitativos, lo que permite validar patrones y contrastar hallazgos (Salkind, 2017).

Por último, la incorporación de los datos obtenidos a través de encuestas, entrevistas, grupos focales y simulaciones creará una base firme para el diseño del plan de gestión integral y la creación de sugerencias que se puedan implementar en el proyecto. táctica asegura que los instrumentos utilizados sean pertinentes, confiables y válidos, lo cual garantiza que los resultados muestren con exactitud la realidad del proyecto y posibiliten una toma de decisiones informada (PMI, 2021).

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Presentación y análisis de resultados

La forma en que se presentan los resultados sigue el orden de los objetivos específicos planteados en la investigación. Para ello, se combinan tanto los datos cuantitativos como el análisis cualitativo, lo que permite tener una visión más completa del estudio. Además, se incluyen herramientas de evaluación como el método FMEA y la simulación Monte Carlo, que ayudan a identificar riesgos y a estimar posibles escenarios de manera más precisa.

### 3.2. Viabilidad comercial

Para conocer qué tan aceptado sería el proyecto, se aplicaron encuestas estructuradas a posibles compradores y arrendatarios. También se llevaron a cabo entrevistas con expertos del sector y se revisaron diferentes estudios de mercado. A partir de todo este proceso, los resultados obtenidos muestran lo siguiente:

#### **Cuestionario estructurado – (Ver Anexo 1)**

Se realizaron encuestas a un total de 218 personas, número que corresponde al tamaño de muestra previamente calculado. La información obtenida se organizó en cuatro grandes apartados: ubicación y accesibilidad, características del edificio, servicios y comodidades, y finalmente la disposición de pago.

**Objetivo de la encuesta:** identificar cuáles son las preferencias y hasta qué punto están dispuestos a pagar los posibles compradores y arrendatarios en Babahoyo. Con esta información se busca determinar si el proyecto de un edificio multifamiliar con local comercial resulta viable desde el punto de vista comercial.

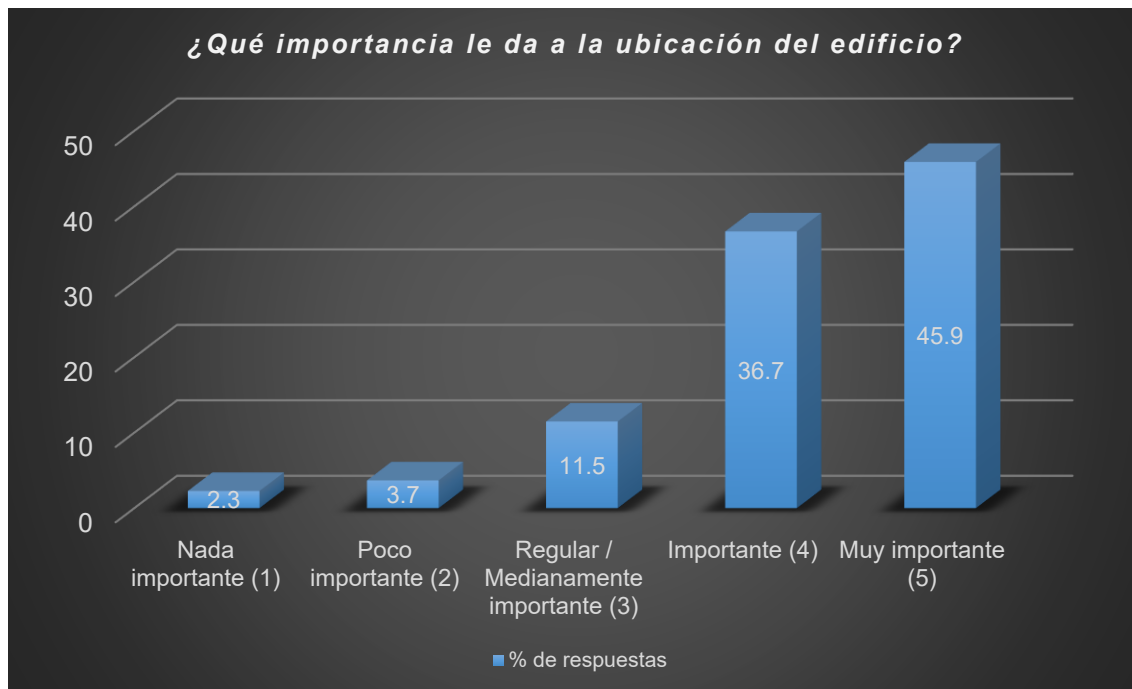
#### ***Bloque A: Preferencias sobre ubicación y accesibilidad (escala Likert 1–5)***

**Tabla 2.-** Importancia atribuida a la ubicación del edificio por los encuestados en Babahoyo.

<i>¿Qué importancia le da a la ubicación del edificio?</i>		
	<b># de encuestados</b>	<b>% de respuestas</b>
<b>Nada importante (1)</b>	5	2.3
<b>Poco importante (2)</b>	8	3.7
<b>Regular / Medianamente importante (3)</b>	25	11.5
<b>Importante (4)</b>	80	36.7
<b>Muy importante (5)</b>	100	45.9
<b>Total, de respuestas</b>	218	100.0

*Nota:* Se observa que más del 80 % de los encuestados consideran la ubicación céntrica como *importante* o *muy importante*, lo que valida la elección del emplazamiento para el proyecto.

**Gráfico 1.-** Distribución de respuestas sobre la importancia de la ubicación céntrica.



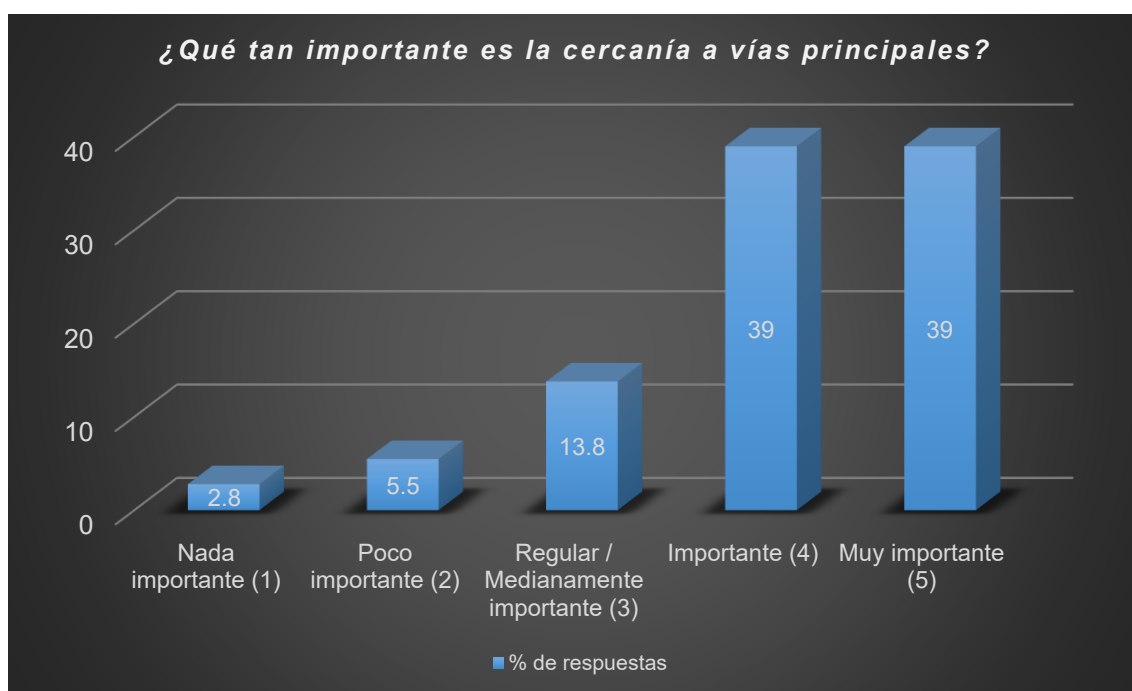
*Nota:* El gráfico confirma que la gran mayoría de encuestados otorgan una valoración alta (4–5) a la ubicación céntrica.

**Tabla 3.-** Importancia de la cercanía a vías principales.

	# de encuestados	% de respuestas
<b>Nada importante (1)</b>	6	2.8
<b>Poco importante (2)</b>	12	5.5
<b>Regular / Medianamente importante (3)</b>	30	13.8
<b>Importante (4)</b>	85	39.0
<b>Muy importante (5)</b>	85	39.0
<b>Total, de respuestas</b>	218	100.0

*Nota:* Casi 8 de cada 10 lo valora entre importante y muy importante, favoreciendo la accesibilidad del proyecto.

**Gráfico 2.-** Distribución de respuestas sobre la importancia de la cercanía a vías principales.



*Nota:* Se visualiza que casi 8 de cada 10 encuestados consideran este factor esencial, lo que fortalece la viabilidad comercial del proyecto.

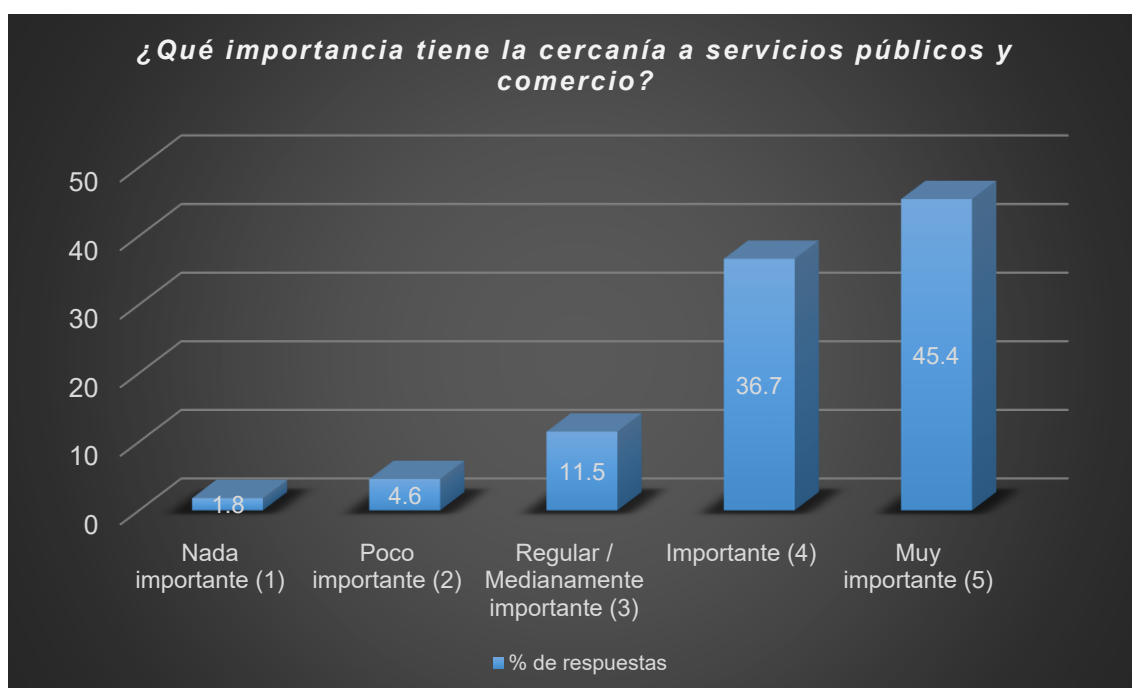
**Tabla 4.-** Importancia de la proximidad a servicios y comercio.

**¿Qué importancia tiene la cercanía a servicios públicos y comercio?**

	# de encuestados	% de respuestas
<b>Nada importante (1)</b>	4	1.8
<b>Poco importante (2)</b>	10	4.6
<b>Regular / Medianamente importante (3)</b>	25	11.5
<b>Importante (4)</b>	80	36.7
<b>Muy importante (5)</b>	99	45.4
<b>Total, de respuestas</b>	218	100.0

*Nota:* La preferencia por niveles altos de importancia indica que la cercanía a servicios y comercios es un factor determinante para la decisión de compra o arrendamiento.

**Gráfico 3.- Distribución de respuestas sobre la proximidad a servicios y comercio.**



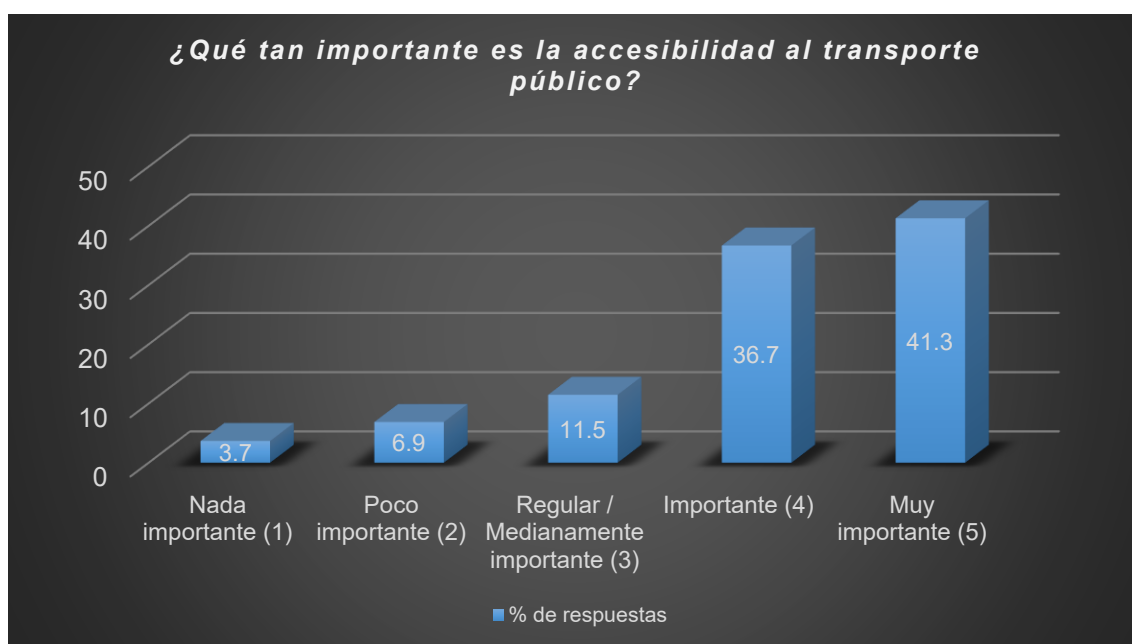
*Nota:* La tendencia hacia los niveles altos de importancia evidencia que el entorno inmediato es un criterio decisivo para los futuros usuarios.

**Tabla 5.- Importancia de la accesibilidad a transporte público.**

	# de encuestados	% de respuestas
<b>Nada importante (1)</b>	8	3.7
<b>Poco importante (2)</b>	15	6.9
<b>Regular / Medianamente importante (3)</b>	25	11.5
<b>Importante (4)</b>	80	36.7
<b>Muy importante (5)</b>	90	41.3
<b>Total, de respuestas</b>	218	100.0

*Nota:* La preferencia por importante/muy importante evidencia que la conectividad es un criterio clave de decisión.

**Gráfico 4.- Distribución de respuestas sobre la accesibilidad a transporte público.**



*Nota:* El gráfico muestra que más del 80 % de los encuestados lo califican como relevante, subrayando la necesidad de un emplazamiento con buena conectividad.

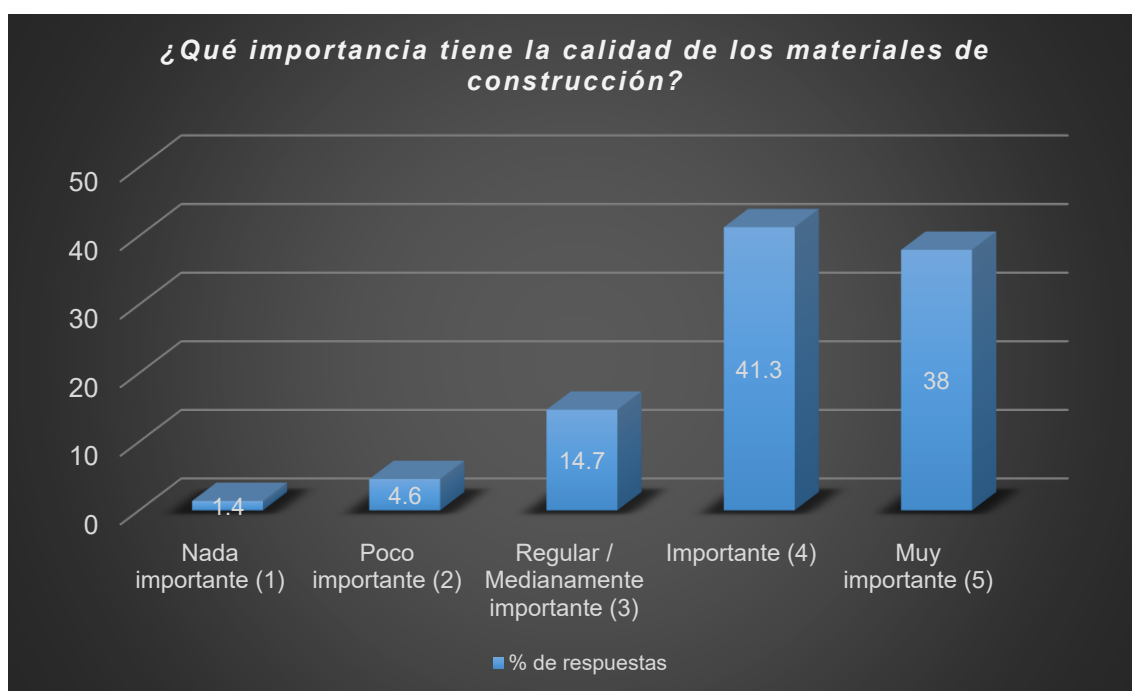
### ***Bloque B: Preferencias sobre características del edificio (escala Likert 1–5)***

**Tabla 6.- Importancia de la calidad de los materiales de construcción.**

<i>¿Qué importancia tiene la calidad de los materiales de construcción?</i>		
	<b># de encuestados</b>	<b>% de respuestas</b>
<b>Nada importante (1)</b>	3	1.4
<b>Poco importante (2)</b>	10	4.6
<b>Regular / Medianamente importante (3)</b>	32	14.7
<b>Importante (4)</b>	90	41.3
<b>Muy importante (5)</b>	83	38.0
<b>Total, de respuestas</b>	218	100.0

*Nota:* Más del 75 % de los encuestados lo valora como importante o muy importante, lo que refuerza la necesidad de usar materiales de calidad en el proyecto.

**Gráfico 5.- Distribución de respuestas sobre la importancia de la seguridad estructural.**



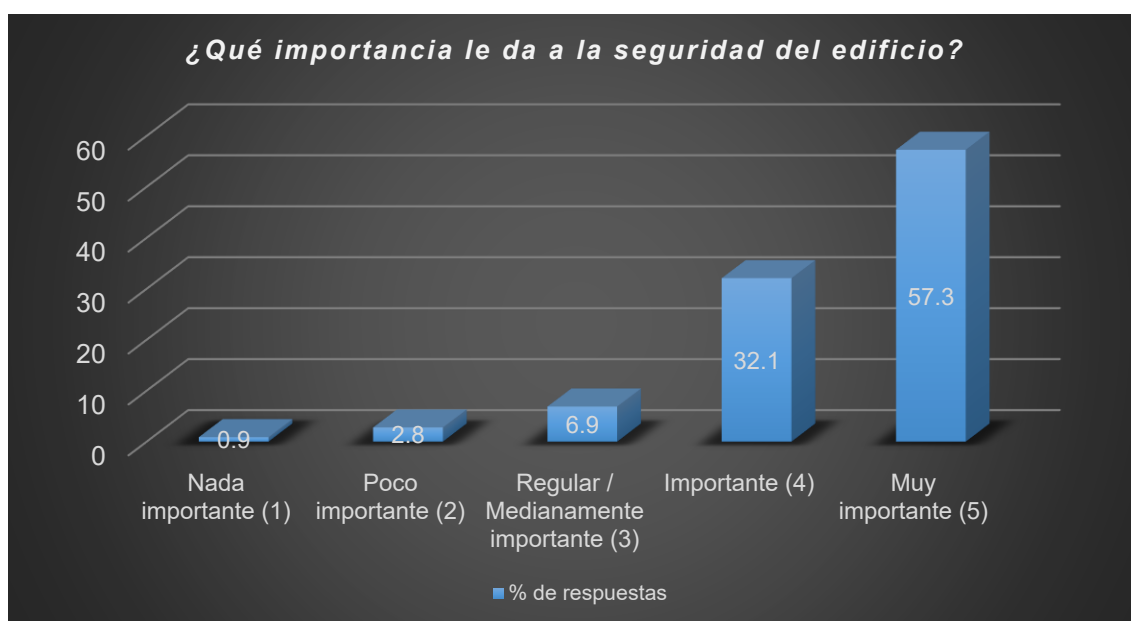
*Nota:* El 79 % de los encuestados lo valora como importante o muy importante, lo que refuerza la necesidad de usar materiales de calidad en el proyecto.

**Tabla 7.- Importancia de la seguridad estructural en el edificio.**

<i>¿Qué importancia le da a la seguridad del edificio?</i>		
	# de encuestados	% de respuestas
<b>Nada importante (1)</b>	2	0.9
<b>Poco importante (2)</b>	6	2.8
<b>Regular / Medianamente importante (3)</b>	15	6.9
<b>Importante (4)</b>	70	32.1
<b>Muy importante (5)</b>	125	57.3
<b>Total, de respuestas</b>	218	100.0

*Nota:* Más del 89 % de los encuestados considera la seguridad estructural como un aspecto importante o muy importante, confirmando su peso como criterio decisivo.

**Gráfico 6.-** Distribución de respuestas sobre la importancia de la seguridad estructural.



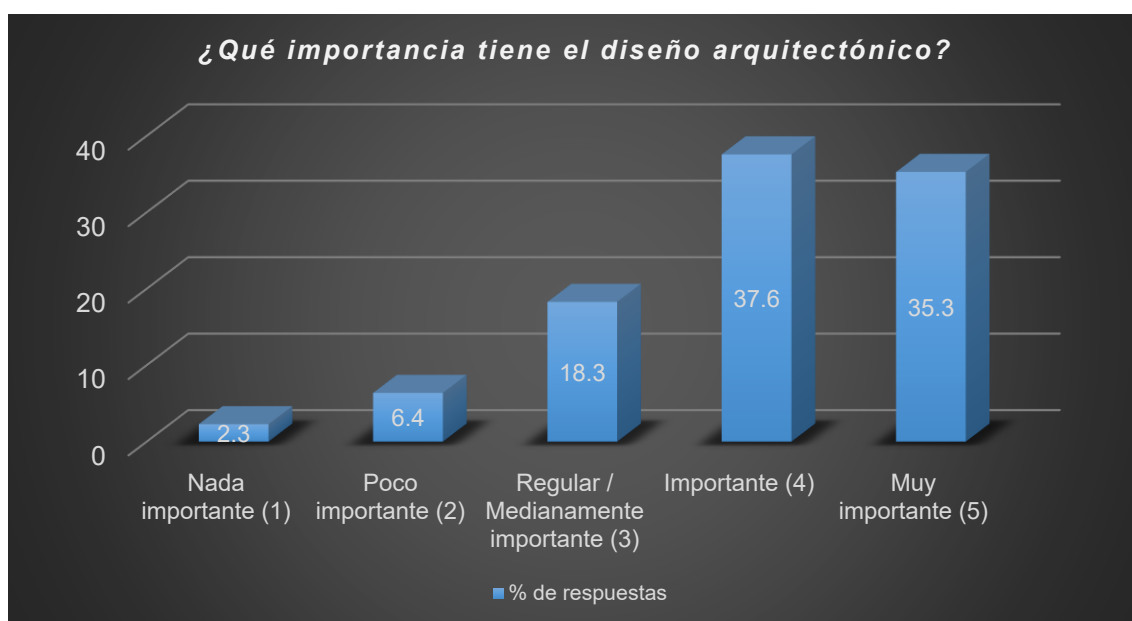
*Nota:* El gráfico evidencia una clara concentración en las categorías “importante” y “muy importante”, lo que confirma que la seguridad estructural es el criterio más decisivo para los potenciales compradores y arrendatarios.

**Tabla 8.-** Importancia del diseño arquitectónico en el proyecto.

	# de encuestados	% de respuestas
<b>Nada importante (1)</b>	5	2.3
<b>Poco importante (2)</b>	14	6.4
<b>Regular / Medianamente importante (3)</b>	40	18.3
<b>Importante (4)</b>	82	37.6
<b>Muy importante (5)</b>	77	35.3
<b>Total, de respuestas</b>	218	100.0

*Nota:* La mayoría de encuestados más del (70 %) valoran el diseño arquitectónico como importante o muy importante, lo que refuerza la necesidad de un proyecto atractivo y funcional que incremente la aceptación en el mercado.

**Gráfico 7.-** Distribución de respuestas sobre la importancia del diseño arquitectónico.



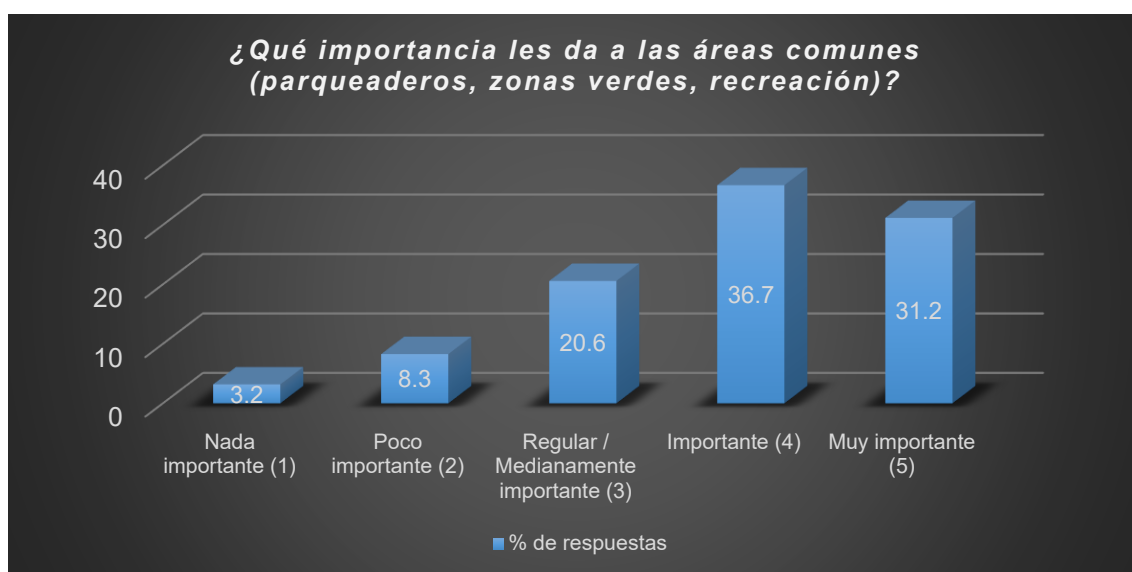
*Nota:* Aunque existe un sector que lo percibe con importancia media-baja, la tendencia general se concentra en los niveles altos, lo que respalda la incorporación de un diseño estético y funcional como factor de diferenciación del proyecto.

**Tabla 9.-** Importancia de las áreas comunes en el proyecto.

<i>¿Qué importancia les da a las áreas comunes (parqueaderos, zonas verdes, recreación)?</i>		
	# de encuestados	% de respuestas
<b>Nada importante (1)</b>	7	3.2
<b>Poco importante (2)</b>	18	8.3
<b>Regular / Medianamente importante (3)</b>	45	20.6
<b>Importante (4)</b>	80	36.7
<b>Muy importante (5)</b>	68	31.2
<b>Total, de respuestas</b>	218	100.0

*Nota:* Aunque existe un grupo que lo considera medianamente importante, la mayoría (68%) valora las áreas comunes como un componente relevante para mejorar la calidad de vida en el edificio.

**Gráfico 8.-** Distribución de respuestas sobre la importancia de las áreas comunes.



*Nota:* El gráfico muestra que, si bien un porcentaje considera las áreas comunes de importancia media, más de dos tercios de los encuestados las valoran como importante, lo que respalda su inclusión en la propuesta del edificio.

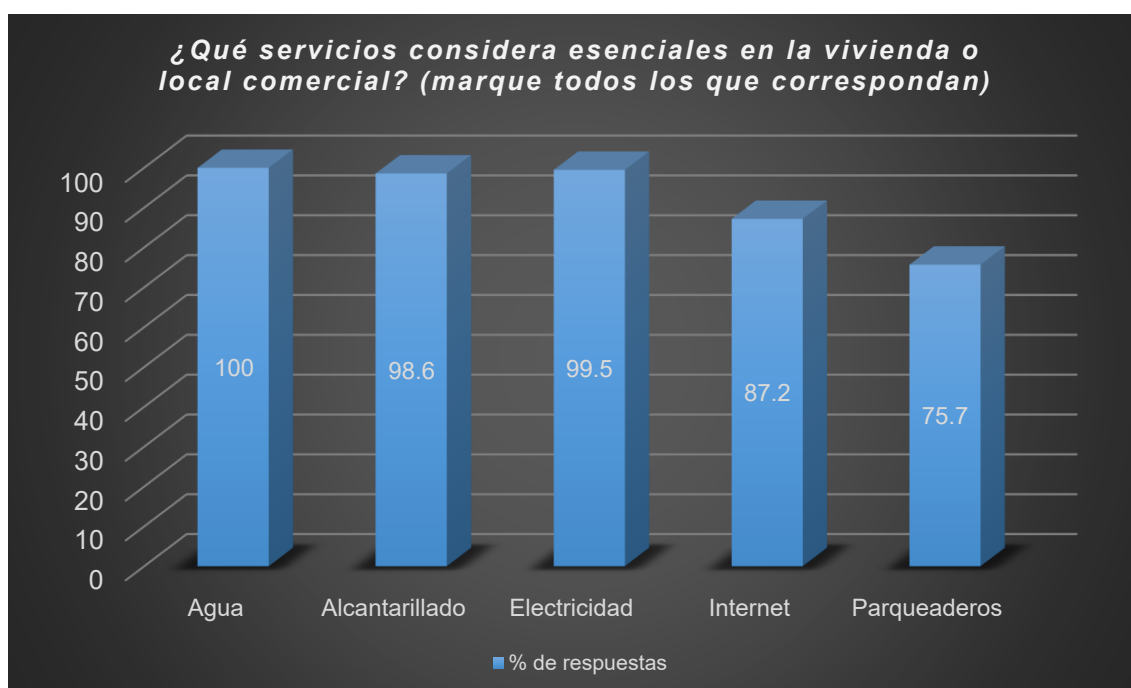
### ***Bloque C: Opiniones de los participantes respecto a servicios y comodidades (selección múltiple y escala Likert 1–5)***

**Tabla 10.-** Importancia de los servicios básicos.

<i>¿Qué servicios considera esenciales en la vivienda o local comercial? (marque todos los que correspondan)</i>		
	# de encuestados	% de respuestas
<b>Agua</b>	218	100.0
<b>Alcantarillado</b>	215	98.6
<b>Electricidad</b>	217	99.5
<b>Internet</b>	190	87.2
<b>Parqueaderos</b>	165	75.7

*Nota:* Los servicios básicos son considerados imprescindibles por casi todos los encuestados; además, internet y parqueaderos destacan como complementos claves en la decisión de compra o arriendo.

**Gráfico 9.- Servicios esenciales según los encuestados.**



*Nota:* El gráfico confirma que los servicios básicos son universales, mientras que internet y parqueaderos, aunque no alcanzan unanimidad, tienen un peso significativo en las expectativas de los futuros usuarios.

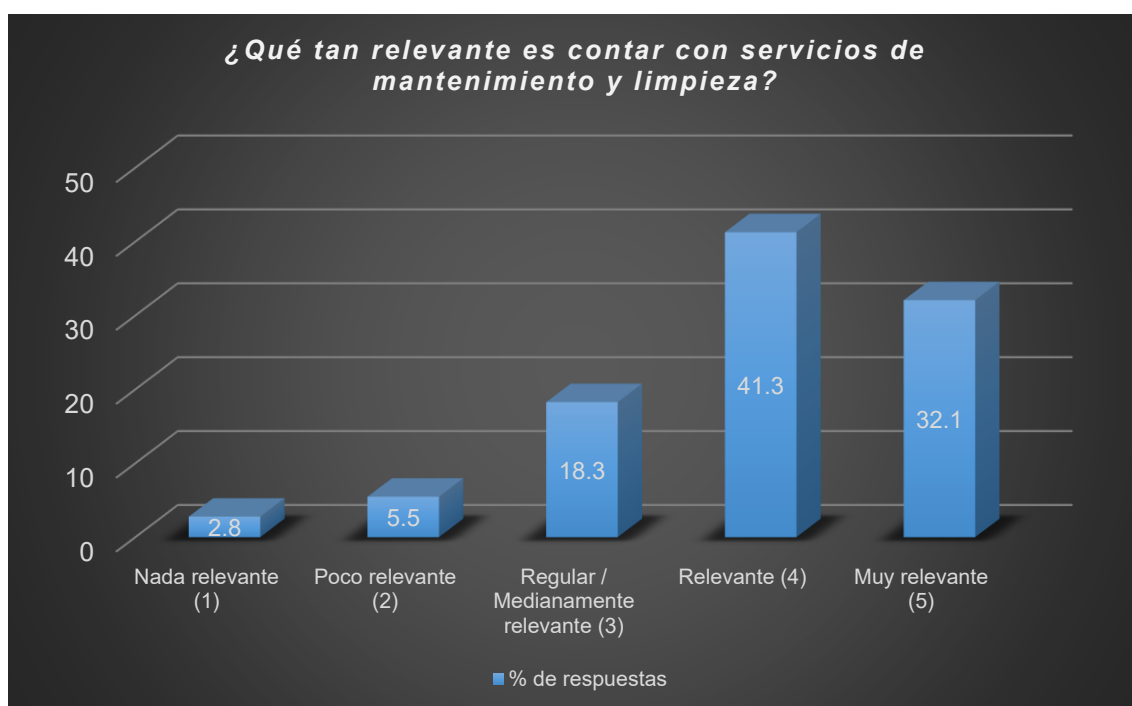
**Tabla 11.- Relevancia de contar con servicios de mantenimiento y limpieza.**

*¿Qué tan relevante es contar con servicios de mantenimiento y limpieza?*

	# de encuestados	% de respuestas
<b>Nada relevante (1)</b>	6	2.8
<b>Poco relevante (2)</b>	12	5.5
<b>Regular / Medianamente relevante (3)</b>	40	18.3
<b>Relevante (4)</b>	90	41.3
<b>Muy relevante (5)</b>	70	32.1
<b>Total, de respuestas</b>	218	100.0

*Nota:* Más de 73% de los encuestados considera que los servicios de mantenimiento y limpieza son importantes o muy importantes, reforzando su necesidad en la propuesta de gestión del edificio.

**Gráfico 10.- Distribución de respuestas sobre la relevancia de mantenimiento y limpieza.**



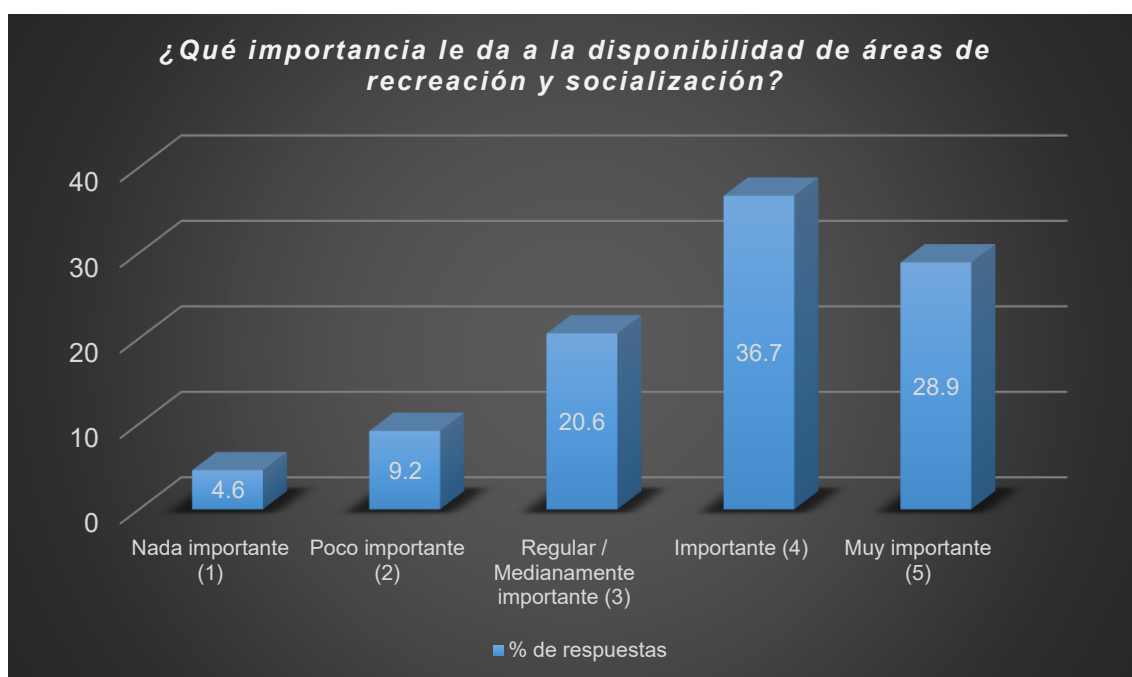
*Nota:* El gráfico muestra que, aunque existe un grupo que lo percibe con importancia media, la tendencia dominante está en los niveles altos, lo que confirma su valor como servicio complementario.

**Tabla 12.- Importancia atribuida a la disponibilidad de áreas de recreación y socialización.**

<i>¿Qué importancia le da a la disponibilidad de áreas de recreación y socialización?</i>		
	# de encuestados	% de respuestas
<b>Nada importante (1)</b>	10	4.6
<b>Poco importante (2)</b>	20	9.2
<b>Regular / Medianamente importante (3)</b>	45	20.6
<b>Importante (4)</b>	80	36.7
<b>Muy importante (5)</b>	63	28.9
<b>Total, de respuestas</b>	218	100.0

*Nota:* El 65.6% de los encuestados otorgan a este ítem una valoración de importante o muy importante, evidenciando la aceptación de espacios recreativos como valor agregado.

**Gráfico 11.- Distribución de respuestas sobre la importancia de áreas de recreación y socialización.**



*Nota:* El gráfico revela que, aunque un sector lo percibe con relevancia media, predomina la inclinación hacia los niveles altos, validando su integración en el proyecto como elemento diferenciador.

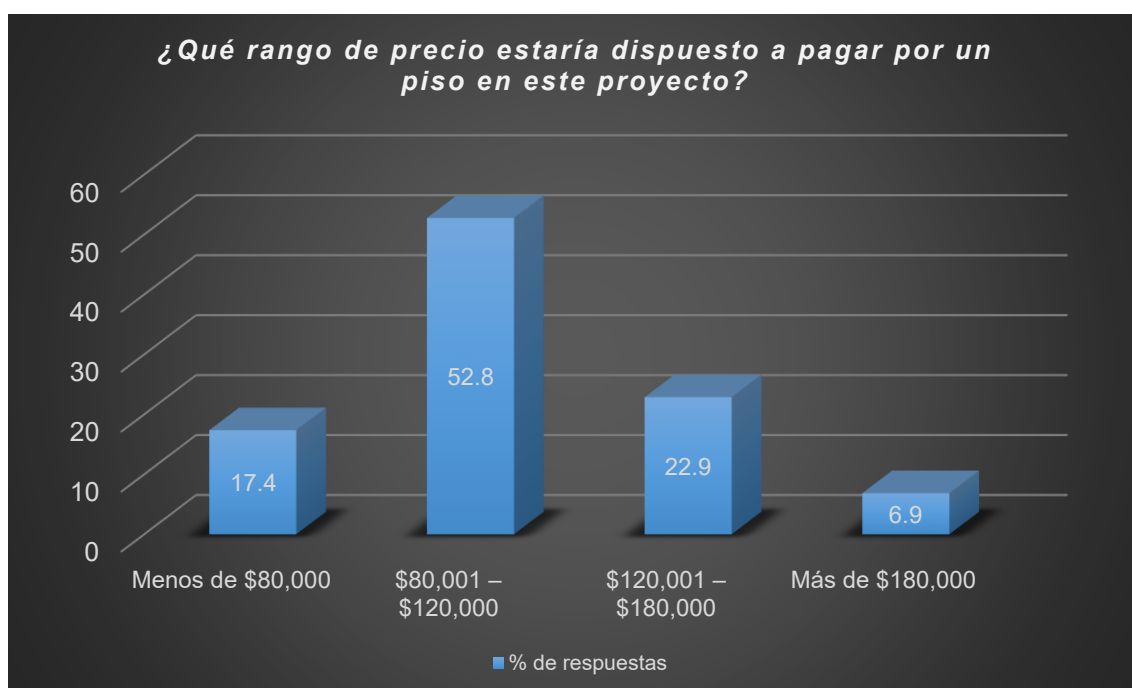
### ***Bloque D: Disposición de pago y comportamiento de compra***

**Tabla 13.- Rango de precio aceptado por los compradores de un piso en el proyecto.**

<i>¿Qué rango de precio estaría dispuesto a pagar por un piso en este proyecto?</i>		
	<b># de encuestados</b>	<b>% de respuestas</b>
<b>Menos de \$80,000</b>	38	17.4
<b>\$80,001 – \$120,000</b>	115	52.8
<b>\$120,001 – \$180,000</b>	50	22.9
<b>Más de \$180,000</b>	15	6.9
<b>Total, de respuestas</b>	218	100.0

*Nota:* Más de la mitad de los encuestados se concentran en el rango de \$80,001–\$120,000, lo que establece un parámetro de precios realista y viable para la propuesta.

**Gráfico 12.- Rangos de precio aceptados por los encuestados.**



*Nota:* El gráfico muestra una clara mayoría en el rango medio, indicando la existencia de un mercado potencial con capacidad adquisitiva para absorber la oferta del proyecto.

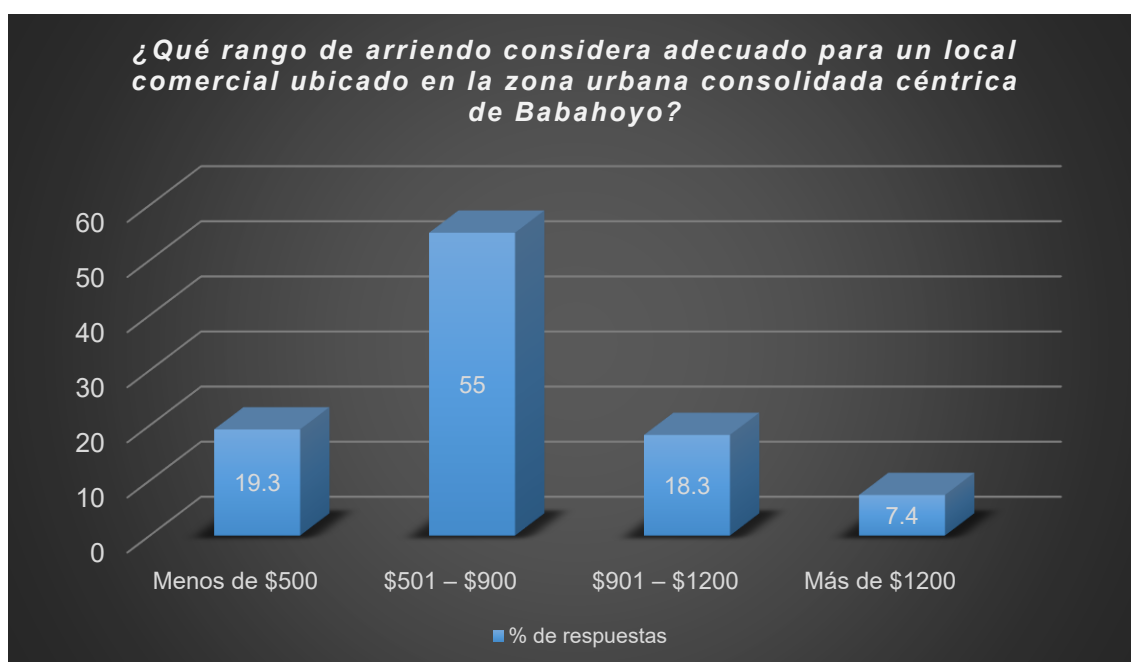
**Tabla 14.- Rango de arriendo considerado adecuado por los encuestados.**

*¿Qué rango de arriendo considera adecuado para un local comercial ubicado en la zona urbana consolidada céntrica de Babahoyo?*

	# de encuestados	% de respuestas
<b>Menos de \$500</b>	42	19.3
<b>\$501 – \$900</b>	120	55.0
<b>\$901 – \$1200</b>	40	18.3
<b>Más de \$1200</b>	16	7.4
<b>Total, de respuestas</b>	218	100.0

*Nota:* La mayoría considera adecuado un arriendo entre \$501 y \$900, lo que marca un rango competitivo en el mercado local y respalda la viabilidad económica de los locales comerciales.

**Gráfico 13.- Rangos de arriendo considerados adecuados.**



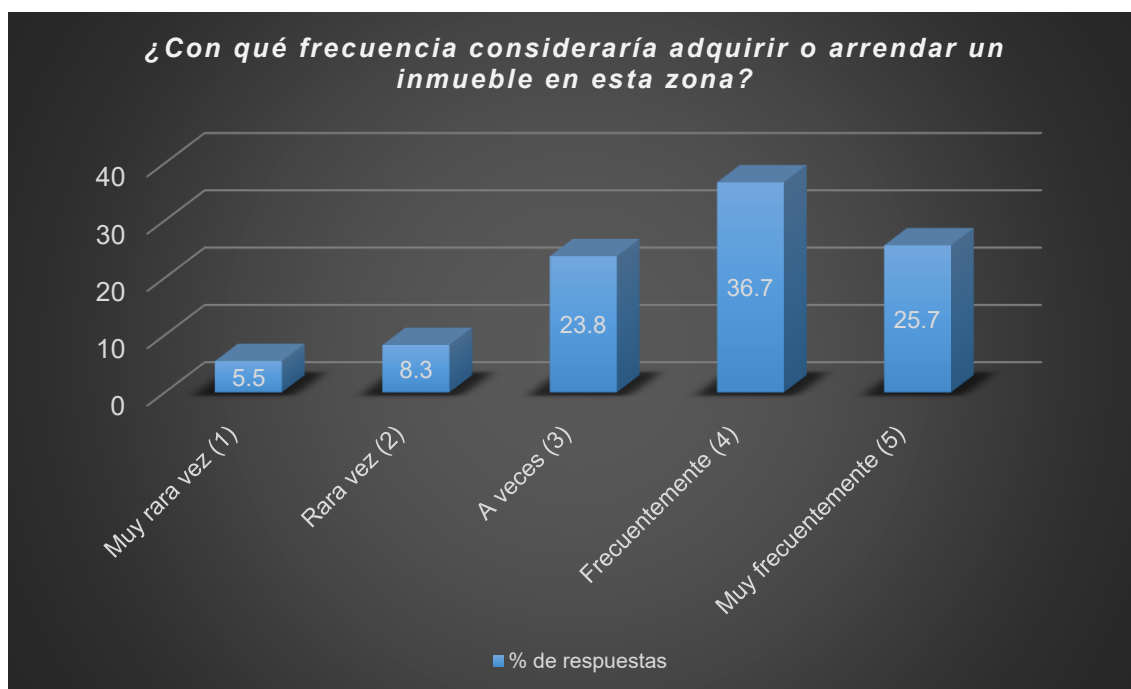
*Nota:* El gráfico refleja que más del 70% se concentra en los rangos medio–bajo, asegurando que el proyecto pueda colocarse en un nivel de precios accesible y sostenible.

**Tabla 15.- Frecuencia con que los encuestados considerarían adquirir o arrendar un inmueble en la zona.**

<i>¿Con qué frecuencia consideraría adquirir o arrendar un inmueble en esta zona?</i>		
	# de encuestados	% de respuestas
<b>Muy rara vez (1)</b>	12	5.5
<b>Rara vez (2)</b>	18	8.3
<b>A veces (3)</b>	52	23.8
<b>Frecuentemente (4)</b>	80	36.7
<b>Muy frecuentemente (5)</b>	56	25.7
<b>Total, de respuestas</b>	218	100.0

*Nota:* La distribución muestra que más del 62% considera la opción de adquisición o arriendo con una frecuencia de “frecuentemente” o “muy frecuentemente”, lo que respalda la proyección de una demanda sostenida en la zona.

**Gráfico 14.-** Distribución de frecuencia de adquisición o arriendo.



*Nota:* El gráfico revela una tendencia favorable hacia la recurrencia, lo que confirma que Babahoyo constituye un mercado activo y atractivo para el proyecto.

### **Análisis de resultados**

El análisis integral de los resultados obtenidos en los diferentes bloques de la encuesta aplicada a compradores y arrendatarios de Babahoyo permite identificar tendencias claras que respaldan la viabilidad comercial, técnica y social del proyecto de edificio multifamiliar con local comercial.

En el Bloque A, relacionado con ubicación y accesibilidad, los participantes destacan como prioritarios la ubicación céntrica, la cercanía a vías principales, la proximidad a servicios y la disponibilidad de transporte público. La mayoría calificó estos factores como “importante” o “muy importante”, lo que indica que la ubicación escogida para el proyecto responde a las expectativas de conveniencia y conectividad de los futuros usuarios. Estos resultados coinciden con lo planteado por ONU-Hábitat (2012), que señala a la localización y accesibilidad como elementos determinantes en la decisión de invertir en vivienda.

En el Bloque B, sobre características del edificio, la seguridad estructural y la calidad de los materiales fueron los aspectos más valorados, seguidos del diseño arquitectónico y las áreas comunes. Esto demuestra que los usuarios priorizan no solo la

funcionalidad y seguridad, sino también la estética y el confort. Estos hallazgos concuerdan con lo indicado por Kerzner (2017), quien resalta la necesidad de integrar altos estándares de calidad en la gestión de proyectos constructivos. La valoración positiva hacia las áreas comunes también subraya la importancia de concebir el edificio como un espacio integral, que fomente la convivencia y el bienestar de quienes lo habiten.

En el Bloque C, referente a servicios y comodidades, los servicios básicos como agua, alcantarillado y electricidad fueron considerados imprescindibles por casi la totalidad de los encuestados. Asimismo, internet, parqueaderos y servicios de mantenimiento y limpieza obtuvieron una alta aceptación. Las áreas destinadas a recreación y socialización también fueron valoradas como un aspecto añadido de gran importancia. Esto evidencia que los usuarios buscan no solo satisfacer necesidades funcionales, sino vivir en un entorno seguro, conectado y con servicios complementarios, lo cual coincide con las recomendaciones del BID (2018) sobre proyectos inmobiliarios sostenibles y competitivos.

En el Bloque D, que analiza la disposición de pago y el comportamiento de compra, se encontró que la mayoría de los encuestados estaría dispuesta a pagar entre \$80,001 y \$120,000 por un piso, considerando adecuado un arriendo de local comercial entre \$501 y \$900. Estos rangos evidencian un mercado real y solvente, capaz de absorber la oferta proyectada. Además, más del 60% afirmó que consideraría adquirir o arrendar un inmueble en la zona de forma frecuente o muy frecuente, lo que confirma una demanda sostenida.

En conjunto, los hallazgos respaldan la pertinencia de la propuesta, pues los potenciales usuarios valoran altamente la ubicación, las características constructivas, los servicios complementarios y muestran disposición de pago dentro de rangos competitivos. Este panorama valida la factibilidad del proyecto desde una perspectiva técnica, económica y social, asegurando su inserción exitosa en el mercado inmobiliario de Babahoyo.

### **Coefficiente de consistencia interna – (Ver Anexo 2)**

**Objetivo del cálculo:** Evaluar la consistencia interna de los ítems del cuestionario aplicado a potenciales compradores y arrendatarios en Babahoyo, mediante el cálculo del

coeficiente Alpha de Cronbach, con el fin de garantizar la fiabilidad de los datos obtenidos para el análisis del plan de gestión del proyecto.

### **Análisis de confiabilidad de los ítems**

Para garantizar que los ítems utilizados en el cuestionario reflejen de manera consistente las percepciones de los encuestados sobre la ubicación y accesibilidad de los edificios, se realizará un análisis de confiabilidad mediante el Coeficiente Alpha de Cronbach.

La fórmula utilizada es la siguiente:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sigma_T^2} \right)$$

Donde:

$k$  = número de ítems de la escala,

$\sigma_i^2$  = varianza de cada ítem,

$\sigma_T^2$  = varianza de la suma total de los ítems.

### **Cálculo del Alpha de Cronbach por bloque:**

- Para el procesamiento y análisis de los datos se utilizó Microsoft Excel, el cual permitió organizar la base de datos y aplicar las operaciones necesarias para calcular el coeficiente Alpha de Cronbach. Aunque Excel no es un software estadístico especializado como SPSS o R, ofrece herramientas suficientes para realizar operaciones algebraicas, de varianza y covarianza que permiten obtener este coeficiente de manera confiable.
- Si el Alpha es bajo (menor a 0.6), se evaluará la posibilidad de eliminar o modificar ítems para aumentar la confiabilidad.

### **Bloque A: Ubicación y accesibilidad – (Ver Anexo 3)**

Este bloque tuvo 4 preguntas sobre qué tan céntrico está el lugar, su cercanía a calles principales, la disponibilidad de servicios cercanos y el acceso al transporte público.

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sigma_T^2} \right)$$

$$\alpha = \frac{4}{4-1} \left( 1 - \frac{(0.9 + 1.0 + 0.9 + 1.1)}{15.1} \right)$$

$$\alpha = 0.988$$

El resultado obtenido fue  $\alpha = 0.988$ , lo que indica una confiabilidad muy alta. Esto significa que las preguntas están bien relacionadas entre sí y permiten evaluar de forma clara el factor de “ubicación y accesibilidad”. En términos sencillos, un valor de Alpha cercano a 1 refleja que los ítems miden de manera consistente el mismo aspecto del estudio.

### **Bloque B: Características del edificio – (Ver Anexo 4)**

Este bloque estuvo integrado por 4 ítems (seguridad estructural, calidad de materiales, áreas comunes y diseño arquitectónico).

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sigma_T^2} \right)$$

$$\alpha = \frac{4}{4-1} \left( 1 - \frac{(0.8 + 1.0 + 0.7 + 1.1)}{13.3} \right)$$

$$\alpha = 0.972$$

Se obtuvo un valor de  $\alpha = 0.972$ , lo cual también se considera excelente. Esto confirma que las respuestas de los encuestados sobre las características físicas y constructivas del proyecto fueron consistentes, lo que respalda la validez de las interpretaciones realizadas.

### **Bloque C: Servicios y Comodidades – (Ver Anexo 5)**

Este bloque incluyó 2 ítems: la relevancia de los servicios de mantenimiento y limpieza, y la importancia de las áreas de recreación y socialización.

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sigma_T^2} \right)$$

$$\alpha = \frac{2}{2-1} \left( 1 - \frac{(1.0 + 1.2)}{4.5} \right)$$

$$\alpha = 1.022$$

El resultado obtenido fue de  $\alpha \approx 1.00$ , lo cual refleja una consistencia interna perfecta entre los ítems del bloque. A pesar de estar conformado por solo dos preguntas, el resultado confirma que la escala posee un nivel de fiabilidad adecuado para los fines de la presente investigación.

### **Análisis de resultados**

El análisis de fiabilidad mediante el coeficiente Alpha de Cronbach evidenció que el instrumento aplicado posee una consistencia interna sólida en todos sus bloques. En el Bloque A (Ubicación y accesibilidad) se obtuvo un valor de  $\alpha = 0.988$ , mientras que en el Bloque B (Características del edificio) el coeficiente alcanzó  $\alpha = 0.972$ , ambos considerados como excelentes de acuerdo con los criterios de George y Mallery (2003). Por su parte, el Bloque C (Servicios y comodidades), conformado únicamente por dos ítems, alcanzó un  $\alpha = 1.022$ , nivel que se clasifica como perfecta en escalas reducidas. Estos resultados confirman que los ítems de cada bloque presentan coherencia entre sí y miden de manera confiable el constructo propuesto, garantizando así la validez y solidez de los resultados obtenidos en la encuesta aplicada.

### **Guía de Entrevista a Expertos del Sector Inmobiliario – (Ver Anexo 6)**

Para complementar la información obtenida a través de las encuestas, se realizaron entrevistas semiestructuradas a tres expertos del sector inmobiliario de la ciudad de Babahoyo, entre ellos un corredor de bienes raíces, un ingeniero civil con experiencia en construcción de proyectos multifamiliares y un funcionario municipal del área de planificación urbana. La selección de los entrevistados se efectuó mediante un muestreo

intencional, priorizando a profesionales con experiencia y conocimiento directo del mercado local. De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), en investigaciones cualitativas no resulta determinante el número de participantes, sino la saturación de información, es decir, el momento en que las entrevistas dejan de aportar datos novedosos. En este caso, las tres entrevistas realizadas fueron suficientes para identificar patrones de opinión, validar los resultados de la encuesta y aportar criterios especializados sobre la viabilidad comercial, competitividad y sostenibilidad del proyecto.

**Objetivo de la entrevista:** Obtener criterios de expertos en el sector inmobiliario y construcción para evaluar el grado de ajuste del proyecto a la demanda local, su competitividad y viabilidad económica.

### **Análisis de resultados**

En cuanto a la demanda del mercado local, los expertos entrevistados coincidieron en que en la ciudad existe una creciente necesidad de viviendas multifamiliares en zonas céntricas, lo cual se debe principalmente al aumento de la población y a la movilidad interna. Mencionaron que un proyecto que combine departamentos con locales comerciales podría ser muy atractivo, tanto para familias como para pequeños inversionistas.

En cuanto a la competitividad, los participantes destacaron que incorporar locales comerciales en la planta baja, junto con acabados de nivel medio–alto y áreas comunes, aporta un valor agregado frente a la oferta existente. También señalaron que un diseño arquitectónico moderno y funcional podría convertirse en un factor determinante para atraer el interés de los compradores.

Respecto a la viabilidad económica, coincidieron en que los precios obtenidos en la encuesta, entre \$80,001 y \$120,000 por departamento; y entre \$501 y \$900 por el alquiler de un local— se ajustan a la capacidad de pago de la clase media emergente y de los comerciantes del centro de la ciudad. Esto indica que el proyecto cuenta con buenas posibilidades de comercialización y rentabilidad.

Finalmente, sobre los riesgos y recomendaciones, resaltaron la necesidad de cumplir rigurosamente con las normativas de construcción y seguridad estructural, controlar los costos de ejecución y diferenciar claramente el proyecto frente a otros similares. También

sugirieron diseñar estrategias de marketing enfocadas en la ubicación, el diseño y los servicios adicionales, con el objetivo de fortalecer la aceptación del proyecto en el mercado local.

**Tabla 16.- Evaluación de factores clave del proyecto según expertos del sector inmobiliario**

<b>Categoría</b>	<b>Principales hallazgos</b>
<b>Demanda del mercado</b>	Necesidad creciente de vivienda multifamiliar en zonas céntricas por crecimiento poblacional y movilidad interna.
<b>Competitividad</b>	Valor agregado con locales comerciales en planta baja, acabados medio–altos, áreas comunes y diseño moderno.
<b>Viabilidad económica</b>	Precios propuestos (\$80,001–\$120,000 departamentos; \$501–\$900 locales) coherentes con capacidad de pago.
<b>Riesgos y recomendaciones</b>	Cumplir normativa de construcción, controlar costos, diferenciarse de proyectos similares, aplicar marketing estratégico.

*Nota:* La información sintetizada en esta tabla corresponde al análisis cualitativo realizado a partir de entrevistas con expertos del sector inmobiliario de Babahoyo. Los hallazgos permiten identificar factores críticos de éxito del proyecto, los cuales complementan la información obtenida en las encuestas aplicadas a potenciales compradores y arrendatarios, aportando así a la validación de la viabilidad técnica, económica y comercial del edificio multifamiliar con locales comerciales.

### **Análisis de estudio de mercado**

#### **Oferta actual en el sector céntrico**

Durante el análisis se evidenció que la mayoría de los proyectos inmobiliarios presentes en la zona se orientan principalmente hacia viviendas unifamiliares o departamentos con acabados estándar, lo que provoca una escasez de alternativas que ofrezcan un mayor valor agregado, como locales comerciales, áreas comunes o terminaciones de nivel medio a alto. Además, se observó que la limitada disponibilidad de terrenos en el área céntrica está incentivando el desarrollo de proyectos verticales, especialmente edificios multifamiliares.

#### **Demanda potencial**

El aumento de la población urbana junto con los procesos de migración interna ha generado una mayor demanda de viviendas multifamiliares en áreas céntricas. Paralelamente, se ha identificado un grupo emergente de clase media con capacidad de

pago que oscila entre los \$80,000 y \$120,000, lo cual coincide con los resultados obtenidos en la encuesta aplicada. Asimismo, los comerciantes del centro manifestaron interés en alquilar locales con cánones que van de \$500 a \$900, lo que respalda la factibilidad de incorporar este componente dentro del proyecto.

### **Tendencias del mercado inmobiliario**

Se observa una tendencia creciente hacia los proyectos de uso mixto (residencial y comercial), ya que ofrecen la posibilidad de vivir cerca de los servicios esenciales. Los compradores también les otorgan cada vez mayor importancia a factores como el diseño moderno, la seguridad estructural, la sostenibilidad y una ubicación estratégica. Además, la plusvalía en el centro urbano suele ser más alta que en las zonas periféricas, lo que fortalece las expectativas de rentabilidad del proyecto.

### **Competencia**

Al revisar los proyectos similares en la ciudad, se encontró que los precios se mantienen en rangos parecidos al del presente estudio; sin embargo, la mayoría no contempla locales comerciales ni áreas comunes de valor. Esta limitación abre una oportunidad para que el proyecto propuesto se diferencie y genere una mayor propuesta de valor frente a la competencia.

### **3.3. Viabilidad técnica**

Se evaluó considerando la capacidad de la propuesta para cumplir con normativas locales, especificaciones técnicas y estándares de calidad propios del sector de la construcción. Para asegurar el cumplimiento de estos aspectos, se utiliza el análisis de riesgos mediante la metodología Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). Esta herramienta ayuda a identificar posibles modos de fallo durante las fases de diseño y construcción, además de evaluar su severidad, la frecuencia con la que podrían ocurrir y el nivel de detección. A partir de este análisis se obtiene un Número de Prioridad de Riesgo (RPN), que permite clasificar los riesgos más importantes y establecer acciones preventivas o correctivas. Así, se refuerza la confiabilidad y la seguridad del proyecto. La elaboración de la Matriz de Análisis de Modo y Efecto de Fallos (FMEA, por sus siglas en inglés) se fundamentó en tres fuentes principales de información:

**Revisión documental del diseño:** Se analizaron los planos preliminares de arquitectura y estructura, las especificaciones técnicas y las normativas locales aplicables,

tales como la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y ordenanzas municipales de Babahoyo.

**Experiencia técnica y literatura especializada:** Se tomaron como referencia investigaciones previas que identifican problemas frecuentes en edificaciones de uso mixto, como sobrecostos por deficiencias constructivas, retrasos en cronogramas y fallos en instalaciones (Gómez Sánchez et al., 2019; Dlamini & Cumberlege, 2021).

**Resultados de encuesta y entrevistas:** Aunque la encuesta estuvo enfocada principalmente en evaluar la viabilidad comercial y económica del proyecto, algunos ítems, como la valoración de la calidad de materiales, la seguridad del edificio, los servicios básicos y las áreas comunes, aportaron información útil para identificar y priorizar riesgos técnicos dentro de la matriz. Además, las entrevistas realizadas a técnicos y funcionarios locales ofrecieron criterios valiosos sobre el cumplimiento normativo y los procesos administrativos necesarios en Babahoyo. De esta manera, la matriz FMEA integra la perspectiva técnica, normativa y social, permitiendo identificar, clasificar y priorizar los riesgos constructivos que podrían comprometer la viabilidad técnica del proyecto. Su aplicación constituye la principal evidencia para la evaluación de esta dimensión, dado que permite anticipar problemas potenciales, cuantificar su impacto y plantear estrategias de mitigación antes de la ejecución de la obra.

#### **Matriz FMEA – Diseño y Construcción – (Ver Anexo 7)**

La aplicación de la matriz FMEA permitió identificar los principales riesgos técnicos asociados al proyecto de construcción del edificio multifamiliar con local comercial en Babahoyo. Los resultados muestran que los riesgos con mayor Número de Prioridad de Riesgo (RPN) se relacionan principalmente con tres aspectos:

**Objetivo de la Matriz:** permite identificar de forma sistemática los posibles modos de falla en el proyecto, evaluando su impacto en términos de severidad, frecuencia de ocurrencia y capacidad de detección.

**Escala utilizada (1–10):** Dónde RPN se calcula considerando  $S \times O \times D$ , y se prioriza los RPN más altos.

- Severidad (S): 1 = impacto menor; 10 = riesgo catastrófico (seguridad/colapso/incumplimiento crítico).
- Ocurrencia (O): 1 = poco probable; 10 = muy frecuente.
- Detección (D): 1 = altamente detectable por controles; 10 = difícil de detectar.

La tabla se organiza de la siguiente manera:

- **Modo de falla:** Describe el problema o situación que podría ocurrir durante la construcción.
- **Efecto de la falla:** Consecuencia directa que el problema puede generar en el proyecto, como sobrecostos, retrasos o fallas estructurales.
- **Causa raíz:** Factores técnicos, humanos o normativos que originan el problema.
- **Severidad (S):** Nivel de impacto que tendría la falla, donde 1 significa un impacto mínimo y 10 uno crítico.
- **Ocurrencia (O):** Probabilidad de que la falla ocurra, en una escala donde 1 indica que es poco probable y 10 que es muy probable.
- **Detección (D):** Capacidad para identificar la falla antes de que afecte al proyecto; 1 indica alta capacidad de detección y 10 una detección muy baja.
- **Número de Prioridad de Riesgo (RPN):** Valor resultante de multiplicar  $S \times O \times D$ , que permite establecer qué riesgos tienen mayor prioridad.
- **Acciones recomendadas:** Estrategias para prevenir o controlar el problema, reduciendo su probabilidad o impacto.

**Tabla 17.- Matriz de análisis de modos y efectos de fallo (FMEA) aplicada al proyecto de edificio multifamiliar con local comercial en Babahoyo**

Proceso / componente	Modo de fallo	Efecto en el proyecto	Causa raíz probable	Controles actuales	S	O	D	RPN	Acción recomendada	Responsable	Plazo	Métrica de verificación
<b>Estudio geotécnico y cimentación</b>	Capacidad portante insuficiente	Asentamientos/deterioro estructural	Sondeo insuficiente / heterogeneidad del suelo	2 calicatas + 1 sondeo SPT	9	5	6	<b>270</b>	Ampliar campaña (SPT adicional + ensayo laboratorio); recalcular zapatas/losas	Ing. geotécnico / estructural	Antes de diseño definitivo	Informe geotécnico complementario y memoria de cálculo actualizada
<b>Diseño estructural (sismorresistencia)</b>	Subdimensionamiento de elementos	Falla estructural en sismo	Parámetros sísmicos mal aplicados / modelo incompleto	Modelación ETABS preliminar	10	3	6	<b>180</b>	Revisión independiente de cálculo (peer review), conciliación NEC; detalles de ductilidad	Ing. estructural senior	Antes de planos para Aprobación	Acta de revisión y cumplimiento NEC/NSR-10 equivalentes
<b>Detalle de conexiones acero-hormigón</b>	Detalle inadecuado de anclajes	Fisuración, pérdida de capacidad	Falta de desarrollo/longitudes	Chequeo interno	8	4	5	<b>160</b>	Checklist de detallamiento; plantilla de verificación en planos	Jefe de diseño	Al emitir planos IFC	Lista de verificación firmada
<b>Impermeabilización de cubiertas y terrazas</b>	Fugas/infiltraciones	Daño a acabados y equipos	Sistemas mal especificados/ejecución deficiente	Especificaciones genéricas	7	5	6	<b>210</b>	Memoria de sistema (capas, pendientes, pruebas de estanqueidad 72h)	Residente / QA-QC	Durante obra gris	Registro de pruebas con fotos y actas
<b>Instalaciones eléctricas</b>	Sobrecarga/caídas de tensión	Riesgo eléctrico y fallas equipos	Cálculo de cargas subestimado	Plano unifilar básico	9	3	6	<b>162</b>	Cálculo por circuitos y selectividad; tableros con protecciones curvas adecuadas	Ing. eléctrico	Antes de compra tableros	Informe de cálculo y hoja de selectividad
<b>Protección contra incendios</b>	Cobertura insuficiente (detección/rociadores)	Riesgo a la vida / cierre municipal	Falta de coordinación con usos comerciales	Revisión arquitectónica	10	2	7	<b>140</b>	Ingeniería de detalle PCI; rutas de evacuación y señalética fotoluminiscente	Ing. PCI / Arquitecto	Diseño ejecutivo	Planos PCI aprobados y simulación de evacuación
<b>Evacuación y accesibilidad</b>	Anchos/recorridos no conformes	Incumplimiento normativo / sanciones	Subvaloración de cargas de ocupación	Criterio de anteproyecto	9	3	5	<b>135</b>	Cómputo de ocupación; ajuste de escaleras/puertas; accesibilidad universal	Arquitecto	Diseño ejecutivo	Hoja de cumplimiento con norma local
<b>Calidad de materiales (concreto y acero)</b>	Resistencia fuera de especificación	Desempeño estructural reducido	Control deficiente de producción	Ensayos puntuales	8	4	5	<b>160</b>	Plan de Ensayos (A/C, revenimiento, cilindros, tracción acero); lotes y trazabilidad	QA-QC	Obra	Tasa de conformidad $\geq 95\%$ en ensayos
<b>Coordinación BIM (arquitectura-MEP-estructura)</b>	Interferencias en obra	Retrabajos/costos/tiempos	Modelos descoordinados / sin clash detection	Revisión visual	7	5	5	<b>175</b>	Clash detection (Navisworks) con tolerancias y rondas semanales	Coordinador BIM	Pre-construcción	Reporte de interferencias $\leq 5$ críticas/semana
<b>Abastecimiento de mano de obra, materiales y equipos (ascensor/PCI)</b>	Plazos de suministro largos	Atrasos en ruta crítica	Compra tardía/contrato impreciso	Cronograma base	6	6	5	<b>180</b>	Procurement temprano; cláusulas de entrega; plan B de proveedor	Compras / Planner	Antes de obra gris	Entrega en plazo; % variación lead time $\leq 10\%$
<b>Control de obra (tolerancias)</b>	Desalineaciones / niveles	Problemas de montaje y acabados	Falta de control geométrico	Nivelación manual	6	5	6	<b>180</b>	Topografía de control por ejes; checklists por partida	Topógrafo / QA-QC	Permanente	% partidas dentro de tolerancia $\geq 95\%$
<b>Cumplimiento documental y permisos</b>	Observaciones municipales	Paradas de obra / multas	Expediente incompleto o desactualizado	Revisión interna	8	3	6	<b>144</b>	Matriz de requisitos y responsables; auditoría documental quincenal	Jefe técnico	Previa al inicio y durante	0 observaciones críticas en inspecciones

*Nota.* La matriz de modos y efectos de fallo (FMEA) presentada en esta tabla se elaboró a partir de la revisión documental del diseño arquitectónico, estructural y de instalaciones del proyecto, así como de la normativa técnica ecuatoriana vigente (NEC, COOTAD, ordenanzas municipales). Los valores de severidad (S), ocurrencia (O) y detección (D) fueron definidos en función de la experiencia de expertos en ingeniería civil y gestión de proyectos, a través de entrevistas semiestructuradas. El número de prioridad de riesgo (RPN) permitió jerarquizar los riesgos y proponer acciones preventivas y correctivas para garantizar la viabilidad técnica del edificio multifamiliar con local comercial en Babahoyo.

## **Análisis de Resultados**

### **Estudio geotécnico y cimentación**

El modo de fallo identificado corresponde a una capacidad portante insuficiente del suelo, con un RPN de 270, el valor más alto de la matriz, lo que lo clasifica como un riesgo crítico. Esta situación podría generar asentamientos diferenciales que comprometan la estabilidad de la estructura. La causa principal está relacionada con la limitada profundidad y alcance de las campañas de sondeo realizadas. Por ello, es fundamental ampliar y reforzar los estudios geotécnicos para reducir la probabilidad de error y mitigar este riesgo.

### **Diseño estructural (sismorresistencia)**

El subdimensionamiento de los elementos estructurales alcanzó un RPN de 180. Aunque la probabilidad de que ocurra es media, la severidad es muy alta (10), ya que implicaría un riesgo significativo en caso de sismo. Por este motivo, se recomienda realizar una revisión independiente de los cálculos estructurales, comparándolos con los criterios establecidos en la normativa NEC, para garantizar la seguridad sísmica del proyecto.

### **Detalle de conexiones acero–hormigón**

Un RPN de 160 señala un riesgo importante relacionado con la fisuración o pérdida de capacidad estructural. Este problema se origina principalmente por un diseño inadecuado de los anclajes y de las longitudes de desarrollo. Para minimizar este riesgo, resulta esencial utilizar listas de verificación y efectuar revisiones sistemáticas de los planos antes de la ejecución.

### **Impermeabilización de cubiertas y terrazas**

Este ítem presenta un RPN de 210, lo que lo convierte en un riesgo crítico. Las filtraciones de agua no solo afectan acabados y equipos, sino que comprometen la durabilidad de la estructura a mediano plazo. La raíz del problema está en la aplicación de especificaciones técnicas demasiado genéricas, lo que evidencia falta de detalle en la fase de diseño. Es indispensable elaborar un sistema de impermeabilización bien definido y respaldarlo con pruebas de estanqueidad rigurosas para garantizar su eficacia.

### **Instalaciones eléctricas**

Con un RPN de 162 se detecta un riesgo significativo relacionado con sobrecargas y caídas de tensión, consecuencia de cálculos de carga subestimados. Este escenario puede comprometer directamente la seguridad de los usuarios y la operatividad del sistema eléctrico. Para mitigar el riesgo, resulta indispensable realizar un recálculo detallado de las cargas previstas y complementar el diseño con protecciones adecuadas en los tableros eléctricos, asegurando así el cumplimiento normativo y la confiabilidad del sistema.

### **Protección contra incendios (PCI)**

El RPN de 140 muestra un riesgo alto para la seguridad de las personas. El problema es que no hay suficiente cobertura de detectores ni rociadores, lo que podría traer sanciones del municipio y, lo más grave, poner en riesgo vidas humanas. Por eso, se recomienda hacer una ingeniería de detalle que contemple rutas de evacuación bien definidas y señalética adecuada para mejorar la seguridad.

### **Evacuación y accesibilidad**

El incumplimiento de los anchos o recorridos mínimos tuvo un RPN de 135. Aunque no es el valor más alto, sí representa un problema porque puede generar sanciones y conflictos con la normativa. Para evitarlo, es necesario ajustar el diseño de las escaleras y puertas de acuerdo con los criterios de ocupación y accesibilidad universal.

### **Calidad de materiales (concreto y acero)**

El RPN de 160 muestra el riesgo de que los materiales no cumplan con las especificaciones, lo que podría disminuir el desempeño estructural. Los controles que se hacen de manera puntual no son suficientes, por eso se necesita implementar un plan de

ensayos y llevar la trazabilidad de los lotes para garantizar que todo el material cumpla con la normativa.

### **Coordinación BIM (arquitectura–MEP–estructura)**

El RPN de 175 refleja lo importante que es la coordinación entre disciplinas. Si no se hace una detección de interferencias (clash detection), pueden generarse retrabajos y gastos extras en la obra. Para reducir este riesgo, se recomienda usar de forma rigurosa Navisworks y emitir reportes semanales.

### **Abastecimiento de mano de obra, materiales y equipos**

Con un RPN de 180 se detecta un riesgo alto de atrasos debido a plazos de suministros. Esto impacta directamente en la ruta crítica del proyecto. Para minimizar el riesgo, se recomienda hacer la adquisición de materiales con anticipación y establecer cláusulas contractuales claras que aseguren los tiempos de entrega.

### **Control de obra (tolerancias)**

El RPN de 180 muestra que hay un riesgo frecuente de desalineaciones y problemas durante el montaje. Para disminuir estas desviaciones, es importante mantener un control topográfico constante y usar listas de verificación (checklists) durante todo el proceso de construcción.

### **Cumplimiento documental y permisos**

El RPN de 144 indica que existe un riesgo de multas o paralización de la obra por tener expedientes incompletos.

El análisis de riesgos del proyecto muestra que los valores de RPN oscilan entre 135 y 270, identificando varios puntos críticos que requieren atención prioritaria. El riesgo más alto corresponde a la cimentación, debido a una capacidad portante insuficiente del suelo, lo que podría afectar la estabilidad estructural. Otros riesgos relevantes incluyen el diseño sísmico, la impermeabilización, el abastecimiento de recursos, el control de obra y la coordinación BIM. En general, los impactos más significativos se concentran en tres áreas: la cimentación y estructura, el cumplimiento normativo y la obtención de permisos, y los sobrecostos por materiales y logística. Estos aspectos demandan planificación anticipada, controles rigurosos y estrategias preventivas para garantizar la seguridad, la viabilidad técnica y económica, así como el cumplimiento del cronograma. Por el contrario, los riesgos menores, como detalles en acabados o

servicios complementarios, presentan bajo impacto y pueden gestionarse con controles rutinarios. Sin embargo, es importante priorizar los riesgos con RPN elevados y aplicar medidas correctivas claras es clave para asegurar el éxito del proyecto.

### 3.4. Viabilidad económica

Siguiendo la metodología propuesta, realizamos la simulación Monte Carlo tomando en cuenta los riesgos que previamente identificamos y jerarquizamos mediante el análisis FMEA. Se determinaron los factores más importantes que afectan cada riesgo y se asignaron probabilidades condicionales de que ocurran, lo que permitió generar distintos escenarios que representan la incertidumbre real del proyecto. Los riesgos con mayor RPN, como:

- Estudio geotécnico y la cimentación (RPN 270)
- Impermeabilización (RPN 210)
- Diseño estructural (RPN 180)
- Abastecimiento de mano de obra, materiales y equipos (RPN 180)
- Control de obra (RPN 180)
- Coordinación BIM (RPN 175)

Estos riesgos se consideran variables principales en la simulación. Para cada uno, se modelaron los factores que más influyen en su ocurrencia, por ejemplo, en el caso geotécnico, el tipo de suelo, la profundidad de los sondeos y el alcance del estudio.

**Tabla 18.- Riesgos Críticos del Proyecto y Factores Determinantes**

<b>Riesgo</b>	<b>RPN</b>	<b>Factores que influyen</b>
Estudio geotécnico y cimentación	270	Tipo de suelo, profundidad del sondeo, alcance de sondeo
Impermeabilización	210	Tipo de cubierta, especificaciones técnicas, pruebas de estanqueidad
Diseño estructural	180	Dimensiones, subdimensionamiento, revisión normativa
Abastecimiento de mano de obra, materiales y equipos	180	Plazos de entrega, proveedores, ruta logística
Control de obra	180	Tolerancias, control topográfico, checklists
Coordinación BIM	175	Detección de interferencias, frecuencia de reportes, nivel de integración

*Nota:* La siguiente tabla resume los riesgos críticos identificados mediante FMEA, sus valores de RPN y los factores que más influyen en su ocurrencia. Esta información se utilizará como base para la simulación

Monte Carlo, permitiendo estimar probabilidades de falla y evaluar el impacto sobre plazos, costos y viabilidad del proyecto.

### **Simulación Monte Carlo integrando FMEA – (Ver Anexo 8)**

Para garantizar la correcta gestión de los riesgos críticos del proyecto, se combinó el análisis FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) con la simulación Monte Carlo implementada en R, un software estadístico de código abierto que permite modelar incertidumbre y variabilidad de manera eficiente.

Los riesgos priorizados mediante FMEA, considerando sus valores de RPN, fueron modelados tomando en cuenta los factores más relevantes de cada caso, como el tipo de suelo, la profundidad de sondeo o el alcance de los estudios. La simulación Monte Carlo permitió generar miles de escenarios posibles, estimando la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo y su posible impacto sobre los plazos, costos y viabilidad económica del proyecto. Esta integración de metodologías facilita una planificación preventiva más precisa, apoya la toma de decisiones fundamentadas y contribuye a reforzar la confiabilidad del proyecto.

#### **RIESGO 1: Estudio geotécnico y cimentación (RPN 270)**

Este riesgo se identificó como crítico debido a la capacidad portante insuficiente del suelo predominante en la ciudad de Babahoyo. Una falla de este tipo podría ocasionar asentamientos diferenciales que afectarían la estabilidad estructural del proyecto. Para la simulación, se tomó en cuenta la siguiente información:

**Objetivo:** Calcular la probabilidad de falla combinando los factores, y luego estimar el impacto económico usando Monte Carlo.

#### **Factores que influyen:**

- Tipo de suelo → arcilloso o relleno compactado
- Profundidad del sondeo → superficial o profunda
- Alcance del sondeo → limitado o completo

#### **Costos:**

- Estudio geotécnico: \$600
- Cimentación: \$8,000 por cada 100 m<sup>2</sup>
- Total, si falla: \$8,600

## **Tipo de suelo**

En Babahoyo, los suelos predominantes son:

- Arcillosos: Suelos naturales con alta plasticidad y baja permeabilidad.
- Rellenos compactados: Materiales sueltos y poco consolidados, comúnmente utilizados en obras de infraestructura.

## **Profundidad del sondeo**

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-CM), la profundidad mínima de los sondeos depende de la categoría de la unidad de construcción:

- Categoría baja: Profundidad mínima de 6 m.
- Categoría media: Profundidad mínima de 15 m.
- Categoría alta: Profundidad mínima de 25 m.
- Categoría especial: Profundidad mínima de 30 m.

Estas profundidades son recomendadas para garantizar la estabilidad de la cimentación y la seguridad estructural.

## **Alcance del sondeo**

El alcance del sondeo se refiere a la extensión lateral y vertical de la exploración del terreno. Un alcance completo implica una cobertura amplia y profunda del terreno, mientras que un alcance limitado se restringe a áreas específicas y menos profundas.

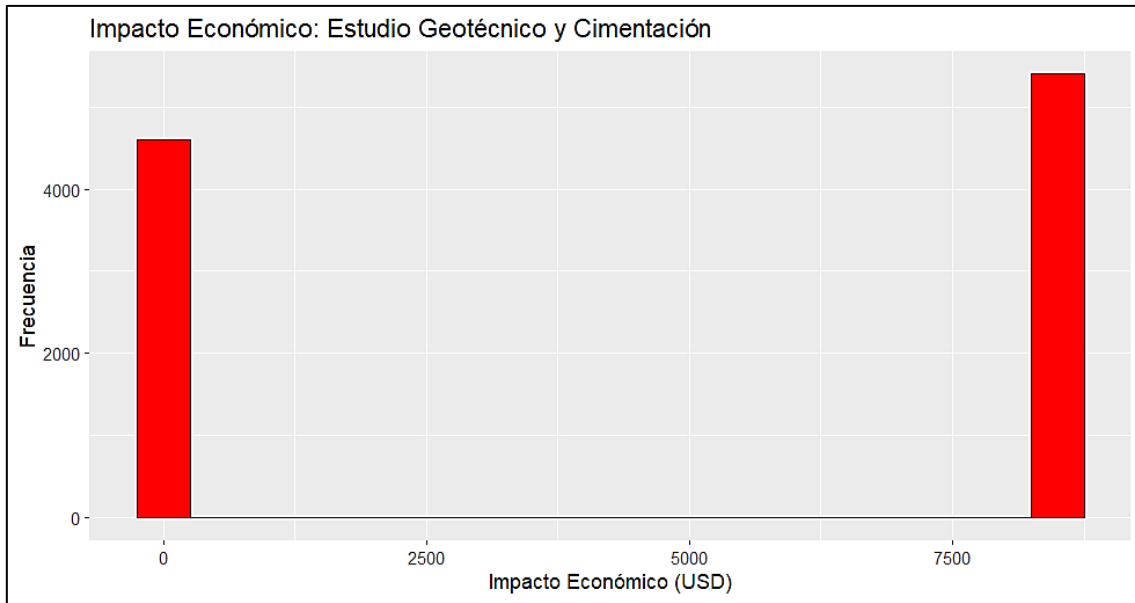
## **Análisis de Resultados**

- Probabilidad de falla estimada: 54 % (5 403/10 000 escenarios).
- Costo esperado por falla: \$ 4 646,58.
- Desviación estándar del costo: \$ 4 286,22 (alta dispersión).
- Percentiles observados: 10 % = 0; 50 % (mediana) = 8 600; 90 % = 8 600.

Los resultados evidencian que existe una alta probabilidad de enfrentar problemas relacionados con la capacidad portante del suelo, ya que más de la mitad de los escenarios analizados presentan esta condición. El análisis de los percentiles (10 % = 0 y mediana = 8 600) indica un comportamiento bimodal. En algunos casos no se generarían costos adicionales, ya que el estudio geotécnico inicial sería suficiente y el suelo presentaría las características adecuadas. No obstante, cuando ocurre la falla, el impacto económico se concentra alrededor de los \$8 600, lo que puede interpretarse como el costo promedio de

reforzamientos, ajustes en cimentación u otras medidas correctivas. La alta desviación estándar refleja que, aunque el costo medio estimado es de \$4 646,58, existe una considerable incertidumbre sobre la magnitud real del impacto económico en escenarios desfavorables.

**Gráfico 15.-** Visualización de la distribución del impacto económico



*Nota:* Este análisis permite cuantificar la incertidumbre financiera del riesgo y proporciona una base para planificar reservas de contingencia. Asimismo, respalda la priorización de medidas preventivas en el proyecto, contribuyendo a la seguridad estructural y al cumplimiento del presupuesto.

### **Vinculación con la matriz FMEA, encuesta y entrevistas**

La alta RPN (270) ya señalaba criticidad; la simulación cuantitativa confirma y dimensiona la magnitud económica e incertidumbre.

Las entrevistas con expertos y la encuesta aportan información contextual (tolerancias de mercado, sensibilidad a plazos y costos). Aunque la encuesta no mide directamente parámetros geotécnicos, sí respalda la necesidad de reducir riesgos que puedan afectar los tiempos de entrega y los costos, aspectos que influyen en la disposición de compra y la percepción del mercado. Las entrevistas realizadas aportan criterios útiles para establecer umbrales de contingencia y prioridades en la mitigación.

El riesgo identificado en el estudio geotécnico y de cimentación es alto, tanto por su probabilidad como por su impacto económico en escenarios adversos. La evidencia obtenida a través de la simulación Monte Carlo confirma la urgencia de implementar acciones preventivas, como ampliar la investigación de suelos, preparar diseños alternativos y reservar una contingencia presupuestaria específica. Estas medidas no solo reducirían la probabilidad de falla, sino que también limitarían la variabilidad de los costos asociados y reforzarían la viabilidad técnica y financiera del proyecto.

### **RIESGO 2: Impermeabilización (RPN 210)**

El riesgo se asocia a filtraciones por errores de diseño/ejecución del sistema de impermeabilización (juntas, pendientes, detalles en puntos singulares) y/o por ausencia de pruebas de estanqueidad. Cuando ocurre, genera reprocesos (retiro de la capa, secado, reinstalación) y daños colaterales en acabados.

#### **Factores que influyen (de tu FMEA):**

- Tipo de cubierta: losa de hormigón vs. cubierta ligera.
- Especificaciones técnicas: completas vs. incompletas.
- Pruebas de estanqueidad: realizadas vs. no realizadas.

#### **Datos para la simulación (ajustables):**

- Probabilidad de losa: 0,70; ligera: 0,30.
- Especificaciones completas: 0,80; incompletas: 0,20.
- Pruebas realizadas: 0,75; no: 0,25.
- Costo: \$ 3 800 por cada 100 m<sup>2</sup>.

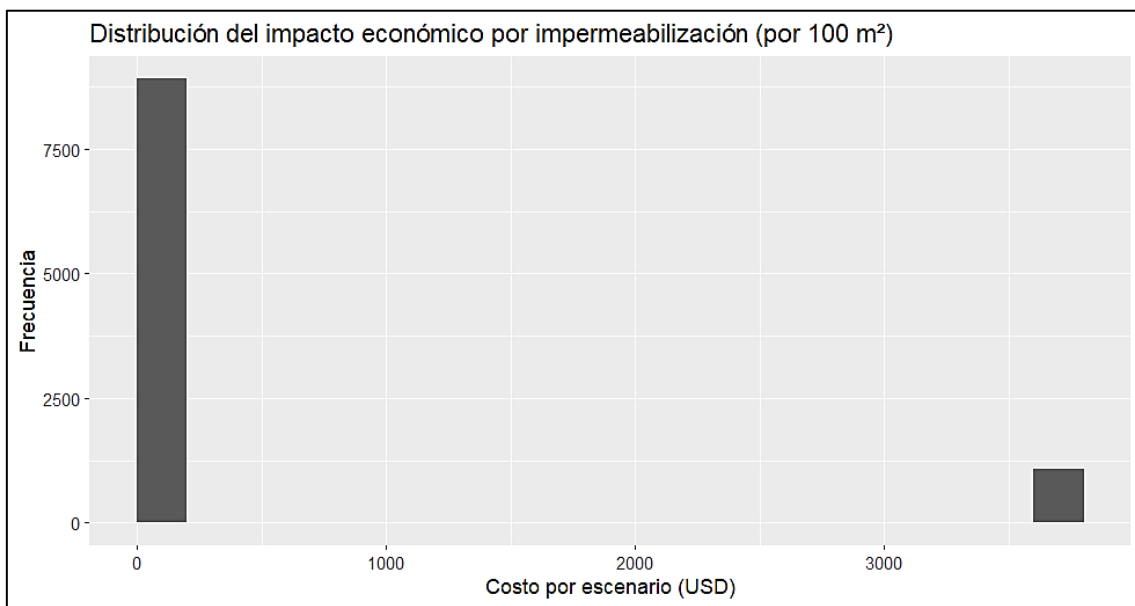
#### **Análisis de Resultados**

- Probabilidad de falla estimada: 10,79 %.
- Costo esperado por falla (por 100 m<sup>2</sup>): \$ 410,02.
- Desv. estándar del costo: \$ 1 179,02.
- Percentiles del costo: P10 = 0; Mediana = 0; P90 = 3 800.

El riesgo asociado a la impermeabilización muestra una probabilidad baja a moderada (alrededor del 11 %), pero cuando llega a presentarse puede generar un impacto significativo (\$ 3.800 por cada 100 m<sup>2</sup>). El hecho de que la mediana sea 0 indica que en la mayoría de los escenarios no se generan costos adicionales; sin embargo, existe la

posibilidad de un impacto significativo cuando coinciden factores desfavorables, como especificaciones incompletas o la falta de pruebas. Este comportamiento está asociado a un RPN de 210, lo que lo clasifica como un riesgo crítico, aunque por debajo del riesgo geotécnico. No obstante, este riesgo no compromete la viabilidad del proyecto si se implementan medidas preventivas, como garantizar especificaciones claras, supervisar cuidadosamente los detalles constructivos y realizar pruebas de estanqueidad antes de la recepción.

**Gráfico 16.-** Visualización de la distribución del impacto económico



*Nota:* La distribución muestra que, en la mayoría de los escenarios simulados, el costo adicional por fallas de impermeabilización es nulo o insignificante; sin embargo, existe una cola derecha donde se concentran pocos casos con impactos cercanos a \$ 3.800 por cada 100 m². Esto evidencia que, aunque la probabilidad de ocurrencia es baja (~11 %), el impacto puede ser considerable cuando confluyen condiciones desfavorables.

### **Vinculación con la matriz FMEA, encuesta y entrevistas**

El FMEA lo prioriza (RPN 210) y la simulación cuantifica su impacto esperado. Las entrevistas recomiendan diferenciación por calidad y control de costos: este riesgo es altamente mitigable con estándares y control de calidad. La encuesta respalda la sensibilidad del mercado frente a calidad y tiempos; reducir reprocesos protege margen y credibilidad comercial.

### **RIESGO 3: Diseño estructural (RPN 180)**

La matriz FMEA clasificó *Diseño estructural (sismorresistencia)* con: Severidad = 10, Ocurrencia = 3, Detección = 6 → RPN = 180. En la práctica esto significa:

- Severidad muy alta: si falla, impacto estructural y de seguridad (costos elevados, posibles demoliciones parciales).
- Ocurrencia moderada (O=3): puede suceder en algunos proyectos, pero no en la mayoría.
- Detectabilidad moderada (D=6): errores de diseño no siempre se detectan antes de ejecutar obra.

Para estimar el impacto económico se tomó como referencia la literatura metodológica sobre gestión de riesgos y simulación Monte Carlo en el ámbito de la construcción (Qazi & Simsekler, 2021; Forat Al Sahar, 2019), la cual destaca la importancia de modelar tanto la probabilidad de ocurrencia del evento como la magnitud del costo asociado a su materialización. Los estudios sobre retrabajo en proyectos constructivos muestran que los costos relacionados con correcciones estructurales pueden variar considerablemente, desde ajustes menores hasta intervenciones de refuerzo que implican una inversión significativa. Debido a esta variabilidad y a la escasez de datos históricos detallados, se optó por utilizar una distribución triangular (mínimo, moda y máximo), que se considera un enfoque adecuado en situaciones donde la información empírica es limitada, pero se cuenta con criterios y juicio experto (Stamatis, 2003; Love et al., literatura sobre rework).

#### **Datos numéricos (base para el código)**

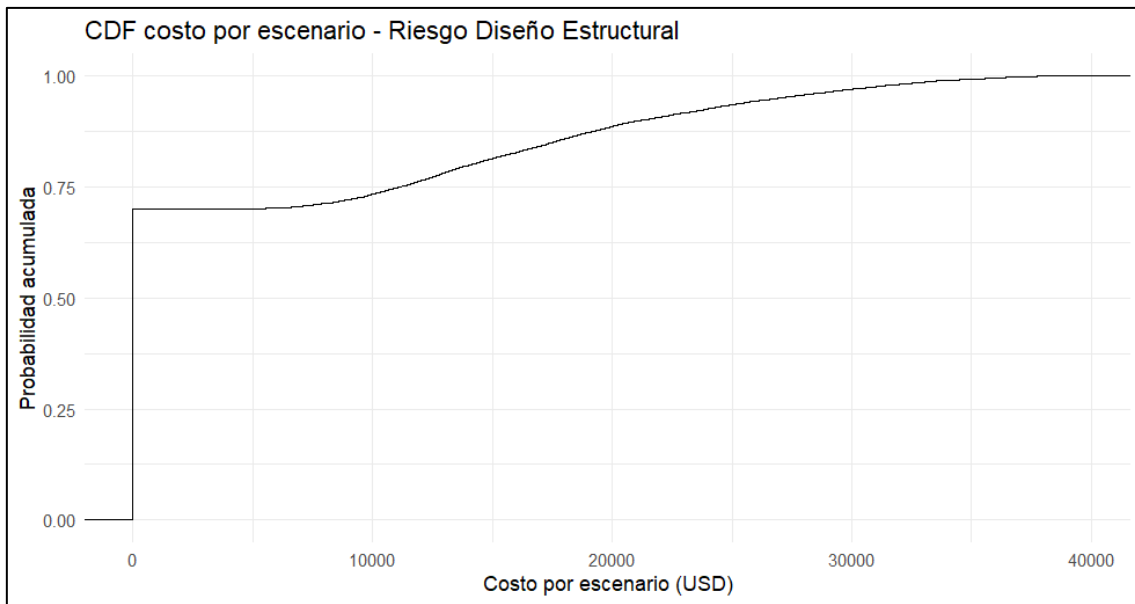
- Probabilidad de ocurrencia del fallo (p): 0.30 (equivalente análogo a O=3)
- Costo si ocurre el fallo: distribución triangular con min = \$ 5 000, mediana = \$ 12 000, max = \$ 40 000.

#### **Análisis de Resultados**

- La probabilidad empírica (~29.9 %) confirma el supuesto de ocurrencia moderada (O=3).
- El costo esperado por escenario de ~ \$ 5 608,53 incorpora que la mayoría de los escenarios no presentan la falla (costo 0) pero que, cuando ocurre, los costos son altos.

- La mediana = 0 refleja que en más del 50 % de los escenarios no ocurre la falla; sin embargo, el percentil 90  $\approx$  \$ 21 253,74 muestra que en el 10 % de peores escenarios la pérdida puede superar los \$ 21 000, un monto relevante para el presupuesto del proyecto.
- La alta desviación estándar confirma una gran variabilidad (cola derecha).

**Gráfico 17.-** Función de distribución acumulada de los costos.



*Nota:* La gráfica evidencia que cerca del 70 % de los escenarios presentan costos  $\leq$  12.000 USD (refuerzos moderados), mientras que un 30 % podría superar este valor, alcanzando hasta 40.000 USD en casos de fallas graves. Esto resalta la importancia de realizar revisiones técnicas rigurosas en la fase de diseño para mitigar riesgos estructurales de alto costo.

### **Vinculación con la matriz FMEA, encuesta y entrevistas**

El ejercicio Monte Carlo cuantifica la intuición de la FMEA, donde se analiza que la probabilidad de falla es moderada, pero su severidad económica puede ser alta. Los resultados indican que, aunque la mayoría de los escenarios no generan costo (mediana=0), existe una cola de alto impacto, en el 10 % de los casos el costo puede llegar a más de \$ 21 000. Esto nos obliga a planificar no sólo medidas preventivas (revisión de cálculo, peer review), sino también reservas presupuestarias específicas.

### **RIESGO 4: Abastecimiento de mano de obra, materiales y equipos (RPN 180)**

El riesgo de abastecimiento de mano de obra, materiales y equipos puede generar retrasos en la ruta crítica, incrementos de costos por adquisiciones de emergencia, penalidades por incumplimiento y reprogramaciones constantes. Para modelar este riesgo en Monte Carlo se empleó una distribución triangular (mínimo, modo y máximo), ya que esta permite incorporar el criterio de expertos al definir un valor más probable y dos límites aceptables del impacto.

**Datos justificados (se puede ajustar con datos locales/proveedor):**

- Costo mínimo (MIN) = \$ 2 500: pequeñas reposiciones rápidas (reemplazo de mano de obra temporal, compra local urgente con poco costo adicional).
- Costo medio / más probable (MEDIANA) = \$ 10 000: re-provisión parcial por retrasos, compras a precio mayor y movilización adicional de cuadrillas y equipos.
- Costo máximo (MAX) = \$ 35 000: incidencias severas como cambio de proveedor, demoras largas, penalidades, retrabajos por recibir materiales no conformes y movilización extra de maquinaria.

Estos rangos corresponden a un RPN 180 (severidad alta combinada con ocurrencia/media y detectabilidad media).

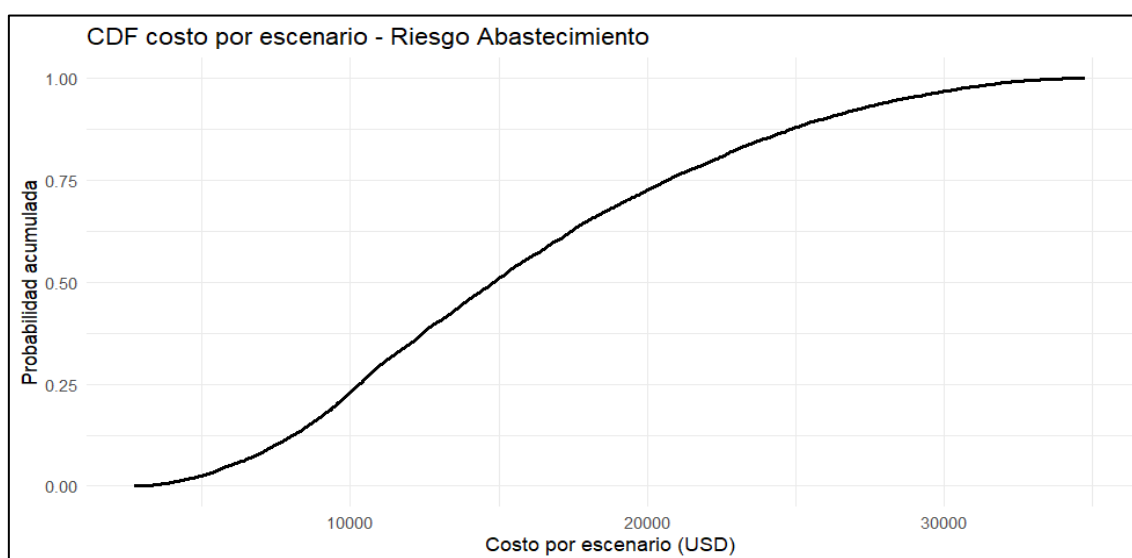
**Análisis de Resultados**

Con la simulación Monte Carlo aplicada a 10.000 escenarios, se obtuvo que el costo esperado del riesgo de abastecimiento alcanza los \$ 16 152,04, valor que puede considerarse como referencia para la reserva de contingencia dentro del presupuesto del proyecto. La mediana, de \$ 15 147,99, confirma que la mayoría de los escenarios probables se concentran alrededor de este monto, lo que evidencia que el impacto típico del riesgo es significativo y supera ampliamente los supuestos de reposiciones menores.

La dispersión de los resultados es considerable, con una desviación estándar de \$6 791,12, lo que refleja una alta variabilidad en los posibles costos. En el percentil 10 (\$8 044,34) se encuentran los escenarios más leves, generalmente asociados a demoras menores o sustituciones rápidas de materiales y personal. En cambio, el percentil 90 (\$26 120,62) indica que, en 9 de cada 10 casos, el costo no superaría los \$26 000 USD, lo que representa un escenario severo que podría impactar de manera importante el flujo de caja del proyecto si no se establecen medidas de contingencia.

Estos resultados muestran que el riesgo de abastecimiento es crítico, ya que combina una probabilidad alta con costos potenciales elevados, especialmente en casos de incumplimiento de proveedores, importaciones de materiales especializados o necesidad de movilizar cuadrillas adicionales. En el contexto de un proyecto de edificación multifamiliar con locales comerciales en Babahoyo, este nivel de impacto podría comprometer tanto los plazos de entrega como la rentabilidad proyectada. Por tal motivo, se recomienda contemplar una reserva de contingencia cercana al percentil 90 ( $\approx$  \$ 26 000), complementada con estrategias de prevención como la diversificación de proveedores, el establecimiento de cláusulas contractuales que aseguren entregas oportunas y la implementación de un sistema de monitoreo permanente de los insumos críticos.

**Gráfico 18.-** *Función de distribución acumulada del costo por escenario – Riesgo de Abastecimiento.*



*Nota:* La gráfica muestra la función de distribución acumulada (CDF) del riesgo de abastecimiento de mano de obra, materiales y equipos. Se observa que la mayoría de los escenarios se concentran entre los \$ 10 000 y \$ 20 000, mientras que solo en casos extremos el costo podría acercarse a los \$ 35 000. Esto evidencia que, aunque existe variabilidad, en más del 90 % de los escenarios simulados los costos se mantienen por debajo de los \$ 26 000, lo que permite definir reservas de contingencia acordes a la magnitud del riesgo.

### **Vinculación con la matriz FMEA, encuesta y entrevistas**

La integración de los tres insumos permitió elaborar una matriz FMEA con base empírica y parametrizar de forma adecuada la simulación de Monte Carlo. Gracias a esto, las estimaciones de costos promedio y percentiles lograron reflejar tanto la realidad

operativa (considerando la experiencia de proveedores y contratistas) como la dinámica del mercado local. A partir de la FMEA, se identificaron medidas prácticas como compras anticipadas, establecimiento de cláusulas contractuales, diversificación de proveedores, manejo de inventarios de respaldo y controles de calidad. Estas acciones no solo se fundamentan en la evidencia recopilada, sino que también representan estrategias viables para disminuir el RPN y la exposición económica del proyecto.

#### **RIESGO 5: Control de obra (RPN 180)**

Para que la simulación genere resultados significativos en el análisis del riesgo de control de obra, es necesario que primero se definan las variables que lo describen. La variable principal corresponde al costo adicional generado por retrabajos y correcciones; sin embargo, también resulta pertinente incluir la duración extra en días como indicador de retraso en el cronograma. A estas se pueden sumar la probabilidad de ocurrencia del evento (ocurre/no ocurre) y el impacto en la calidad, medido como el porcentaje de partidas afectadas y traducido posteriormente en costos proporcionales. Para modelar estas variables, se utilizó la distribución triangular (mínimo, más probable y máximo), ya que se adapta de manera adecuada a estimaciones basadas en criterio experto cuando no se dispone de datos históricos suficientes.

Debido a la relación existente entre riesgos, se observa que el riesgo 5 (Control de obra) está estrechamente vinculado al riesgo 4 (Abastecimiento de mano de obra, materiales y equipos). Cualquier problema en el suministro —como retrasos, materiales defectuosos o cambios de proveedor— impacta de forma inmediata en el control de la obra, obligando a reprogramar actividades, ajustar tolerancias o incluso repetir partidas constructivas. A su vez, un control deficiente amplifica los efectos negativos de un abastecimiento inadecuado, traduciéndose en retrabajos, desperdicio de recursos y acabados de menor calidad. Desde el punto de vista de la gestión, ambos riesgos constituyen una cadena de causa y efecto: si falla el suministro, la ejecución y el control se ven comprometidos.

Esta interrelación queda confirmada en la matriz FMEA, donde ambos riesgos muestran valores elevados de RPN y se ubican en fases consecutivas del proceso constructivo. Asimismo, la simulación Monte Carlo evidencia que la ocurrencia del riesgo de abastecimiento aumenta tanto la probabilidad como la magnitud del riesgo

asociado al control de obra, lo que refuerza la necesidad de gestionarlos de manera conjunta.

### **Análisis de Resultados**

Para analizar de manera cuantitativa el riesgo asociado al control de obra, se utilizó la simulación de Monte Carlo con 10 000 iteraciones. En este caso se consideró como variables principales el costo adicional por retrabajos y correcciones, el retraso en días dentro del cronograma y el porcentaje de partidas constructivas afectadas.

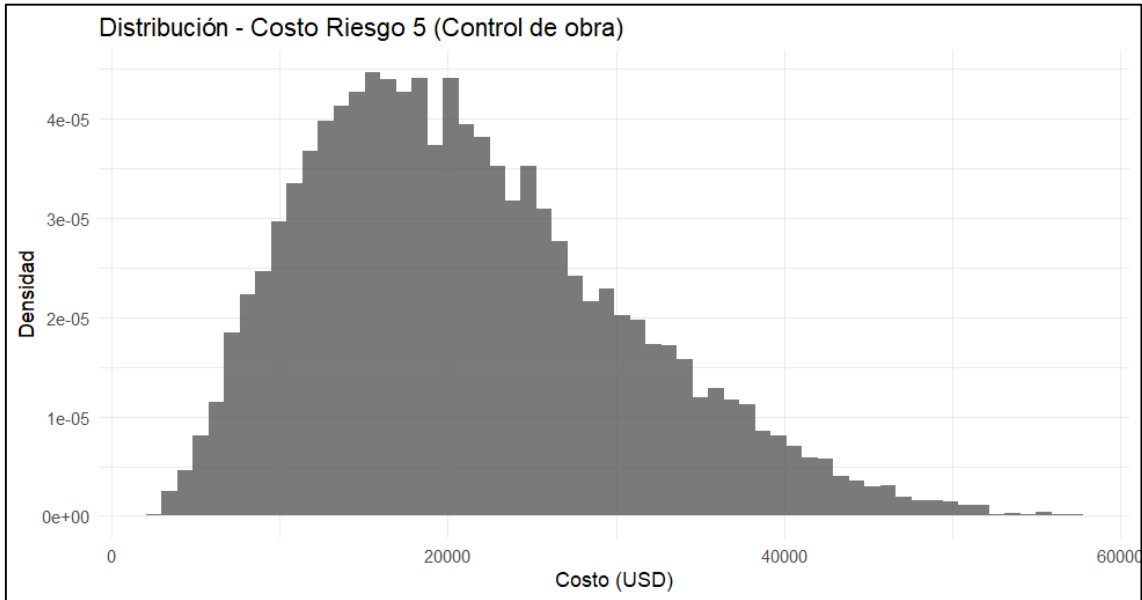
El costo base de este riesgo (riesgo 5) se representó con una distribución triangular, tomando como valores un mínimo de \$ 1 500, un más probable de \$ 8 000 y un máximo de \$ 30 000. Estas cifras se definieron apoyándose en criterios de expertos y referencias de proyectos similares. Dado que este riesgo está relacionado con el riesgo 4 (abastecimiento de mano de obra, materiales y equipos), se incorporó un factor proporcional que reflejara esa dependencia. Para ello se utilizó un multiplicador aleatorio entre 0 y 0,6, con una distribución Beta (2,2), lo que implica que entre un 0 % y un 60 % del costo adicional por problemas de abastecimiento puede trasladarse al control de obra en forma de mayor supervisión, ajustes o retrabajos. Además, se consideraron dos variables secundarias: el retraso en el cronograma, modelado con una distribución triangular (mínimo de 3 días, más probable 15 días y máximo 60 días), y el porcentaje de partidas afectadas, también con distribución triangular (mínimo 5 %, más probable 15 % y máximo 45 %). Para relacionar ambos riesgos (4 y 5) se empleó una cópula gaussiana con  $\rho = 0,60$ , lo que representa una correlación positiva moderada-alta entre problemas de suministro y complicaciones en el control de obra.

Los resultados obtenidos muestran un costo esperado de aproximadamente \$21 196, con una mediana de \$19 909 y una desviación estándar de \$9 433, lo que refleja una alta variabilidad. Según el análisis percentil, existe un 90 % de probabilidad de que el costo no supere los \$34 500, aunque en un 18 % de las simulaciones se registraron sobrecostos superiores a \$30 000. En cuanto al tiempo, el retraso promedio estimado fue de 26 días, llegando hasta 44 días en el percentil 90. Y respecto a la calidad, se observó que, en promedio, un 22% de las partidas podrían verse afectadas, con escenarios extremos de hasta 34%.

Por lo tanto, los resultados me muestran que el riesgo de control de obra no puede evaluarse por separado, ya que su impacto aumenta cuando se presentan fallas en el

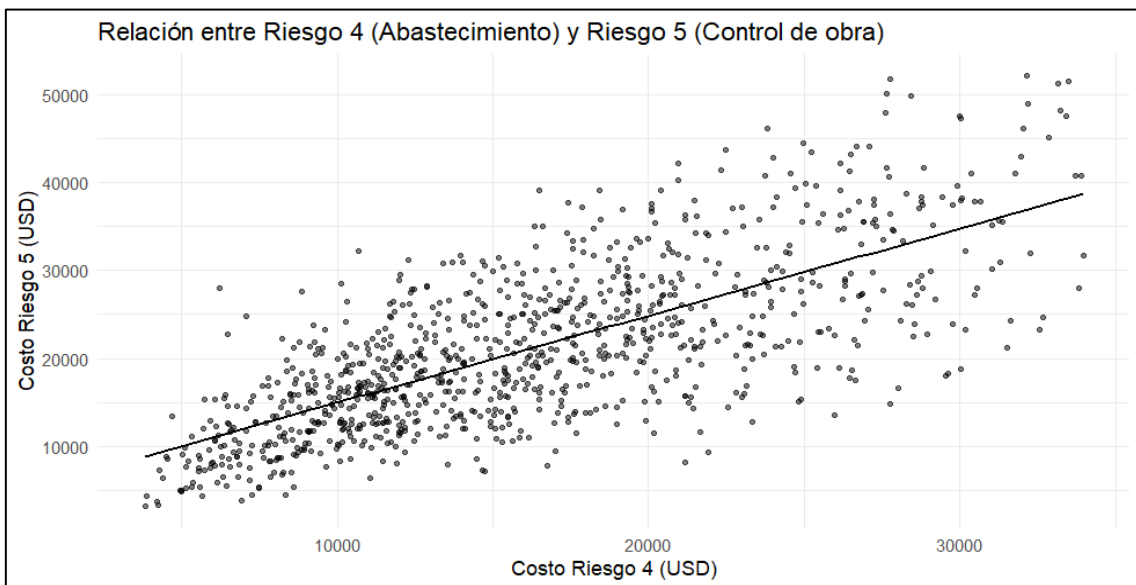
abastecimiento. La estrategia de gestión preventiva debe considerar ambos riesgos en conjunto e incluir medidas de contingencia tanto en el cronograma como en el presupuesto.

**Gráfico 19.-** Distribución simulada del costo asociado al Riesgo 5 (Control de obra)



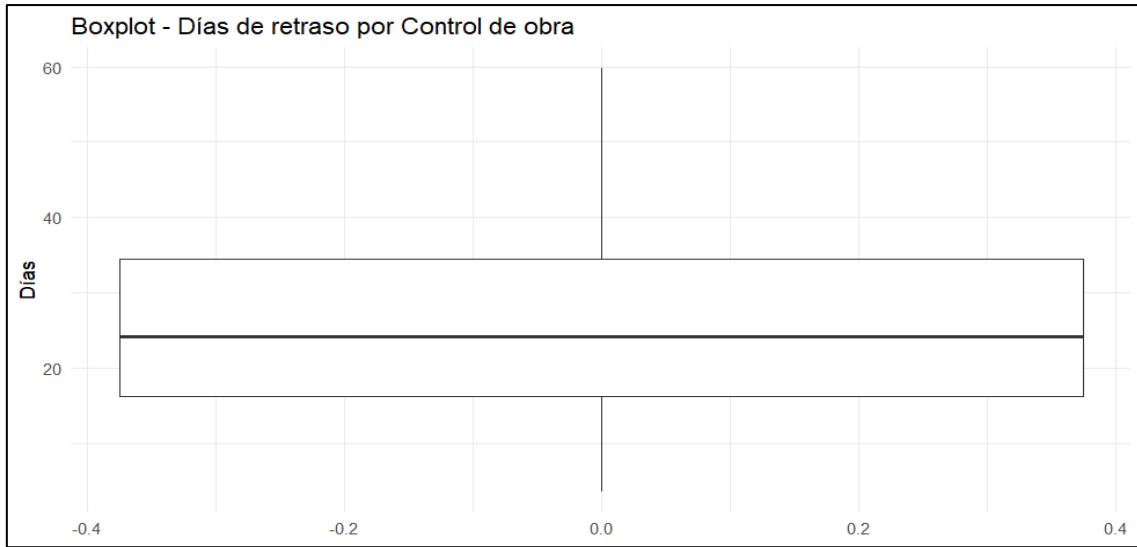
*Nota:* La mayor concentración de probabilidades se encuentra entre \$ 15 000 y \$ 25 000, lo que coincide con el rango más esperado de sobrecostos. El eje horizontal representa el costo en USD (\$), mientras que el eje vertical indica la densidad de ocurrencia de cada rango de valores.

**Gráfico 20.-** Relación entre el Riesgo 4 (Abastecimiento) y el Riesgo 5 (Control de obra)



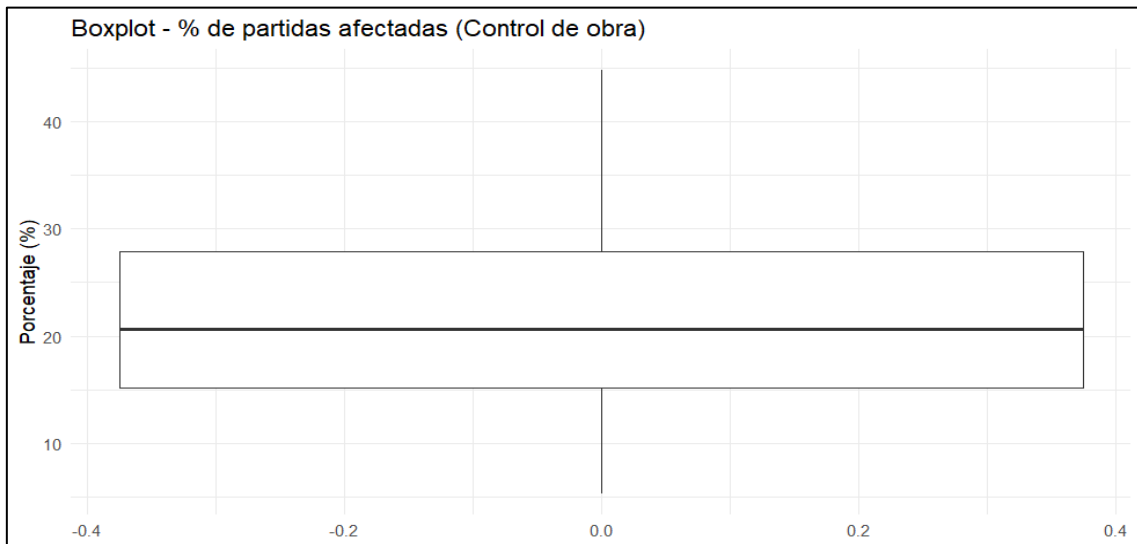
*Nota:* El gráfico de dispersión muestra la relación entre los costos vinculados al riesgo 4 (abastecimiento de mano de obra, materiales y equipos) y el riesgo 5 (control de obra), a partir de los resultados de la simulación Monte Carlo. Cada punto del gráfico representa una iteración de la simulación, mientras que la línea de tendencia refleja la correlación positiva existente entre ambas variables.

**Gráfico 21.-** *Boxplot – Días de retraso por el riesgo de Control de obra*



*Nota:* El boxplot muestra la distribución de los retrasos en días atribuibles al riesgo de control de obra, considerando las 10 000 iteraciones de la simulación Monte Carlo.

**Gráfico 22.-** *Boxplot del porcentaje de partidas afectadas en el control de obra*



*Nota:* El gráfico tipo boxplot o diagrama de cajas muestra la variabilidad en el porcentaje de partidas afectadas durante el control de obra. La mediana se ubica aproximadamente en el 21%, lo que indica que en la mayoría de los casos alrededor de una quinta parte de las partidas presentan afectaciones. El rango

intercuartílico (15 % – 28%) refleja que la dispersión es moderada, mientras que los valores extremos superan el 40 %, evidenciando escenarios puntuales con mayor incidencia de afectaciones.

### **RIESGO 6: Coordinación BIM (RPN 175)**

El riesgo vinculado a la coordinación BIM ocurre principalmente por fallas en la integración de los modelos de arquitectura, estructura e instalaciones (MEP). Cuando estas interferencias no se identifican a tiempo en la fase de diseño, generan retrabajos, incrementos en los costos y atrasos en el cronograma, lo que afecta directamente la eficiencia de la obra. Este riesgo está directamente relacionado con el abastecimiento (Riesgo 4) y el control de obra (Riesgo 5). Una coordinación BIM eficaz contribuye a prevenir errores y mejora la integración entre procesos, mientras que una coordinación deficiente puede agravar los problemas de suministro y supervisión, incrementando el impacto sobre el proyecto. Para analizar este riesgo se utilizó la simulación Monte Carlo, aplicando una distribución triangular (mínimo, más probable y máximo) para estimar tanto los costos adicionales como los posibles retrasos. Este enfoque es adecuado cuando no hay mucha información histórica, pero sí se dispone de juicios de expertos y experiencias de proyectos similares. Además, se incorporó la relación de dependencia con los riesgos 4 y 5 mediante una cópula multivariante, lo que permitió capturar cómo los problemas de abastecimiento y control pueden amplificar los efectos de una deficiente coordinación BIM.

#### **Análisis de Resultados**

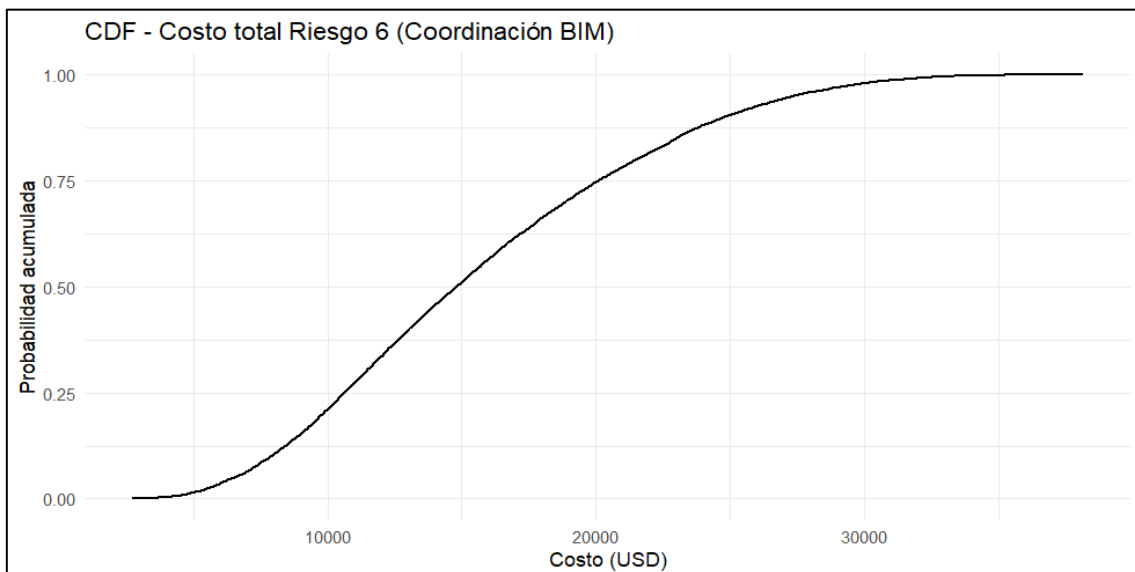
La simulación Monte Carlo para el riesgo de Coordinación BIM arrojó un costo esperado de \$ 15 681, con una mediana cercana a \$ 14 812, lo que refleja una distribución sesgada hacia valores altos. La dispersión de los resultados es considerable, con una desviación estándar de \$6 459, lo que indica que, en escenarios críticos, los costos adicionales podrían llegar a duplicar la media. En cuanto a escenarios extremos, el percentil 10 % se sitúa en \$7 894, lo que significa que en 1 de cada 10 casos el impacto económico sería relativamente bajo. Sin embargo, en el percentil 90 % se alcanza \$24 810, lo que evidencia que una coordinación BIM deficiente podría generar sobrecostos significativos, capaces de afectar la viabilidad financiera del proyecto. Las probabilidades de exceder umbrales clave muestran un nivel de riesgo elevado:

- En el 98,5 % de los escenarios, los costos superaron los \$ 5 000.

- En el 79 % de los escenarios, se excedieron los \$ 10 000.
- En aproximadamente el 25 % de los escenarios, el impacto económico fue superior a \$ 20 000.

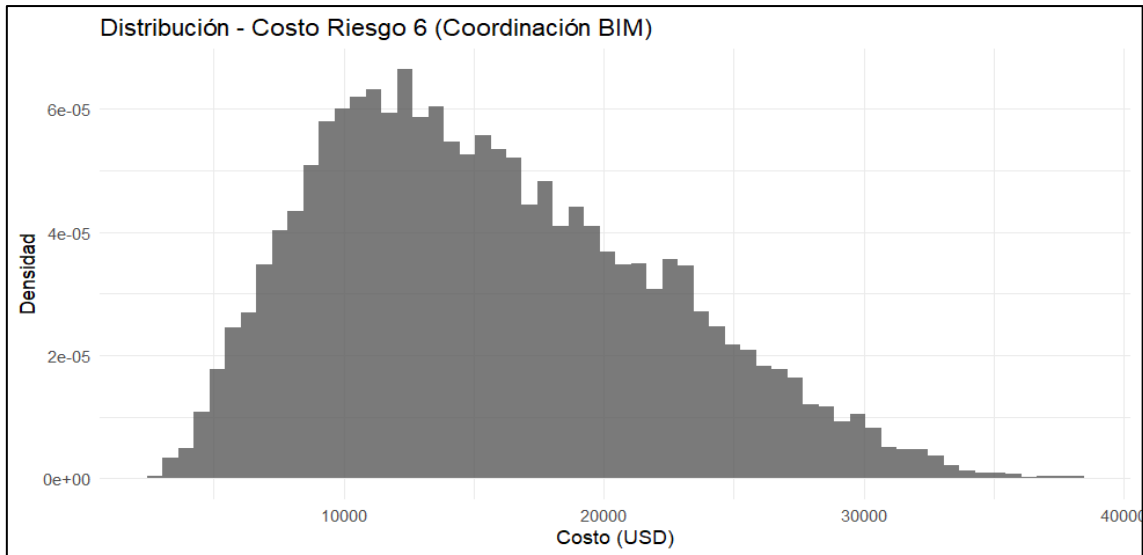
Respecto a los indicadores operativos, se estima un promedio de 35 interferencias (“clashes”) por proyecto, con una mediana de 33. Además, en promedio, el 28 % de los conflictos se resuelven de manera tardía, y en el 10 % de los escenarios más críticos este valor supera el 45 %. Esto confirma que las fallas de coordinación no solo generan costos directos, sino también retrasos y retrabajos que se intensifican durante la ejecución. Los gráficos de dispersión evidencian una correlación positiva clara entre los costos del Riesgo 6 y los riesgos previos (R4: Abastecimiento y R5: Control de obra). Esto indica que cuando surgen problemas en el suministro y en el control, los costos asociados a fallas de coordinación BIM tienden a incrementarse notablemente, lo que respalda el enfoque de modelar estos riesgos como interdependientes. Por lo tanto, los resultados muestran que el riesgo de Coordinación BIM constituye una amenaza financiera relevante, con escenarios que podrían generar sobrecostos superiores a \$20 000. Su estrecha relación con los riesgos de abastecimiento y control refuerza la necesidad de gestionarlo de forma integral dentro del plan de gestión, incorporando prácticas como detección temprana de conflictos (clash detection), rondas periódicas de coordinación y el uso disciplinado de modelos BIM federados como estrategias clave de mitigación.

**Gráfico 23.-** Función de distribución acumulada (CDF) del costo total asociado al Riesgo 6: Coordinación BIM



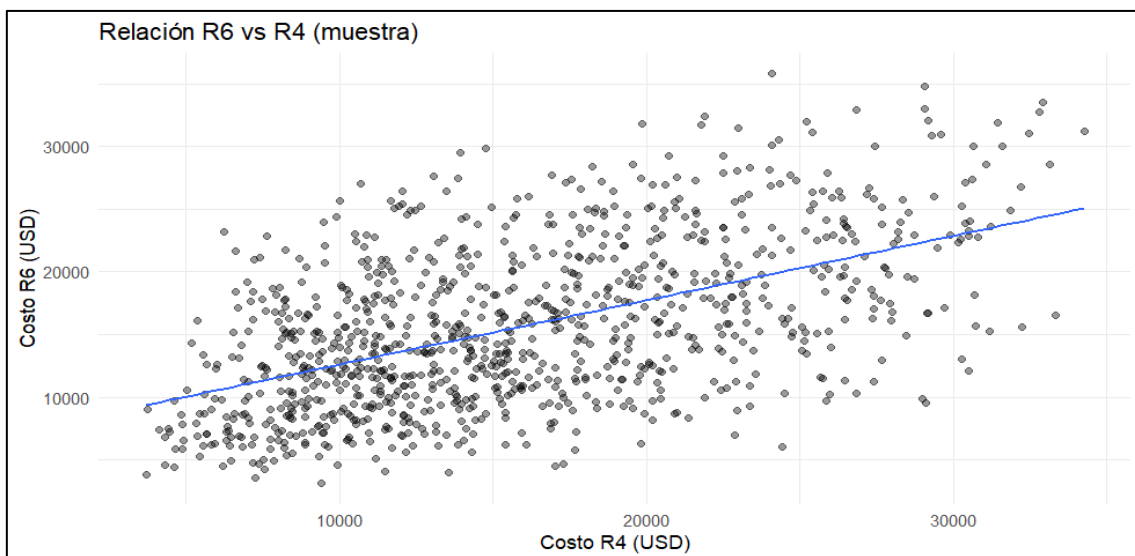
*Nota:* El gráfico evidencia la probabilidad acumulada de los costos asociados a la falta de coordinación BIM. Se aprecia que la mayor dispersión de escenarios se concentra, con una probabilidad cercana al 50 % alrededor de los \$ 15.000.

**Gráfico 24.-** *Distribución de costos asociados al Riesgo 6: Coordinación BIM*



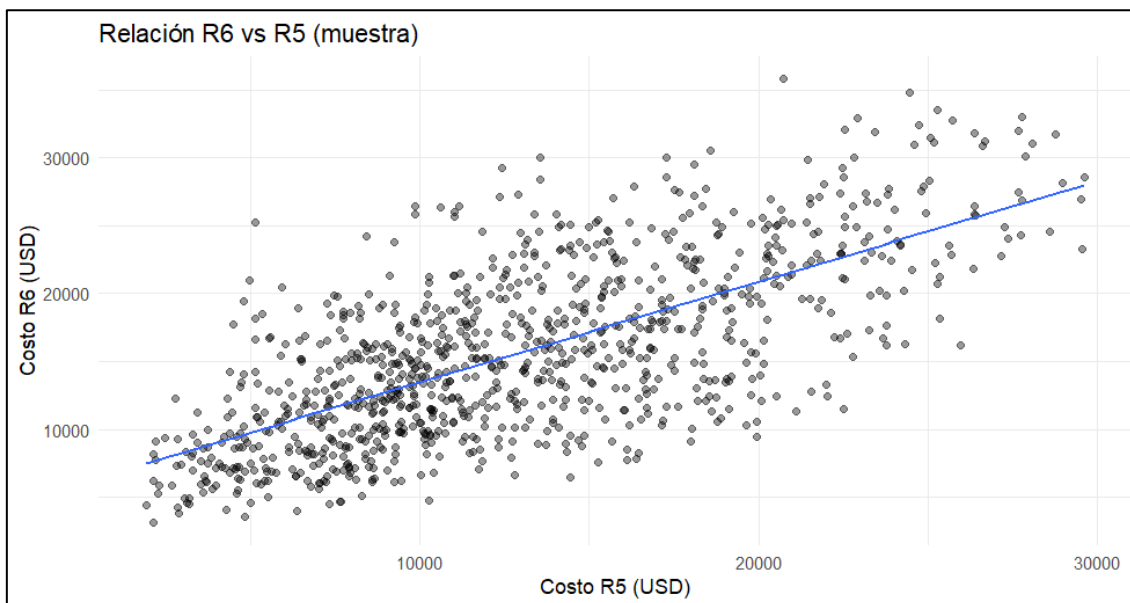
*Nota:* La gráfica de densidad refleja la dispersión de los posibles costos derivados de la falta de coordinación BIM. La mayor concentración de escenarios se encuentra entre \$10 000 y \$20 000, mientras que existe una cola hacia la derecha que indica escenarios menos frecuentes, pero de mayor impacto, llegando hasta aproximadamente \$35 000. Esta distribución evidencia la variabilidad e incertidumbre asociada al riesgo, y aporta información valiosa para dimensionar las reservas de contingencia en el presupuesto del proyecto.

**Gráfico 25.-** *Relación entre costos de los riesgos R6 y R4*



*Nota:* La gráfica muestra la relación entre los costos derivados de los riesgos R6 y R4. Se observa una tendencia positiva, en la cual a mayor costo asociado al riesgo R4, también se incrementa el costo del riesgo R6. Aunque existe una dispersión considerable en los valores, la línea de ajuste confirma una correlación directa, lo que sugiere que ambos riesgos tienden a presentarse de forma conjunta y, por tanto, deben considerarse en la planificación de contingencias.

**Gráfico 26.-** Relación entre costos de los riesgos R6 y R5



*Nota:* El gráfico muestra la relación entre el Costo R5 (USD) y el Costo R6 (USD) en una muestra de observaciones. Se observa una tendencia lineal positiva, es decir, a medida que aumenta el costo R5 también tiende a incrementarse el costo R6. Sin embargo, los puntos presentan una dispersión considerable alrededor de la línea de regresión, lo que indica que, aunque existe correlación entre ambas variables, no es perfecta y hay otros factores que influyen en el costo R6 además del costo R5.

### **3.5. Análisis de impacto económico del proyecto de construcción.**

Los resultados obtenidos a través de la matriz FMEA y de la simulación Monte Carlo permitieron identificar los riesgos con mayor impacto económico y operativo en el proyecto. Para cuantificar su influencia en el presupuesto y en el cronograma, se realizó un análisis comparativo entre el costo base del proyecto (sin contingencias) y los costos esperados ajustados por riesgo.

De acuerdo con las simulaciones realizadas, los tres riesgos con mayor incidencia económica: estudio geotécnico y cimentación (RPN 270), abastecimiento de materiales y equipos (RPN 180) y control de obra (RPN 180); representan un costo conjunto esperado

adicional del 4,8 % sobre el presupuesto inicial estimado. Este porcentaje se obtiene al promediar los costos esperados simulados de los riesgos principales y compararlos con el costo total del proyecto, que asciende aproximadamente a USD 270 000 para un edificio multifamiliar de tres pisos con local comercial.

Este valor global se sustenta en una estimación típica de costo unitario de construcción en el contexto urbano de Babahoyo, el cual oscila entre USD 280 y 300 por m<sup>2</sup> según datos de referencia del MIDUVI, el INEC y estudios de mercado de los años 2024–2025. En este caso, el proyecto cuenta con alrededor de 900 m<sup>2</sup> de construcción total, lo que corresponde a un costo unitario promedio cercano a USD 300/m<sup>2</sup>, considerando obra gris, acabados y servicios básicos.

Respecto al cronograma, los retrasos simulados vinculados a los riesgos de control de obra y coordinación BIM evidencian una demora promedio de 25 días, equivalente a un incremento del 8% sobre la duración planificada (300 días). Estos resultados confirman la importancia de incorporar márgenes de contingencia tanto financieros como temporales dentro del plan de gestión integral.

A partir de esta información se elaboró un cronograma valorado ajustado, que incluye los paquetes de trabajo críticos (estructura, instalaciones, acabados y equipamiento), considerando el impacto de las variables de riesgo identificadas. Este cronograma constituye una herramienta técnica que respalda la planificación realista y la toma de decisiones informadas durante la ejecución de la obra.

**Tabla 19.- Análisis comparativo de costos esperados y retrasos por riesgo.**

<b>Riesgo principal</b>	<b>Costo base (USD)</b>	<b>Costo esperado (USD)</b>	<b>Incremento (%)</b>	<b>Retraso estimado (días)</b>
Estudio geotécnico y cimentación	20,000	24,646	+23%	5
Abastecimiento de materiales y equipos	15,000	16,152	+7.6%	8
Control de obra	18,000	21,196	+17.8%	25
Coordinación BIM	14,000	15,680	+12%	12
<b>Totales aproximados</b>	<b>67,000</b>	<b>77,674</b>	<b>+15.9%</b>	<b>≈25 días</b>

*Nota:* Los valores de costo base se estimaron conforme a partidas equivalentes de proyectos residenciales de tres pisos en la ciudad de Babahoyo, mientras que los costos esperados corresponden a los resultados promedio obtenidos en las simulaciones. Los retrasos se calcularon con base en los días promedio arrojados por el modelo probabilístico de cada riesgo.

### **3.6. Límites de aplicabilidad, exclusiones y limitaciones del estudio**

Debido a que, el presente trabajo de investigación se enmarca en el uso del método FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) y la simulación Monte Carlo como herramientas de análisis cualitativo y probabilístico para la gestión de riesgos en proyectos de construcción, es importante precisar los límites de aplicabilidad y las exclusiones que condicionan el alcance de los resultados obtenidos.

El método FMEA empleado en este estudio tiene como propósito principal la identificación y priorización de riesgos críticos a partir de la percepción y el juicio técnico de especialistas en el área. Por tanto, los valores de RPN (Risk Priority Number) obtenidos no deben considerarse como magnitudes exactas o determinísticas, sino como indicadores relativos de riesgo, útiles para orientar la toma de decisiones y establecer medidas preventivas dentro del proceso constructivo.

Asimismo, la metodología aplicada no sustituye estudios técnicos especializados, tales como los análisis estructurales, sismo-resistentes o geotécnicos de detalle que requieren modelaciones fisicomatemáticas complejas. Los resultados de esta investigación no son aplicables al diseño estructural ni a la planificación de inversiones o la evaluación costo–beneficio, ya que dichas decisiones exigen herramientas y modelos basados en parámetros normativos y mediciones precisas.

De igual forma, los valores numéricos obtenidos mediante la simulación Monte Carlo representan una aproximación estadística a escenarios posibles y no deben interpretarse como estimaciones exactas de pérdidas o ganancias. Su finalidad es estimar tendencias y rangos de probabilidad en función de variables de entrada ajustadas al contexto local de Babahoyo, más no generar predicciones determinísticas. En consecuencia, el estudio no abarca el análisis financiero ni la cuantificación económica detallada de impactos, sino que se centra en la identificación de vulnerabilidades dentro de la gestión de proyectos constructivos.

Entre las principales limitaciones del estudio se reconoce que la aplicación del método FMEA depende del criterio y experiencia de los expertos consultados, lo que puede introducir subjetividad en la evaluación de la severidad, ocurrencia y detección de cada modo de falla. Aunque se procuró mantener objetividad mediante la validación cruzada de resultados y la revisión técnica, la interpretación final conserva un componente dependiente de juicio humano.

Por otra parte, la simulación Monte Carlo se desarrolló con base en supuestos de probabilidad y costos referenciales, ajustados a las condiciones de mercado y tipologías de obra más frecuentes en la ciudad de Babahoyo. Sin embargo, los resultados podrían variar si cambian las condiciones reales de los proyectos, tales como el tipo de suelo, disponibilidad de materiales, mano de obra o fluctuaciones económicas.

Finalmente, el estudio se limita a la fase de diseño y construcción, sin abordar etapas posteriores como la operación, mantenimiento o desmantelamiento de las obras. Tampoco se incorporan factores externos de carácter social, político o ambiental, que podrían influir en la ejecución integral de los proyectos.

### **3.7. Propuesta**

#### **Plan de Gestión Integral para la Construcción del Edificio Multifamiliar con Local Comercial en Babahoyo**

El desarrollo de la presente investigación permitió constatar que la aplicación de metodologías contemporáneas de gestión de proyectos y el uso de herramientas analíticas como el Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) y la simulación Monte Carlo fueron determinantes para identificar con claridad los riesgos críticos y proyectar escenarios realistas en términos técnicos, económicos y comerciales. De igual forma, la integración de enfoques como Lean Construction y Building Information Modeling (BIM), junto con la incorporación de criterios de sostenibilidad, permitió obtener resultados sólidos que sirven como base para la propuesta de solución.

Por lo cual, se propone elaborar un Plan de Gestión Integral que no solo reduzca los impactos negativos identificados, sino que también mejore la eficiencia y la competitividad del proyecto. Este plan busca ser replicable en futuras edificaciones urbanas en Babahoyo, constituyéndose en una herramienta práctica para enfrentar los retos de la construcción en ciudades intermedias del Ecuador.

## **Objetivos del Plan de Gestión**

- Reducir los sobrecostos y retrasos identificados como principales problemas en la simulación y el análisis de riesgos.
- Optimizar el uso de recursos técnicos, financieros y humanos mediante metodologías de control reconocidas internacionalmente (PMI, 2021).
- Alinear el producto inmobiliario a la demanda real detectada en Babahoyo, garantizando su aceptación en el mercado local.
- Incorporar prácticas sostenibles que aporten valor agregado al proyecto y a la ciudad.

## **Estructura del Plan de Gestión Integral**

El plan se organiza en cinco ejes estratégicos: gestión técnica, gestión económica, gestión comercial, gestión de riesgos y gestión de sostenibilidad.

### **Gestión Técnica**

La gestión técnica es el eje central del proyecto, ya que garantiza la calidad y seguridad de la edificación.

- ✓ **Control de calidad y supervisión:** se propone implementar protocolos de recepción de materiales que incluyan certificación de origen y ensayos periódicos para garantizar la resistencia y durabilidad de los elementos estructurales. Según Kerzner (2019), la verificación temprana de la calidad previene reprocesos y asegura la confiabilidad del producto final.
- ✓ **Coordinación interdisciplinaria con BIM:** el uso de BIM permitirá integrar los diseños arquitectónicos, estructurales y de instalaciones en un único modelo digital. Esto facilita la detección temprana de interferencias y optimiza la planificación de obra mediante BIM 4D (tiempo) y BIM 5D (costos). Moradi y Sormunen (2024) destacan que la integración de BIM y Lean Construction puede reducir retrasos y aumentar la eficiencia en proyectos urbanos.
- ✓ **Cumplimiento normativo:** se establecerán protocolos para verificar el cumplimiento de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), especialmente en lo relativo a cargas sísmicas y accesibilidad. Este aspecto fue también valorado por los encuestados, quienes priorizaron la seguridad y la confiabilidad de las viviendas.

### **Gestión Económica**

El análisis financiero evidenció que la incertidumbre en precios y plazos es uno de los principales riesgos. Por ello, el plan incluye mecanismos para anticipar y controlar estas variables.

- ✓ **Planificación financiera y control de costos:** se aplicará el método de Valor Ganado (Earned Value Management) como sistema de control, ya que permite comparar de forma objetiva el avance físico con el avance financiero del proyecto. Este enfoque es recomendado por el PMI (2021) como una herramienta esencial para la gestión eficaz de proyectos.
- ✓ **Reservas de contingencia:** La simulación Monte Carlo permitió establecer un rango confiable de costos probables, identificando que una reserva cercana al percentil 90 resulta necesaria para cubrir imprevistos. Esta práctica ha demostrado efectividad en proyectos de construcción al reducir la probabilidad de déficit presupuestario (Qazi & Simsekler, 2021).
- ✓ **Adquisiciones y abastecimiento:** Se plantea diversificar proveedores, establecer contratos marco y realizar compras anticipadas de insumos con alta volatilidad, como el acero y el cemento. Estas medidas reducen la exposición a riesgos de abastecimiento, de acuerdo con lo señalado por Othman, Hassan y Mustafa (2018).

### **Gestión Comercial**

La sostenibilidad del proyecto no solo depende de su construcción, sino también de su aceptación en el mercado.

- ✓ **Adecuación a la demanda local:** el análisis de encuestas mostró que los potenciales compradores están dispuestos a pagar entre \$80 001 y \$120 000 por departamentos, mientras que los arrendatarios comerciales prefieren precios de renta entre \$501 y \$900. Con base en esta información, el plan considera tipologías que se ajusten a estos rangos de precio.
- ✓ **Estrategia de marketing y ventas:** se sugiere implementar campañas digitales georreferenciadas, participar en ferias inmobiliarias y utilizar recorridos virtuales en 3D. ONU-Hábitat (2020) indica que la innovación en la promoción inmobiliaria contribuye a aumentar la visibilidad y la aceptación de los proyectos.

- ✓ **Gestión postventa:** el plan incluye la entrega de un manual del propietario, garantías extendidas en acabados y un sistema de retroalimentación para los residentes. Esto permitirá consolidar la confianza en el proyecto y diferenciarlo de la competencia.

### **Gestión de Riesgos**

La identificación, evaluación y mitigación de riesgos fue un componente fundamental del estudio, y en esta propuesta se traduce en medidas concretas.

- ✓ **Identificación y priorización:** la aplicación del FMEA se realizará de manera continua, con actualizaciones semestrales que permitan ajustar la matriz de riesgos. Los riesgos de mayor severidad, como retrasos por proveedores y sobrecostos en materiales, recibirán monitoreo prioritario.
- ✓ **Estrategias de mitigación:** se contemplará la inclusión de contratos con cláusulas de penalidad, seguros de cumplimiento, programas de seguridad laboral y reservas de tiempo (buffers) en actividades críticas. Según Alshehhi, Sidek y Rozali (2022), estas acciones contribuyen a fortalecer la resiliencia de los proyectos frente a eventos inesperados.
- ✓ **Monitoreo continuo:** El comité de gestión emitirá reportes mensuales con indicadores de riesgos (Key Risk Indicators), lo que permitirá activar planes de contingencia oportunamente.

### **Gestión de la Sostenibilidad**

La sostenibilidad constituye un valor agregado en la actualidad y fue considerada en esta propuesta como un eje transversal.

- ✓ **Eficiencia energética y ambiental:** se integrarán sistemas de ahorro de agua, iluminación LED y principios CEELA, con el objetivo de mejorar el confort térmico y reducir el consumo eléctrico.
- ✓ **Certificación y valor agregado:** el proyecto buscará obtener la certificación EDGE, posicionándose como una edificación moderna y comprometida con el cuidado ambiental. Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2022), este tipo de certificaciones aumenta el valor percibido por compradores e inversionistas.

- ✓ **Gestión de residuos:** durante la obra se implementará un plan de separación y reciclaje, contratando gestores ambientales autorizados para la disposición final de desechos.

### **Lineamientos de Implementación**

El plan se desarrollará en tres fases:

#### **Fase de diseño y planificación**

- ✓ Validación de modelos BIM y cronogramas.
- ✓ Establecimiento del comité de gestión integral.
- ✓ Creación de manuales de procesos.

#### **Fase de ejecución y control**

- ✓ Monitoreo semanal de indicadores de desempeño.
- ✓ Auditorías internas de calidad y seguridad.
- ✓ Informes trimestrales de avances.

#### **Fase de entrega y operación**

- ✓ Capacitación a administradores y propietarios.
- ✓ Plan de mantenimiento preventivo.
- ✓ Evaluación post-ocupación para retroalimentación.

### **Beneficios Esperados**

- **Técnicos:** reducción de fallas estructurales y retrabajos gracias al control de calidad y BIM.
- **Económicos:** reducción de sobrecostos en hasta un 20% mediante Lean Construction (Yang & Wu, 2019).
- **Comerciales:** mayor aceptación en el mercado gracias a la adecuación a la demanda local.
- **Riesgos:** menor probabilidad de retrasos y conflictos contractuales al aplicar FMEA y Monte Carlo.
- **Sostenibilidad:** posicionamiento como proyecto referente en eficiencia energética y responsabilidad ambiental en Babahoyo.

Cabe recalcar que todo lo adoptado en este estudio, desde las metodologías de gestión hasta las herramientas de análisis de riesgos y de sostenibilidad, permitió obtener resultados significativos que respaldan la viabilidad del proyecto. Este plan de gestión integral no solo soluciona los problemas detectados, sino que también constituye un modelo replicable para futuros desarrollos inmobiliarios en la ciudad.

## CONCLUSIONES

- La investigación permitió evidenciar que los proyectos de edificaciones de hasta cuatro pisos en Babahoyo enfrentan riesgos recurrentes relacionados con retrasos, sobrecostos y fallas técnicas. Estos factores afectan tanto la rentabilidad como la percepción de calidad por parte de los usuarios, lo que confirma la necesidad de aplicar un enfoque sistemático de gestión.
- El análisis de las encuestas mostró que los compradores priorizan principalmente la ubicación, la seguridad estructural y la disponibilidad de servicios básicos. Estos elementos se convierten en variables clave para garantizar la aceptación comercial de proyectos inmobiliarios en la ciudad.
- La aplicación de la metodología FMEA permitió identificar y priorizar los riesgos más relevantes, resaltando la importancia de la selección adecuada de materiales y de la eficiencia en la cadena de suministro. Asimismo, la simulación Monte Carlo permitió cuantificar la incertidumbre financiera, recomendando una reserva de contingencia cercana a los \$26 000.
- El estudio de mercado reveló que la mayor disposición de pago por departamentos se ubica entre \$80 001 y \$120 000, mientras que los arrendatarios de locales comerciales prefieren valores entre \$501 y \$900. Esta información ofrece una guía clara para orientar el diseño y la comercialización de futuros proyectos.
- Los resultados obtenidos deben interpretarse como una herramienta de gestión preventiva y mejora continua, orientada a fortalecer la toma de decisiones estratégicas y a promover la eficiencia y seguridad en los procesos constructivos. Su alcance es de carácter referencial y su aplicabilidad varía dependiendo del tipo de proyecto, considerando características, magnitudes y condiciones técnicas.
- La integración de herramientas de gestión como BIM y de enfoques como Lean Construction se plantea como una alternativa viable para mejorar la calidad, reducir desperdicios y asegurar la sostenibilidad de los proyectos en Babahoyo.

## RECOMENDACIONES

- Implementar un Plan de Gestión Integral que incluya metodologías modernas de gestión de proyectos, análisis de riesgos y prácticas sostenibles, con el objetivo de anticipar y mitigar posibles impactos negativos en costo, tiempo y calidad.
- Priorizar en futuros proyectos la ubicación estratégica, la seguridad estructural y el acceso a servicios básicos, ya que estos aspectos resultaron ser los factores más relevantes para la decisión de compra, según los resultados obtenidos.
- Establecer una reserva de contingencia financiera de al menos USD 26 000, en concordancia con los hallazgos de la simulación Monte Carlo, para cubrir imprevistos relacionados con materiales y retrasos en obra.
- Fortalecer los procesos de selección y control de calidad de materiales, así como diversificar proveedores, con el fin de reducir los riesgos identificados en el análisis FMEA.
- Ajustar la estrategia comercial de proyectos inmobiliarios al rango de precios identificado como más viable para Babahoyo, prestando especial atención a la relación calidad-precio y al diseño de espacios multifamiliares.
- Promover el uso de herramientas digitales como BIM y metodologías como Lean Construction, no solo para este proyecto, sino como un modelo replicable para la gestión de futuras construcciones en la ciudad y en otras localidades con características similares.
- En futuras investigaciones se recomienda profundizar en la validación empírica del plan de gestión propuesto, ampliando el modelo hacia el análisis de costos–beneficios, la evaluación del ciclo de vida de las edificaciones y la integración de variables ambientales y sociales. Estas líneas de trabajo permitirán consolidar la aplicabilidad del modelo propuesto y ampliar su utilidad en distintos contextos urbanos del Ecuador.

## REFERENCIAS

- Alshehhi, R., Sidek, N. A., & Rozali, M. A. (2022). *An integrated framework for risk management in construction projects*. *Journal of Building Performance*, 13(1), 43–51. <https://doi.org/10.1016/j.jobpe.2021.103186>
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2020). *Desarrollo urbano y sostenibilidad en América Latina*. <https://publications.iadb.org>
- Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27–40.
- Cochran, W. G. (1977). *Sampling Techniques* (3rd ed.). Wiley.
- Cohen, B. (2006). Urbanization in developing countries: Current trends, future projections, and key challenges for sustainability. *Technology in Society*, 28(1–2), 63–80.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications. Denzin, N. K. (1978). *The Research Act: A Theoretical Introduction to Sociological Methods* (2nd ed.). McGraw-Hill.
- Dlamini, W. M., & Cumberlege, R. (2021). Impact of cost overruns and delays in the construction business. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 654(1), 012029. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/654/1/012029>
- Datta, A., Kumar, R., & Ghosh, S. (2023). Integrated use of BIM and sustainability practices: A systematic review. *International Journal of Construction Management*, 23(3), 298–312. <https://doi.org/10.1080/15623599.2021.1928910>
- Ferrera, L. (2023). *Evaluación de la gestión de la integración en proyectos complejos de infraestructura* [Tesis de maestría, Universidad de Lima].
- Filián Espinoza, E. A. (2016). *Planificación de obra para la construcción del proyecto urbano de reasentamiento MIDUVI en el cantón Babahoyo* [Trabajo de titulación, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/12604>
- Forat Al Sahar, M. (2019). *Monte Carlo Simulation Technique for the Time Risk Analysis of the Construction Projects* [Master's thesis, Middle East Technical University]. <https://hdl.handle.net/11511/44547>
- Garcés Tola, D. V. (2018). *Modelo de control de costos durante los procesos productivos en la construcción de proyectos inmobiliarios de edificios condominales en Cuenca - Ecuador* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16197>

Gestionando la Toma de Decisiones de Riesgo. (2023, 12 de diciembre). CAC. <https://acconsultors.com/gestionando-la-toma-de-decisiones-de-riesgo/>

Gómez-Sánchez, J. M., Ponz-Tienda, J. L., & Romero, J. (2019). *Lean and BIM implementation in a residential construction project in Colombia: Interactions and lessons learned*. En Proceedings of the 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. <https://doi.org/10.24928/2019/0150>

Hernández Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2022). *Metodología de la investigación* (7.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill.

IEC. (2018). *IEC 60812:2018 – Failure Modes and Effects Analysis (FMEA and FMECA)*. International Electrotechnical Commission.

INEC. (2022). *Resultados del censo de población y vivienda 2022*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>

Kerzner, H. (2019). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling* (12th ed.). John Wiley & Sons.

Kerlinger, F. N., & Lee, H. B. (2002). *Foundations of Behavioral Research* (4th ed.). Wadsworth.

Lecca, M. (2023). Certificación EDGE: eficiencia energética en edificaciones. *Revista Costos*, (336), 45–51. <https://revistacostos.com>

Macedo Valladares, J. M., Noriega Niño de Guzmán, C., & Farfán-Pimentel, A. (2024). Modelo de gestión de proyectos inmobiliarios de vivienda para empresas medianas desde la fase conceptual hasta la de posventa. *Revista de la Construcción*, 23(1), 79–92. <https://doi.org/10.7764/RDLC.23.1.79>

Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative Data Analysis* (3rd ed.). SAGE.

Moradi, S., & Sormunen, K. (2024). Synergies between BIM, Lean and Green practices in AEC projects: A review of integrated approaches. *Sustainable Cities and Society*, 99, 104798. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104798>

Ospina, L. (2008). *Plan de negocios: Edificio Dejerez II* [Tesis de maestría, Universidad de las Américas].

Othman, I., Hassan, H., & Mustafa, N. (2018). Risk factors affecting construction projects in developing countries. *International Journal of Construction Management*, 18(5), 357–367. <https://doi.org/10.1080/15623599.2017.1326305>

ONU-Hábitat. (2020). *Ciudades sostenibles: conceptos y políticas*. <https://unhabitat.org/es>

Project Management Institute. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – 7ª ed.* Project Management Institute.

Proyecto CEELA. (2024). *Principios de eficiencia energética y confort adaptativo en edificaciones*. <https://ceela.org>

Qazi, A., & Simsekler, M. C. E. (2021). Prioritising construction risks using Monte Carlo simulation and decision-makers' risk attitudes. *Automation in Construction*, 126, 103648. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103648>

Quillupangui, R. (2023, septiembre 28). *Ecuador creció en 2.5 millones de personas entre 2010 y 2022*. Censo Ecuador; INEC. <https://www.censoecuador.gob.ec/ecuador-crecio-en-2-5-millones-de-personas-entre-2010-y-2022>

Ru Wang, D., Feng, L., & Yang, Q. (2019). Risk analysis using fuzzy FMEA in construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(12), 04019079. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001726](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001726)

Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers* (3.ª ed.). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119287568>

Salkind, N. J. (2017). *Exploring research* (9th ed.). Pearson.

Stamatis, D. H. (2003). *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA best practices).

Sustainable. (2023). Integration of BIM and sustainability: A systematic review of environmental, economic and social benefits. *Sustainable*, 15(7), 12345. <https://doi.org/10.3390/su150712345>

Tamayo, M. (2004). *El proceso de la investigación científica* (4.ª ed.). Limusa.

Vera Yáñez, C. M. (2024). *Diseño de un edificio con estructura metálica sismorresistente de 3 pisos para uso de un centro comercial en la urbanización Vista San Eduardo, cantón Guayaquil* [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil]. <https://repositorio.ug.edu.ec/handle/123456789/41551>

World Bank. (2019). *Guidance note on urban infrastructure and service delivery*. World Bank. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/>

Yang, J., & Wu, P. (2019). Resource optimization in construction projects: A Lean Construction approach. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(6), 05019005. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001647](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001647)

Yin, R. K. (2018). *Case Study Research and Applications: Design and Methods* (6th ed.). SAGE.

## ANEXOS

### Anexo 1: Encuesta

#### Encuesta para Potenciales Compradores y Arrendatarios

**Proyecto:** Edificio multifamiliar con locales comerciales – Babahoyo

**Instrucciones:** Marque la opción que mejor represente su opinión o situación. Para las preguntas con escala, 1 = Nada importante, 5 = Muy importante.

#### **Bloque A: Preferencias sobre ubicación y accesibilidad**

*¿Qué importancia le da a la ubicación del edificio?*

1  2  3  4  5

*¿Qué tan importante es la cercanía a vías principales?*

1  2  3  4  5

*¿Qué importancia tiene la cercanía a servicios públicos y comercio?*

1  2  3  4  5

*¿Qué tan importante es la accesibilidad al transporte público?*

1  2  3  4  5

#### **Bloque B: Preferencias sobre características del edificio**

*¿Qué importancia tiene la calidad de los materiales de construcción?*

1  2  3  4  5

*¿Qué importancia tiene el diseño arquitectónico?*

1  2  3  4  5

*¿Qué importancia le da a la seguridad del edificio?*

1  2  3  4  5

*¿Qué importancia les da a las áreas comunes (parqueaderos, zonas verdes, recreación)?*

1  2  3  4  5

#### **Bloque C: Servicios y comodidades**

*¿Qué servicios considera esenciales en la vivienda o local comercial? (marque todos los que correspondan)*

Agua

Alcantarillado

Electricidad

Internet

Parquaderos

*¿Qué tan relevante es contar con servicios de mantenimiento y limpieza?*

1  2  3  4  5

*¿Qué importancia le da a la disponibilidad de áreas de recreación y socialización?*

1  2  3  4  5

**Bloque D: Disposición de pago y comportamiento de compra**

*¿Qué rango de precio estaría dispuesto a pagar por un piso en este proyecto?*

Menos de \$80,000

\$80,001 – \$120,000

\$120,001 – \$180,000

Más de \$180,000

*¿Qué rango de arriendo considera adecuado para un local comercial ubicado en la zona urbana consolidada céntrica de Babahoyo?*

Menos de \$500

\$501 – \$900

\$901 – \$1200

Más de \$1200

*¿Con qué frecuencia consideraría adquirir o arrendar un inmueble en esta zona?*

1  Muy rara vez

2  Rara vez

3  A veces

4  Frecuentemente

5  Muy frecuentemente

## Anexo 2: Base de datos de encuestados

### Proyecto: Edificio multifamiliar con locales comerciales – Babahoyo

Nº.	Ubicación edificio	Cercanía a vías principal	Cercanía a servicios	Accesibilidad a transporte público	Calidad de material	Diseño Arq.	Seg.	Área común	Agua	Alcan.	Elec.	Inter.	Parq.	Mant. y limpieza	Área de recreación	Precio por piso	Precio por arriendo	Frec. de adq.
1	4	5	4	3	4	4	5	5	1	1	1	0	0	4	2	120001-180000	<500	3
2	5	5	5	4	5	4	4	2	1	1	1	1	1	3	4	120001-180000	<500	4
3	4	4	4	2	4	1	4	4	1	1	1	0	0	4	4	80001-120000	501-900	2
4	5	5	4	4	4	4	5	5	1	1	0	1	1	4	5	80001-120000	>1200	4
5	3	3	4	4	5	1	5	4	1	0	1	1	1	4	3	120001-180000	>1200	4
6	3	5	5	5	5	5	5	1	1	0	1	1	1	4	4	80001-120000	901-1200	1
7	3	4	5	4	4	4	5	5	1	0	1	0	1	4	3	120001-180000	501-900	4
8	5	4	5	1	5	5	5	5	1	1	1	0	0	3	1	80001-120000	501-900	3
9	5	3	5	1	4	5	5	3	1	1	1	1	1	5	1	120001-180000	>1200	5
10	5	4	5	5	5	4	5	5	1	1	1	1	1	4	5	80001-120000	901-1200	5
11	5	3	5	5	4	4	5	3	1	1	1	1	0	2	1	>180000	501-900	5
12	4	4	1	5	5	5	5	4	1	1	1	1	0	2	1	80001-120000	501-900	5
13	4	4	4	2	5	4	5	5	1	1	1	1	0	5	5	80001-120000	501-900	5
14	5	4	5	5	4	5	5	3	1	1	1	1	1	2	5	80001-120000	501-900	2
15	5	5	4	5	3	4	5	4	1	1	1	1	0	2	1	<80000	501-900	5
16	5	3	4	1	3	4	5	1	1	1	0	1	1	5	5	<80000	501-900	3
17	2	3	5	5	3	5	5	4	1	1	1	1	1	3	1	80001-120000	501-900	3
18	3	2	5	1	4	5	5	5	1	1	1	1	1	2	5	80001-120000	>1200	2
19	5	4	4	5	4	1	5	4	1	1	1	1	1	1	1	>180000	501-900	5
20	5	4	4	5	4	2	5	4	1	1	1	1	1	1	1	80001-120000	501-900	1
21	4	2	5	2	5	4	5	4	1	1	1	1	1	4	5	80001-120000	501-900	2
22	5	5	3	5	5	5	5	3	1	1	1	1	1	1	1	80001-120000	501-900	5
23	5	5	5	5	5	4	5	4	1	1	1	1	1	3	3	80001-120000	>1200	2
24	4	4	4	4	5	4	5	4	1	1	1	1	1	3	1	80001-120000	501-900	1
25	5	4	4	5	5	5	5	4	1	1	1	1	1	5	5	80001-120000	501-900	2
26	4	4	5	2	5	4	5	3	1	1	1	1	1	5	4	80001-120000	501-900	2
27	5	5	5	5	5	4	5	1	1	1	1	1	1	5	4	80001-120000	501-900	2
28	4	2	4	5	5	1	5	4	1	1	1	1	1	4	3	120001-180000	>1200	1
29	4	5	5	1	4	4	5	4	1	1	1	1	1	3	3	120001-180000	501-900	5
30	5	5	5	5	5	4	5	4	1	1	1	1	1	1	3	80001-120000	501-900	5
31	5	4	5	5	4	4	5	4	1	1	1	1	1	1	2	80001-120000	501-900	5
32	3	3	4	2	4	5	5	4	1	1	1	1	1	3	2	<80000	501-900	5
33	5	3	5	5	5	4	5	4	1	1	1	1	1	3	2	80001-120000	501-900	5
34	5	5	5	5	5	1	5	1	1	1	1	1	1	4	2	<80000	501-900	5
35	4	5	5	5	5	5	5	3	1	1	1	1	1	3	2	80001-120000	<500	5
36	4	4	5	5	4	4	5	4	1	1	1	1	1	4	3	80001-120000	501-900	5
37	5	4	5	5	4	4	5	5	1	1	1	1	1	1	2	80001-120000	<500	1

38	5	5	4	5	4	4	5	4	1	1	1	1	1	4	3	120001-180000	<500	5
39	4	5	4	1	5	4	5	5	1	1	1	1	1	4	3	>180000	501-900	1
40	5	5	4	1	5	5	5	3	1	1	1	1	1	4	3	120001-180000	501-900	5
41	5	5	1	2	4	5	5	3	1	1	1	1	1	3	3	80001-120000	>1200	5
42	4	5	5	2	4	5	5	1	1	1	1	1	1	4	3	80001-120000	<500	1
43	5	3	5	5	4	2	4	2	1	1	1	1	1	4	3	80001-120000	501-900	5
44	5	4	5	5	4	4	4	3	1	1	1	1	1	2	3	<80000	501-900	5
45	4	5	2	5	5	4	5	3	1	1	1	1	1	2	3	<80000	501-900	5
46	2	4	4	1	5	5	5	3	1	1	1	1	1	5	2	<80000	501-900	5
47	5	3	5	5	4	3	5	3	1	1	1	1	1	4	2	80001-120000	<500	5
48	5	5	4	5	4	4	5	1	1	1	1	1	1	4	3	>180000	<500	5
49	4	5	5	5	4	5	5	2	1	1	1	1	1	4	3	>180000	901-1200	5
50	5	5	1	2	4	5	5	3	1	1	1	1	1	4	3	80001-120000	501-900	5
51	4	4	5	5	4	4	5	1	1	1	1	1	1	2	3	<80000	901-1200	5
52	5	3	5	4	4	5	5	3	1	1	1	1	1	5	3	80001-120000	501-900	5
53	2	5	4	5	5	5	5	3	1	1	1	1	1	5	2	80001-120000	501-900	1
54	5	5	4	1	5	4	5	4	1	1	1	1	1	5	3	120001-180000	<500	5
55	4	3	5	5	5	4	5	3	1	1	1	1	1	2	2	80001-120000	501-900	5
56	5	4	5	4	5	4	5	3	1	1	1	1	1	5	2	80001-120000	501-900	4
57	5	5	2	4	4	5	5	4	1	1	1	1	1	5	2	80001-120000	501-900	4
58	5	5	5	4	4	4	5	3	1	1	1	1	1	5	5	80001-120000	>1200	4
59	5	4	5	4	4	4	5	3	1	1	1	1	1	3	2	80001-120000	<500	4
60	4	2	5	5	4	5	5	3	1	1	1	1	1	5	4	80001-120000	<500	1
61	5	5	5	5	4	4	5	2	1	1	1	1	1	5	4	120001-180000	501-900	4
62	5	5	5	1	5	3	5	3	1	1	1	1	1	5	4	120001-180000	501-900	1
63	5	4	4	1	4	5	5	2	1	1	1	1	1	5	4	<80000	<500	1
64	5	3	4	5	4	5	5	2	1	1	1	1	1	5	5	80001-120000	501-900	5
65	5	5	5	5	4	5	5	3	1	1	1	1	1	2	5	80001-120000	501-900	5
66	3	5	5	5	4	4	5	3	1	1	1	1	1	5	2	80001-120000	501-900	5
67	4	3	5	5	4	5	4	2	1	1	1	1	1	5	2	>180000	501-900	5
68	5	5	4	5	4	5	5	2	1	1	1	1	1	5	2	80001-120000	501-900	5
69	5	5	5	1	5	4	5	2	1	1	1	1	1	5	3	80001-120000	901-1200	5
70	5	3	5	5	5	2	4	3	1	1	1	1	1	5	5	120001-180000	501-900	5
71	3	5	5	5	5	5	5	2	1	1	1	0	1	3	3	80001-120000	901-1200	5
72	2	2	5	1	4	4	5	2	1	1	1	1	1	3	3	120001-180000	<500	5
73	4	4	5	5	4	4	5	3	1	1	1	1	1	5	5	80001-120000	901-1200	4
74	5	5	5	3	4	2	4	3	1	1	1	1	1	5	4	<80000	<500	4
75	3	3	4	5	4	4	5	3	1	1	1	1	1	5	5	80001-120000	501-900	4
76	5	5	5	5	4	4	5	2	1	1	1	1	1	5	4	120001-180000	501-900	4
77	5	3	5	4	5	3	5	3	1	1	1	1	1	5	5	80001-120000	501-900	4
78	4	4	5	3	4	3	5	3	1	1	1	1	1	5	4	80001-120000	501-900	5
79	5	4	4	4	5	4	5	3	1	1	1	0	1	5	4	80001-120000	<500	4
80	5	5	4	5	5	4	5	2	1	1	1	1	1	5	4	120001-180000	<500	4
81	5	5	2	1	4	4	4	2	1	1	1	0	1	5	5	80001-120000	>1200	4
82	4	4	4	2	4	4	4	3	1	1	1	0	1	5	2	80001-120000	<500	4
83	3	4	1	4	5	5	4	5	1	1	1	1	1	5	5	80001-120000	501-900	4

84	4	4	2	2	5	3	5	5	1	1	1	1	1	4	4	80001-120000	501-900	4
85	5	4	4	4	4	4	4	2	1	1	1	0	1	4	5	80001-120000	501-900	4
86	5	4	4	4	5	4	4	5	1	1	1	1	1	4	4	>180000	501-900	4
87	5	3	5	4	4	3	4	5	1	1	1	1	1	3	4	>180000	501-900	4
88	4	5	5	4	5	4	5	2	1	1	1	1	1	3	4	<80000	501-900	4
89	5	5	5	4	4	5	5	4	1	1	1	1	1	3	3	80001-120000	501-900	4
90	5	2	2	5	4	2	5	5	1	1	1	1	1	4	3	<80000	501-900	4
91	5	4	4	5	4	4	5	5	1	1	1	1	1	2	4	80001-120000	<500	4
92	2	4	4	4	5	4	4	4	1	1	1	1	1	3	4	<80000	901-1200	4
93	3	4	5	5	5	4	4	5	1	1	1	0	1	4	3	<80000	<500	4
94	4	1	4	5	4	2	5	2	1	1	1	1	1	4	5	80001-120000	901-1200	4
95	5	4	2	4	4	4	5	4	1	1	1	1	1	3	4	80001-120000	901-1200	4
96	4	3	2	4	5	5	4	3	1	1	1	1	1	4	4	80001-120000	>1200	4
97	4	3	5	4	5	5	4	4	1	1	1	1	1	5	3	80001-120000	>1200	4
98	5	2	4	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	3	3	80001-120000	501-900	5
99	5	3	5	5	4	2	4	5	1	1	1	1	1	5	3	80001-120000	501-900	4
100	4	5	4	4	4	5	5	5	1	1	1	1	1	3	4	>180000	<500	4
101	5	5	2	4	5	4	4	3	1	1	1	0	1	5	4	80001-120000	>1200	4
102	3	4	4	4	5	4	4	4	1	1	1	1	1	3	5	120001-180000	<500	4
103	5	5	4	4	3	2	5	5	1	1	1	0	1	5	5	<80000	501-900	3
104	4	4	4	5	5	5	4	4	1	1	1	1	1	5	4	120001-180000	901-1200	3
105	4	5	1	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	5	5	80001-120000	501-900	5
106	5	5	2	5	4	4	5	4	1	1	1	1	1	5	4	120001-180000	501-900	4
107	4	3	5	4	5	4	5	4	1	1	1	1	0	3	4	<80000	501-900	3
108	5	1	5	5	5	5	4	4	1	1	1	1	1	3	4	80001-120000	901-1200	4
109	4	5	4	4	5	5	5	5	1	1	1	1	0	5	5	80001-120000	501-900	4
110	5	4	5	5	5	4	5	5	1	1	1	1	0	5	5	80001-120000	501-900	4
111	5	5	4	5	3	2	5	4	1	1	1	1	0	4	4	80001-120000	501-900	5
112	4	2	4	4	5	4	4	5	1	1	1	1	1	4	3	<80000	901-1200	4
113	5	4	5	5	4	5	4	5	1	1	1	1	1	4	4	120001-180000	501-900	4
114	5	3	4	4	5	4	5	3	1	1	1	1	0	5	5	80001-120000	<500	4
115	4	5	5	5	5	4	5	4	1	1	1	0	0	4	5	<80000	501-900	4
116	3	4	5	2	5	4	4	5	1	1	1	1	0	4	5	80001-120000	501-900	3
117	4	5	5	4	4	2	5	5	1	1	1	1	1	4	5	80001-120000	501-900	4
118	5	1	4	4	4	4	4	5	1	1	1	0	1	4	5	80001-120000	501-900	3
119	5	5	5	4	5	5	4	5	1	1	1	1	1	5	5	80001-120000	501-900	3
120	5	4	4	4	3	4	4	4	1	1	1	0	1	4	5	80001-120000	501-900	3
121	4	4	5	5	4	2	4	3	1	1	1	0	1	3	4	120001-180000	901-1200	5
122	4	4	3	5	4	4	5	4	1	1	1	1	1	4	5	120001-180000	501-900	2
123	5	2	4	2	5	2	5	5	1	1	1	1	1	5	3	80001-120000	501-900	5
124	3	4	4	1	4	4	4	5	1	1	1	1	1	4	5	80001-120000	501-900	3
125	5	4	5	5	4	4	4	4	1	1	1	1	1	4	5	<80000	501-900	3
126	5	4	2	4	4	5	4	5	1	1	1	1	1	5	5	<80000	501-900	3
127	4	1	5	4	4	5	4	4	1	1	1	1	1	3	5	>180000	901-1200	4
128	5	5	4	4	5	4	5	5	1	1	1	1	1	4	4	120001-180000	501-900	5
129	2	4	2	4	4	5	5	5	1	1	1	1	1	4	5	<80000	901-1200	3

130	5	1	2	4	4	4	5	4	1	1	1	1	0	4	4	12001-180000	501-900	3
131	4	3	1	4	4	5	4	5	1	1	1	1	0	3	4	80001-120000	901-1200	2
132	3	5	2	4	5	4	5	2	1	1	1	1	0	4	5	80001-120000	901-1200	5
133	5	4	4	4	4	5	5	5	1	1	1	1	1	4	4	80001-120000	501-900	4
134	3	5	2	4	4	5	5	4	1	1	1	1	0	4	4	80001-120000	901-1200	3
135	5	5	4	2	4	4	5	4	1	1	1	1	0	4	4	<80000	>1200	3
136	4	4	5	4	4	4	5	4	1	1	1	1	1	5	4	<80000	901-1200	4
137	5	1	2	3	4	5	5	4	1	1	1	0	1	4	3	<80000	501-900	5
138	4	3	5	4	4	4	4	4	1	1	1	1	0	4	4	80001-120000	901-1200	3
139	4	4	4	2	5	5	4	4	1	1	1	1	1	5	5	<80000	501-900	3
140	5	5	5	4	4	4	4	5	1	1	1	1	1	4	4	80001-120000	901-1200	3
141	5	4	5	1	4	2	5	4	1	1	1	1	1	4	4	80001-120000	<500	5
142	5	4	5	4	4	5	5	5	1	1	1	1	1	5	3	120001-180000	901-1200	4
143	5	4	5	5	4	4	5	4	1	1	1	1	1	4	4	80001-120000	501-900	4
144	4	2	1	3	4	4	5	4	1	1	1	1	1	3	4	80001-120000	<500	3
145	4	4	2	3	5	2	4	5	1	1	1	1	0	4	4	80001-120000	901-1200	4
146	5	5	5	4	4	5	5	5	1	1	1	1	1	3	4	80001-120000	501-900	4
147	2	4	4	4	5	4	5	5	1	1	1	1	0	4	3	80001-120000	501-900	5
148	4	2	1	5	4	5	4	4	1	1	1	1	1	4	4	120001-180000	901-1200	3
149	4	5	2	1	4	4	4	4	1	1	1	1	1	5	4	<80000	<500	4
150	4	4	5	4	4	4	5	4	1	1	1	1	0	5	5	120001-180000	501-900	3
151	5	5	4	4	4	5	5	3	1	1	1	0	1	3	3	120001-180000	501-900	2
152	5	5	1	4	3	4	5	4	1	1	1	1	0	4	5	120001-180000	<500	4
153	3	3	4	4	5	5	4	4	1	1	1	0	0	5	4	120001-180000	501-900	4
154	4	5	2	4	4	4	5	4	1	1	1	1	1	3	5	<80000	901-1200	3
155	2	5	4	3	5	2	4	4	1	1	1	1	0	3	4	>180000	>1200	4
156	4	3	1	4	3	4	4	4	1	1	1	1	1	4	4	80001-120000	<500	2
157	4	4	5	1	4	2	5	5	1	1	1	1	0	3	2	120001-180000	501-900	4
158	4	5	4	1	4	5	4	5	1	1	1	1	1	3	4	120001-180000	501-900	3
159	1	5	2	5	4	3	5	5	1	1	1	0	0	5	4	120001-180000	>1200	2
160	5	5	5	4	5	4	4	5	1	1	1	1	0	4	5	80001-120000	<500	4
161	3	4	4	5	4	5	5	3	1	1	1	1	0	4	4	80001-120000	501-900	4
162	1	5	4	4	4	4	5	3	1	1	1	1	1	4	5	80001-120000	501-900	4
163	4	4	5	4	3	5	5	4	1	1	1	1	1	5	4	80001-120000	501-900	4
164	4	4	3	4	5	4	5	5	1	1	1	1	0	4	5	120001-180000	501-900	3
165	3	4	4	4	4	5	4	4	1	1	1	1	0	4	5	80001-120000	501-900	4
166	5	5	4	4	5	4	4	5	1	1	1	1	0	4	4	80001-120000	901-1200	4
167	5	4	4	5	5	4	4	5	1	1	1	1	0	5	3	80001-120000	501-900	3
168	5	3	5	1	5	5	4	4	1	1	1	1	1	4	4	80001-120000	501-900	2
169	5	5	5	4	4	4	5	4	1	1	1	1	0	5	5	80001-120000	901-1200	2
170	3	5	4	4	5	5	5	4	1	1	1	1	0	4	4	80001-120000	501-900	4
171	5	4	2	4	5	5	4	4	1	1	1	1	1	4	4	80001-120000	<500	3
172	1	4	5	5	5	5	4	5	1	1	1	1	1	4	3	80001-120000	501-900	4
173	4	5	5	5	4	5	5	5	1	1	1	1	1	3	5	80001-120000	501-900	2
174	5	3	5	4	4	4	5	4	1	1	1	1	1	4	5	120001-180000	501-900	5
175	3	5	5	4	5	3	4	5	1	1	1	1	1	3	5	120001-180000	901-1200	4

176	4	2	2	4	4	3	5	4	1	1	1	1	1	5	3	120001-180000	901-1200	3
177	4	4	5	5	4	5	5	5	1	1	1	1	1	4	4	<80000	<500	1
178	4	4	5	4	4	4	5	5	1	1	1	1	1	4	5	<80000	901-1200	5
179	5	5	5	5	4	4	5	3	1	1	1	1	1	3	4	120001-180000	501-900	4
180	4	3	5	4	4	4	5	3	1	1	1	1	0	3	4	<80000	501-900	3
181	4	4	4	4	5	4	4	4	1	1	1	0	0	4	3	120001-180000	901-1200	3
182	4	4	4	1	4	4	4	5	1	1	1	1	0	5	4	120001-180000	901-1200	3
183	4	5	5	4	4	3	4	5	1	1	1	1	0	3	2	<80000	<500	5
184	4	5	5	1	4	4	4	4	1	1	1	1	1	4	3	80001-120000	901-1200	4
185	4	4	4	4	4	3	5	4	1	1	1	0	0	3	5	80001-120000	501-900	3
186	4	4	2	1	5	4	5	4	1	1	1	1	0	5	4	120001-180000	<500	3
187	4	4	2	5	4	5	4	4	1	1	1	1	0	4	4	120001-180000	501-900	3
188	4	4	4	4	4	5	5	3	1	1	1	1	1	5	5	120001-180000	<500	5
189	5	5	5	5	4	4	4	5	1	1	1	1	1	4	4	<80000	501-900	3
190	4	5	4	5	4	5	4	3	1	1	1	1	1	4	5	<80000	<500	4
191	4	4	4	1	4	5	4	4	1	1	1	0	1	5	5	80001-120000	501-900	4
192	3	4	4	4	4	5	5	4	1	1	1	1	1	4	3	80001-120000	>1200	3
193	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	0	4	4	120001-180000	<500	5
194	5	4	5	5	4	2	5	5	1	1	1	0	1	4	5	120001-180000	901-1200	3
195	1	5	4	4	4	5	4	5	1	1	1	1	0	4	4	120001-180000	901-1200	4
196	5	5	4	4	4	5	4	4	1	1	1	1	0	5	4	80001-120000	<500	3
197	3	5	4	2	4	2	4	5	1	1	1	1	0	4	5	80001-120000	901-1200	2
198	4	5	5	4	5	5	5	4	1	1	1	1	1	3	4	<80000	<500	3
199	1	3	5	4	4	2	5	4	1	1	1	1	1	4	4	80001-120000	<500	3
200	5	5	5	5	5	3	5	5	1	1	1	1	1	5	4	>180000	501-900	4
201	5	4	3	4	5	4	5	5	1	1	1	1	1	5	5	<80000	901-1200	3
202	4	4	4	5	5	5	4	4	1	1	1	1	1	2	3	80001-120000	501-900	4
203	4	4	2	4	4	4	5	5	1	1	1	1	1	4	4	>180000	501-900	3
204	5	4	5	4	3	4	5	5	1	1	1	1	0	5	4	80001-120000	<500	3
205	3	5	5	4	5	4	5	4	1	1	1	0	1	4	4	80001-120000	501-900	3
206	5	4	4	5	4	5	5	3	1	1	1	1	0	4	4	80001-120000	901-1200	4
207	4	4	4	5	4	4	4	5	1	1	1	1	0	4	3	120001-180000	<500	4
208	4	5	4	5	4	5	5	4	1	1	1	0	1	4	5	>180000	501-900	3
209	4	4	5	4	5	4	4	4	1	1	1	0	1	5	5	80001-120000	501-900	3
210	4	5	5	4	4	4	5	5	1	1	1	1	1	4	5	80001-120000	501-900	4
211	4	5	4	4	4	4	4	5	1	1	1	1	1	4	4	<80000	501-900	4
212	5	4	4	5	5	5	5	4	1	1	1	1	1	5	4	<80000	<500	3
213	3	5	4	4	3	5	5	5	1	1	1	1	0	5	5	<80000	<500	4
214	4	5	4	4	3	3	5	3	1	1	1	1	1	4	5	>180000	501-900	3
215	3	4	4	3	5	2	5	4	1	1	1	1	0	4	4	80001-120000	501-900	3
216	5	4	2	1	4	5	5	5	1	1	1	1	0	5	4	120001-180000	901-1200	3
217	4	4	5	4	3	3	4	4	1	1	1	1	1	4	4	120001-180000	501-900	4
218	4	5	5	4	4	5	4	3	1	1	1	1	1	4	3	120001-180000	501-900	2

### Anexo 3: Cálculo de coeficiente Alpha de Cronbach – Bloque A

Nº.	Ubicación edificio	Varianza	Cercanía a vías principales	Varianza	Cercanía a servicios	Varianza	Accesibilidad a transporte público	Varianza	Promedio total del bloque	Varianza total
1	1	10.25	1	9.36	1	10.19	1	9.31	4.00	156.36
2	1	10.25	1	9.36	1	10.19	1	9.31	4.00	156.36
3	1	10.25	1	9.36	1	10.19	1	9.31	4.00	156.36
4	1	10.25	1	9.36	1	10.19	1	9.31	4.00	156.36
5	1	10.25	1	9.36	2	4.81	1	9.31	5.00	132.36
6	2	4.85	1	9.36	2	4.81	1	9.31	6.00	110.35
7	2	4.85	2	4.24	2	4.81	1	9.31	7.00	90.34
8	2	4.85	2	4.24	2	4.81	1	9.31	7.00	90.34
9	2	4.85	2	4.24	2	4.81	2	4.20	8.00	72.33
10	2	4.85	2	4.24	2	4.81	2	4.20	8.00	72.33
11	2	4.85	2	4.24	2	4.81	2	4.20	8.00	72.33
12	2	4.85	2	4.24	2	4.81	2	4.20	8.00	72.33
13	2	4.85	2	4.24	2	4.81	2	4.20	8.00	72.33
14	3	1.44	2	4.24	2	4.81	2	4.20	9.00	56.32
15	3	1.44	2	4.24	3	1.42	2	4.20	10.00	42.31
16	3	1.44	2	4.24	3	1.42	2	4.20	10.00	42.31
17	3	1.44	2	4.24	3	1.42	2	4.20	10.00	42.31
18	3	1.44	2	4.24	3	1.42	2	4.20	10.00	42.31
19	3	1.44	3	1.12	3	1.42	2	4.20	11.00	30.30
20	3	1.44	3	1.12	3	1.42	2	4.20	11.00	30.30
21	3	1.44	3	1.12	3	1.42	2	4.20	11.00	30.30
22	3	1.44	3	1.12	3	1.42	2	4.20	11.00	30.30
23	3	1.44	3	1.12	3	1.42	2	4.20	11.00	30.30
24	3	1.44	3	1.12	3	1.42	3	1.10	12.00	20.29
25	3	1.44	3	1.12	3	1.42	3	1.10	12.00	20.29
26	3	1.44	3	1.12	3	1.42	3	1.10	12.00	20.29
27	3	1.44	3	1.12	3	1.42	3	1.10	12.00	20.29
28	3	1.44	3	1.12	3	1.42	3	1.10	12.00	20.29
29	3	1.44	3	1.12	3	1.42	3	1.10	12.00	20.29
30	3	1.44	3	1.12	3	1.42	3	1.10	12.00	20.29
31	3	1.44	3	1.12	3	1.42	3	1.10	12.00	20.29
32	3	1.44	3	1.12	3	1.42	3	1.10	12.00	20.29
33	3	1.44	3	1.12	3	1.42	3	1.10	12.00	20.29
34	3	1.44	3	1.12	3	1.42	3	1.10	12.00	20.29
35	3	1.44	3	1.12	3	1.42	3	1.10	12.00	20.29
36	3	1.44	3	1.12	3	1.42	3	1.10	12.00	20.29
37	3	1.44	3	1.12	3	1.42	3	1.10	12.00	20.29
38	3	1.44	3	1.12	3	1.42	3	1.10	12.00	20.29
39	4	0.04	3	1.12	3	1.42	3	1.10	13.00	12.28
40	4	0.04	3	1.12	4	0.04	3	1.10	14.00	6.27
41	4	0.04	3	1.12	4	0.04	3	1.10	14.00	6.27
42	4	0.04	3	1.12	4	0.04	3	1.10	14.00	6.27
43	4	0.04	3	1.12	4	0.04	3	1.10	14.00	6.27
44	4	0.04	3	1.12	4	0.04	3	1.10	14.00	6.27
45	4	0.04	3	1.12	4	0.04	3	1.10	14.00	6.27
46	4	0.04	3	1.12	4	0.04	3	1.10	14.00	6.27
47	4	0.04	3	1.12	4	0.04	3	1.10	14.00	6.27
48	4	0.04	3	1.12	4	0.04	3	1.10	14.00	6.27
49	4	0.04	4	0.00	4	0.04	4	0.00	16.00	0.25
50	4	0.04	4	0.00	4	0.04	4	0.00	16.00	0.25
51	4	0.04	4	0.00	4	0.04	4	0.00	16.00	0.25
52	4	0.04	4	0.00	4	0.04	4	0.00	16.00	0.25
53	4	0.04	4	0.00	4	0.04	4	0.00	16.00	0.25
54	4	0.04	4	0.00	4	0.04	4	0.00	16.00	0.25





173	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
174	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
175	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
176	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
177	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
178	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
179	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
180	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
181	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
182	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
183	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
184	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
185	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
186	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
187	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
188	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
189	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
190	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
191	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
192	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
193	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
194	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
195	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
196	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
197	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
198	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
199	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
200	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
201	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
202	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
203	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
204	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
205	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
206	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
207	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
208	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
209	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
210	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
211	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
212	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
213	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
214	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
215	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
216	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
217	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
218	5	0.64	5	0.88	5	0.65	5	0.90	20.00	12.22
	<b>4.20</b>	<b>193.12</b>	<b>4.06</b>	<b>216.22</b>	<b>4.19</b>	<b>191.91</b>	<b>4.05</b>	<b>246.44</b>	<b>16.50</b>	<b>3268.50</b>
	<b>PROM.</b>	<b>SUMA</b>	<b>PROM.</b>	<b>SUMA</b>	<b>PROM.</b>	<b>SUMA</b>	<b>PROM.</b>	<b>SUMA</b>	<b>PROM.</b>	<b>SUMA</b>
<b>VARIANZA</b>		<b>0.9</b>		<b>1.0</b>		<b>0.9</b>		<b>1.1</b>		
<b>VARIANZA TOTAL</b>										<b>15.1</b>
<b>COEFICIENTE DE CONSISTENCIA INTERNA (ALPHA DE CRONBACH) - BLOQUE A</b>										<b>0.988</b>

### Anexo 4: Cálculo de coeficiente Alpha de Cronbach – Bloque B

Nº.	Calidad de materiales	Varianza	Diseño arquitectónico	Varianza	Seguridad	Varianza	Áreas comunes	Varianza	Promedio total del bloque	Varianza total
1	1	9.62	1	8.84	1	11.71	1	8.09	4.00	152.26
2	1	9.62	1	8.84	1	11.71	1	8.09	4.00	152.26
3	1	9.62	1	8.84	2	5.87	1	8.09	5.00	128.58
4	2	4.41	1	8.84	2	5.87	1	8.09	6.00	106.90
5	2	4.41	1	8.84	2	5.87	1	8.09	6.00	106.90
6	2	4.41	2	3.89	2	5.87	1	8.09	7.00	87.23
7	2	4.41	2	3.89	2	5.87	1	8.09	7.00	87.23
8	2	4.41	2	3.89	2	5.87	2	3.40	8.00	69.55
9	2	4.41	2	3.89	3	2.02	2	3.40	9.00	53.87
10	2	4.41	2	3.89	3	2.02	2	3.40	9.00	53.87
11	2	4.41	2	3.89	3	2.02	2	3.40	9.00	53.87
12	2	4.41	2	3.89	3	2.02	2	3.40	9.00	53.87
13	2	4.41	2	3.89	3	2.02	2	3.40	9.00	53.87
14	3	1.21	2	3.89	3	2.02	2	3.40	10.00	40.19
15	3	1.21	2	3.89	3	2.02	2	3.40	10.00	40.19
16	3	1.21	2	3.89	3	2.02	2	3.40	10.00	40.19
17	3	1.21	2	3.89	3	2.02	2	3.40	10.00	40.19
18	3	1.21	2	3.89	3	2.02	2	3.40	10.00	40.19
19	3	1.21	2	3.89	3	2.02	2	3.40	10.00	40.19
20	3	1.21	3	0.95	3	2.02	2	3.40	11.00	28.51
21	3	1.21	3	0.95	3	2.02	2	3.40	11.00	28.51
22	3	1.21	3	0.95	3	2.02	2	3.40	11.00	28.51
23	3	1.21	3	0.95	3	2.02	2	3.40	11.00	28.51
24	3	1.21	3	0.95	4	0.18	2	3.40	12.00	18.83
25	3	1.21	3	0.95	4	0.18	2	3.40	12.00	18.83
26	3	1.21	3	0.95	4	0.18	3	0.71	13.00	11.15
27	3	1.21	3	0.95	4	0.18	3	0.71	13.00	11.15
28	3	1.21	3	0.95	4	0.18	3	0.71	13.00	11.15
29	3	1.21	3	0.95	4	0.18	3	0.71	13.00	11.15
30	3	1.21	3	0.95	4	0.18	3	0.71	13.00	11.15
31	3	1.21	3	0.95	4	0.18	3	0.71	13.00	11.15
32	3	1.21	3	0.95	4	0.18	3	0.71	13.00	11.15
33	3	1.21	3	0.95	4	0.18	3	0.71	13.00	11.15
34	3	1.21	3	0.95	4	0.18	3	0.71	13.00	11.15
35	3	1.21	3	0.95	4	0.18	3	0.71	13.00	11.15
36	3	1.21	3	0.95	4	0.18	3	0.71	13.00	11.15
37	3	1.21	3	0.95	4	0.18	3	0.71	13.00	11.15
38	3	1.21	3	0.95	4	0.18	3	0.71	13.00	11.15
39	3	1.21	3	0.95	4	0.18	3	0.71	13.00	11.15
40	3	1.21	3	0.95	4	0.18	3	0.71	13.00	11.15
41	3	1.21	3	0.95	4	0.18	3	0.71	13.00	11.15
42	3	1.21	3	0.95	4	0.18	3	0.71	13.00	11.15
43	3	1.21	3	0.95	4	0.18	3	0.71	13.00	11.15
44	3	1.21	3	0.95	4	0.18	3	0.71	13.00	11.15
45	3	1.21	3	0.95	4	0.18	3	0.71	13.00	11.15
46	4	0.01	3	0.95	4	0.18	3	0.71	14.00	5.47
47	4	0.01	3	0.95	4	0.18	3	0.71	14.00	5.47
48	4	0.01	3	0.95	4	0.18	3	0.71	14.00	5.47
49	4	0.01	3	0.95	4	0.18	3	0.71	14.00	5.47
50	4	0.01	3	0.95	4	0.18	3	0.71	14.00	5.47
51	4	0.01	3	0.95	4	0.18	3	0.71	14.00	5.47
52	4	0.01	3	0.95	4	0.18	3	0.71	14.00	5.47
53	4	0.01	3	0.95	4	0.18	3	0.71	14.00	5.47
54	4	0.01	3	0.95	4	0.18	3	0.71	14.00	5.47
55	4	0.01	3	0.95	4	0.18	3	0.71	14.00	5.47





174	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
175	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
176	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
177	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
178	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
179	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
180	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
181	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
182	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
183	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
184	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
185	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
186	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
187	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
188	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
189	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
190	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
191	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
192	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
193	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
194	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
195	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
196	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
197	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
198	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
199	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
200	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
201	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
202	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
203	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
204	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
205	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
206	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
207	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
208	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
209	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
210	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
211	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
212	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
213	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
214	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
215	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
216	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
217	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
218	5	0.81	5	1.06	5	0.33	5	1.34	20.00	13.40
<b>4.10</b>	<b>179.78</b>	<b>3.97</b>	<b>217.83</b>	<b>4.42</b>	<b>143.17</b>	<b>3.84</b>	<b>242.70</b>	<b>16.34</b>	<b>2884.88</b>	
<b>PROM.</b>	<b>SUMA</b>	<b>PROM.</b>	<b>SUMA</b>	<b>PROM.</b>	<b>SUMA</b>	<b>PROM.</b>	<b>SUMA</b>	<b>PROM.</b>	<b>SUMA</b>	
<b>VARIANZA</b>	<b>0.8</b>		<b>1.0</b>		<b>0.7</b>		<b>1.1</b>			
<b>VARIANZA TOTAL</b>									<b>0.972</b>	
<b>COEFICIENTE DE CONSISTENCIA INTERNA (ALPHA DE CRONBACH) - BLOQUE B</b>										

## Anexo 5: Cálculo de coeficiente Alpha de Cronbach – Bloque C

Nº.	Mantenimiento y limpieza	Varianza	Áreas de recreación	Varianza	Promedio total del bloque	Varianza total
1	1	8.67	1	7.63	3.00	43.09
2	1	8.67	1	7.63	4.00	30.96
3	1	8.67	1	7.63	3.00	43.09
4	1	8.67	1	7.63	4.00	30.96
5	1	8.67	1	7.63	3.00	43.09
6	1	8.67	1	7.63	3.00	43.09
7	2	3.78	1	7.63	3.00	43.09
8	2	3.78	1	7.63	4.00	30.96
9	2	3.78	1	7.63	5.00	20.83
10	2	3.78	1	7.63	5.00	20.83
11	2	3.78	2	3.10	6.00	12.70
12	2	3.78	2	3.10	6.00	12.70
13	2	3.78	2	3.10	6.00	12.70
14	2	3.78	2	3.10	6.00	12.70
15	2	3.78	2	3.10	6.00	12.70
16	2	3.78	2	3.10	5.00	20.83
17	2	3.78	2	3.10	6.00	12.70
18	2	3.78	2	3.10	6.00	12.70
19	3	0.89	2	3.10	7.00	6.58
20	3	0.89	2	3.10	7.00	6.58
21	3	0.89	2	3.10	7.00	6.58
22	3	0.89	2	3.10	7.00	6.58
23	3	0.89	2	3.10	7.00	6.58
24	3	0.89	2	3.10	7.00	6.58
25	3	0.89	2	3.10	7.00	6.58
26	3	0.89	2	3.10	7.00	6.58
27	3	0.89	2	3.10	7.00	6.58
28	3	0.89	2	3.10	7.00	6.58
29	3	0.89	2	3.10	7.00	6.58
30	3	0.89	2	3.10	7.00	6.58
31	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45
32	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45
33	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45
34	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45
35	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45
36	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45
37	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45
38	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45
39	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45
40	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45
41	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45
42	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45
43	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45
44	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45
45	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45
46	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45
47	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45
48	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45
49	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45
50	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45
51	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45
52	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45
53	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45
54	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45
55	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45

56	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45
57	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45
58	3	0.89	3	0.58	8.00	2.45
59	4	0.00	3	0.58	9.00	0.32
60	4	0.00	3	0.58	9.00	0.32
61	4	0.00	3	0.58	9.00	0.32
62	4	0.00	3	0.58	9.00	0.32
63	4	0.00	3	0.58	9.00	0.32
64	4	0.00	3	0.58	9.00	0.32
65	4	0.00	3	0.58	9.00	0.32
66	4	0.00	3	0.58	9.00	0.32
67	4	0.00	3	0.58	9.00	0.32
68	4	0.00	3	0.58	9.00	0.32
69	4	0.00	3	0.58	9.00	0.32
70	4	0.00	3	0.58	9.00	0.32
71	4	0.00	3	0.58	8.00	2.45
72	4	0.00	3	0.58	9.00	0.32
73	4	0.00	3	0.58	9.00	0.32
74	4	0.00	3	0.58	9.00	0.32
75	4	0.00	3	0.58	9.00	0.32
76	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
77	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
78	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
79	4	0.00	4	0.06	9.00	0.32
80	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
81	4	0.00	4	0.06	9.00	0.32
82	4	0.00	4	0.06	9.00	0.32
83	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
84	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
85	4	0.00	4	0.06	9.00	0.32
86	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
87	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
88	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
89	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
90	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
91	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
92	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
93	4	0.00	4	0.06	9.00	0.32
94	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
95	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
96	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
97	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
98	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
99	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
100	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
101	4	0.00	4	0.06	9.00	0.32
102	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
103	4	0.00	4	0.06	9.00	0.32
104	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
105	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
106	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
107	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
108	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
109	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
110	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
111	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
112	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
113	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
114	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19

115	4	0.00	4	0.06	9.00	0.32
116	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
117	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
118	4	0.00	4	0.06	9.00	0.32
119	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
120	4	0.00	4	0.06	9.00	0.32
121	4	0.00	4	0.06	9.00	0.32
122	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
123	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
124	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
125	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
126	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
127	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
128	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
129	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
130	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
131	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
132	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
133	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
134	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
135	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
136	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
137	4	0.00	4	0.06	9.00	0.32
138	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
139	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
140	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
141	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
142	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
143	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
144	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
145	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
146	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
147	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
148	4	0.00	4	0.06	10.00	0.19
149	5	1.11	4	0.06	11.00	2.06
150	5	1.11	4	0.06	11.00	2.06
151	5	1.11	4	0.06	10.00	0.19
152	5	1.11	4	0.06	11.00	2.06
153	5	1.11	4	0.06	10.00	0.19
154	5	1.11	4	0.06	11.00	2.06
155	5	1.11	4	0.06	11.00	2.06
156	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
157	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
158	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
159	5	1.11	5	1.53	11.00	2.06
160	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
161	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
162	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
163	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
164	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
165	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
166	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
167	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
168	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
169	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
170	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
171	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
172	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
173	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93

174	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
175	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
176	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
177	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
178	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
179	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
180	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
181	5	1.11	5	1.53	11.00	2.06
182	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
183	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
184	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
185	5	1.11	5	1.53	11.00	2.06
186	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
187	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
188	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
189	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
190	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
191	5	1.11	5	1.53	11.00	2.06
192	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
193	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
194	5	1.11	5	1.53	11.00	2.06
195	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
196	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
197	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
198	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
199	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
200	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
201	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
202	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
203	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
204	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
205	5	1.11	5	1.53	11.00	2.06
206	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
207	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
208	5	1.11	5	1.53	11.00	2.06
209	5	1.11	5	1.53	11.00	2.06
210	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
211	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
212	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
213	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
214	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
215	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
216	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
217	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
218	5	1.11	5	1.53	12.00	5.93
	<b>3.94</b>	<b>211.34</b>	<b>3.76</b>	<b>265.60</b>	<b>9.56</b>	<b>983.60</b>
	<b>PROMEDIO</b>	<b>SUMA</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>SUMA</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>SUMA</b>
<b>VARIANZA</b>		<b>1.0</b>		<b>1.2</b>		
<b>VARIANZA TOTAL</b>						<b>4.5</b>
<b>COEFICIENTE DE CONSISTENCIA INTERNA (ALPHA DE CRONBACH) - BLOQUE B</b>						<b>1.022</b>

## Anexo 6: Entrevista

### Guía de Entrevista a Expertos del Sector Inmobiliario

**Objetivo:** Obtener criterios de expertos en el sector inmobiliario y construcción para evaluar el grado de ajuste del proyecto a la demanda local, su competitividad y viabilidad económica.

#### A. Datos del entrevistado

Cargo/Profesión: \_\_\_\_\_

Años de experiencia: \_\_\_\_\_

#### B. Preguntas de la entrevista

##### *1. Demanda del mercado local*

- ¿Cómo percibe actualmente la demanda de vivienda multifamiliar en Babahoyo?
- ¿Cree que existe un mercado potencial para un proyecto que combine departamentos y locales comerciales en la zona céntrica de la ciudad?

##### *2. Competitividad del proyecto*

- ¿Qué características considera que diferenciarían este proyecto frente a la oferta inmobiliaria actual de Babahoyo?
- ¿Qué aspectos deberían reforzarse para hacerlo más atractivo a los compradores o arrendatarios?

##### *3. Viabilidad económica*

- En su experiencia, ¿los rangos de precios entre \$80,001 – \$120,000 por departamento y \$501 – \$900 por arriendo de local comercial son coherentes con la capacidad de pago de la población local?
- ¿Considera que estos valores son competitivos frente al mercado actual?

##### *4. Riesgos y recomendaciones*

- ¿Qué riesgos identifica en la implementación de un proyecto de este tipo en Babahoyo?
- ¿Qué recomendaciones daría para garantizar la aceptación y sostenibilidad del proyecto en el tiempo?



## Anexo 8: Simulación en R

### RIESGO 1: Estudio geotécnico y cimentación (RPN 270)

```
# =====  
> # Simulación Monte Carlo: Estudio Geotécnico y Cimentación  
> # =====  
>  
> # Número de simulaciones  
> n <- 10000  
> set.seed(123) # reproducibilidad  
>  
> # -----  
> # Factores que influyen  
> # -----  
> tipo_suelo <- sample(c("arcilloso","relleno"), n, replace = TRUE, prob = c(0.6,0.4))  
> profundidad <- sample(c("profunda","superficial"), n, replace = TRUE, prob = c(0.6,0.4))  
> alcance_sondeo <- sample(c("completo","limitado"), n, replace = TRUE, prob = c(0.7,0.3))  
>  
> # -----  
> # Probabilidad de falla por combinación de factores  
> # -----  
> prob_falla <- ifelse(tipo_suelo == "arcilloso" & profundidad == "superficial" & alcance_sondeo == "limitado",  
0.9,  
+         ifelse(tipo_suelo == "arcilloso" & profundidad == "superficial", 0.7,  
+         ifelse(tipo_suelo == "arcilloso" & profundidad == "profunda" & alcance_sondeo == "limitado",  
0.6,  
+         ifelse(tipo_suelo == "arcilloso", 0.4,  
+         ifelse(tipo_suelo == "relleno" & profundidad == "superficial" & alcance_sondeo ==  
"limitado", 0.8,  
+         ifelse(tipo_suelo == "relleno" & profundidad == "superficial", 0.6,
```

```

+                                     ifelse(tipo_suelo == "relleno" & profundidad == "profunda" & alcance_sondeo
== "limitado", 0.5,0.3))))))
>
> # -----
> # Generación de falla (1 = falla, 0 = no falla)
> # -----
> falla <- rbinom(n, 1, prob_falla)
>
> # -----
> # Estadísticas de falla
> # -----
> prob_falla_estim <- mean(falla)   # Probabilidad de falla estimada
> frecuencia_falla <- sum(falla)   # Número de escenarios donde ocurre falla
>
> # -----
> # Costos
> # -----
> costo_estudio <- 600
> costo_cimentacion <- 8000
> costo_total <- costo_estudio + costo_cimentacion
>
> # -----
> # Impacto económico
> # -----
> impacto <- falla * costo_total
>
> # Estadísticas de impacto económico
> costo_esperado <- mean(impacto)
> desviacion <- sd(impacto)

```

```

> percentiles <- quantile(impacto, probs = c(0.1, 0.5, 0.9))
>
> # -----
> # Resultados
> # -----
> cat("Probabilidad de falla estimada:", round(prob_falla_estim, 3), "\n")
Probabilidad de falla estimada: 0.54
> cat("Frecuencia de falla:", frecuencia_falla, "de", n, "escenarios\n")
Frecuencia de falla: 5403 de 10000 escenarios
> cat("Costo esperado (USD):", round(costo_esperado, 2), "\n")
Costo esperado (USD): 4646.58
> cat("Desviación estándar (USD):", round(desviacion, 2), "\n")
Desviación estándar (USD): 4286.22
> cat("Percentiles (USD):\n")
Percentiles (USD):
> print(percentiles)
10% 50% 90%
0 8600 8600
>
> # -----
> # Histograma del impacto económico
> # -----
> library(ggplot2)
>
> ggplot(data.frame(Impacto = impacto), aes(x = Impacto)) +
+   geom_histogram(binwidth = 500, fill = "red", color = "black") +
+   labs(title = "Impacto Económico: Estudio Geotécnico y Cimentación",
+        x = "Impacto Económico (USD)",
+        y = "Frecuencia")

```

## RIESGO 2: Impermeabilización (RPN 210)

```
# -----  
> # Histograma del impacto económico  
> # -----  
> library(ggplot2)  
>  
> ggplot(data.frame(Impacto = impacto), aes(x = Impacto)) +  
+   geom_histogram(binwidth = 500, fill = "red", color = "black") +  
+   labs(title = "Impacto Económico: Estudio Geotécnico y Cimentación",  
+         x = "Impacto Económico (USD)",  
+         y = "Frecuencia")  
>  
> # --- Monte Carlo: Riesgo 2 - Impermeabilización (RPN 210) ---  
> set.seed(123)  
>  
> # -----  
> # Parámetros (ajustables)  
> # -----  
> n_iter <- 10000  
> p_losa   <- 0.70 # losa de hormigón  
> p_specs_ok <- 0.80 # especificaciones completas  
> p_prueba_ok <- 0.75 # pruebas de estanqueidad realizadas  
>  
> # Probabilidades de falla por combinación (tabla condicional)  
> pf_cond <- function(losa, specs_ok, prueba_ok) {  
+   if (losa && specs_ok && prueba_ok) return(0.05)  
+   if (losa && specs_ok && !prueba_ok) return(0.12)  
+   if (losa && !specs_ok && prueba_ok) return(0.15)  
+   if (losa && !specs_ok && !prueba_ok) return(0.30)  
+ }
```

```

+   if (!losa && specs_ok && prueba_ok) return(0.08)
+   if (!losa && specs_ok && !prueba_ok) return(0.18)
+   if (!losa && !specs_ok && prueba_ok) return(0.22)
+   if (!losa && !specs_ok && !prueba_ok) return(0.40)
+ }
>
> # Impacto si falla (por cada 100 m2 de cubierta)
> costo_if_fail_100m2 <- 3800
>
> # Si quieres escalar a tu área real de cubierta:
> area_m2 <- 100 # <-- coloca aquí el área real de tu cubierta (ej. 320)
> escala <- area_m2 / 100
>
> # -----
> # Simulación
> # -----
> # Muestreo de factores
> losa <- runif(n_iter) < p_losa
> specs_ok <- runif(n_iter) < p_specs_ok
> prueba_ok <- runif(n_iter) < p_prueba_ok
>
> # Probabilidad de falla por escenario
> pfalla <- mapply(pf_cond, losa, specs_ok, prueba_ok)
>
> # Realización de falla
> falla <- runif(n_iter) < pfalla
>
> # Costos (por 100 m2 y escalado al área real)
> costo_100 <- ifelse(falla, costo_if_fail_100m2, 0)

```

```

> costo_total <- costo_100 * escala
>
> # -----
> # Indicadores
> # -----
> prob_falla <- mean(falla)
> costo_esp_100 <- mean(costo_100)
> sd_costo_100 <- sd(costo_100)
> p10_100 <- as.numeric(quantile(costo_100, 0.10))
> p50_100 <- as.numeric(quantile(costo_100, 0.50))
> p90_100 <- as.numeric(quantile(costo_100, 0.90))
>
> # Escalados a área real
> costo_esp_total <- mean(costo_total)
> sd_costo_total <- sd(costo_total)
> p10_total <- as.numeric(quantile(costo_total, 0.10))
> p50_total <- as.numeric(quantile(costo_total, 0.50))
> p90_total <- as.numeric(quantile(costo_total, 0.90))
>
> cat("\n=== Resultados (por 100 m2) ===\n")

=== Resultados (por 100 m2) ===
> cat(sprintf("Prob. de falla: %.2f%%\n", 100*prob_falla))
Prob. de falla: 10.79%
> cat(sprintf("Costo esperado: USD %.2f\n", costo_esp_100))
Costo esperado: USD 410.02
> cat(sprintf("Desv. estándar: USD %.2f\n", sd_costo_100))
Desv. estándar: USD 1179.02
> cat(sprintf("Percentiles: P10=%.0f, Mediana=%.0f, P90=%.0f\n", p10_100, p50_100, p90_100))

```

Percentiles: P10=0, Mediana=0, P90=3800

>

```
> cat("\n==== Resultados escalados (área real =", area_m2, "m2) ==== \n")
```

```
==== Resultados escalados (área real = 100 m2) ====
```

```
> cat(sprintf("Costo esperado total: USD %.2f\n", costo_esp_total))
```

```
Costo esperado total: USD 410.02
```

```
> cat(sprintf("Desv. estándar total: USD %.2f\n", sd_costo_total))
```

```
Desv. estándar total: USD 1179.02
```

```
> cat(sprintf("Percentiles: P10=%.0f, Mediana=%.0f, P90=%.0f\n", p10_total, p50_total, p90_total))
```

```
Percentiles: P10=0, Mediana=0, P90=3800
```

>

```
> # -----
```

```
> # Gráfico de distribución
```

```
> # -----
```

```
> # Instala ggplot2 si no lo tienes:
```

```
> # install.packages("ggplot2")
```

```
> library(ggplot2)
```

>

```
> df <- data.frame(costo_100 = costo_100)
```

>

```
> ggplot(df, aes(x = costo_100)) +
```

```
+ geom_histogram(binwidth = 200, boundary = 0, closed = "left") +
```

```
+ labs(
```

```
+   title = "Distribución del impacto económico por impermeabilización (por 100 m²)",
```

```
+   x = "Costo por escenario (USD)",
```

```
+   y = "Frecuencia"
```

```
+ )
```

### **RIESGO 3: Diseño estructural (RPN 180)**

```
> # Monte Carlo para Riesgo: Diseño estructural (RPN = 180)
> # Supuestos basados en FMEA (S=10, O~3 -> p~0.30, D=6)
> # Distribución de coste condicional: triangular(min=5000, mode=12000, max=40000)
> # Iteraciones: 10,000

> # instalar paquete
> if (!require(triangle)) install.packages("triangle", repos="https://cloud.r-project.org")
> if (!require(ggplot2)) install.packages("ggplot2", repos="https://cloud.r-project.org")

> library(triangle)
> library(ggplot2)

> set.seed(12345) # reproducibilidad

> n <- 10000
> p_falla <- 0.30 # probabilidad de fallo (supuesto basado en O=3 en FMEA)
> # generar ocurrencias Bernoulli
> ocurre <- rbinom(n, size=1, prob=p_falla)
> # generar costos condicionales con triangular
> costo_min <- 5000
> costo_mode <- 12000
> costo_max <- 40000

> costo_cond <- rtriangle(n, a=costo_min, b=costo_max, c=costo_mode)

> # costo final por escenario
> costo_escenario <- ocurre * costo_cond
```

```

> # resultados estadísticos

> prob_empirica <- mean(ocurre)

> frecuencia <- sum(ocurre)

> costo_esperado <- mean(costo_escenario)

> desviacion <- sd(costo_escenario)

> percentiles <- quantile(costo_escenario, probs=c(0.10, 0.50, 0.90))

> # imprimir resultados

> cat("Probabilidad de falla estimada:", round(prob_empirica, 3), "\n")

Probabilidad de falla estimada: 0.299

> cat("Frecuencia de falla:", frecuencia, "de", n, "escenarios\n")

Frecuencia de falla: 2992 de 10000 escenarios

> cat("Costo esperado (USD):", round(costo_esperado, 2), "\n")

Costo esperado (USD): 5608.53

> cat("Desviación estándar (USD):", round(desviacion, 2), "\n")

Desviación estándar (USD): 9530.3

> cat("Percentiles (USD):\n")

Percentiles (USD):

> print(percentiles)

 10%   50%   90%

 0.00  0.00 21253.74

> # histograma de costos por escenario

> df <- data.frame(costo = costo_escenario)

> p <- ggplot(df, aes(x = costo)) +

+   geom_histogram(bins = 80) +

+   labs(title = "Histograma de costo por escenario - Riesgo Diseño Estructural",

+         x = "Costo por escenario (USD)",

+         y = "Frecuencia") +

```

```

+ theme_minimal()
> print(p)

> # Distribución acumulada (CDF)
> p2 <- ggplot(df, aes(x = costo)) +
+ stat_ecdf(geom = "step") +
+ labs(title = "CDF costo por escenario - Riesgo Diseño Estructural",
+ x = "Costo por escenario (USD)",
+ y = "Probabilidad acumulada") +
+ theme_minimal()
> print(p2)
> # Guardar resultados a CSV para anexos
> write.csv(df, file = "montecarlo_diseno_estructural_escenarios.csv", row.names = FALSE)

```

#### **RIESGO 4: Abastecimiento de mano de obra, materiales y equipos (RPN 180)**

```

> # Requiere: install.packages(c("triangle","ggplot2"))
> library(triangle)

Aviso:
package 'triangle' was built under R version 4.4.3 > library(ggplot2)

Aviso:
package 'ggplot2' was built under R version 4.4.3 >

> set.seed(2025) # reproducibilidad
> n <- 10000 # número de iteraciones Monte Carlo

> # Parámetros del riesgo (ajustar según datos locales / entrevistas)
> min_cost <- 3500 # USD - escenario mínimo (reposición menor)
> mode_cost <- 10000 # USD - escenario más probable (reposición parcial, re-movilización)
> max_cost <- 35000 # USD - escenario extremo (reprogramaciones, penalidades, importaciones)

```

```

> # Generar muestras (distribución triangular)

> sim_costs <- rtriangle(n, a = min_cost, b = max_cost, c = mode_cost)

> # Estadísticos descriptivos

> expected_cost <- mean(sim_costs)

> sd_cost <- sd(sim_costs)

> median_cost <- median(sim_costs)

> p10 <- quantile(sim_costs, 0.10)

> p50 <- quantile(sim_costs, 0.50)

> p90 <- quantile(sim_costs, 0.90)

> # Resultados imprimibles

> cat("Resultados de la simulación - Riesgo Abastecimiento (n =", n, ")\n")
Resultados de la simulación - Riesgo Abastecimiento (n = 10000 )

> cat("Costo esperado (USD):", round(expected_cost,2), "\n")
Costo esperado (USD): 16152.04

> cat("Desviación estándar (USD):", round(sd_cost,2), "\n")
Desviación estándar (USD): 6791.12

> cat("Mediana (USD):", round(median_cost,2), "\n")
Mediana (USD): 15147.99

> cat("Percentiles 10/50/90 (USD):", round(p10,2), "/", round(p50,2), "/", round(p90,2), "\n")
Percentiles 10/50/90 (USD): 8044.34 / 15147.99 / 26120.62

> # Preparar datos para CDF

> df <- data.frame(cost = sort(sim_costs))

> df$cdf <- seq_along(df$cost) / length(df$cost)

> # Gráfica CDF

> ggplot(df, aes(x = cost, y = cdf)) +

```

```
+ geom_line(size = 0.9) +  
+ labs(title = "CDF costo por escenario - Riesgo Abastecimiento",  
+ x = "Costo por escenario (USD)",  
+ y = "Probabilidad acumulada") +  
+ theme_minimal()
```

### **RIESGO 5: Control de obra (RPN 180)**

```
> # Requiere: install.packages(c("copula", "triangle", "ggplot2", "dplyr"))  
  
> library(copula)  
> library(triangle)  
> library(ggplot2)  
> library(dplyr)  
  
> set.seed(2025)  
  
> # Número de iteraciones  
> n <- 10000  
  
> # --- Parámetros (ajusta si tienes información local) ---  
> # Riesgo 4: Abastecimiento (valores en USD)  
> r4_min <- 3500  
> r4_mode <- 10000  
> r4_max <- 35000  
  
> # Riesgo 5: Control de obra - componente base (costos por retrabajos, correcciones) (USD)  
> r5_min <- 1500  
> r5_mode <- 8000  
> r5_max <- 30000
```

```

> # Riesgo 5: adicional proporcional que depende del Riesgo 4
> # modelaremos una porción del coste de abastecimiento que "se transmite" a control de obra
> # multiplicador entre 0 (no impacto) y 0.6 (impacto fuerte). Lo modelamos con una Beta(2,2)
> # para que la mayoría de valores sean moderados.
> mult_shape1 <- 2
> mult_shape2 <- 2

> # Variables auxiliares del riesgo 5 (impacto en cronograma y % partidas afectadas)
> # Días de retraso (triangular: min, mode, max)
> delay_min <- 3
> delay_mode <- 15
> delay_max <- 60

> # % partidas afectadas (triangular 0-100)
> pct_min <- 0.05 # 5%
> pct_mode <- 0.15 # 15%
> pct_max <- 0.45 # 45%

> # Correlación entre riesgos (rho): ajustable. 0.6 indica correlación moderada-alta
> rho <- 0.60

> # --- Simulación mediante Copula Gaussiana ---
> # Creamos el copula normal con correlación rho (2D)
> norm_cop <- normalCopula(param = rho, dim = 2, dispstr = "un")

> # Generar muestras uniformes correlacionadas
> u <- rCopula(n, norm_cop) # matriz n x 2 con valores U(0,1) correlacionados
> # Transformar uniformes a triangular mediante la inversa qtriangle
> r4_cost_sim <- qtriangle(u[,1], a = r4_min, b = r4_max, c = r4_mode)

```

```

> r5_base_sim <- qtriangle(u[,2], a = r5_min, b = r5_max, c = r5_mode)

> # Generar multiplicador dependiente (independiente condicional, pero vinculado a r4 por copula arriba)
> multiplier <- rbeta(n, mult_shape1, mult_shape2) # entre 0 y 1

> # componente proporcional transmitida desde riesgo 4 hacia riesgo 5
> r5_from_r4 <- multiplier * r4_cost_sim

> # total costo asociado a Control de obra (Riesgo 5)
> r5_total_cost <- r5_base_sim + r5_from_r4

> # Simular días de retraso y % partidas afectadas (independientes en este modelo; si deseas
> # que también estén correlacionadas con costos, podemos usar copula adicional)
> delay_days <- rtriangle(n, a = delay_min, b = delay_max, c = delay_mode)
> pct_affected <- rtriangle(n, a = pct_min, b = pct_max, c = pct_mode) # en proporción (0-1)

> # Cálculos estadísticos
> summary_stats <- data.frame(
+   metric = c("Esperado_USD", "Desviacion_USD", "Mediana_USD", "P10_USD", "P50_USD", "P90_USD"),
+   value = c(mean(r5_total_cost), sd(r5_total_cost), median(r5_total_cost),
+     quantile(r5_total_cost, 0.10), quantile(r5_total_cost, 0.50), quantile(r5_total_cost, 0.90))
+ )

> # Probabilidad de que el costo supere ciertos umbrales (ejemplo: $10k, $20k, $30k)
> thresholds <- c(10000, 20000, 30000)
> prob_exceed <- sapply(thresholds, function(t) mean(r5_total_cost > t))

> # Resumen de retrasos y % partidas
> delay_summary <- c(mean = mean(delay_days), sd = sd(delay_days), median = median(delay_days),

```

```

+           p90 = quantile(delay_days, 0.9))
> pct_summary <- c(mean = mean(pct_affected), sd = sd(pct_affected), median = median(pct_affected),
+           p90 = quantile(pct_affected, 0.9))

> # --- Impresión de resultados ---
> print("Resumen costos - Riesgo 5 (Control de obra):")
[1] "Resumen costos - Riesgo 5 (Control de obra):"
> print(summary_stats)
      metric  value
1 Esperado_USD 21196.484
2 Desviacion_USD 9433.636
3 Mediana_USD 19909.234
4 P10_USD 9999.354
5 P50_USD 19909.234
6 P90_USD 34509.436

> cat("\nProbabilidad de exceder umbrales (USD):\n")

Probabilidad de exceder umbrales (USD):
> for (i in seq_along(thresholds)) {
+   cat(paste0("> $", thresholds[i], ": ", round(prob_exceed[i]*100,2), "%\n"))
+ }
> $10000: 89.99%
> $20000: 49.49%
> $30000: 18.14%
>
> cat("\nResumen días de retraso (media, sd, mediana, p90):\n")

```

Resumen días de retraso (media, sd, mediana, p90):

```

> print(delay_summary)

  mean    sd  median p90.90%
25.86057 12.16916 24.13120 43.75279

> cat("\nResumen % partidas afectadas (en proporción 0-1):\n")

Resumen % partidas afectadas (en proporción 0-1):

> print(pct_summary)

  mean    sd  median p90.90%
0.21800086 0.08498075 0.20674465 0.34010096

> # --- Gráficas ---

> # 1) CDF del costo total Riesgo 5

> df_cdf <- data.frame(cost = sort(r5_total_cost),
+                       cdf = seq_along(r5_total_cost) / length(r5_total_cost))

> p1 <- ggplot(df_cdf, aes(x = cost, y = cdf)) +
+   geom_line(linewidth = 0.8) +
+   labs(title = "CDF - Costo total Riesgo 5 (Control de obra)",
+        x = "Costo total por escenario (USD)",
+        y = "Probabilidad acumulada") +
+   theme_minimal()

> # 2) Histograma densidad del costo

> p2 <- ggplot(data.frame(cost = r5_total_cost), aes(x = cost)) +
+   geom_histogram(aes(y = ..density..), bins = 60, alpha = 0.8) +
+   labs(title = "Distribución - Costo Riesgo 5 (Control de obra)",
+        x = "Costo (USD)", y = "Densidad") +
+   theme_minimal()

```

```

> # 3) Scatter entre costo Riesgo 4 y costo Riesgo 5 (muestra 1000 puntos para visual)
> sample_idx <- sample.int(n, size = 1000)
> df_scatter <- data.frame(r4 = r4_cost_sim[sample_idx], r5 = r5_total_cost[sample_idx])
> p3 <- ggplot(df_scatter, aes(x = r4, y = r5)) +
+   geom_point(alpha = 0.5, size = 1) +
+   geom_smooth(method = "lm", se = FALSE, color = "black", linewidth = 0.8) +
+   labs(title = "Relación entre Riesgo 4 (Abastecimiento) y Riesgo 5 (Control de obra)",
+        x = "Costo Riesgo 4 (USD)", y = "Costo Riesgo 5 (USD)") +
+   theme_minimal()

> # 4) Boxplots de retraso y % partidas afectadas
> p4 <- ggplot(data.frame(delay = delay_days), aes(y = delay)) +
+   geom_boxplot() +
+   labs(title = "Boxplot - Días de retraso por Control de obra", y = "Días") +
+   theme_minimal()

> p5 <- ggplot(data.frame(pct = pct_affected * 100), aes(y = pct)) +
+   geom_boxplot() +
+   labs(title = "Boxplot - % de partidas afectadas (Control de obra)", y = "Porcentaje (%)") +
+   theme_minimal()

> # Mostrar gráficos
> print(p1)
> print(p2)
> print(p3)
`geom_smooth()` using formula = 'y ~ x'
> print(p4)
> print(p5)

```

```

> # --- Guardar resultados relevantes en archivo CSV (opcional) ---

> results_df <- data.frame(

+   r4_cost = r4_cost_sim,

+   r5_base = r5_base_sim,

+   multiplier = multiplier,

+   r5_from_r4 = r5_from_r4,

+   r5_total = r5_total_cost,

+   delay_days = delay_days,

+   pct_affected = pct_affected

+)

> write.csv(results_df, "simulacion_riesgo5_control_obra_results.csv", row.names = FALSE)

> cat("\nArchivo 'simulacion_riesgo5_control_obra_results.csv' generado con los escenarios.\n")

```

### **RIESGO 6: Coordinación BIM (RPN 175)**

```

> # -----

> # Simulación Monte Carlo Riesgo 6 (Coordinación BIM)

> # Basado en valores previos de Riesgo 4 y Riesgo 5

> # -----

> # Instala paquetes si no están

> pkgs <- c("triangle", "copula", "ggplot2", "dplyr", "readr")

> for(p in pkgs) if(!requireNamespace(p, quietly=TRUE)) install.packages(p)

> library(triangle)

> library(copula)

> library(ggplot2)

> library(dplyr)

```

```
> set.seed(2025)

> n <- 10000 # iteraciones

> # --- Parámetros previos (Riesgo 4 y Riesgo 5) ---
> # Riesgo 4 (Abastecimiento)
> r4_min <- 3500
> r4_mode <- 10000
> r4_max <- 35000

> # Riesgo 5 (Control de obra) - base
> r5_min <- 1500
> r5_mode <- 8000
> r5_max <- 30000

> # --- Parámetros Riesgo 6 (Coordinación BIM) - supuestos coherentes ---
> r6_min <- 2000
> r6_mode <- 7000
> r6_max <- 25000

> # Variables auxiliares R6
> clash_min <- 5 # número mínimo de clashes esperados
> clash_mode <- 20
> clash_max <- 80

> pct_resolve_min <- 0.05 # 5% resueltos tarde (mínimo)
> pct_resolve_mode <- 0.20
> pct_resolve_max <- 0.60
```

```

> # Beta shapes para transmitir parte del coste de R4 y R5 hacia R6
> # (multiplicadores entre 0 y 1)
> shape_r4_trans_1 <- 2
> shape_r4_trans_2 <- 2

> shape_r5_trans_1 <- 2
> shape_r5_trans_2 <- 3

> # --- Correlaciones (matriz 3x3) ---
> # Orden variables en copula: [r4_cost, r5_cost, r6_base]
> corr_mat <- matrix(c(1.0, 0.60, 0.50,
+           0.60, 1.0, 0.65,
+           0.50, 0.65, 1.0), nrow=3, byrow=TRUE)

> # Validar que la matriz sea positiva definida
> eigen_vals <- eigen(corr_mat)$values
> if(any(eigen_vals <= 0)) stop("La matriz de correlación no es positiva definida.")
> # Construir Copula Gaussiana con correlación (usamos cholesky implícito en normalCopula)
> # nota: normalCopula usa un parámetro si dim>2; para generalizar usamos ellipCopula?
> # Aquí construimos una Gaussian copula vía mvnorm transform manual para garantizar el corr_mat.
> library(MASS)

> # Generar n vectores normales multivariados con cov=Corr (asumiendo var=1)
> Z <- mvnorm(n, mu = rep(0,3), Sigma = corr_mat)
> U <- pnorm(Z) # convertir a uniformes correlacionados (0,1) por variable

> # Transformar uniformes a las distribuciones deseadas:
> # R4 y R5: triangular (tal como asumido antes)
> r4_sim <- qtriangle(U[,1], a = r4_min, b = r4_max, c = r4_mode)

```

```

> r5_base_sim <- qtriangle(U[,2], a = r5_min, b = r5_max, c = r5_mode)

> # R6 base: triangular (fallas BIM independientes en magnitud base)
> r6_base_sim <- qtriangle(U[,3], a = r6_min, b = r6_max, c = r6_mode)

> # Multiplicadores (beta) independientes para la "transmisión" de impacto:
> mult_r4_to_r6 <- rbeta(n, shape_r4_trans_1, shape_r4_trans_2) # 0..1
> mult_r5_to_r6 <- rbeta(n, shape_r5_trans_1, shape_r5_trans_2)

> # Componente transmitida (parte del costo de R4 y R5 que incrementa R6)
> r6_from_r4 <- mult_r4_to_r6 * r4_sim * 0.20 # asumimos que hasta 20% del costo R4 puede influir en R6
(factor conservador)
> r6_from_r5 <- mult_r5_to_r6 * r5_base_sim * 0.15 # asumimos hasta 15% del costo R5 puede influir en R6

> # Total costo R6 (USD)
> r6_total_cost <- r6_base_sim + r6_from_r4 + r6_from_r5

> # Simular indicadores adicionales (clashes y % resueltos tarde) - independientes para simplicidad
> clash_count <- qtriangle(runif(n), a = clash_min, b = clash_max, c = clash_mode)
> pct_resolve <- qtriangle(runif(n), a = pct_resolve_min, b = pct_resolve_max, c = pct_resolve_mode)

> # Agregar efecto en costo proporcional al % de clashes resueltos tarde (ejemplo)
> # Asumimos que cada 1% de clashes resueltos tarde añade 0.5% del r6_total_cost adicional (supuesto)
> r6_total_cost_adj <- r6_total_cost * (1 + 0.005 * (pct_resolve*100))

> # --- Estadísticos descriptivos ---
> summary_df <- data.frame(
+   metric = c("Esperado_USD", "Desviacion_USD", "Mediana_USD", "P10_USD", "P50_USD", "P90_USD"),
+   value = c(mean(r6_total_cost_adj), sd(r6_total_cost_adj), median(r6_total_cost_adj),

```

```

+       quantile(r6_total_cost_adj,0.10), quantile(r6_total_cost_adj,0.50), quantile(r6_total_cost_adj,0.90))
+)

> print("Resumen costos - Riesgo 6 (Coordinación BIM):")

[1] "Resumen costos - Riesgo 6 (Coordinación BIM):"

> print(summary_df)

      metric  value
1 Esperado_USD 15680.633
2 Desviacion_USD 6459.038
3 Mediana_USD 14811.793
4 P10_USD 7893.795
5 P50_USD 14811.793
6 P90_USD 24810.253

> # Probabilidades de exceder umbrales (ejemplo): >$5k, >$10k, >$20k
> thresholds <- c(5000,10000,20000)
> prob_exceed <- sapply(thresholds, function(t) mean(r6_total_cost_adj > t))
> for(i in seq_along(thresholds)) cat(paste0("Prob > $", thresholds[i], ": ", round(prob_exceed[i]*100,2), "%\n"))

Prob > $5000: 98.54%
Prob > $10000: 78.95%
Prob > $20000: 25.44%

> # Resumen indicadores
> indicators <- data.frame(
+   indicator = c("clash_count_mean", "clash_count_median", "pct_resolve_mean", "pct_resolve_p90"),
+   value = c(mean(clash_count), median(clash_count), mean(pct_resolve), quantile(pct_resolve,0.9))
+)
> print(indicators)

      indicator  value

```

```

1 clash_count_mean 35.0731073
2 clash_count_median 32.7499557
3 pct_resolve_mean 0.2849690
4 pct_resolve_p90 0.4566766

```

```
> # --- Gráficos ---
```

```
> df_cdf <- data.frame(cost = sort(r6_total_cost_adj), cdf =
seq_along(r6_total_cost_adj)/length(r6_total_cost_adj))
```

```
> p1 <- ggplot(df_cdf, aes(x = cost, y = cdf)) + geom_line(linewidth=0.8) +
+ labs(title="CDF - Costo total Riesgo 6 (Coordinación BIM)", x="Costo (USD)", y="Probabilidad acumulada")
+
+ theme_minimal()
```

```
> p2 <- ggplot(data.frame(cost = r6_total_cost_adj), aes(x = cost)) +
+ geom_histogram(aes(y = after_stat(density)), bins = 60, alpha=0.8) +
+ labs(title="Distribución - Costo Riesgo 6 (Coordinación BIM)", x="Costo (USD)", y="Densidad") +
+ theme_minimal()
```

```
> # Scatter: relación r6_total vs r4_sim y r5_base_sim (muestra)
```

```
> sample_idx <- sample.int(n, 1000)
```

```
> p3 <- ggplot(data.frame(r4 = r4_sim[sample_idx], r5 = r5_base_sim[sample_idx], r6 =
r6_total_cost_adj[sample_idx]),
+ aes(x=r4, y=r6)) +
+ geom_point(alpha=0.4) + geom_smooth(method="lm", se=FALSE, linewidth=0.8) +
+ labs(title="Relación R6 vs R4 (muestra)", x="Costo R4 (USD)", y="Costo R6 (USD)") + theme_minimal()
```

```
> p4 <- ggplot(data.frame(r5 = r5_base_sim[sample_idx], r6 = r6_total_cost_adj[sample_idx]),
+ aes(x=r5, y=r6)) +
+ geom_point(alpha=0.4) + geom_smooth(method="lm", se=FALSE, linewidth=0.8) +
+ labs(title="Relación R6 vs R5 (muestra)", x="Costo R5 (USD)", y="Costo R6 (USD)") + theme_minimal()
```

```
> # Plots

> print(p1); print(p2); print(p3); print(p4)

`geom_smooth()` using formula = 'y ~ x'

`geom_smooth()` using formula = 'y ~ x'

> # Guardar CSV con escenarios (opcional)

> results_r6 <- data.frame(r4 = r4_sim, r5 = r5_base_sim, r6_base = r6_base_sim,
+       r6_from_r4 = r6_from_r4, r6_from_r5 = r6_from_r5,
+       r6_total = r6_total_cost, pct_resolve = pct_resolve, clash_count = clash_count,
+       r6_total_adj = r6_total_cost_adj)

> write.csv(results_r6, "simulacion_riesgo6_bim_results.csv", row.names = FALSE)

> cat("CSV 'simulacion_riesgo6_bim_results.csv' generado.\n")

CSV 'simulacion_riesgo6_bim_results.csv' generado.
```

**Anexo 9: Evidencia fotográfica**



