



**ANÁLISIS CUANTITATIVO DE FACTORES DE RIESGO CONSTRUCTIVO EN  
PROYECTOS RESIDENCIALES EN EL MUNICIPIO DE TURBACO BAJO LA  
METODOLOGÍA DEL PMI®.**

**DEIVIS LEONARDO DEL VECCHIO VASQUEZ  
LAUREN SOTO GIRALDO**



**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

**2014**



**ANÁLISIS CUANTITATIVO DE FACTORES DE RIESGO CONSTRUCTIVO EN  
PROYECTOS RESIDENCIALES EN EL MUNICIPIO DE TURBACO BAJO LA  
METODOLOGÍA DEL PMI®.**

***DEIVIS LEONARDO DEL VECCHIO VASQUEZ  
LAUREN SOTO GIRALDO***

Grupo de Investigación: Ciencia y Sociedad  
Línea de Investigación: Gerencia de Proyectos

**Director**

***RAFAEL JULIO MADRID GARCÍA***

Universidad De Cartagena  
Facultad De Ingeniería  
Programa De Ingeniería Civil  
Cartagena D. T. y C., 2014



**NOTA DE ACEPTACION**

---

---

---

---

---

---

**Firma del director**  
**RAFAEL JULIO MADRID GARCÍA**

---

**Firma del jurado**  
**JORGE LUIS ALVAREZ CARRASCAL**

---

**Firma del jurado**  
**JAIRO JOSÉ ALVIS ALY**



## **DEDICATORIA**

Primeramente doy infinitas gracias a Dios y a mi familia; mis padres DAVID FRANCISCO DEL VECCHIO VASQUES Y MARTHA LUCIA VASQUEZ RODRIGUEZ a mis hermanos JHON JAIRO Y DIANA CAROLINA DEL VECCHIO VASQUEZ, quienes son el impulso y motivación de mi educación y de mis éxitos y a todos los que de una u otra forma colaboraron con la terminación exitosa de esta carrera y un especial agradecimiento a mi compañera de trabajo LAUREN SOTO GIRALDO por todo el esfuerzo que puso en desarrollo de este trabajo y el apoyo en todo momento.

*Deivis Leonardo Del Vecchio Vasquez.*

Agradezco a Dios por haberme dado sabiduría y paciencia para terminar satisfactoriamente este trabajo de grado, a mi familia por el apoyo incondicional en todo momento, a mis profesores por guiarme durante todo el proceso y a todas las personas que de alguna forma hicieron parte de este proyecto.

*Lauren Soto Giraldo.*



## **AGRADECIMIENTOS**

### **DOCENTES**

RAFAEL JULIO MADRID GARCÍA. Docente de Ingeniería Civil. Director de tesis.

JORGE LUIS ALVAREZ CARRASCAL. Docente de Ingeniería Civil. Evaluador de tesis.

JAIRO JOSÉ ALVIS ALY. Docente de Ingeniería Civil. Evaluador de tesis.

MÓNICA STELLA ELJAIK URZOLA. Docente de Ingeniería Civil. Tutora de tesis.

### **COLABORADORES**

ARESCON S.A.S.

### **FAMILIARES Y AMIGOS**

Familia Del Vecchio Vasquez.

Familia Soto Giraldo.

Amigos y compañeros.



## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	11
ABSTRACT .....	12
INTRODUCCIÓN .....	13
1. MARCO DE REFERENCIA .....	15
1.1 ANTECEDENTES.....	15
1.2 ESTADO DEL ARTE.....	18
1.3 MARCO TEÓRICO.....	21
1.3.1 Proyecto .....	21
1.3.2 Dirección de proyectos .....	21
1.3.3 Ciclo de Vida de un Proyecto .....	22
1.3.3.1 Características de un ciclo de vida de un proyecto .....	23
1.3.4 Concepto de riesgo.....	25
1.3.5 Clasificación de los Riesgos. ....	26
1.3.5.1. Riesgos Convencionales .....	27
1.3.5.2. Riesgos catastróficos (de fuerza mayor o extraordinarios).....	27
1.3.5.3. Riesgos de la propia obra.....	30
1.3.6 Caracterización de los Riesgos.....	30
1.3.7 Gestión de los Riesgos de un Proyecto .....	31
1.3.7.1 Planificar la gestión de riesgos .....	32
1.3.7.2 Identificar los riesgos.....	35
1.3.7.3 Realizar el análisis cualitativo de los riesgos.....	39
1.3.7.4 Realizar el análisis Cuantitativo de Riesgos .....	43
1.3.8 Modelación y simulación con Crystal Ball.....	47
1.3.8.1 Definición de modelo.....	47
1.3.8.2 Función de Crystal Ball .....	47
1.3.8.3 Beneficios de hacer un análisis de riesgo con Crystal Ball .....	48
1.3.8.4 Simulación de Monte Carlo .....	49
1.3.8.4.1 Definición de simulación de Monte Carlo.....	49



1.3.8.4.2 Funcionamiento de la simulación de Monte Carlo .....	49
1.3.8.5 Análisis de los resultados de una simulación.....	52
2. OBJETIVOS Y ALCANCE.....	54
2.1 OBJETIVOS .....	54
2.1.1 Objetivo General .....	54
2.1.2 Objetivos Específicos.....	54
2.2 ALCANCE.....	55
3. METODOLOGÍA .....	57
3.1 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS CONSTRUCTIVOS QUE SE PUEDEN PRESENTAR EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE TIPO RESIDENCIAL EN EL MUNICIPIO DE TURBACO .....	57
3.2 ANÁLISIS CUALITATIVO DE LOS RIESGOS.....	58
3.3 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LOS RIESGOS .....	58
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	59
4.1 IDENTIFICACION DE LOS RIESGOS .....	59
4.2 ANALISIS CUALITATIVO .....	67
4.3 ANÁLISIS CUANTITATIVO.....	79
4.4 SIMULACION.....	85
5. CONCLUSIONES.....	96
6. RECOMENDACIONES .....	99
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
ANEXOS.....	103



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Categorización y subcategorización de los riesgos.....	59
Tabla 2. Categorías, subcategorías, características e identificación de los riesgos.....	60
Tabla 3. Matriz de probabilidad e impacto de los riesgos.....	67
Tabla 4. Resultado de priorización de los riesgos.....	78
Tabla 5. Riesgos intolerables .....	79
Tabla 6. Riesgos intolerables que afectan el presupuesto del proyecto .....	81
Tabla 7. Riesgos intolerables que afectan el cronograma del proyecto .....	83
Tabla 8. Riesgos intolerables que afectan el cronograma y costos del proyecto por capítulo. ....	85
Tabla 9. Presupuesto del proyecto URBANIZACION EL COUNTRY II .....	86
Tabla 10. Cronograma del proyecto URBANIZACION EL COUNTRY II.....	90





## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Niveles típicos de costo y dotación de personal durante el ciclo de vida del proyecto. .	23
Figura 2. Impacto de la variable en función del tiempo del proyecto. ....	24
Figura 3. Descripción general de la gestión de los riesgos de proyectos de construcción. Metodología PMI® .....	31
Figura 4. Matriz de Probabilidad e Impacto planteada por el PMI. ....	41
Figura 5. Tipos de distribuciones. ....	51
Figura 6. Cuadro de dialogo. Define Forecast. ....	53
Figura 7. Localización espacial del proyecto .....	56
Figura 8. Priorización general de los riesgos .....	78
Figura 13. Densidad probabilística de costo del capítulo Preliminar y cimentación .....	86
Figura 14. Densidad probabilística de costo del Capítulo Mampostería, estructura y cubierta .....	87
Figura 15. Densidad probabilística de costo del capítulo Acabados .....	88
Figura 16. Densidad probabilística de costo del capítulo Urbanismo .....	89
Figura 17. Densidad probabilística de tiempo del capítulo Preliminares y cimentación .....	91
Figura 18. Densidad probabilística de tiempo del capítulo Mampostería, estructura y cubierta. ..	92
Figura 19. Densidad probabilística de tiempo del capítulo Acabados .....	93
Figura 20. Densidad probabilística de tiempo del ítem Urbanismo .....	94



## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Formato de encuesta diligenciada.....	103
--	-----



## RESUMEN

El objeto de este estudio fue realizar un análisis cuantitativo de los factores de riesgos constructivos que se puedan presentar en proyectos de tipo residencial en el municipio de Turbaco, utilizando la metodología del PMI®, seleccionando como caso de estudio el proyecto Urbanización Country II ubicado en dicho municipio, en el cual primero se identificaron 156 riesgos por medio de una entrevista y una encuesta hecha al director, administrador y residente del proyecto. Con los riesgos encontrados se realizó una base de datos donde se establecieron unas categorías, subcategorías con sus principales características y los riesgos identificados en cada una de estas, la cual servirá tanto para el proyecto Urbanización Country II como para futuros proyectos e investigaciones que se desarrollen en la zona.

Con los riesgos identificados se hizo un análisis cualitativo donde estos fueron priorizados mediante la matriz de probabilidad e impacto de acuerdo al objetivo del proyecto afectado (costo y/o tiempo) dando como resultado 33 riesgos aceptables, 95 tolerables y 28 intolerables, donde la mayor cantidad se presenta en la categoría de riesgos externos con 9 riesgos, seguida de la categoría de los riesgos de organización con 8, de los técnicos con 6 y por último de la dirección del proyecto con 5; para realizar el análisis cuantitativo se tomaron los riesgos intolerables y fueron agrupados de acuerdo al objetivo del proyecto al que afectaban (presupuesto y/o cronograma) en cada capítulo. Teniendo en cuenta el porcentaje de impacto de estos en cada objetivo, se estimaron los datos de entrada (valor y tiempo mínimo y valor y tiempo máximo a partir del valor y tiempo esperado para cada capítulo) los cuales se utilizaron al realizar la simulación de estos objetivos mediante el análisis Monte-Carlo empleando el software CRYSTAL BALL. Como resultado de estas simulaciones, se observaron probabilidades entre el 3% y 5% de finalizar el proyecto en el tiempo establecido y entre el 5% y 15% de probabilidad de invertir el costo inicialmente calculado, estos resultados servirán como base para realizar un plan de respuesta, monitoreo y control de los riesgos, complementando así la gestión de riesgos del proyecto según la metodología del PMI®.



## ABSTRACT

The purpose of this study was to perform a quantitative analysis of constructive risk factors that may occur in residential projects in the town of Turbaco, using the methodology of PMI ®, choosing as study case the project "Urbanización Country II" located in the town mentioned, in which were identified 156 risks through an interview and a survey made to the principal, administrator and resident project. With the risks detected, it was made a database, in which were established some categories and subcategories with its main characteristics and risks identified in each one of these, with its main characteristics and risks identified in each of these. This data base not only will serve for the Project Country II Urbanization but also for future projects and research carried out in the area.

With the identified risks a qualitative analysis was made in which were prioritized by a probability matrix and impact according to the objective of the project affected (cost and / or time) giving as result 33 acceptable risks, 95 tolerable risks and 28 intolerable risks, where most of these risks are founded in the category of external risks (9 risks), followed by the category of organization risks (8 risks), 6 technicians risks and finally project management risks (5 risks). to perform quantitative analysis, intolerable risks were grouped according to the objective of the project affected (budget and / or schedule) in each chapter. Taking into account the percentage of impact of these on each target, data were estimated entry (value and minimum time, and value and maximum time from the value and expected time for each chapter) which were used to perform the simulation of these objectives through Monte-Carlo analysis using the software CRYSTAL BALL. As a results of these simulations, exists 3% and 5% probabilities of completing the project within the specified time and between 5% and 15% chance to invest the originally estimated cost, these observed results serve as the basis for making a response plan , monitoring and risks controlling, thus complementing the risks management of project according to the methodology of PMI ®.



## INTRODUCCIÓN

Durante la construcción de una obra civil, siempre salen a relucir errores de diferentes tipos en la planeación y puesta en marcha de los proyectos los cuales generan problemas y contratiempos dentro del cronograma de actividades, alcance del proyecto, el presupuesto y en el aspecto de la calidad en general entre otros.

Existen varias metodologías que desarrollan un sistema definido para analizar los riesgos y evitar que estos se presenten mucho antes de que ocurran, minimizando la posibilidad de que se presenten dentro de la obra y previendo acciones de contingencia desde la etapa de planificación. La finalidad de esta investigación es aplicar las tres primeras etapas en la gestión de los riesgos basados en la metodología del PMI, en las cuales se identifican los riesgos en el proyecto escogido como caso de estudio, después se hace un análisis cualitativo y un análisis cuantitativo para definir y asignar valores a las incertidumbres, y así tratar de predecir si hay variaciones en las fechas definidas y el presupuesto en general.

Como parte de los antecedentes en el cual se aplica o desarrolla esta teoría, se ha observado que la gestión de los riesgos en los proyectos de construcción era bastante débil, principalmente en los proyectos locales y regionales, debido a la falta de antecedentes históricos registrados (bases de datos) y la falta de conocimiento de este tipo de herramienta aplicada a la ingeniería civil por parte de las constructoras. Cabe mencionar que la compañía ECOPETROL contrata empresas para que apliquen la gestión de riesgos de manera completa y controlada, en todos los aspectos que se involucran en este proceso, durante la ejecución de sus proyectos.

Con base al tipo de investigación, se desarrolló un plan que se basó en la metodología establecida por el PMI para el análisis de los riesgos en los cuales las visitas a estas obras y las entrevistas fueron la principal fuente de recopilación de la información para la primera parte que corresponde al análisis cualitativo. Posteriormente incorporamos unas teorías para el análisis cuantitativo en las cuales fue necesaria la utilización de un modelo matemático para dar ciertos valores a las incertidumbres de los riesgos ayudados por distribuciones de probabilidad y



elementos estadísticos necesarios, así como conceptos claves en la teoría de valores óptimos, más probable y pesimista para control y programación de actividades que se usa comúnmente en las ejecución de las obras.

En la investigación que llevamos a cabo se definió como muestra, edificaciones de tipo residencial ubicadas en zona rural del departamento Bolívar, específicamente en el municipio de Turbaco.

Teniendo en cuenta lo planteado por el PMBOOK se pueden hacer los siguientes interrogantes: ¿es posible reconocer los riesgos presentes en proyectos similares al del caso de estudio? ¿Cuáles son las causas que generan estos?.

Se ha detectado que la falta de planificación de ciertas actividades y características intrínsecas a las mismas, están generando retrasos que nunca se hubiesen pronosticado, pero que hoy en día por medio de la gestión de riesgo se pueden desarrollar eficientemente. El tema de la Gestión de Riesgos, tiene como objetivo minimizar la probabilidad de eventos negativos para el proyecto y el impacto de estos y aumentar la probabilidad de ocurrencia de eventos positivos y su impacto.

El tema de la Gestión de Riesgos, en búsqueda de reducir los efectos negativos, se ha convertido en una necesidad para la Gerencia de los proyectos por lo que existen diferentes metodologías para categorizarlos y evaluarlos con el fin de mejorar día a día los procesos constructivos, en la planeación y organización interna, para hacer del mercado local un mercado competitivo en donde todos resulten beneficiados y donde el valor de estos proyectos pueda disminuir sin que se vean afectados los intereses de contratistas y dueños.



## **1. MARCO DE REFERENCIA**

### **1.1 ANTECEDENTES**

A continuación se presenta un resumen en el cual se determina cómo ha sido tratado el tema de gestión de riesgo en proyectos de construcción, cómo se encuentra en el momento de realizar esta investigación y cuáles son sus tendencias.

A Nivel Local en la Universidad de Cartagena se han realizado varias investigaciones respecto al tema, en el año 2009 (Ruz Salcedo & Vitola Cuadro) hicieron una investigación acerca del Manejo de riesgos en proyectos de construcción ubicados en zona rural, cuyo objetivo fue mostrar a las empresas constructoras la forma apropiada de estudiar las contingencias que se presentan en proyectos de construcción en zona rural, con el fin de manejarlos adecuadamente. Para esto se estudiaron los riesgos que se presentaron y el manejo que se les daba a estos, en proyectos de construcción ejecutados en zonas rurales de Colombia en los cuales se encuentran: la vía Tame – Arauca, el puente sobre el río Cascajo, la planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Sincelejo, el túnel la línea, y estaciones de policía como la del municipio de Bagadó-Choco, la de Providencia-San Andrés y Providencia y la de Toribio-Cauca; luego de manera general se identificaron los riesgos, se categorizaron y valoraron de acuerdo a su importancia, bajo, medio o alto dependiendo de los valores obtenidos de la matriz de probabilidad e impacto y por último se elaboró un plan de respuestas con recomendaciones que se deben tener en cuenta para mitigar los riesgos más importantes y más comúnmente presentados en este tipo de proyectos.

En ese mismo año (Romero Martínez & Martelo Díaz) elaboraron una herramienta para identificar y controlar las amenazas y mitigar el riesgo en la toma de decisiones en proyectos de construcción de obras civiles. Mediante una investigación que tenía la finalidad de plantear una metodología para la gestión de los riesgos en proyectos de construcción de obras civiles; para esto se desarrollo una matriz que facilita la identificación, evaluación y el control de las amenazas de los procesos constructivos desde la planeación hasta la ejecución del proyecto.



La recomendación que hicieron principalmente fue dedicar más recursos a los planes de manejo de riesgos en el sector de obras civiles y que estos sean encaminados a lo que los genera, teniendo en cuenta información histórica o estadística anteriormente desarrollada para así poder reducir el impacto que pueda causar al proyecto.

En el año 2010 (Flórez Ortega, 2010) realizó la formulación de un esquema metodológico para la aplicación de la gestión de riesgos en proyectos de construcción.. Para esto se recopiló información referente a las metodologías de gestión de riesgos existentes, con el fin de seleccionar algunas de estas, analizarlas y escoger las mejores prácticas de cada una de ellas para luego formular un esquema metodológico para la aplicación de la gestión de riesgos en proyectos de construcción.

Las metodologías seleccionadas fueron:

Metodología AS/NZS: 4360 (Australian & New Zealand Standard: 4360:2004)

Metodología NTC – 5254 ICONTEC. Norma Técnica Colombiana de Gestión del riesgo

Metodología COSO (Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission).

Metodología del PMI (Project Management Institute).

Finalmente a manera de ejemplo el esquema planteado a partir de las metodologías estudiadas fue aplicado a un proyecto real de la empresa ECOPETROL de la ciudad de Cartagena.

El esquema para la aplicación de la gestión de riesgos en proyectos de construcción planteado en esta investigación está compuesto por las siguientes etapas: *“planificación del gerenciamiento de los riesgos, identificación de los riesgos, análisis cualitativo, priorización del riesgo y elaboración del plan de respuestas, análisis cuantitativo, monitoreo y revisión.”* (Flórez, 2010).

Entre las investigaciones más recientes realizadas en la Universidad de Cartagena se encuentra el Diseño e implementación de un modelo de gestión de riesgos para proyectos de construcción. (Molinares & Velosa, 2012). Para esto se tomó como caso de estudio la zona norte de la ciudad de Cartagena en la cual se identificaron los riesgos que se presentaban, se categorizaron de acuerdo a las etapas en sus procesos constructivos, y luego se elaboró una matriz y una base de datos con el objetivo de mostrar las causas de los riesgos y formular recomendaciones para mitigarlos.





En este mismo año Villalba Herrera hizo un Análisis cualitativo de factores de riesgo en proyectos de construcción de tipo residencial en la ciudad de Cartagena bajo la metodología del PMI<sup>®</sup>, con el objetivo de facilitar el desarrollo de planes de gestión de riesgo de nuevas construcciones de este tipo en la zona norte de la ciudad, los cuales son de mucha importancia ya que al ser implementados pueden prevenir, mitigar o reducir las afectaciones por imprevistos y así mejorar la calidad de dicho proyecto en cuanto al tiempo y costo empleado.

Para esto se tomaron como objeto de estudio proyectos de construcciones residenciales, a los cuales se le identificaron y categorizaron los riesgos basados en la metodología mencionada ; luego se elaboró una base de datos que contiene los respectivos riesgos y sus características.

Benítez Romero & Moreno Díaz en ese año realizaron el Análisis cualitativo y cuantitativo de riesgos en los proyectos de construcción de tipo residencial ubicados en la zona norte de la ciudad de Cartagena, bajo la metodología del PMI<sup>®</sup>, esto con el fin de servir de base para crear planes de gestión de riesgos en la zona y de recopilar información útil para futuras investigaciones.

Para esto se estudiaron proyectos de tipo residencial ejecutados en la zona norte de la ciudad de Cartagena a los cuales se le determinaron los riesgos y sus posibles impacto, luego con estos resultados se elaboro una matriz para identificar los riesgos intolerables y su probabilidad de ocurrencia y finalmente se aplicó un software probabilístico en este caso Crystall Ball Software para clasificar los riesgos cuantitativamente.

Y finalmente en ese año Conde Arrieta & herrera Hernández desarrollaron un Análisis cuantitativo de riesgos constructivos en edificaciones comerciales en la comuna norte de la ciudad de Cartagena indias bajo la metodología del PMI<sup>®</sup>, para esto se identificaron los riesgos, se categorizaron según su importancia para luego realizar el análisis cualitativo de estos con la matriz de probabilidad e impacto, y con base en esta se desarrollo el análisis cuantitativo de los riesgos usando el software Crystal Ball.



Finalmente fue construida una base de datos con las principales características de los riesgos, con el objetivo de plantear soluciones a los posibles problemas que se puedan presentar en el proceso constructivo de proyectos comerciales ubicados en la zona norte de la ciudad de Cartagena.

## **1.2 ESTADO DEL ARTE**

A Nivel Internacional William Imbeah en 2009 realizó una Gestión de proyectos de construcción que usa el análisis de riesgos Programático avanzado y modelo de gestión. *Managing Construction Projects Using the Advanced Programmatic Risk Analysis and Management Model*. Con este trabajo se busca demostrar la efectividad del método de análisis de riesgo programático avanzado y de modelo de gestión (APRAM) en la identificación cuantificación y mitigación de los riesgos, al integrar de manera coherente variables como: cronograma, costo y calidad de las tareas realizadas; el método APRAM es un método creado para la programación de tareas en el área aeroespacial, más específicamente en los proyectos cuya misión fue enviar misiones no tripuladas al espacio con el fin de hacerlo más rápido, mejor y más barato, tiene un gran impacto en proyectos de construcción cuando es integrado de manera temprana en la programación de proyecto junto a profesionales capacitados para garantizar el debido desarrollo del proyecto.

En proyectos constructivos el método APRAM se enfoca en identificar las posibles alternativas de diseño, especificar las posibles componentes de las partes principales, identificar el conjunto de mínimo costo de las alternativas para cada configuración de diseño.

En este trabajo se demostró que APRAM se puede utilizar para generar un mayor soporte en las decisiones en vista al vacío que generan la carencia de herramientas de soporte de decisión en otros métodos utilizados para la gestión de riesgos, ya que proporciona una técnica de análisis de riesgos que pueden minimizar los costos esperados de fracaso de los proyectos mediante la integración de los riesgos del proyecto en el tiempo, el presupuesto y la calidad a través de la asignación de recursos.



El método APRAM permite al evaluador integrar de manera eficiente el presupuesto, cronograma y riesgo de calidad en un marco de gestión de riesgos coherente para profesionales de la construcción.

En este mismo año Hallowell realizó una investigación acerca de la Mitigación de riesgos de seguridad en la construcción. Construction safety risk Mitigation, Para este trabajo se seleccionó el método Delphi como la metodología de investigación principal de estudio. Esta técnica de investigación difiere de otras metodologías que utilizan las encuestas y las entrevistas tradicionales, debido a que en este método de investigación se realizan encuestas a profesionales certificados como expertos en la tema, de acuerdo con las pautas predeterminadas antes de realizar el proceso de la encuesta.

El consenso se logra mediante la retroalimentación de los datos obtenidos de una manera controlada y anónima, de parte el profesional durante varias rondas de encuestas.

En esta investigación eligió un enfoque para la investigación que se basó en el juicio para definir los valores de reducción del riesgo de seguridad, porque los enfoques objetivos no eran realistas.

El análisis de los datos obtenidos en las encuestas se presentó en una matriz, y fueron traducidos a unidades utilizables de frecuencia y riesgo. De este análisis se desprendió una conclusión que indicó que los elementos del programa de seguridad existían en cuatro niveles de eficacia. *“Los elementos del programa de seguridad de primer nivel son el apoyo y el compromiso de la alta dirección y la selección y gestión de subcontratista. Los elementos de segundo nivel son implicación de los trabajadores en la gestión de la seguridad y la planificación, análisis de riesgos de trabajo, la formación y las reuniones periódicas de seguridad, las inspecciones de los lugares de trabajo frecuentes, y un gerente de seguridad específica del sitio. Los elementos de tercer nivel son los programas de abuso de sustancias, los comités de seguridad y salud, la seguridad y la orientación de la salud, y un plan de seguridad por escrito. Por último, los elementos de cuarto nivel son el mantenimiento de registros y análisis de accidentes y la planificación de la respuesta a emergencias.”*



*En 2013 Aljassmi realizo un Análisis de las causas de los defectos de construcción que usa árboles de fallos y medidas de importancia de riesgo. Analysis of causes of construction defects using fault trees and risk importance measures.* Un requisito necesario para prevenir y determinar las causas de los defectos es la capacidad de comprender las causas de los mismos. La literatura existente proporcionó a los investigadores un marco en el que se pudo ubicar los defectos en uno o varios niveles (las influencias organizacionales, supervisión deficiente, condiciones previas a actos defectuosos, y los actos defectuosos), de acuerdo con este marco, se propuso que si se lograban comprender las causas directas de los defectos únicos descritos, ya sea en términos de errores humanos o las violaciones, se podrán concentrar los esfuerzos en la prevención de las fallas, debido a que la prevención podría convertirse en la frontera última de defensa antes de la ocurrencia de un desperfecto.

En este estudio, se introduce una metodología que identifica, clasifica y cuantifica las causas de los riesgos que generan la existencia de actos defectuosos. La metodología se basa en el análisis de numerosos casos de un acto defectuoso para identificar las posibles combinaciones de condiciones latentes que llevan a su ocurrencia, lo que conlleva a que la construcción de un árbol de fallos permite generar notificaciones ante la posible aparición de un acto defectuoso, una característica esencial de árboles de fallos, para cuantificar el riesgo de condiciones latentes por dos criterios, a saber, la frecuencia y la magnitud.

Analizando las investigaciones estudiadas, se puede observar la importancia de la clasificación y cuantificación de los riesgos presentes en proyectos de construcción para lograr prever, planear y programar con mayor precisión y así evitar afectar factores importantes en los proyectos como son tiempo y costos. Con lo aprendido de los trabajos estudiados se puede observar la necesidad de realizar una cuantificación confiable de los riesgos constructivos presentes en proyectos de construcción en zonas rurales, por lo tanto este estudio se hace necesario en vista de que los estudios sobre el tema no se han desarrollado para la zona rural aledaña a la ciudad de Cartagena, y los resultados obtenidos en este estudio ayudarán a realizar una matriz como base de datos de riesgos debidamente clasificados en niveles que se adapte a la zona de estudio y que estas se puedan utilizar para la implementación de planes de gestión de



riesgo que permitan aumentar la efectividad y eficacia de la planeación de nuevos proyectos que se puedan desarrollar en la zona.

## 1.3 MARCO TEÓRICO

### 1.3.1 Proyecto

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o Resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos indica un principio y un final definidos. El final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto o cuando se termina el proyecto porque sus objetivos no se cumplirán o no pueden ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto. Temporal no necesariamente significa de corta duración. En general, esta cualidad no se aplica al producto, servicio o resultado creado por el proyecto; la mayor parte de los proyectos se emprenden para crear un resultado duradero. Un proyecto puede involucrar a una sola persona, una sola unidad o múltiples unidades dentro de la organización. (Project Management Institute, Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®) Cuarta edición, 2008).

### 1.3.2 Dirección de proyectos

La dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. Se logra mediante la aplicación e integración adecuadas de los 42 procesos de la dirección de proyectos, agrupados lógicamente, que conforman los 5 grupos de procesos. (Project Management Institute, Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®) Cuarta edición, 2008)

- ❖ Iniciación
- ❖ Planificación
- ❖ Ejecución
- ❖ Seguimiento y control
- ❖ Cierre



Dirigir un proyecto por lo general implica:

- ❖ Identificar requisitos,
- ❖ Abordar las diversas necesidades, inquietudes y expectativas de los interesados según se planifica y efectúa el proyecto,
- ❖ Equilibrar las restricciones contrapuestas del proyecto que se relacionan, entre otros aspectos, con:
  - El alcance
  - La calidad
  - El cronograma
  - El presupuesto
  - Los recursos
  - El riesgo

El proyecto específico influirá sobre las restricciones en las que el director del proyecto necesita concentrarse y la relación entre estos factores es tal que si alguno de ellos cambia, es probable que al menos otro se vea afectado.

### **1.3.3 Ciclo de Vida de un Proyecto (Project Management Institute, Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®) —Cuarta edición, 2008)**

El ciclo de vida del proyecto es un conjunto de fases del mismo, generalmente secuenciales y en ocasiones superpuestas, cuyo nombre y número se determinan por las necesidades de gestión y control de la organización u organizaciones que participan en el proyecto, la naturaleza propia del proyecto y su área de aplicación. Un ciclo de vida puede documentarse con ayuda de una metodología. El ciclo de vida del proyecto puede ser determinado o conformado por los aspectos únicos de la organización, de la industria o de la tecnología empleada. Mientras que cada proyecto tiene un inicio y un final definidos, los entregables específicos y las actividades que se llevan a cabo entre estos variaran ampliamente de acuerdo con el proyecto. El ciclo de vida proporciona el marco de referencia básico para dirigir el proyecto, independientemente del trabajo específico involucrado.

### 1.3.3.1 Características de un ciclo de vida de un proyecto

Los proyectos varían en tamaño y complejidad. Todos los proyectos, sin importar cuan pequeños o grandes, o cuan sencillos o complejos sean, pueden configurarse dentro de la siguiente estructura del ciclo de vida (véase Figura 1):

- ❖ Inicio
- ❖ Organización y preparación
- ❖ Ejecución del trabajo
- ❖ Cierre

A menudo se hace referencia a esta estructura genérica del ciclo de vida durante las comunicaciones con la alta dirección u otras entidades menos familiarizadas con los detalles del proyecto. Esta perspectiva general puede proporcionar un marco de referencia común para comparar proyectos, incluso si son de naturaleza diferente.

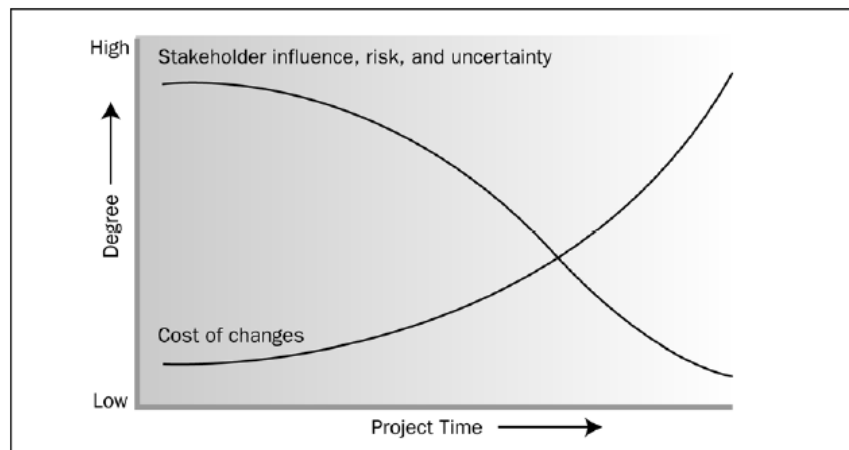


**Figura 1.** Niveles típicos de costo y dotación de personal durante el ciclo de vida del proyecto.

**Fuente.** (Project Management Institute, Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®)—Cuarta edición, 2008)

La estructura genérica del ciclo de vida presenta por lo general las siguientes características:

- Los niveles de costo y dotación de personal son bajos al inicio del proyecto, alcanzan su punto máximo según se desarrolla el trabajo y caen rápidamente cuando el proyecto se acerca al cierre. Este patrón típico está representado en la Figura 1 por la línea punteada.
- La influencia de los interesados, al igual que los riesgos y la incertidumbre (según la Figura 2) son mayores al inicio del proyecto. Estos factores disminuyen durante la vida del proyecto.
- La capacidad de influir en las características finales del producto del proyecto, sin afectar significativamente el costo, es más alta al inicio del proyecto y va disminuyendo a medida que el proyecto avanza hacia su conclusión. La Figura 2 muestra la idea de que el costo de los cambios y de corregir errores suele aumentar sustancialmente según el proyecto se acerca a su fin.



**Figura 2.** Impacto de la variable en función del tiempo del proyecto.

**Fuente.** (Project Management Institute, Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®)—Cuarta edición, 2008)

Dentro del contexto de la estructura genérica del ciclo de vida, un director del proyecto puede determinar la necesidad de un control más efectivo sobre ciertos entregables. En particular, los proyectos grandes y complejos pueden requerir este nivel adicional de control.





En tales casos, el trabajo desarrollado para cumplir con los objetivos del proyecto puede verse beneficiado por la división formal en fases.

#### 1.3.4 Concepto de riesgo

El riesgo de los proyectos es un evento incierto que, si ocurre, tiene un efecto positivo o un efecto negativo en los objetivos del proyecto. Estas dimensiones incluyen dos dimensiones claves de riesgo: la incertidumbre y el efecto sobre los objetivos del proyecto. Al evaluar la importancia de un riesgo del proyecto, estas dos dimensiones deben ser consideradas. La dimensión de la incertidumbre puede ser descrita con el término “probabilidad” y el efecto puede ser llamado el “impacto”. (Project Management Institute, PRACTICE STANDARD FOR PROJECT RISK MANAGEMENT, 2009).

Otras definiciones de riesgo:

- ❖ Posibilidad de que suceda algo que tendrá impacto en los objetivos. Se mide en términos de consecuencias y posibilidad de ocurrencia. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC 2004)
- ❖ La oportunidad de que suceda algo que tendrá impacto en los objetivos. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC, 2006).

Las organizaciones perciben los riesgos por:

Su relación con las amenazas al éxito del proyecto, o por las oportunidades de mejorar las posibilidades de éxito del proyecto.

Los riesgos que son amenazas para el proyecto pueden ser aceptados si el riesgo está en equilibrio con el beneficio que puede obtenerse al tomarlo.

Los riesgos que constituyen oportunidades, como la aceleración del trabajo que puede lograrse asignando personal adicional, pueden ser monitorizados para beneficiar los objetivos del proyecto.



Para tener éxito, la organización debe estar comprometida a tratar la gestión de riesgos de forma proactiva y consistente durante todo el proyecto. (Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación INTECO, guía práctica de gestión de riesgos, 2008)

Otras de las características que distinguen a los riesgos son:

Los riesgos son situacionales: los riesgos varían drásticamente de una situación a otra. Un uso eficiente de las herramientas y técnicas puede ayudar a mitigar dichos riesgos.

Los riesgos pueden ser interdependientes: los riesgos a menudo están relacionados. La respuesta a un riesgo puede provocar un nuevo riesgo o aumentar el impacto de uno ya existente.

Los riesgos dependen de la magnitud: un determinado riesgo podría ser aceptado por ejemplo, si los beneficios y oportunidades potenciales son mayores.

Los riesgos están basados en valor: el nivel de tolerancia del riesgo varía de una persona a otra. Tanto las personas como la compañía influyen en la tolerancia al riesgo. (Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación INTECO, guía avanzada de gestión de riesgos, 2008).

Los riesgos están basados en tiempo: el riesgo es un fenómeno del futuro causado por acciones actuales. El tiempo además afecta a la percepción del riesgo. Dependiendo de cuándo ocurra el riesgo, la percepción cambia.

### **1.3.5 Clasificación de los Riesgos.**

Sería imposible enumerar todos los riesgos que se pueden presentar en este tipo de obra, puesto que basta con que exista la accidentabilidad e imprevisibilidad del suceso para que éste se encuentre cubierto. Por ello, nos centraremos en los que habitualmente son objeto de cobertura aseguradora. (Manual sobre riesgos en la construcción, daños a la obra pérdida de beneficios anticipada (ALOP), 2007).

Éstos se dividen en tres categorías:



## Causas de los siniestros indemnizables

- ❖ Riesgos convencionales o normales
- ❖ Riesgos inherentes a la propia obra
- ❖ Riesgos catastróficos extraordinarios

### 1.3.5.1. Riesgos Convencionales

Los más frecuentes son:

- ❖ **Incendio.** Son muy diversas las causas de incendio, pero circunstancias como el almacenamiento desordenado de madera, la utilización de líquidos inflamables para la combustión de motores, el empleo de plásticos y materiales combustibles, trabajos de soldadura, estufas en almacenes, colillas mal apagadas, material eléctrico, etc., proporcionan abundante carga de fuego.  
Es un tipo de siniestro relativamente frecuente, que durante algunos años encabezó las listas de siniestralidad, y suele dar lugar al pago de cuantiosas indemnizaciones.
- ❖ **Caída de rayo.** La electricidad atmosférica puede causar daños, especialmente en transformadores y edificaciones que superen en altura a otras próximas. Es importante tener en cuenta la inexistencia de pararrayos en las obras durante su construcción, además de que la caída de rayo en ocasiones se ve agravada por la presencia en las grúas o mástiles.
- ❖ **Explosión.** En las obras pueden instalarse calderas, transformadores provisionales para la red de obra, compresores u otros aparatos con riesgo de explosión. Queda cubierta la posible explosión de origen externo a la obra.
- ❖ **Robo.** En sus comienzos se incluía en la póliza, pero en la actualidad casi todas las aseguradoras la excluyen casi de forma absoluta.
- ❖ **Caída de aves aéreas.**

### 1.3.5.2. Riesgos catastróficos (de fuerza mayor o extraordinarios)

Entre los riesgos catastróficos destacan, por un lado, los que proceden de causas de la naturaleza - que pueden preverse pero sus efectos son inevitables-, y por otro, los que son totalmente imprevisibles.



Los riesgos debidos a causas de la naturaleza incluyen:

- ❖ **Vientos, tempestades, huracanes y ciclones.** Pueden causar daños serios, por lo que este hecho se debe tener en cuenta en el proyecto y hacer los cálculos según la normativa al respecto. Aunque sólo se protege a las obras terminadas, durante la construcción se está expuesto a este fenómeno. Estos sucesos normalmente no producen pérdidas totales. Sin embargo, el número de siniestros parciales debidos a las citadas circunstancias es considerable, siendo los de mayor frecuencia los relativos a vuelcos de grúas, arrastre de cubiertas de aluminio, caídas de tabiques aún frescos, etc.
- ❖ **Inundaciones y daños por agua.** Las variaciones atmosféricas hacen previsible la ocurrencia de fenómenos hidrológicos. Este hecho, unido a que la mera existencia de agua en las obras ya es un riesgo permanente para las mismas, hace que los daños por agua sean de los que con mayor frecuencia infieren en el seguro.

Las causas principales de daños por agua son:

- Insuficiente consideración en el proyecto de las condiciones hidrológicas y meteorológicas, es decir, la falta de medidas preventivas tales como: galerías de desvío, tablestacados, drenajes, ausencia de canales de derivación o bombas de achique suficientes en fosos, etc.
- Realización de trabajos durante periodos con peligros especiales por el riesgo de lluvia.
- Carencia de sistema de alarma o insuficiente rapidez en la comunicación de crecidas de agua.
- Ubicación de las obras, almacenes u otras instalaciones en lugares con posible amenaza por crecidas o riadas, como son por ejemplo los cauces de ríos que estuvieran secos en el momento de la ejecución de la obra.

Esto hay que añadir que las medidas de prevención son caras, por lo que se intentan evitar con frecuencia a pesar de incrementar con ello el riesgo. Por ejemplo, en la construcción de zanjas, son muchas las ocasiones en que no son realizadas con las debidas medidas de



seguridad (entibaciones, tablestacados poco profundos, etc.) por lo que suelen producirse corrimientos del terreno con el consiguiente daño propio a la obra.

Estos derrumbamientos suelen ocurrir por la presión que ejercen las paredes del terreno en función de los distintos tipos del mismo, humedades, etc. El riesgo puede aumentar por las condiciones meteorológicas, los efectos del tráfico próximo, la existencia de construcciones contiguas o de depósitos de material y también por sobrecargas transmitidas por las grúas u otros aparatos de elevación. En otras ocasiones, los puntales no tienen apoyos de base capaces de resistir las presiones que se les transmite, dando lugar a que el terreno ceda.

Todos estos se agravan en las excavaciones, donde las infiltraciones de agua existen. En estos casos, la presión hidrostática aumenta con la profundidad, produciendo una mayor inconsistencia del terreno.

Por otro lado, en lo que respecta a los riesgos imprevisibles, acotar el caso fortuito es una cuestión mucho más compleja y que normalmente queda a criterio de los tribunales, por lo que es un asunto de casuismo. A título meramente indicativo podemos señalar las siguientes características de este tipo de riesgo:

- Debe ser un evento totalmente azaroso, que, aunque posible, no sea una consecuencia propia e inevitable de la actividad desarrollada.
- El comportamiento doloso debe estar totalmente ausente.
- Debe haberse desplegado una actividad suficiente con objeto de evitar que se produjera el daño.

El caso fortuito excluye la responsabilidad del asegurado, salvo disposición legal expresa, por lo que suele tener como consecuencia una obligación de la compañía aseguradora de indemnizar los daños producidos al propio asegurado y, eventualmente, a terceros.



### 1.3.5.3. Riesgos de la propia obra

Dentro de la infinidad de riesgos que pueden presentarse debidos a las actividades llevadas a cabo en la ejecución de las obras se destacan los más frecuentes:

- ❖ **Defectos de mano de obra, impericia, negligencia y actos mal intencionados (dolo).** Una de las características en la ejecución de obras es, como ya se ha apuntado con anterioridad, la falta en muchos casos de especialización de la mano de obra. Esta circunstancia, unida a la variedad de lugares de trabajo, es causa de que las impericias de los trabajadores produzcan gran número de accidentes. Se citan a continuación algunos de los más frecuentes:
  - Depósito brusco de hormigón, con hundimiento de plantas en construcción. Defectuoso anclaje de las grúas, que puede provocar caídas sobre las obras.
  - Almacenamientos inadecuados que, al producir, sobrecargas no consideradas, pueden causar el colapso parcial de la estructura (por ejemplo, el hundimiento de una zanja de canalización por depositar el material muy cerca de ésta).
  - Impericia o descuido en el manejo de las máquinas, causa de innumerables daños tanto a la propia obra como a terceros.
  - Negligencias en la realización de medidas preventivas, tales como: olvidos en conectar las bombas de evacuación de agua, faltas de previsión en la elevación de cargas y otras similares.
- ❖ **Errores de cálculo o diseño y empleo de materiales defectuosos o inadecuados.** Estos factores normalmente originan grandes siniestros. Por ejemplo, un pilar mal dimensionado puede provocar el hundimiento total o casi total de parte de un forjado.

### 1.3.6 Caracterización de los Riesgos

El proceso de la caracterización de los riesgos consiste en la identificación y comprensión de los riesgos que pueden existir en las diferentes fases de un proyecto: ingeniería conceptual, ingeniería detallada, compra de materiales y equipos, construcción, entrega o vida productiva. (Mendoza Bravo, y otros, 2007).



Las etapas que componen dicho proceso son las siguientes:

- ❖ Identificar los riesgos y sus posibles impactos
- ❖ Determinar posibles causas
- ❖ Realizar los diagramas necesarios para su análisis (causa – efecto)
- ❖ Plantear acciones de mitigación
- ❖ Definición de responsables de las acciones
- ❖ Estimar los costos asociados a la mitigación

### 1.3.7 Gestión de los Riesgos de un Proyecto

La Gestión de los Riesgos del Proyecto incluye los procesos relacionados con llevar a cabo la planificación de la gestión, la identificación, el análisis, la planificación de respuesta a los riesgos, así como su monitoreo y control en un proyecto. Los objetivos de la Gestión de los Riesgos del Proyecto son aumentar la probabilidad y el impacto de eventos positivos, y disminuir la probabilidad y el impacto de eventos negativos para el proyecto. (Project Management Institute, Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®) —Cuarta edición, 2008).

Cultura, procesos y estructuras dirigidas a obtener oportunidades potenciales mientras se administran los efectos adversos. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2006).

Los procesos a seguir para realizar una buena gestión de riesgos según el P.M.I® son:



**Figura 3.** Descripción general de la gestión de los riesgos de proyectos de construcción. Metodología PMI®

**Fuente:** (Project Management Institute, Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®)—Cuarta edición, 2008).



- ❖ **Planificar la Gestión de Riesgos:** Es el proceso por el cual se define cómo realizar las actividades de gestión de los riesgos para un proyecto.
- ❖ **Identificar los Riesgos:** Es el proceso por el cual se determinan los riesgos que pueden afectar el proyecto y se documentan sus características.
- ❖ **Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos:** Es el proceso que consiste en priorizar los riesgos para realizar otros análisis o acciones posteriores, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia y el impacto de dichos riesgos.
- ❖ **Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos:** Es el proceso que consiste en analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto.
- ❖ **Planificar la Respuesta a los Riesgos:** Es el proceso por el cual se desarrollan opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto.
- ❖ **Monitorear y Controlar los Riesgos:** Es el proceso por el cual se implementan planes de respuesta a los riesgos, se rastrean los riesgos identificados, se monitorean los riesgos residuales, se identifican nuevos riesgos y se evalúa la efectividad del proceso contra riesgos a través del proyecto.

#### 1.3.7.1 Planificar la gestión de riesgos

Planificar la Gestión de Riesgos es el proceso por el cual se define cómo realizar las actividades de gestión de riesgos para un proyecto.

Una planificación cuidadosa y explícita mejora la probabilidad de éxito de los otros cinco procesos de gestión de riesgos. La planificación de los procesos de gestión de riesgos es importante para asegurar que el nivel, el tipo y la visibilidad de gestión de riesgos sean acordes tanto con los riesgos como la importancia del proyecto para la organización.





## **Entradas:**

### ❖ Enunciado del alcance del proyecto

El enunciado del alcance del proyecto brinda una percepción clara de la variedad de posibilidades asociadas con el proyecto y sus entregables, y establece el marco para definir el nivel de importancia que puede adquirir finalmente el esfuerzo de gestión de riesgos.

### ❖ Plan de gestión de costos

El plan de gestión de los costos del proyecto define la forma en que se informarán y utilizarán los presupuestos para la cobertura de riesgos, las contingencias y las reservas de gestión.

### ❖ Plan de gestión del cronograma

El plan de gestión del cronograma definirá la forma en que se informarán y evaluarán las contingencias del cronograma.

### ❖ Plan de gestión de la comunicación

El plan de gestión de las comunicaciones definirá las interacciones que ocurrirán a lo largo del proyecto y determina quién estará disponible para hacer circular la información sobre los diversos riesgos y sus respuestas en diferentes momentos.

### ❖ Factores ambientales de la empresa

Los factores ambientales de la empresa que pueden influir en el proceso de planificación de la Gestión de Riesgos incluyen, entre otros, las actitudes y tolerancias respecto al riesgo que describen el nivel de riesgo que una organización soportará.

### ❖ Activos de los procesos de la organización

Los activos de los procesos de la organización que pueden influir en el proceso de planificación de la gestión de riesgos son entre otros:

- Las categorías de riesgo



- Las definiciones comunes de conceptos y términos
- Los formatos de declaración de riesgos
- Las plantillas estándar
- Los roles y las responsabilidades
- Los niveles de autoridad para la toma de decisiones
- Las lecciones aprendidas
- Los registros de los interesados

### ***Herramientas y técnicas:***

#### ❖ Reuniones de planificación y análisis

Los equipos del proyecto celebraran reuniones de planificación para desarrollar el plan de gestión de riesgos. Se establecerán o se revisarán las metodologías para la aplicación de las reservas para contingencias en materia de riesgos. Se asignarán las responsabilidades de gestión de riesgos.

### ***Salidas:***

#### ❖ Plan de gestión de riesgos

El plan de gestión de riesgos describe la manera en que se estructurará y realizará la gestión de riesgos en el proyecto. El plan de gestión de riesgos incluye lo siguiente:

- Metodología
- Roles y responsabilidades
- Presupuesto
- Calendario
- Categoría de riesgo
- Definiciones de la probabilidad e impacto de los riesgos
- Matriz de probabilidad e impacto de los riesgos
- Tolerancias revisadas de los interesados
- Formatos de los informes
- Seguimiento



### 1.3.7.2 Identificar los riesgos

Identificar los Riesgos es un proceso iterativo debido a que se pueden descubrir nuevos riesgos o pueden evolucionar conforme el proyecto avanza a lo largo de su ciclo de vida. La frecuencia de iteración y quiénes participan en cada ciclo varía de una situación a otra.

#### *Entradas:*

- ❖ Plan de gestión de riesgos.

Las entradas clave del plan de gestión de riesgos al proceso “Identificar los Riesgos” son las asignaciones de roles y responsabilidades, la provisión para las actividades de la gestión en el presupuesto y en el cronograma, y las categorías de riesgo.

- ❖ Estimación de costo de las actividades

Las revisiones de la estimación de los costos de las actividades son útiles para identificar los riesgos, ya que proporcionan una evaluación cuantitativa del costo probable para completar las actividades del cronograma, e idealmente están expresadas como un rango cuya amplitud indica el o los grados de riesgo.

- ❖ Estimación de la duración de las actividades

Las revisiones de la estimación de la duración de las actividades son útiles para identificar los riesgos relacionados con los tiempos asignados para la realización de las actividades o de todo el proyecto.

- ❖ Línea base del alcance

Los supuestos del proyecto se encuentran en el enunciado del alcance del proyecto. La incertidumbre a nivel de los supuestos del proyecto debe evaluarse como causas potenciales de riesgo.

- ❖ Registro de interesados

La información acerca de los interesados será útil para solicitar entradas para la identificación de riesgos, ya que esto asegurará que los interesados clave,



especialmente el cliente, sean entrevistados o participen de otra manera durante el proceso “Identificar los Riesgos”.

❖ Plan de gestión de costos

El proceso “Identificar los Riesgos” requiere la comprensión del plan de gestión de costos que forma parte del plan para la dirección del proyecto. Por su naturaleza o estructura, el enfoque específico de la gestión de costos del proyecto puede generar riesgos o moderarlos.

❖ Plan de gestión del cronograma

El proceso “Identificar los Riesgos” también requiere la comprensión del plan de gestión del cronograma que forma parte del plan para la dirección del proyecto. Por su naturaleza o estructura, el enfoque específico de la gestión del cronograma del proyecto puede generar riesgos o moderarlos.

❖ Plan de gestión de calidad

El proceso “Identificar los Riesgos” también requiere la comprensión del plan de gestión de calidad que forma parte del plan para la dirección del proyecto. Por su naturaleza o estructura, el enfoque específico de la gestión de la calidad del proyecto puede generar riesgos o moderarlos.

❖ Documentos del proyecto

Los documentos del proyecto incluyen entre otros:

- El registro de supuestos
- Los informes de desempeño del trabajo
- Los informes sobre el valor ganado
- Los diagramas de red
- Las líneas base
- Cualquier otra información del proyecto que resulte valiosa para la identificación de los riesgos



❖ Factores ambientales de la empresa

Estos factores pueden influir en el proceso de identificación de los riesgos:

- La información publicada, incluidas las bases de datos comerciales
- Las investigaciones académicas
- Las listas de control publicadas
- Los estudios corporativos
- Los estudios industriales
- Las actitudes frente al riesgo

❖ Activos de los procesos de organización

Estos procesos pueden influir en la identificación de los riesgos:

- Los archivos del proyectos, incluidos los datos reales
- Los controles de los procesos de la organización y del proyecto
- Las plantillas de declaración de riesgos
- Las lecciones aprendidas

***Herramientas y técnicas***

❖ Revisiones de la documentación

Puede efectuarse una revisión estructurada de la documentación del proyecto, incluyendo los planes, los supuestos, los archivos de proyectos anteriores, los contratos y otra información.

❖ Técnicas de recopilación de información

- Tormenta de ideas. La meta de la tormenta de ideas es obtener una lista completa de los riesgos del proyecto. Por lo general, el equipo del proyecto efectúa tormentas de ideas, a menudo con un grupo multidisciplinario de expertos que no forman parte del equipo.
- Técnica Delphi. Los expertos en riesgos del proyecto participan en esta técnica de forma anónima. Un facilitador utiliza un cuestionario para solicitar ideas acerca de los riesgos importantes del proyecto. Las respuestas son resumidas y luego enviadas nuevamente a los expertos para que realicen comentarios adicionales.



❖ Entrevistas

La realización de entrevistas a los participantes experimentados del proyecto, a los interesados y a los expertos en la materia puede ayudar a identificar los riesgos.

❖ Análisis causal

Es una técnica específica para identificar un problema, determinar las causas subyacentes que lo ocasionan y desarrollar acciones preventivas

❖ Análisis de las listas de control

Las listas de control para identificación de riesgos pueden desarrollarse basándose en la información histórica y el conocimiento acumulado a partir de proyectos similares anteriores y otras fuentes de información. También puede utilizarse como lista de control de riesgos el nivel más bajo de la estructura de desglose de riesgos.

❖ Análisis de supuestos

Cada proyecto y cada riesgo identificado se conciben y desarrollan tomando como base un grupo de hipótesis, escenarios y supuestos. El análisis de supuestos explora la validez de los supuestos según se aplican al proyecto.

❖ Técnicas de diagramación

Diagramas de causa y efecto

- son útiles para identificar las causas de los riesgos.

Diagramas de flujo o de sistemas

- Estos diagramas muestran cómo se interrelacionan los diferentes elementos de un sistema, y el mecanismo de causalidad

Diagramas de influencia

- Estos diagramas son representaciones Figuras de situaciones que muestran las influencias causales, la cronología de eventos y otras



relaciones entre las variables y los resultados.

❖ Análisis SWOT (o DAFO, Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades)

Esta técnica examina el proyecto desde cada uno de los aspectos DAFO (debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades) para aumentar el espectro de riesgos identificados, incluyendo los riesgos generados internamente.

❖ Juicio de expertos

Los expertos con experiencia apropiada, adquirida en proyectos o áreas de negocio similares, pueden identificar los riesgos directamente. El director del proyecto debe identificar a dichos expertos e invitarlos a considerar todos los aspectos del proyecto, y a sugerir los posibles riesgos basándose en sus experiencias previas y en sus áreas de especialización.

### **Salidas**

❖ Registro de riesgos

▪ Lista de riesgos identificados

Los riesgos identificados se describen con un nivel de detalle razonable. Puede aplicarse una estructura sencilla para los riesgos de la lista, tal como: un EVENTO puede ocurrir, causando un IMPACTO, o Si tal CAUSA, un EVENTO puede ocurrir, provocando un EFECTO.

▪ Lista de respuestas potenciales

A veces pueden identificarse respuestas potenciales a un riesgo durante el proceso “Identificar los Riesgos”.

### **1.3.7.3 Realizar el análisis cualitativo de los riesgos.**

Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos es el proceso que consiste en priorizar los riesgos para realizar otros análisis o acciones posteriores, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia y el impacto de dichos riesgos.



## *Entradas*

### ❖ Registro de riesgos

#### ▪ Lista de riesgos identificados

Los riesgos identificados se describen con un nivel de detalle razonable. Puede aplicarse una estructura sencilla para los riesgos de la lista, tal como: un EVENTO puede ocurrir, causando un IMPACTO, o Si tal CAUSA, un EVENTO puede ocurrir, provocando un EFECTO.

#### ▪ Lista de respuestas potenciales

A veces pueden identificarse respuestas potenciales a un riesgo durante el proceso Identificar los Riesgos.

### ❖ Plan de gestión de riesgos

Los elementos clave del plan de gestión de riesgos para Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos incluyen los roles y responsabilidades para la gestión de riesgos, los presupuestos, las actividades del cronograma relativas a la gestión de riesgos, así como las categorías de riesgo, las definiciones de probabilidad e impacto, la matriz de probabilidad e impacto y la revisión de la tolerancia al riesgo por parte de los interesados.

### ❖ Enunciado del alcance del proyecto

Los proyectos de tipo común o recurrente tienden a que sus riesgos sean mejor comprendidos. Los proyectos que utilizan tecnología de punta o primera en su clase, así como los proyectos altamente complejos, tienden a tener más incertidumbre. Esto puede evaluarse examinando el enunciado del alcance del proyecto.

### ❖ Activos de los procesos de organización

o Información procedente de proyectos similares anteriores completados o Estudios de proyectos similares realizados por especialistas en riesgos o Bases de datos de riesgos que pueden estar disponibles, procedentes de fuentes industriales o propietarias.





### Herramientas y técnicas

#### ❖ Evaluación de probabilidad e impacto de los riesgos

La evaluación de la probabilidad de los riesgos estudia la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo específico. La evaluación del impacto de los riesgos investiga el efecto potencial de los mismos sobre un objetivo del proyecto, tal como el cronograma, el costo, la calidad o el desempeño, incluidos tanto los efectos negativos en el caso de las amenazas, como positivos, en el caso de las oportunidades.

#### ❖ Matriz de probabilidad e impacto

Los riesgos pueden priorizarse para realizar un análisis cuantitativo posterior y elaborar respuestas basadas en su calificación. Por lo general, estas reglas de calificación de los riesgos son definidas por la organización antes del inicio del proyecto y se incluyen en los activos de los procesos de la organización.

MATRIZ DE PROBABILIDAD E IMPACTO										
PROBABILITY	THREATS					OPPORTUNITIES				
0.9	0.05	0.09	0.18	0.36	0.72	0.72	0.36	0.18	0.09	0.05
0.7	0.04	0.07	0.14	0.28	0.56	0.56	0.28	0.14	0.07	0.04
0.5	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	0.4	0.2	0.1	0.05	0.03
0.3	0.02	0.03	0.06	0.12	0.24	0.24	0.12	0.06	0.03	0.02
0.1	0.01	0.01	0.02	0.04	0.08	0.08	0.04	0.02	0.01	0.01
	0.05	0.1	0.2	0.4	0.8	0.8	0.4	0.2	0.1	0.05

**Figura 4.** Matriz de Probabilidad e Impacto planteada por el PMI.

**Fuente:** (Project Management Institute, Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®)—Cuarta edición, 2008)

#### ❖ Evaluación de la calidad de los datos sobre riesgos

Para ser creíble, un análisis cualitativo de riesgos requiere datos exactos y sin parcialidades. El análisis de la calidad de los datos sobre riesgos es una técnica para evaluar el grado de utilidad de los datos sobre riesgos para su gestión.



Implica examinar el grado de entendimiento del riesgo, la exactitud, calidad, fiabilidad e integridad de los datos relacionados con el riesgo.

❖ **Categorización de los riesgos**

Los riesgos del proyecto pueden categorizarse por fuentes de riesgo, por área del proyecto afectada u otra categoría útil para determinar qué áreas del proyecto están más expuestas a los efectos de la incertidumbre.

❖ **Evaluación de la urgencia de los riesgos**

Los riesgos que requieren respuestas a corto plazo pueden ser considerados de atención más urgente. Los indicadores de prioridad pueden incluir el tiempo para dar una respuesta a los riesgos, los síntomas y las señales de advertencia, y la calificación del riesgo.

❖ **Juicio de expertos**

El juicio de expertos es necesario para evaluar la probabilidad y el impacto de cada riesgo, para determinar su ubicación dentro de la matriz de probabilidad e impacto. Por lo general, los expertos son aquellas personas que ya han tenido experiencia en proyectos similares relativamente recientes.

**Salidas**

❖ **Actualizaciones al registro de riesgos**

El registro de riesgos se inicia durante el proceso Identificar los Riesgos. El registro de riesgos se actualiza con la información procedente del proceso Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos y luego se añade a los documentos del proyecto.

▪ **Clasificación relativa o lista de prioridades de los riesgos del proyecto**

La matriz de probabilidad e impacto puede utilizarse para clasificar los riesgos según su importancia individual. La utilización de combinaciones de probabilidad de ocurrencia de cada riesgo y su impacto sobre los objetivos en



caso de que suceda otorgará a los riesgos un orden de prioridad y los clasificará en grupos según sean de “riesgo alto”, de “riesgo moderado” o de “riesgo bajo”.

- **Riesgos agrupados por categorías**  
La categorización de riesgos puede revelar causas comunes de riesgos o áreas del proyecto que requieren atención especial.
- **Causas de riesgo o áreas del proyecto que requieren particular atención**  
Descubrir las concentraciones de riesgos puede mejorar la efectividad de las respuestas a los riesgos.
- **Lista de riesgos que requieren respuesta a corto plazo**  
Los riesgos que requieren una respuesta urgente y aquéllos que pueden ser tratados posteriormente pueden incluirse en grupos diferentes.
- **Lista de riesgos que requieren análisis y respuesta adicionales**  
Algunos riesgos pueden justificar un mayor análisis, incluido el análisis cuantitativo de riesgos, así como una acción de respuesta.
- **Listas de supervisión para riesgos de baja prioridad**  
Los riesgos que no se han evaluado como importantes en el proceso Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos pueden incluirse en una lista de supervisión para un monitoreo continuo.
- **Tendencias en los resultados del análisis cualitativo de riesgos**  
Conforme se repite el análisis, puede hacerse evidente una tendencia para determinados riesgos, que puede hacer más o menos urgente o importante la respuesta a los riesgos o un análisis más profundo.

#### **1.3.7.4 Realizar el análisis Cuantitativo de Riesgos**

Realizar el análisis cuantitativo de riesgos es el proceso que consiste en analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto.



El proceso realizar el análisis cuantitativo de riesgos se aplica a los riesgos priorizados mediante el proceso realizar el análisis cualitativo de riesgos por tener un posible impacto significativo sobre las demandas concurrentes del proyecto. El proceso realizar el análisis cuantitativo de riesgos analiza el efecto de esos eventos de riesgo. Puede utilizarse para asignar a esos riesgos una calificación numérica individual o para evaluar el efecto acumulativo de todos los riesgos que afectan el proyecto. También presenta un enfoque cuantitativo para tomar decisiones en caso de incertidumbre.

Por lo general, el proceso realizar el análisis cuantitativo de riesgos se realiza después del proceso realizar el análisis cualitativo de riesgos. En algunos casos, es posible que el proceso realizar el análisis cuantitativo de riesgos no sea necesario para desarrollar una respuesta efectiva a los riesgos. La disponibilidad de tiempo y presupuesto, así como la necesidad de declaraciones cualitativas o cuantitativas acerca de los riesgos y sus impactos, determinarán que métodos emplear para un proyecto en particular. El proceso realizar el análisis cuantitativo de riesgos debe repetirse después del proceso Planificar la respuesta a los riesgos, así como durante el proceso monitorear y controlar los Riesgos, para determinar si se ha reducido satisfactoriamente el riesgo global del proyecto. Las tendencias pueden indicar la necesidad de más o menos acciones en materia de gestión de riesgos.

### **Entradas.**

Registro de riesgos.

- Lista de riesgos identificados. Los riesgos identificados se describen con un nivel de detalle razonable. Puede aplicarse una estructura sencilla para los riesgos de la lista, tal como: un EVENTO puede ocurrir, causando un IMPACTO, o Si tal CAUSA, un EVENTO puede ocurrir, provocando un EFECTO.
- Lista de respuestas potenciales. A veces pueden identificarse respuestas potenciales a un riesgo durante el proceso Identificar los Riesgos.

### **Herramientas y técnicas**

Técnicas de recopilación y representación de datos.



- Entrevistas. Las técnicas de entrevistas se basan en la experiencia y en datos históricos para cuantificar la probabilidad y el impacto de los riesgos sobre los objetivos del proyecto. La información necesaria depende del tipo de distribuciones de probabilidad que se vayan a utilizar.
- Distribuciones de probabilidad. Las distribuciones continuas de probabilidad, utilizadas ampliamente en el modelado y la simulación, representan la incertidumbre de los valores tales como las duraciones de las actividades del cronograma y los costos de los componentes del proyecto. Las distribuciones diferenciadas pueden emplearse para representar eventos inciertos, como el resultado de una prueba o un posible escenario en un árbol de decisiones.

Técnicas de análisis cuantitativo de riesgos y de modelado.

- Análisis de sensibilidad. El análisis de sensibilidad ayuda a determinar que riesgos tienen un mayor impacto potencial en el proyecto. Este método evalúa el grado en que la incertidumbre de cada elemento del proyecto afecta el objetivo que está siendo examinado, cuando todos los demás elementos inciertos se mantienen en sus valores de línea base. Una representación típica del análisis de sensibilidad es el diagrama con forma de tornado, que es útil para comparar la importancia y el impacto relativos de las variables que tienen un alto grado de incertidumbre con respecto a las que son más estables.
- Modelado y simulación. Una simulación de proyecto utiliza un modelo que traduce las incertidumbres detalladas especificadas del proyecto en su impacto potencial sobre los objetivos del mismo. Las simulaciones iterativas se realizan habitualmente utilizando la técnica Monte Carlo. En una simulación, el modelo del proyecto se calcula muchas veces (mediante iteración) utilizando valores de entrada (p.ej., estimaciones de costos o duraciones de las actividades) seleccionados al azar para cada iteración a partir de las distribuciones de probabilidad para estas variables. A partir de las iteraciones, se calcula una distribución de probabilidad (p.ej., el costo total o la fecha de conclusión). Para un análisis de riesgos de costos, una simulación emplea estimaciones de costos. Para un análisis de los riesgos relativos al cronograma, se emplean el diagrama de red del cronograma y las estimaciones de la duración.



## Salidas

- ❖ Actualizaciones al registro de riesgos.

El registro de riesgos se actualiza para incluir un informe cuantitativo de riesgos que detalla los enfoques cuantitativos, las salidas y las recomendaciones. Las actualizaciones incluyen los siguientes componentes principales:

- Análisis probabilístico del proyecto. Se realizan estimaciones de los resultados potenciales del cronograma y costos del proyecto, enumerando las fechas de conclusión y los costos posibles con sus niveles de confianza asociados. Esta salida, a menudo expresada como una distribución acumulativa, puede utilizarse con las tolerancias al riesgo por parte de los interesados para permitir la cuantificación de las reservas para contingencias de costo y tiempo. Dichas reservas para contingencias son necesarias para reducir el riesgo de desviación de los objetivos del proyecto establecidos a un nivel aceptable para la organización.
- Probabilidad de alcanzar los objetivos de costo y tiempo. Con los riesgos que afronta el proyecto, se puede estimar la probabilidad de alcanzar los objetivos del proyecto de acuerdo con el plan actual utilizando los resultados del análisis cuantitativo de riesgos.
- Lista priorizada de riesgos cuantificados. Esta lista de riesgos incluye los riesgos que representan la mayor amenaza o presentan la mayor oportunidad para el proyecto. Se incluyen los riesgos que pueden tener el mayor efecto en las contingencias de costos y aquellos que tienen más probabilidad de influir en la ruta crítica. En algunos casos, estos riesgos pueden identificarse por medio de un diagrama con forma de tornado, que se genera por medio de los análisis de simulación.
- Tendencias en los resultados del análisis cuantitativo de riesgos. Conforme se repite el análisis, puede hacerse evidente una tendencia que lleve a conclusiones que afecten las respuestas a los riesgos. La información histórica de la organización relativa al cronograma, al costo, a la calidad y al desempeño del proyecto debe reflejar los nuevos elementos de comprensión adquiridos a través del proceso Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos. Dicho historial puede adoptar la forma de un informe de análisis



cuantitativo de riesgos. Este informe puede presentarse en forma separada o integrada al registro de riesgos.

### **1.3.8 Modelación y simulación con Crystal Ball**

#### **1.3.8.1 Definición de modelo**

Un modelo representa un proceso con combinaciones de datos, formulas y funciones, el cual dependiendo de la información que se introduzca en la hoja de cálculo puede ser generado por Crystal Ball.

Para lograr un modelo apropiado se deben reconocer previamente los riesgos a analizar, los cuales a su vez serán identificados con un conocimiento enfático de los valores particulares que infieren en él, así como su variabilidad.

A diferencia de Crystal Ball que nos permite definir varias variables para su análisis, así como la definición de los rangos para cada una, dentro de los modelos tradicionales se puede encontrar que los pronósticos obtenidos pueden verse limitados ya que su eficacia no arroja resultados lo suficientemente óptimos para su aplicación, debido a la restricción o dispersión de sus datos.

Crystal Ball resulta entonces mucho más eficaz en la realización de análisis al incluir rangos de variables mucho mas especificas y poco dispersas que permiten mantener el panorama general del modelo siempre a la vista, lo que significa que todas las variables establecidas, harán parte del análisis del modelo, sin riesgo a ser excluidas. (*Crystal Ball Software de análisis y simulación de riesgo. Manejo de las diferentes herramientas que el Crystall Ball ofrece, 2004*).

#### **1.3.8.2 Función de Crystal Ball**

Crystal Ball extiende la capacidad, de pronosticar modelos sobre la hoja de cálculo de Excel y provee la información necesaria para que el usuario del software pueda llegar a ser un mejor y más eficiente tomador de decisiones. Como usuario de Microsoft Excel, se conocen dos limitaciones:



- ❖ Se puede cambiar solo una celda al tiempo. Como resultado, al explorar el rango entero de los datos ingresados, realmente no se puede determinar el riesgo que ha de generar impacto sobre estos.
- ❖ El análisis “What-If “siempre resulta un punto sencillo de estimación que no indica la probabilidad de alcanzar ningún valor en particular.

Crystal Ball supera estas dos limitaciones de la siguiente manera:

- ❖ Permite describir un rango de posibles valores para cada celda de incertidumbre dentro de la hoja del cálculo. De modo, que todos los supuestos que se ingresen al modelo son expresados al mismo tiempo.
- ❖ Usando un proceso llamado Simulación de Monte Carlo, Crystal Ball arroja resultados en un cuadro de pronósticos que muestra el rango entero de posibles valores y la probabilidad de alcanzar cualquiera de ellos.

La mejor manera de entender este proceso es trabajar sobre un ejemplo de Crystal Ball. (*Crystal Ball Software de análisis y simulación de riesgo. Manejo de las diferentes herramientas que el Crystall Ball ofrece, 2004*).

### 1.3.8.3 Beneficios de hacer un análisis de riesgo con Crystal Ball

Cero conjeturas: Como ya se había mencionado anteriormente, los riesgos ocultos o no planteados dentro de un modelo conducen a menudo a errores que implican grandes costos para las empresas. Crystal Ball al ofrecer diferentes métodos para calcular los riesgos, permite una comprensión más rica de los riesgos inherentes al modelo.

No existen limitaciones con la hoja de cálculo de Excel: Mediante la simulación de Monte Carlo se pueden analizar múltiples escenarios sin necesidad de crear varias hojas de cálculo o estimar una sola variable, como sería si no se contara con la herramienta de Crystal Ball.

Con el análisis de sensibilidad de Crystal Ball conocer los factores que realmente conducen a resultados.





Con Crystal Ball los esfuerzos van encaminados a la realización y planteamiento del modelo, ya que su análisis es una herramienta que se genera por sí sola. (*Crystal Ball Software de análisis y simulación de riesgo. Manejo de las diferentes herramientas que el Crystall Ball ofrece*, 2004).

#### **1.3.8.4 Simulación de Monte Carlo**

El análisis de riesgos es parte de cada decisión que tomamos. Nos enfrentamos constantemente con la incertidumbre, la ambigüedad y variabilidad. Y a pesar de que tenemos un acceso sin precedentes a la información, no se puede predecir con exactitud el futuro. Simulación de Monte Carlo (también conocido como el Método de Monte Carlo) le permite ver todos los posibles resultados de sus decisiones y evaluar el impacto del riesgo, lo que permite una mejor toma de decisiones bajo incertidumbre. (Palisade, 2013).

##### **1.3.8.4.1 Definición de simulación de Monte Carlo**

Simulación de Monte Carlo es una técnica matemática computarizada que permite tener en cuenta el riesgo en análisis cuantitativo y la toma de decisiones. La simulación de Monte Carlo ofrece a la persona responsable de tomar las decisiones una serie de posibles resultados, así como la probabilidad de que se produzcan según las medidas tomadas. Muestra las posibilidades extremas —los resultados de tomar la medida más arriesgada y la más conservadora— así como todas las posibles consecuencias de las decisiones intermedias. (Palisade, 2013).

##### **1.3.8.4.2 Funcionamiento de la simulación de Monte Carlo**

La simulación Monte Carlo realiza el análisis de riesgo con la creación de modelos de posibles resultados mediante la sustitución de un rango de valores —una distribución de probabilidad— para cualquier factor con incertidumbre inherente. Luego, calcula los resultados una y otra vez, cada vez usando un grupo diferente de valores aleatorios de las funciones de probabilidad. Dependiendo del número de incertidumbres y de los rangos especificados, para completar una simulación Monte Carlo puede ser necesario realizar miles o decenas de miles de recálculos. La simulación Monte Carlo produce distribuciones de valores de los resultados posibles. (Palisade, 2013).



## ❖ Distribuciones

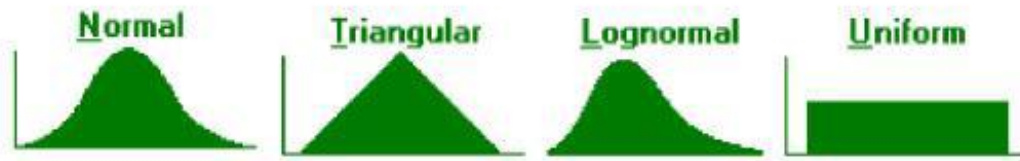
Mediante el uso de distribuciones de probabilidad, las variables pueden generar diferentes probabilidades de que se produzcan diferentes resultados. Las distribuciones de probabilidad son una forma mucho más realista de describir la incertidumbre en las variables de un análisis de riesgo. Las distribuciones de probabilidad más comunes son:

**Normal** - O " curva de campana. " El usuario simplemente define la media o valor esperado y una desviación estándar para describir la variación con respecto a la media. Los valores intermedios cercanos a la media tienen mayor probabilidad de que ocurran. Es simétrica y describe muchos fenómenos naturales, tales como la estatura de las personas. Ejemplos de variables descritas por las distribuciones normales incluyen las tasas de inflación y los precios de la energía.

**Triangular** - El usuario define el valor mínimo, más probable y máximo. Los valores situados alrededor del valor más probable tienen más probabilidades de producirse. Las variables que pueden ser descritas por una distribución triangular incluyen historial de ventas pasadas por unidad de tiempo y los niveles de inventario.

**Lognormal** - Los valores están sesgados positivamente, no son simétricos como una distribución normal. Se utiliza para representar valores que no bajan por debajo de cero, pero tienen un potencial positivo ilimitado. Ejemplos de variables descritas por las distribuciones logarítmicas normales incluyen valores de las propiedades inmobiliarias y bienes raíces, precios de acciones, y las reservas de petróleo.

**Uniforme** - Todos los valores tienen la misma probabilidad de ocurrir, y el usuario solo define el valor mínimo y el máximo. Ejemplos de variables que puedan ser distribuidos uniformemente incluyen costos de manufacturación o los ingresos por las ventas futuras de un nuevo producto.



**Figura 5.** Tipos de distribuciones.

**Fuente.** Investigación, software de análisis y simulación de riesgo, Universidad Nacional de Colombia, facultad de ciencias económicas, unidad de informática y comunicaciones.

**PERT** - El usuario define el valor mínimo, más probable y máximo, al igual que la distribución triangular. Los valores situados alrededor del más probable tienen más probabilidades de que ocurran. Sin embargo, los valores situados entre el más probable y los extremos tienen más probabilidades de producirse que en la distribución triangular; es decir, los extremos no tienen tanto peso. Un ejemplo de la utilización de una distribución PERT es para describir la duración de una tarea en un modelo de gestión de proyectos.

**Discretos** - El usuario define los valores específicos que pueden ocurrir y la probabilidad de cada uno. Un ejemplo podría ser el resultado de una demanda legal: 20 % de probabilidad de fallo positivo, 30 de posibilidades de obtener un veredicto negativo, un 40 % de posibilidades de llegar a un acuerdo, y el 10 % de posibilidades de anulación del juicio.

Durante una simulación Monte Carlo, los valores se muestrean aleatoriamente a partir de las distribuciones de probabilidad introducidas. Cada grupo de muestras se denomina iteración, y el resultado correspondiente de esa muestra queda registrado. La simulación Monte Carlo realiza esta operación cientos o miles de veces, y el resultado es una distribución de probabilidad de posibles resultados. De esta forma, la simulación Monte Carlo proporciona una visión mucho más completa de lo que puede suceder. Indica no sólo lo que puede suceder, sino la probabilidad de que suceda.

La simulación Monte Carlo proporciona una serie de ventajas sobre el análisis determinista o “estimación de un solo punto”:



**Resultados probabilísticos.** Los resultados muestran no sólo lo que puede suceder, sino lo probable que es un resultado.

**Resultados gráficos.** Gracias a los datos que genera una simulación Monte Carlo, es fácil crear gráficos de diferentes resultados y las posibilidades de que sucedan. Esto es importante para comunicar los resultados a otras personas interesadas.

**Análisis de sensibilidad.** Con sólo unos pocos resultados, en los análisis deterministas es más difícil ver las variables que más afectan el resultado. En la simulación Monte Carlo, resulta más fácil ver qué variables introducidas tienen mayor influencia sobre los resultados finales.

**Análisis de escenario.** En los modelos deterministas resulta muy difícil modelar diferentes combinaciones de valores de diferentes valores de entrada, con el fin de ver los efectos de situaciones verdaderamente diferentes. Usando la simulación Monte Carlo, los analistas pueden ver exactamente los valores que tienen cada variable cuando se producen ciertos resultados. Esto resulta muy valioso para profundizar en los análisis.

**Correlación de variables de entrada.** En la simulación Monte Carlo es posible modelar relaciones interdependientes entre diferentes variables de entrada. Esto es importante para averiguar con precisión la razón real por la que, cuando algunos factores suben, otros suben o bajan paralelamente.

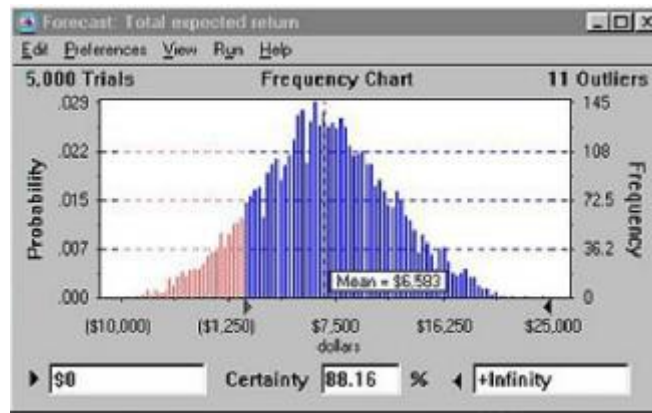
### 1.3.8.5 Análisis de los resultados de una simulación

Para cada modelo de la hoja de cálculo se tiene un sistema de salidas importantes, tales como totales de beneficios netos, o costos, que se deseen simular y analizar. Crystal Ball permite definir esas celdas como pronósticos 1. Se pueden definir tanto pronósticos como se necesiten, Crystal Ball se encarga de recordar los valores de cada pronóstico para cada ensayo.

Durante la simulación se puede observar un histogramas de resultados, 1 un pronóstico es una fórmula o salida de la celda que se desea simular y analizar.



Referido al cuadro de probabilidades, desarrollados para cada pronóstico. Mientras corre la simulación, se puede ver como los pronósticos se estabilizan hacia una distribución de frecuencia normal. Después de varios ensayos se pueden observar las estadísticas de resultados y la certeza de cualquier resultado. (*Crystal Ball Software de análisis y simulación de riesgo. Manejo de las diferentes herramientas que el crystall ball ofrece, 2004*).



**Figura 6.** Cuadro de dialogo. Define Forecast.

**Fuente.** Investigación, software de análisis y simulación de riesgo, Universidad Nacional de Colombia, facultad de ciencias económicas, unidad de informática y comunicaciones.



## **2. OBJETIVOS Y ALCANCE**

### **2.1 OBJETIVOS**

#### **2.1.1 Objetivo General**

Realizar el análisis cuantitativo de los factores de riesgos constructivos que se puedan presentar en el proyecto de construcción residencial Urbanización Country II en la cabecera municipal del municipio de Turbaco, utilizando la metodología del PMI®, con la finalidad de conocer la magnitud del impacto en los objetivos del proyecto, y utilizarlos como base guía para cuantificar riesgos en futuros proyectos similares que se ejecuten en la zona.

#### **2.1.2 Objetivos Específicos**

- Identificar los riesgos que se pueden presentar en el proyecto de construcción de tipo residencial en estudio mediante la metodología del PMI®.
- Categorizar en orden de importancia los diferentes riesgos que se pueden encontrar en el proyecto.
- Elaborar un análisis cualitativo de los riesgos, utilizando la matriz de probabilidad e impacto con el propósito de facilitar los planes de gestión de riesgo del proyecto y de futuras construcciones de tipo residencial en la zona.
- Realizar un análisis cuantitativo de los riesgos que han sido priorizados en el análisis cualitativo empleando el software Crystal Ball con el fin de estimar el efecto de los riesgos más notables que perjudican el tiempo y costo de ejecución del proyecto.
- Construir una base de datos usando la hoja de cálculo de Microsoft Excel que contenga los riesgos y sus características principales en el proyecto de construcción de tipo residencial en estudio para que sea útil a futuros proyectos e investigaciones.

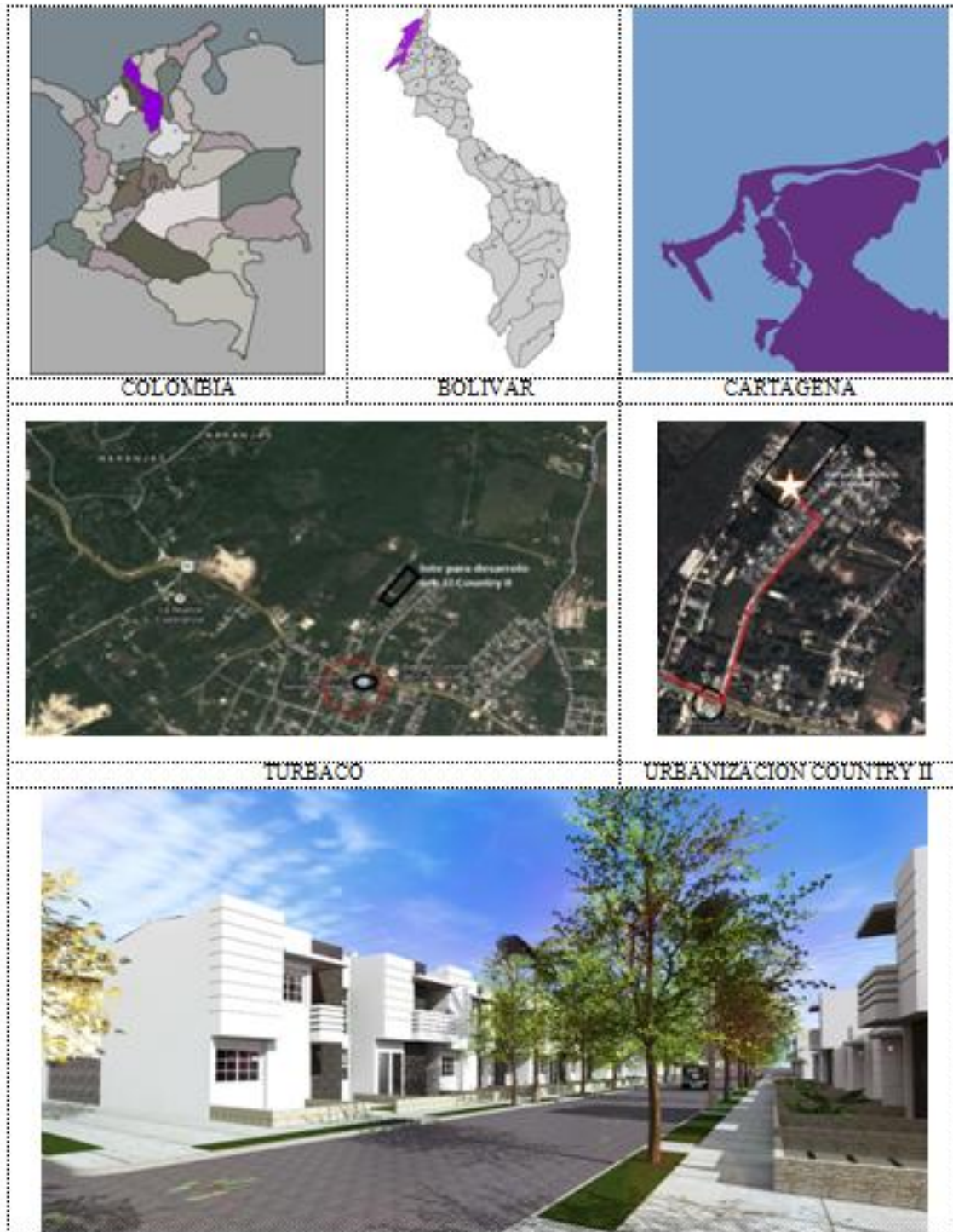


## **2.2 ALCANCE**

Este trabajo de grado se desarrolló durante el transcurso del primer período académico del año 2014 y mediante este se buscó realizar un análisis cuantitativo de los factores de riesgo constructivo que se puedan presentar en proyectos de tipo residencial en el municipio de Turbaco utilizando la metodología del PMI®.

Para esto se escogió el proyecto de construcción residencial Urbanización Country II, el cual se encuentra en ejecución y está localizado en la comuna de Plan Parejo del municipio de Turbaco, Bolívar ubicado a 10 kilómetros de la ciudad de Cartagena, en el cual se hizo una investigación de tipo mixta donde se identificaron los riesgos, se categorizaron en orden de importancia, y luego se elaboró un análisis cualitativo utilizando la matriz de probabilidad e impacto, y finalmente se realizó un análisis cuantitativo de estos, empleando el software Crystal Ball, con el propósito de evaluar su efecto en el tiempo y costo de la ejecución del proyecto.

Con los resultados obtenidos del análisis cuantitativo se generó una base de datos que contiene la categorización de los riesgos y su cualificación, la cual servirá de soporte a investigaciones que se realicen posteriormente, y a su vez para continuar con la planificación de respuesta a los riesgos, el monitoreo y control de estos complementando así el plan de gestión de riesgos del proyecto en estudio y además servirá de base para los planes de gestión de riesgos de futuros proyectos de construcción de tipo residencial que se ejecuten en la zona y sus alrededores.



**Figura 7.** Localización espacial del proyecto.

**Fuente:** Elaboración propia adaptado de Google Maps e imágenes del proyecto.





### 3. METODOLOGÍA

La investigación que se realizó en el desarrollo de este trabajo se cataloga como mixta debido a que se compone de una fase descriptiva y una fase analítica.

Esta investigación se denomina descriptiva puesto que se realizó una recopilación de datos para el caso en estudio. Se reconocieron los riesgos que se presentan en las construcciones de tipo residencial, donde se clasificaron según el grado de complejidad de cada uno desde el momento mismo de la planeación con el fin de conocer la incidencia en los procesos de programación y ejecución, además en los constructivos y en el tiempo de ejecución las actividades que componen el proyecto, además esta investigación es analítica debido a que con los datos recopilados sobre cada uno de los riesgos encontrados, se realizó una modelación probabilística para determinar su valoración numérica a partir de un análisis cuantitativo.

La metodología que se utilizó para el desarrollo de este proyecto es la plasmada en el PMBOK 5° Edición, propuesta por el Project Management Institute (PMI®).

#### **3.1 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS CONSTRUCTIVOS QUE SE PUEDEN PRESENTAR EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE TIPO RESIDENCIAL EN EL MUNICIPIO DE TURBACO.**

Para la identificación de las amenazas que se pueden presentar en los procesos constructivos de proyectos de tipo residencial se realizó una búsqueda en las bases de datos virtuales de la universidad de Cartagena, en donde se encontró gran cantidad de información sobre este tipo de riesgos, hallamos trabajos realizados anteriormente por estudiantes de pregrado y post-grado, entre estos los trabajos realizados por: *Eblin Estela Conde Arrieta y Gabriel Arturo Herrera Hernández (2012) “Análisis cuantitativo de riesgos constructivos en edificaciones comerciales en la comuna norte de la ciudad de Cartagena indias bajo la metodología del PMI®”, Johan Luis Villalba Herrera (2012) “Análisis cualitativo de factores de riesgo en proyectos de construcción de tipo residencial en la ciudad de Cartagena bajo la*



*metodología del PMI®*. Sobre estos se realizó una clasificación de los riesgos constructivos presentes en proyectos de diferentes tipos. Con base en esto hicimos un listado de riesgos que se pueden presentar en nuestro proyecto.

Luego de tener un listado base se realizó una reunión con el ingeniero Rafael Madrid en la cual se discutieron cada uno de los riesgos y de esta reunión obtuvimos un listado de los posibles riesgos que se pueden presentar en el proyecto, y con este se generó un formato de encuesta para identificar los riesgos que se presentan en el proyecto escogido como caso de estudio, la cual se realizó a personas capacitadas que hacen parte del proyecto, las encuestas fueron realizadas a el director, administrador y el residente de la obra (ver anexo 1).

### **3.2 ANÁLISIS CUALITATIVO DE LOS RIESGOS**

Se realizó el análisis cualitativo de las amenazas utilizando la matriz de probabilidad e impacto con el propósito de facilitar los planes de gestión de riesgo del proyecto. Por medio de esta matriz se realizó una categorización en orden de importancia de los diferentes riesgos que se pueden encontrar en el proyecto, teniendo en cuenta la probabilidad de ocurrencia este y el impacto que genera dependiendo el objetivo del proyecto al cual afectan (tiempo y costos).

### **3.3 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LOS RIESGOS**

Para el análisis cuantitativo se utilizó el software Crystal Ball el cual usando el proceso llamado simulación de Monte Carlo realizó modelaciones del presupuesto y cronograma teniendo en cuenta los riesgos intolerables obtenidos en el análisis cualitativo, esto con el fin de estimar el efecto de los riesgos más notables que perjudican el tiempo y costo de ejecución del proyecto. Como resultado de estas modelaciones se pudo obtener un rango de valores estimado dentro del cual se pueden mover el cronograma y el presupuesto de ejecución de dicho proyecto.



## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 IDENTIFICACION DE LOS RIESGOS

En la tabla 1 se muestran las categorías y subcategorías en las que se pueden clasificar los riesgos constructivos que se identificaron por medio de la encuesta en el proyecto residencial escogido como caso de estudio.

**Tabla 1.** Categorización y subcategorización de los riesgos.

ITEMS	TIPO DE RIESGO
1	TECNICOS
1.1	Requisitos
1.2	Tecnología
1.3	Complejidad e interfaces
1.4	Rendimiento y Fiabilidad
1.5	Calidad
2	EXTERNOS
2.1	Subcontratistas y Proveedores
2.2	Regulatorio
2.3	Mercado
2.4	Cliente
2.5	Condiciones Climáticas y Naturales
2.6	RSE(responsabilidad social empresarial)
2.7	Otros
3	DE LA ORGANIZACIÓN
3.1	Dependencias del proyecto
3.2	Recursos
3.3	Financiación
3.4	Priorización
3.5	Logística y Transporte
3.6	HSE y Seguridad Física
4	DIRECCIÓN DE PROYECTO
4.1	Estimación
4.2	Planificación
4.3	Control
4.4	Comunicación

**Fuente:** Recolección de datos como resultado de la entrevistas de riesgos.



En la tabla 2 se muestran las categorías y subcategorías de los riesgos, con sus características y los eventos identificados en cada una de estas mediante las encuestas y entrevistas, los cuales generan una amenaza para el proyecto en estudio y los demás proyectos desarrollados en la zona.

**Tabla 2.** Categorías, subcategorías, características e identificación de los riesgos.

Categoría	Subcategoría	Características		
<b>1. TECNICO</b>	1,1 Requisitos	Riesgos asociados a los requisitos indispensables para el desarrollo del proyecto.	1,1,1	Demora en la autorización y expedición de permisos.
	1,2 Tecnología	Riesgos en requerimientos de tecnología no disponible en la ciudad o en el país.	1,2,1 1,2,2	Herramienta y tecnología obsoleta. Inexperiencia y desconocimiento de la tecnología de punta.
	1,3 Complejidad e interfaces	Riesgos asociados al nivel de complejidad de las actividades que se deben realizar para el buen desarrollo del proyecto.	1,3,1 1,3,2 1,3,3 1,3,4  1,3,5 1,3,6 1,3,7 1,3,8	Defectos de diseño. Estudios incompletos. Trabajos en alturas. Dificultad para operar maquinaria grande por cercanías con las redes eléctricas. Escasa mano de obra calificada para trabajo en altura. Capacidad de redes de agua, gas y/o eléctricas no suficientes para suplir la necesidad del proyecto. Siniestros (daños en la estructura, retrasos o responsabilidades con terceros). Cambios en el proceso constructivo.
	1,4 Rendimiento y Fiabilidad	Riesgos asociados con la cantidad de actividades realizadas en una escala de tiempo, así como rendimiento de los materiales de acuerdo a las especificaciones.	1,4,1 1,4,2 1,4,3 1,4,4 1,4,5 1,4,6	Rotura de la punta de diamante de la máquina piloteadora. Bajo rendimiento del personal contratado. Personal trabajando bajo presión. Exceso de trabajo y horas extras no previstas. Pérdida de personal clave. Falta de entrenamiento adecuado para personal.



<b>1. TECNICO</b>	1,5 Calidad	Riesgos asociados a la calidad de las actividades realizadas.	1,5,1 1,5,2 1,5,3 1,5,4 1,5,5 1,5,6 1,5,7 1,5,8 1,5,9 1,5,10	Acotamiento erróneo del perímetro. Mal figurado del acero. Omisión de las normas internas de manejo de equipos. Omisión de señales, letreros o carteles de advertencia. Realización de trabajos sin autorización. Apuntalamiento inadecuado de encofrado. Mala calidad de trabajo (calidad de trabajo defectuoso, no aceptada por parte de la interventoría. Rotura, fugas o pérdidas de agua potable, aguas negras, gas. Replanteo desfasado (las referencias del replanteo mal tomadas). Empaques o juntas dañadas en tuberías instaladas.	
	<b>2. EXTERNO</b>	2,1 Subcontratistas y Proveedores	Riesgos asociados al incumplimiento, o cumplimiento tardío de las funciones o tareas realizadas por subcontratistas, así como también a los proveedores de materiales.	2,1,1	Baja calidad de la mano de obra.
				2,1,2	Poca mano de obra calificada.
				2,1,3	Disponibilidad de mano de obra en el momento que se requiera (oportunidad).
				2,1,4	Entrega o suministro tardío del material ocasionado por la lejanía del proveedor.
				2,1,5	Baja motivación del personal obrero.
				2,1,6	Deserción del personal, debido a pocas garantías laborales.
				2,1,7	Poca o no presentación de licitantes.
				2,1,8	Inadecuada solvencia técnica de los licitantes.
				2,1,9	Quiebra por parte del contratista o subcontratista.
2,1,10				Diferencias en la interpretación entre contratante y contratista.	
2,1,11				Deficiencia en los sistemas de protección como puntales, escalamientos de niveles y materiales sueltos.	
2,1,12				Actitud del contratista.	
2,1,13				Los materiales empleados están muy poco disponibles.	
2,1,14				Aumento de costo de los materiales debido a los escasos de los mismos.	
2,1,15				Baja productividad de los equipos y la maquinaria.	
2,1,16				Materiales con defectos de fábrica.	
2,1,17				Aumento de costo debido a las	



			2,1,18 2,1,19 2,1,20 2,1,21	especificaciones técnicas planteadas. Fraude por parte de los proveedores. Demanda de materiales menor de la esperada. Falta de proveedores con capacidad para las demandas establecidas. Falta de proveedores confiables.
<b>2. EXTERNO</b>	2,2 Regulatorio	Riesgos asociados a los controles realizados por entidades regulatorias de la construcción.	2,2,1 2,2,2 2,2,3 2,2,4 2,2,5 2,2,6	Limitaciones en altura. Fallas en suministro de servicios básicos (servicios públicos de agua y luz). Operaciones / obras adyacentes. Cambios de la normativa local en los reglamentos de construcción e impuestos. Uso de reglamentaciones o documentación obsoletas, no actualizadas. Penalidades contractuales (por daño, desvíos de recursos, robos, etc).
	2,3 Mercado	Riesgos asociados con la disponibilidad en el mercado de los materiales o artículos necesarios para el desarrollo del proyecto, así como también con la facilidad de comercializar el mismo.	2,3,1 2,3,2 2,3,3 2,3,4 2,3,5 2,3,6	Disponibilidad y accesibilidad de materiales. No disponibilidad de materiales por uso de los mismos en otros proyectos que no planificaron sus compras. Disponibilidad del equipo en el momento. Diferencias entre el suministro solicitado y el aportado. Estudio de mercado negativo. No disponibilidad de materias primas necesarias en el municipio.
	2,4 Cliente	Riesgos asociados con los cambios en las especificaciones de cada cliente.	2,4,1 2,4,2 2,4,3	Exceso de costos debido a las especificaciones propuestas (requeridas). Cantidades de obras no reales. No aprobación de crédito bancario.
	2,5 Condiciones Climáticas y Naturales	Riesgos asociados a las condiciones climáticas como lluvias, huracanes, mareas altas, desastres naturales, etc.	2,5,1 2,5,2	Lluvias abundantes. Fuertes vientos.
	2,6 RSE	(responsabilidad social empresarial)	2,6,1 2,6,2	Quejas y reclamos de la comunidad adyacente a la ubicación del proyecto. Detención por problemas de orden público.



	2,7 OTROS		2,7,1 2,7,2	Eventos de fuerza mayor políticos (Elecciones, consultas populares, etc.). Zona con ausencia de presencia policial.
<b>3. DE LA ORGANIZACION</b>	3,1 Dependencias del proyecto	Riesgos asociados con cada una de los diferentes grupos de trabajo que se necesiten para la realización completa del proyecto.	3,1,1 3,1,2 3,1,3 3,1,4 3,1,5 3,1,6 3,1,7	El departamento de ventas no sepa vender el producto. Detención de la obra por paros laborales, eventos o acontecimientos que intervengan directa o indirectamente con el proyecto. Cierre del proyecto. Retrasos en la disolución de contratos. Disputas laborales. Errores e insuficiencias en los planos, diseños y cálculos. Mala selección del equipo de trabajo.
	3,2 Recursos	Riesgos asociados a la asignación que se le dan a los recursos necesarios para las actividades.	3,2,1 3,2,2 3,2,3 3,2,4 3,2,5	Falta de recursos para preparar la documentación necesaria. Inadecuada asignación de recursos. Poca asignación de recursos. Flujo de inversiones ineficientes o mal concebido (capital de trabajo). Recortes presupuestarios.
	3,3 Financiación	Riesgos que comprenden la falta de financiación o sobrecosto del proyecto que detengan o impidan el progreso del proyecto.	3,3,1 3,3,2 3,3,3 3,3,4 3,3,5 3,3,6	Desinterés de los socios para el financiamiento del proyecto. El proyecto necesita gran inversión. Falta de financiamiento del proyecto. Retraso en pagos de contratos a contratistas y/o subcontratistas. Devaluación de la moneda. Aumento de la inflación.
	3,4 Priorización	Riesgos asociados a las entregas tempranas a solicitud del inversionista.	3,4,1 3,4,2	Retrasos en el comienzo de la obra, actividades y entregas del proyecto. Cambios en el diseño del proyecto.



<b>3. DE LA ORGANIZACION</b>	3,5 Logística y Transporte	Riesgos asociados con el lugar donde se ejecutan los trabajos tales como la liberación de predios y acuerdo de servidumbres (Gestión Inmobiliaria), sistemas de comunicación, áreas destinadas para el Proyecto, construcción y/o adecuación de vías de acceso y la adaptación de espacio disponibles para los trabajos en el área, acceso, almacenamiento y/o transporte de los recursos (mano de obra, materiales, equipos y herramientas).	3,5,1 3,5,2 3,5,3 3,5,4 3,5,5 3,5,6 3,5,7 3,5,8	Llegada tardía de materiales a la obra por problemas de movilidad en la ciudad (trancos). Acceso a la obra en mal estado (deficiencia en vías de acceso y escape). Tráfico abundante en la zona (vehículos, peatones, animales y otros). Restricción y cierre de vías. Delimitación de la zona de trabajo un poco deficiente (cerramiento inadecuado del perímetro). Plan de gestión de emergencias inadecuado. Desconocimiento de las rutas de evacuación ante una emergencia. Dificultad para el desalojo de desechos sólidos.
	3,6 HSE y Seguridad Física	Riesgos asociados con Seguridad Industrial, Física y Salud Ocupacional, el cumplimiento de la gestión ambiental y los impactos ambientales, cumplimiento de la normatividad interna de HSE, los impactos a la salud de las personas involucradas en el proyecto. (No incluye la gestión de licencias y/o permisos ambientales)	3,6,1 3,6,2 3,6,3 3,6,4 3,6,5 3,6,6 3,6,7 3,6,8 3,6,9 3,6,10 3,6,11	Consumo de sustancias alucinógenas dentro y fuera del proyecto. Manipulación inadecuada de sustancias químicas o materiales peligrosos. Caída de herramientas y/o escombros a distinto nivel y en áreas vecinas a este. Caídas del personal por EPI inadecuados (equipos de protección individual). Carencia de elementos de seguridad en las operaciones. Falta de sistema de seguridad en el proyecto. Agresión al medio ambiente. Exceso de ruido. Deficiencia en la elaboración del plan de gestión ambiental. Omisión de procesos de seguridad. Falta de aseguramiento de andamios y escaleras.





<b>3. DE LA ORGANIZACION</b>			<p>3,6,12 Herramientas regadas por el sitio de trabajo.</p> <p>3,6,13 Uso de herramientas en mala condición.</p> <p>3,6,14 Pisos resbaladizos.</p> <p>3,6,15 Derrames al suelo de material volátil, toxico o contaminante.</p> <p>3,6,16 Indemnizaciones.</p> <p>3,6,17 Deficiencia en loa sistemas de protección.</p> <p>3,6,18 Personal en obra no posee certificado de trabajos en alturas.</p> <p>3,6,19 Incendio.</p> <p>3,6,20 Falta de capacitación en seguridad industrial al personal.</p> <p>3,6,21 Manipulación de redes eléctricas sin ser desconectadas.</p>
<b>4. DIRECCION DE PROYECTO</b>	4,1 Estimación	Riesgos asociados con los supuestos de gran significado en el proyecto, como lo son, presupuestos, cronograma y demás.	<p>4,1,1 Supuestos no válidos.</p> <p>4,1,2 Disponibilidad del terreno en la zona.</p> <p>4,1,3 Cambios en el modelo y método constructivo.</p> <p>4,1,4 Apretado calendario del proyecto.</p> <p>4,1,5 Errores en la programación de obra (se presentan traslajos de actividades).</p> <p>4,1,6 Presupuesto mal elaborado.</p>
	4,2 Planificación	Riesgos asociados a la forma en cómo se coordinan las actividades del proyecto.	<p>4,2,1 Trabajos vueltos a hacer.</p> <p>4,2,2 Procedimientos de trabajos mal definidos o incorrectos.</p> <p>4,2,3 Disposición incorrecta de materiales de trabajo.</p> <p>4,2,4 Estudio de factibilidad.</p> <p>4,2,5 Conveniencia de intervenir el proyecto; rentabilidad.</p> <p>4,2,6 Trabajos no programados.</p> <p>4,2,7 Existencia de actividades no presupuestadas.</p> <p>4,2,8 Inadecuada planificación y asignación de tareas y/o responsabilidades del personal profesional a cargo del proyecto.</p> <p>4,2,9 Entrega tardía del programa de trabajo.</p> <p>4,2,10 Especificaciones técnicas incompletas y/o poco detalladas.</p> <p>4,2,11 Estudios de conveniencia y oportunidad.</p> <p>4,2,12 Demora en la definición de</p>



<b>4. DIRECCION DE PROYECTO</b>			4,2,13	procedimiento de trabajo.
			4,2,14	Deficiencia en la planificación del proyecto.
				Cambios en las negociaciones.
	4,3 Control	Riesgos asociados al control que se realiza por parte de la gerencia, directores de obra, y a fines.	4,3,1	Deficiente monitoreo y control de trabajos realizados (control de calidad).
			4,3,2	Falta de seguimiento permanente de tareas y actividades.
			4,3,3	Entrega de informes erróneos o incompletos.
			4,3,4	Multas por retrasos.
			4,3,5	Planoteca desactualizada (contratista utiliza planos obsoletos).
			4,3,6	Demora en la entrega de diseños que fueron cambiados.
			4,3,7	Entrega tardía de resultados de ensayos y/o resultados no esperados.
			4,3,8	Retención.
			4,3,9	Perdida de documentos.
			4,3,10	Falta de control en las tuberías instaladas.
			4,3,11	Exceso de procedimientos de aprobación de los departamentos administrativos.
	4,4 Comunicación	Riesgos asociados con comunicación e información a la zona directamente afectada, así mismo como a la comunidad en general de la ciudad acerca del proyecto.	4,4,1	Idiosincrasia, cultura y costumbres locales.
		4,4,2	Inasistencia de los líderes a las reuniones.	
		4,4,3	Lentitud en la toma de decisiones.	
		4,4,4	Falta de liderazgo del director del proyecto.	
		4,4,5	No existe armonía en los grupos de trabajo (interacción y cohesión).	
		4,4,6	Proceso de contratación inadecuado; (diseños difieren del que el contratista realiza); "deficiencia en los acuerdos precontractuales".	
		4,4,7	Disolución de la sociedad.	
		4,4,8	Conflicto entre socios.	

Fuente: Autores



## 4.2 ANALISIS CUALITATIVO

En el análisis cualitativo, los riesgos identificados, categorizados y subcategorizados se priorizaron mediante la matriz de probabilidad e impacto establecida por el PMI.

### MATRIZ DE PROBABILIDAD E IMPACTO

En la tabla 3 se muestra la matriz de probabilidad e impacto para el proyecto que tiene en cuenta la probabilidad de ocurrencia del riesgo, y el impacto de este evaluado de acuerdo al objetivo del proyecto afectado, en este caso costo y/o cronograma.

Tabla 3. Matriz de probabilidad e impacto de los riesgos.

ITEM	TIPO DE RIESGO	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (P)		IMPACTO SOBRE EL PROYECTO (I)			PXI	PRIORIZACIÓN
		Valoración	Categoría	Objetivo del proyecto afectado	Valoración	Categoría		
<b>1</b>	<b>TECNICOS</b>							
<b>1.1</b>	<b>Requisitos</b>							
1.1.1	Demora en la autorización y expedición de permisos.	0.7	Probable	Cronograma	0.4	Alto	0.28	Intolerable
<b>1.2</b>	<b>Tecnología</b>							
1.2.1	Herramienta y tecnología obsoleta.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.2	Moderado	0.10	Tolerable
1.2.2	Inexperiencia y desconocimiento de la tecnología de punta.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.2	Moderado	0.10	Tolerable
<b>1.3</b>	<b>Complejidad e interfaces</b>							
1.3.1	Defectos de diseño.	0.5	Moderado	Cronograma	0.4	Alto	0.20	Intolerable
1.3.2	Estudios incompletos.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.2	Moderado	0.10	Tolerable
1.3.3	Trabajos en alturas.	0.5	Moderado	Cronograma	0.2	Moderado	0.10	Tolerable
1.3.4	Dificultad para operar maquinaria grande por cercanías con las redes eléctricas.	0.5	Moderado	Cronograma	0.2	Moderado	0.10	Tolerable



1.3.5	Escasa mano de obra calificada para trabajo en altura.	0.5	Moderado	Cronograma	0.2	Moderado	0.10	Tolerable
1.3.6	Capacidad de redes, gas y/o eléctricas no suficientes para suplir la necesidad del proyecto.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.2	Moderado	0.10	Tolerable
1.3.7	Siniestros (daños en la estructura, retrasos o responsabilidades con terceros).	0.7	Probable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.28	Intolerable
1.3.8	Cambios en el proceso constructivo.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.2	Moderado	0.10	Tolerable
<b>1.4</b>	<b>Rendimiento y Fiabilidad</b>							
1.4.1	Rotura de la punta de diamante de la maquina piloteadora.	0.5	Moderado	Cronograma	0.2	Moderado	0.10	Tolerable
1.4.2	Bajo rendimiento del personal contratado.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.20	Intolerable
1.4.3	Personal trabajando bajo presión.	0.5	Moderado	Cronograma	0.2	Moderado	0.10	Tolerable
1.4.4	Exceso de trabajo y horas extras no previstas.	0.7	Probable	Cronograma	0.2	Moderado	0.14	Tolerable
1.4.5	Perdida de personal clave.	0.5	Moderado	Cronograma	0.2	Moderado	0.10	Tolerable
1.4.6	Falta de entrenamiento adecuado para personal.	0.5	Moderado	Cronograma	0.2	Moderado	0.10	Tolerable
<b>1.5</b>	<b>Calidad</b>							
1.5.1	Acotamiento erróneo del perímetro.	0.7	Probable	Costo y cronograma	0.2	Moderado	0.14	Tolerable
1.5.2	Mal figurado del acero.	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.12	Tolerable
1.5.3	Omisión de las normas internas de manejo de equipos.	0.5	Moderado	Cronograma	0.2	Moderado	0.10	Tolerable
1.5.4	Omisión de señales, letreros o carteles de advertencia.	0.5	Moderado	Costo	0.2	Moderado	0.10	Tolerable
1.5.5	Realización de trabajos sin autorización.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.2	Moderado	0.10	Tolerable
1.5.6	Apuntalamiento inadecuado de encofrado.	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.24	Intolerable



1.5.7	Mala calidad de trabajo (calidad de trabajo defectuoso, no aceptada por parte de la interventoría).	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.20	<b>Intolerable</b>
1.5.8	Rotura, fugas o pérdidas de agua potable, aguas negras, gas.	0.5	Moderado	Costo	0.1	Bajo	0.05	<b>Aceptable</b>
1.5.9	Replanteo desfasado (las referencias del replanteo mal tomadas).	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.2	Moderado	0.06	<b>Tolerable</b>
1.5.10	Empaques o juntas dañadas en tuberías instaladas.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.2	Moderado	0.10	<b>Tolerable</b>
<b>2</b>	<b>EXTERNOS</b>							
<b>2.1</b>	<b>Subcontratistas y Proveedores</b>							
2.1.1	Baja calidad de la mano de obra.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.2	Moderado	0.10	<b>Tolerable</b>
2.1.2	Poca mano de obra calificada.	0.5	Moderado	Cronograma	0.2	Moderado	0.10	<b>Tolerable</b>
2.1.3	Disponibilidad de mano de obra en el momento que se requiera (oportunidad).	0.7	Probable	Cronograma	0.4	Alto	0.28	<b>Intolerable</b>
2.1.4	Entrega o suministro tardío del material ocasionado por la lejanía del proveedor.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.2	Moderado	0.10	<b>Tolerable</b>
2.1.5	Baja motivación del personal obrero.	0.3	Improbable	Cronograma	0.4	Alto	0.12	<b>Tolerable</b>
2.1.6	Deserción del personal, debido a pocas garantías laborales.	0.5	Moderado	Cronograma	0.2	Moderado	0.10	<b>Tolerable</b>
2.1.7	Poca o no presentación de licitantes.	0.3	Improbable	Cronograma	0.4	Alto	0.12	<b>Tolerable</b>
2.1.8	Inadecuada solvencia técnica de los licitantes.	0.5	Moderado	Cronograma	0.2	Moderado	0.10	<b>Tolerable</b>
2.1.9	Quiebra por parte del contratista o subcontratista.	0.7	Probable	Cronograma	0.4	Alto	0.28	<b>Intolerable</b>
2.1.10	Diferencias en la interpretación entre contratante y contratista.	0.7	Probable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.28	<b>Intolerable</b>



2.1.11	Deficiencia en los sistemas de protección como puntales, escalamientos de niveles y materiales sueltos.	0.5	Moderado	Costo	0.2	Moderado	0.10	<b>Tolerable</b>
2.1.12	Actitud del contratista.	0.5	Moderado	Cronograma	0.2	Moderado	0.10	<b>Tolerable</b>
2.1.13	Los materiales empleados están muy poco disponibles.	0.5	Moderado	Cronograma	0.4	Alto	0.20	<b>Intolerable</b>
2.1.14	Aumento de costo de los materiales debido a los escases de los mismos.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.20	<b>Intolerable</b>
2.1.15	Baja productividad de los equipos y la maquinaria.	0.5	Moderado	Cronograma	0.2	Moderado	0.10	<b>Tolerable</b>
2.1.16	Materiales con defectos de fábrica.	0.3	Improbable	Cronograma	0.1	Bajo	0.03	<b>Aceptable</b>
2.1.17	Aumento de costo debido a las especificaciones técnicas planteadas.	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.12	<b>Tolerable</b>
2.1.18	Fraude por parte de los proveedores.	0.3	Improbable	Costo	0.2	Moderado	0.06	<b>Tolerable</b>
2.1.19	Demanda de materiales menor de la esperada.	0.5	Moderado	Costo	0.05	Muy Bajo	0.03	<b>Aceptable</b>
2.1.20	Falta de proveedores con capacidad para las demandas establecidas.	0.5	Moderado	Cronograma	0.2	Moderado	0.10	<b>Tolerable</b>
2.1.21	Falta de proveedores confiables.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.2	Moderado	0.10	<b>Tolerable</b>
<b>2.2</b>	<b>Regulatorio</b>							
2.2.1	Limitaciones en altura.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.2	Moderado	0.10	<b>Tolerable</b>
2.2.2	Fallas en suministro de servicios básicos (servicios públicos de agua y luz).	0.5	Moderado	Cronograma	0.4	Alto	0.20	<b>Intolerable</b>
2.2.3	Operaciones / obras adyacentes.	0.3	Improbable	Costo	0.4	Alto	0.12	<b>Tolerable</b>
2.2.4	Cambios de la normativa local en los reglamentos de construcción e impuestos.	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.24	<b>Intolerable</b>



2.2.5	Uso de reglamentaciones o documentación obsoletas, no actualizadas.	0.1	Muy improbable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.08	Tolerable
2.2.6	Penalidades contractuales (por daño, desvíos de recursos, robos, etc.).	0.1	Muy improbable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.08	Tolerable
2.3	<b>Mercado</b>							
2.3.1	Disponibilidad y accesibilidad de materiales.	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.12	Tolerable
2.3.2	No disponibilidad de materiales por uso de los mismos en otros proyectos que no planificaron sus compras.	0.1	Muy improbable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.04	Aceptable
2.3.3	Disponibilidad del equipo en el momento.	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.12	Tolerable
2.3.4	Diferencias entre el suministro solicitado y el aportado.	0.1	Muy improbable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.04	Aceptable
2.3.5	Estudio de mercado negativo.	0.1	Muy improbable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.08	Tolerable
2.3.6	No disponibilidad de materias primas necesarias en el municipio.	0.7	Probable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.28	Intolerable
2.4	<b>Cliente</b>							
2.4.1	Exceso de costos debido a las especificaciones propuestas (requeridas).	0.5	Moderado	Cronograma	0.05	Muy Bajo	0.03	Aceptable
2.4.2	Cantidades de obras no reales.	0.5	Moderado	Costo	0.2	Moderado	0.10	Tolerable
2.4.3	No aprobación de crédito bancario.	0.5	Moderado	Cronograma	0.4	Alto	0.20	Intolerable
2.5	<b>Condiciones Climáticas y Naturales</b>							
2.5.1	Lluvias abundantes.	0.7	Probable	Costo y cronograma	0.2	Moderado	0.14	Tolerable
2.5.2	Fuertes vientos.	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.12	Tolerable



<b>2.6</b>	<b>RSE (responsabilidad social empresarial)</b>							
2.6.1	Quejas y reclamos de la comunidad adyacente a la ubicación del proyecto.	0.5	Moderado	Costo	0.2	Moderado	0.10	<b>Tolerable</b>
2.6.2	Detención por problemas de orden público.	0.3	Improbable	Cronograma	0.1	Bajo	0.03	<b>Aceptable</b>
<b>2.7</b>	<b>Otros</b>							
2.7.1	Eventos de fuerza mayor políticos (Elecciones, consultas populares, etc.).	0.3	Improbable	Cronograma	0.1	Bajo	0.03	<b>Aceptable</b>
2.7.2	Zona con ausencia de presencia policial.	0.5	Moderado	Cronograma	0.2	Moderado	0.10	<b>Tolerable</b>
<b>3</b>	<b>DE LA ORGANIZACIÓN</b>							
<b>3.1</b>	<b>Dependencias del proyecto</b>							
3.1.1	El departamento de ventas no sepa vender el producto.	0.1	Muy improbable	Costo	0.8	Muy alto	0.08	<b>Tolerable</b>
3.1.2	Detención de la obra por paros laborales, eventos o acontecimientos que intervengan directa o indirectamente con el proyecto.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.2	Moderado	0.10	<b>Tolerable</b>
3.1.3	Cierre del proyecto.	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.24	<b>Intolerable</b>
3.1.4	Retrasos en la disolución de contratos.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.20	<b>Intolerable</b>
3.1.5	Disputas laborales.	0.5	Moderado	Cronograma	0.2	Moderado	0.10	<b>Tolerable</b>
3.1.6	Errores e insuficiencias en los planos, diseños y cálculos.	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.12	<b>Tolerable</b>
3.1.7	Mala selección del equipo de trabajo.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.20	<b>Intolerable</b>
<b>3.2</b>	<b>Recursos</b>							
3.2.1	Falta de recursos para preparar la documentación necesaria.	0.3	Improbable	Cronograma	0.2	Moderado	0.06	<b>Tolerable</b>
3.2.2	Inadecuada asignación de recursos.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.2	Moderado	0.10	<b>Tolerable</b>





3.2.3	Poca asignación de recursos.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.20	<b>Intolerable</b>
3.2.4	Flujo de inversiones ineficientes o mal concebido (capital de trabajo).	0.3	Improbable	Costo	0.4	Alto	0.12	<b>Tolerable</b>
3.2.5	Recortes presupuestarios.	0.5	Moderado	Costo	0.2	Moderado	0.10	<b>Tolerable</b>
<b>3.3</b>	<b>Financiación</b>							
3.3.1	Desinterés de los socios para el financiamiento del proyecto.	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.12	<b>Tolerable</b>
3.3.2	El proyecto necesita gran inversión.	0.7	Probable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.28	<b>Intolerable</b>
3.3.3	Falta de financiamiento del proyecto.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.20	<b>Intolerable</b>
3.3.4	Retraso en pagos de contratos a contratistas y/o subcontratistas.	0.5	Moderado	Cronograma	0.2	Moderado	0.10	<b>Tolerable</b>
3.3.5	Devaluación de la moneda.	0.1	Muy improbable	Costo	0.2	Moderado	0.02	<b>Aceptable</b>
3.3.6	Aumento de la inflación.	0.1	Muy improbable	Costo	0.2	Moderado	0.02	<b>Aceptable</b>
<b>3.4</b>	<b>Priorización</b>							
3.4.1	Retrasos en el comienzo de la obra, actividades y entregas del proyecto.	0.7	Probable	Costo	0.4	Alto	0.28	<b>Intolerable</b>
3.4.2	Cambios en el diseño del proyecto.	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.2	Moderado	0.06	<b>Tolerable</b>
<b>3.5</b>	<b>Logística y Transporte</b>							
3.5.1	Llegada tardía de materiales a la obra por problemas de movilidad (trancones).	0.7	Probable	Cronograma	0.1	Bajo	0.07	<b>Tolerable</b>
3.5.2	Acceso a la obra en mal estado (deficiencia en vías de acceso y escape).	0.1	Muy improbable	Cronograma	0.2	Moderado	0.02	<b>Aceptable</b>
3.5.3	Trafico abundante en la zona (vehículos, peatones, animales y otros).	0.3	Improbable	Cronograma	0.2	Moderado	0.06	<b>Tolerable</b>
3.5.4	Restricción y cierre de vías.	0.1	Muy improbable	Cronograma	0.4	Alto	0.04	<b>Aceptable</b>



3.5.5	Delimitación de la zona de trabajo un poco deficiente (cerramiento inadecuado del perímetro).	0.3	Improbable	Cronograma	0.1	Bajo	0.03	Acceptable
3.5.6	Plan de gestión de emergencias inadecuado.	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.2	Moderado	0.06	Tolerable
3.5.7	Desconocimiento de las rutas de evacuación ante una emergencia.	0.3	Improbable	Costo	0.2	Moderado	0.06	Tolerable
3.5.8	Dificultad para el desalojo de desechos sólidos.	0.1	Muy improbable	Cronograma	0.2	Moderado	0.02	Acceptable
<b>3.6</b>	<b>HSE y Seguridad Física</b>							
3.6.1	Consumo de sustancias alucinógenas dentro y fuera del proyecto.	0.1	Muy improbable	Cronograma	0.1	Bajo	0.01	Acceptable
3.6.2	Manipulación inadecuada de sustancias químicas o materiales peligrosos.	0.1	Muy improbable	Cronograma	0.1	Bajo	0.01	Acceptable
3.6.3	Caída de herramientas y/o escombros a distinto nivel y en aéreas vecinas a este.	0.1	Muy improbable	Costo	0.2	Moderado	0.02	Acceptable
3.6.4	Caídas del personal por EPI inadecuados (equipos de protección individual).	0.1	Muy improbable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.08	Tolerable
3.6.5	Carencia de elementos de seguridad en las operaciones.	0.1	Muy improbable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.08	Tolerable
3.6.6	Falta de sistema de seguridad en el proyecto.	0.1	Muy improbable	Costo	0.4	Alto	0.04	Acceptable
3.6.7	Agresión al medio ambiente.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.2	Moderado	0.10	Tolerable
3.6.8	Exceso de ruido.	0.1	Muy improbable	Cronograma	0.1	Bajo	0.01	Acceptable
3.6.9	Deficiencia en la elaboración del plan de gestión ambiental.	0.3	Improbable	Costo	0.4	Alto	0.12	Tolerable
3.6.10	Omisión de procesos de seguridad.	0.1	Muy improbable	Cronograma	0.4	Alto	0.04	Acceptable
3.6.11	Falta de aseguramiento de andamios y escaleras.	0.1	Muy improbable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.04	Acceptable



3.6.12	Herramientas regadas por el sitio de trabajo.	0.3	Improbable	Costo	0.2	Moderado	0.06	Tolerable
3.6.13	Uso de herramientas en mala condición.	0.3	Improbable	Costo	0.4	Alto	0.12	Tolerable
3.6.14	Pisos resbaladizos.	0.1	Muy improbable	Costo	0.2	Moderado	0.02	Aceptable
3.6.15	Derrames al suelo de material volátil, toxico o contaminante.	0.3	Improbable	Costo	0.4	Alto	0.12	Tolerable
3.6.16	Indemnizaciones.	0.3	Improbable	Costo	0.4	Alto	0.12	Tolerable
3.6.17	Deficiencia en los sistemas de protección.	0.1	Muy improbable	Costo	0.4	Alto	0.04	Aceptable
3.6.18	Personal en obra no posee certificado de trabajos en alturas.	0.5	Moderado	Costo	0.2	Moderado	0.10	Tolerable
3.6.19	Incendio.	0.1	Muy improbable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.08	Tolerable
3.6.20	Falta de capacitación en seguridad industrial al personal.	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.12	Tolerable
3.6.21	Manipulación de redes eléctricas sin ser desconectadas.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.20	Intolerable
<b>4</b>	<b>DIRECCIÓN DE PROYECTO</b>							
<b>4.1</b>	<b>Estimación</b>							
4.1.1	Supuestos no válidos.	0.1	Muy improbable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.04	Aceptable
4.1.2	Disponibilidad del terreno en la zona.	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.12	Tolerable
4.1.3	Apretado calendario del proyecto.	0.7	Probable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.28	Intolerable
4.1.4	Errores en la programación de obra (se presentan traslapes de actividades).	0.1	Muy improbable	Cronograma	0.4	Alto	0.04	Aceptable
4.1.5	Presupuesto mal elaborado.	0.1	Muy improbable	Costo	0.8	Muy alto	0.08	Tolerable
<b>4.2</b>	<b>Planificación</b>							
4.2.1	Trabajos vueltos a hacer.	0.3	Improbable	Cronograma	0.4	Alto	0.12	Tolerable
4.2.2	Procedimientos de trabajos mal definidos o incorrectos.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.2	Moderado	0.10	Tolerable
4.2.3	Disposición incorrecta de materiales de trabajo.	0.3	Improbable	Cronograma	0.2	Moderado	0.06	Tolerable



4.2.4	Estudio de factibilidad.	0.7	Probable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.56	<b>Intolerable</b>
4.2.5	Conveniencia de intervenir el proyecto; rentabilidad.	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.24	<b>Intolerable</b>
4.2.6	Trabajos no programados.	0.1	Muy improbable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.04	<b>Aceptable</b>
4.2.7	Existencia de actividades no presupuestadas.	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.12	<b>Tolerable</b>
4.2.8	Inadecuada planificación y asignación de tareas y/o responsabilidades del personal profesional a cargo del proyecto.	0.1	Muy improbable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.08	<b>Tolerable</b>
4.2.9	Entrega tardía del programa de trabajo.	0.1	Muy improbable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.08	<b>Tolerable</b>
4.2.10	Especificaciones técnicas incompletas y/o poco detalladas.	0.1	Muy improbable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.04	<b>Aceptable</b>
4.2.11	Estudios de conveniencia y oportunidad.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.2	Moderado	0.10	<b>Tolerable</b>
4.2.12	Demora en la definición de procedimiento de trabajo.	0.1	Muy improbable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.04	<b>Aceptable</b>
4.2.13	Deficiencia en la planificación del proyecto.	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.24	<b>Intolerable</b>
4.2.14	Cambios en las negociaciones.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.2	Moderado	0.10	<b>Tolerable</b>
<b>4.3</b>	<b>Control</b>							
4.3.1	Deficiente monitoreo y control de trabajos realizados (control de calidad).	0.1	Muy improbable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.08	<b>Tolerable</b>
4.3.2	Falta de seguimiento permanente de tareas y actividades.	0.1	Muy improbable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.08	<b>Tolerable</b>
4.3.3	Entrega de informes erróneos o incompletos.	0.1	Muy improbable	Cronograma	0.4	Alto	0.04	<b>Aceptable</b>
4.3.4	Multas por retrasos.	0.1	Muy improbable	Costo	0.8	Muy alto	0.08	<b>Tolerable</b>
4.3.5	Planoteca desactualizada (contratista utiliza planos obsoletos).	0.1	Muy improbable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.08	<b>Tolerable</b>



4.3.6	Demora en la entrega de diseños que fueron cambiados.	0.1	Muy improbable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.08	Tolerable
4.3.7	Entrega tardía de resultados de ensayos y/o resultados no esperados.	0.1	Muy improbable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.08	Tolerable
4.3.8	Retención.	0.5	Moderado	Costo	0.2	Moderado	0.10	Tolerable
4.3.9	Perdida de documentos.	0.1	Muy improbable	Cronograma	0.4	Alto	0.04	Aceptable
4.3.10	Falta de control en las tuberías instaladas.	0.1	Muy improbable	Cronograma	0.2	Moderado	0.02	Aceptable
4.3.11	Exceso de procedimientos de aprobación de los departamentos administrativos.	0.1	Muy improbable	Costo	0.4	Alto	0.04	Aceptable
<b>4.4</b>	<b>Comunicación</b>							
4.4.1	Idiosincrasia, cultura y costumbres locales.	0.1	Muy improbable	Cronograma	0.2	Moderado	0.02	Aceptable
4.4.2	Inasistencia de los líderes a las reuniones.	0.5	Moderado	Cronograma	0.2	Moderado	0.10	Tolerable
4.4.3	Lentitud en la toma de decisiones.	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.12	Tolerable
4.4.4	Falta de liderazgo del director del proyecto.	0.1	Muy improbable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.08	Tolerable
4.4.5	No existe armonía en los grupos de trabajo (interacción y cohesión).	0.3	Improbable	Cronograma	0.2	Moderado	0.06	Tolerable
4.4.6	Proceso de contratación inadecuado; (diseños difieren del que el contratista realiza); "deficiencia en los acuerdos precontractuales".	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.12	Tolerable
4.4.7	Disolución de la sociedad.	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.24	Intolerable
4.4.8	Conflicto entre socios.	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.12	Tolerable

**Fuente:** Autores



En la tabla 4 y en la figura 8 se muestra el resultado de la priorización de todos los riesgos identificados y la priorización de cada una de las categorías establecidas.

**Tabla 4.** Resultado de priorización de los riesgos.

TIPO DE RIESGO	PRIORIZACIÓN						TOTAL	
	Intolerable		Tolerable		Aceptable			
TECNICOS	6	22%	20	74%	1	4%	27	100%
EXTERNOS	9	21%	26	62%	7	17%	42	100%
DE LA ORGANIZACIÓN	8	16%	26	53%	15	31%	49	100%
DIRECCIÓN DE PROYECTO	5	13%	23	61%	10	26%	38	100%
<b>TOTAL DE RIESGOS</b>	<b>28</b>	<b>18%</b>	<b>95</b>	<b>61%</b>	<b>33</b>	<b>21%</b>	<b>156</b>	<b>100%</b>

Fuente: Autores



**Figura 8.** Priorización general de los riesgos.

Fuente: Autores

En la tabla 4 y figura 8 se observa un total de 156 riesgos constructivos identificados en el proyecto escogido como caso de estudio, de los cuales el 21% son aceptables, el 61% tolerable y



el 18% intolerable que corresponden a 28 riesgos donde se puede notar que el mayor porcentaje de estos se presentan en la categoría de los riesgos externos con 9, seguida de la categoría de de la organización con 8, técnicos con 6 y de la categoría de dirección del proyecto con 5.

### 4.3 ANÁLISIS CUANTITATIVO

En la tabla 5 se muestran los riesgos intolerables los cuales se tuvieron en cuenta para realizar el análisis cuantitativo ya que son los que más afectación tienen sobre los objetivos del proyecto costo y/o cronograma.

Tabla 5. Riesgos intolerables.

I TEM	TIPO DE RIESGO	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (P)		IMPACTO SOBRE EL PROYECTO (I)			PXI	PRIORIZACIÓN
		Valoración	Categoría	Objetivo del proyecto afectado	Valoración	Categoría		
<b>1</b>	<b>TECNICOS</b>							
<b>1.1</b>	<b>Requisitos</b>							
1.1.1	Demora en la autorización y expedición de permisos.	0.7	Probable	Cronograma	0.4	Alto	0.28	<b>Intolerable</b>
<b>1.3</b>	<b>Complejidad e interfaces</b>							
1.3.1	Defectos de diseño.	0.5	Moderado	Cronograma	0.4	Alto	0.20	<b>Intolerable</b>
1.3.7	Siniestros (daños en la estructura, retrasos o responsabilidades con terceros).	0.7	Probable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.28	<b>Intolerable</b>
<b>1.4</b>	<b>Rendimiento y Fiabilidad</b>							
1.4.2	Bajo rendimiento del personal contratado.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.20	<b>Intolerable</b>
<b>1.5</b>	<b>Calidad</b>							
1.5.6	Apuntalamiento inadecuado de encofrado.	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.24	<b>Intolerable</b>



1.5.7	Mala calidad de trabajo (calidad de trabajo defectuoso, no aceptada por parte de la interventoría).	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.20	<b>Intolerable</b>
<b>2</b>	<b>EXTERNOS</b>							
<b>2.1</b>	<b>Subcontratistas y Proveedores</b>							
2.1.3	Disponibilidad de mano de obra en el momento que se requiera (oportunidad).	0.7	Probable	Cronograma	0.4	Alto	0.28	<b>Intolerable</b>
2.2.2	Fallas en suministro de servicios básicos (servicios públicos de agua y luz).	0.5	Moderado	Cronograma	0.4	Alto	0.20	<b>Intolerable</b>
2.2.4	Cambios de la normativa local en los reglamentos de construcción e impuestos.	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.24	<b>Intolerable</b>
<b>2.3</b>	<b>Mercado</b>							
2.3.6	No disponibilidad de materias primas necesarias en el municipio.	0.7	Probable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.28	<b>Intolerable</b>
<b>2.4</b>	<b>Cliente</b>							
2.4.3	No aprobación de crédito bancario.	0.5	Moderado	Cronograma	0.4	Alto	0.20	<b>Intolerable</b>
<b>3</b>	<b>DE LA ORGANIZACIÓN</b>							
<b>3.1</b>	<b>Dependencias del proyecto</b>							
3.1.3	Cierre del proyecto.	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.24	<b>Intolerable</b>
3.1.4	Retrasos en la disolución de contratos.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.20	<b>Intolerable</b>
3.1.7	Mala selección del equipo de trabajo.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.20	<b>Intolerable</b>
<b>3.2</b>	<b>Recursos</b>							
3.2.3	Poca asignación de recursos.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.20	<b>Intolerable</b>
<b>3.3</b>	<b>Financiación</b>							
3.3.2	El proyecto necesita gran inversión.	0.7	Probable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.28	<b>Intolerable</b>





3.3.3	Falta de financiamiento del proyecto.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.20	<b>Intolerable</b>
<b>3.4</b>	<b>Priorización</b>							
3.4.1	Retrasos en el comienzo de la obra, actividades y entregas del proyecto.	0.7	Probable	Costo	0.4	Alto	0.28	<b>Intolerable</b>
<b>3.6</b>	<b>HSE y Seguridad Física</b>							
3.6.21	Manipulación de redes eléctricas sin ser desconectadas.	0.5	Moderado	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.20	<b>Intolerable</b>
<b>4</b>	<b>DIRECCIÓN DE PROYECTO</b>							
<b>4.1</b>	<b>Estimación</b>							
4.1.3	Apretado calendario del proyecto.	0.7	Probable	Costo y cronograma	0.4	Alto	0.28	<b>Intolerable</b>
<b>4.2</b>	<b>Planificación</b>							
4.2.4	Estudio de factibilidad.	0.7	Probable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.56	<b>Intolerable</b>
4.2.5	Conveniencia de intervenir el proyecto; rentabilidad.	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.24	<b>Intolerable</b>
4.2.13	Deficiencia en la planificación del proyecto.	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.24	<b>Intolerable</b>
<b>4.4</b>	<b>Comunicación</b>							
4,4,7	Disolución de la sociedad.	0.3	Improbable	Costo y cronograma	0.8	Muy alto	0.24	<b>Intolerable</b>

**Fuente:** Autores

**Tabla 6.** Riesgos intolerables que afectan el presupuesto del proyecto.

<b>CIMENTACION</b>	<b>ESTRUCTURA MAMPOSTERIA Y CUBIERTA</b>	<b>ACABADOS</b>	<b>URBANISMO</b>
Bajo rendimiento del personal contratado.	Siniestros (daños en la estructura, retrasos o responsabilidades con terceros).	Bajo rendimiento del personal contratado.	Los materiales empleados están muy poco disponibles.
Diferencias en la interpretación entre contratante y contratista	Bajo rendimiento del personal contratado.	Mala calidad de trabajo (calidad de trabajo defectuoso, no aceptada por parte de la interventoría).	Aumento de costo de los materiales debido a los escasos de los mismos.



Cierre del proyecto	Apuntalamiento inadecuado de encofrado	Diferencias en la interpretación entre contratante y contratista	Cambios de la normativa local en los reglamentos de construcción e impuestos
El proyecto necesita gran inversión	Mala calidad de trabajo (calidad de trabajo defectuoso, no aceptada por parte de la interventoría)	Los materiales empleados están muy poco disponibles.	Disolución de la sociedad
Retrasos en el comienzo de la obra, actividades y entregas del proyecto.	Diferencias en la interpretación entre contratante y contratista.	Aumento de costo de los materiales debido a los escasos de los mismos.	
Estudio de factibilidad.	Cambios de la normativa local en los reglamentos de construcción e impuestos.	Cambios de la normativa local en los reglamentos de construcción e impuestos.	
Conveniencia de intervenir el proyecto; rentabilidad.	No disponibilidad de materias primas necesarias en el municipio.	No disponibilidad de materias primas necesarias en el municipio.	
Deficiencia en la planificación del proyecto.	Cierre del proyecto.	Cierre del proyecto.	
Disolución de la sociedad.	El proyecto necesita gran inversión.	El proyecto necesita gran inversión.	
	Retrasos en el comienzo de la obra, actividades y entregas del proyecto.	Retrasos en el comienzo de la obra, actividades y entregas del proyecto.	
	Estudio de factibilidad.	Estudio de factibilidad.	
	Conveniencia de intervenir el proyecto; rentabilidad.	Conveniencia de intervenir el proyecto; rentabilidad.	
	Deficiencia en la planificación del proyecto.	Deficiencia en la planificación del proyecto.	
	Disolución de la sociedad.	Disolución de la sociedad.	

**Fuente:** Autores



**Tabla 7.** Riesgos intolerables que afectan el cronograma del proyecto

<b>CIMENTACION</b>	<b>ESTRUCTURA MAMPOSTERIA Y CUBIERTA</b>	<b>ACABADOS</b>	<b>URBANISMO</b>
Demora en la autorización y expedición de permisos.	Defectos de diseño.	Bajo rendimiento del personal contratado.	Disponibilidad de mano de obra en el momento que se requiera (oportunidad).
Defectos de diseño.	Siniestros (daños en la estructura, retrasos o responsabilidades con terceros).	Mala calidad de trabajo (calidad de trabajo defectuoso, no aceptada por parte de la interventoría).	Los materiales empleados están muy poco disponibles.
Bajo rendimiento del personal contratado.	Bajo rendimiento del personal contratado.	Disponibilidad de mano de obra en el momento que se requiera (oportunidad).	Cambios de la normativa local en los reglamentos de construcción e impuestos.
Diferencias en la interpretación entre contratante y contratista.	Apuntalamiento inadecuado de encofrado.	Quiebra por parte del contratista o subcontratista.	Retrasos en la disolución de contratos.
No aprobación de crédito bancario.	Mala calidad de trabajo (calidad de trabajo defectuoso, no aceptada por parte de la interventoría).	Diferencias en la interpretación entre contratante y contratista.	Mala selección del equipo de trabajo.
Cierre del proyecto.	Disponibilidad de mano de obra en el momento que se requiera (oportunidad).	Los materiales empleados están muy poco disponibles.	Poca asignación de recursos.
Retrasos en la disolución de contratos.	Quiebra por parte del contratista o subcontratista.	Fallas en suministro de servicios básicos (servicios públicos de agua y luz).	Falta de financiamiento del proyecto.
Mala selección del equipo de trabajo.	Diferencias en la interpretación entre contratante y contratista.	Cambios de la normativa local en los reglamentos de construcción e impuestos.	
Poca asignación de recursos.	Fallas en suministro de servicios básicos (servicios públicos de agua y luz).	No disponibilidad de materias primas necesarias en el municipio.	



El proyecto necesita gran inversión.	Cambios de la normativa local en los reglamentos de construcción e impuestos.	Retrasos en la disolución de contratos.	
Falta de financiamiento del proyecto.	No disponibilidad de materias primas necesarias en el municipio.	Mala selección del equipo de trabajo.	
Retrasos en el comienzo de la obra, actividades y entregas del proyecto.	Retrasos en la disolución de contratos.	Poca asignación de recursos.	
Manipulación de redes eléctricas sin ser desconectadas.	Mala selección del equipo de trabajo.	El proyecto necesita gran inversión.	
Apretado calendario del proyecto.	Poca asignación de recursos.	Falta de financiamiento del proyecto.	
Deficiencia en la planificación del proyecto.	El proyecto necesita gran inversión.	Retrasos en el comienzo de la obra, actividades y entregas del proyecto.	
	Falta de financiamiento del proyecto.		
	Retrasos en el comienzo de la obra, actividades y entregas del proyecto.	Apretado calendario del proyecto.	
	Manipulación de redes eléctricas sin ser desconectadas.	Deficiencia en la planificación del proyecto.	
	Apretado calendario del proyecto.		
	Deficiencia en la planificación del proyecto.		

**Fuente:** Autores



**Tabla 8.** Riesgos intolerables que afectan el cronograma y costos del proyecto por capítulo.

	<b>COSTO</b>	<b>%</b>	<b>CRONOGRAMA</b>	<b>%</b>
<b>CIMENTACION</b>	10	6%	15	10%
<b>ESTRUCTURA MAMPOSTERIA Y CUBIERTA</b>	12	8%	20	13%
<b>ACABADOS</b>	12	8%	17	11%
<b>URBANISMO</b>	4	3%	7	4%

**Fuente:** Autores

De la tabla 8 se puede observar que los capítulos de presupuesto y cronograma que presentan la mayor afectación son estructura, mampostería y cubierta y el capítulo de acabados los cuales pueden generar las mayores variaciones en el costo y la duración del proyecto.

#### 4.4 SIMULACION

Luego utilizando las estimaciones de costo y duración, se realizó la simulación utilizando el análisis Monte-Carlo con el software **CRYSTAL BALL**.

- **Modelación del presupuesto**

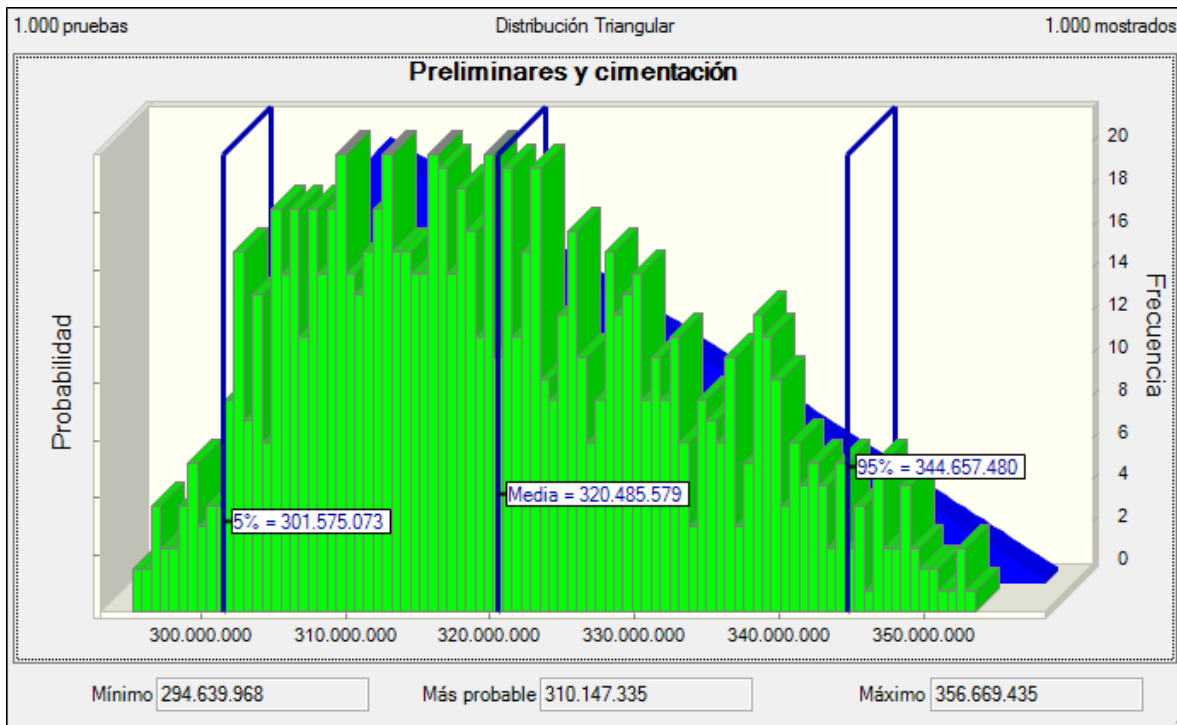
En la tabla 9 se muestran los datos de entrada del presupuesto con los que se realizó la modelación utilizando el método de Montecarlo, en el cual se empleó una distribución de probabilidad triangular debido a que no se cuenta con una serie histórica cuyo resultados se muestran en las figuras 9,10,11 y 12.



**Tabla 9.** Presupuesto del proyecto URBANIZACION EL COUNTRY II.

PRESUPUESTO DEL PROYECTO				
Nombre del capítulo	Valor optimista	Valor más probable	Valor pesimista	Valor esperado (Media)
Preliminares y cimentación	\$ 294.639.968,00	\$ 310.147.335,00	\$ 356.669.435,00	\$ 320.485.579.33
Mampostería, estructura y cubierta	\$ 887.354.511,00	\$ 934.057.381,00	\$ 1.074.165.988,00	\$ 965.192.626.70
Acabados	\$ 2.051.025.372,00	\$ 2.158.974.076,00	\$ 2.482.820.187,00	\$ 2.230.939.878.30
Urbanismo	\$ 357.200.000,00	\$ 376.000.000,00	\$ 432.400.000,00	\$ 388.533.333.30
<b>Costo total del proyecto</b>	<b>\$ 3.779.178.792,00</b>			<b>\$ 3.905.151.417.63</b>

Fuente: ARESCON S.A.S.

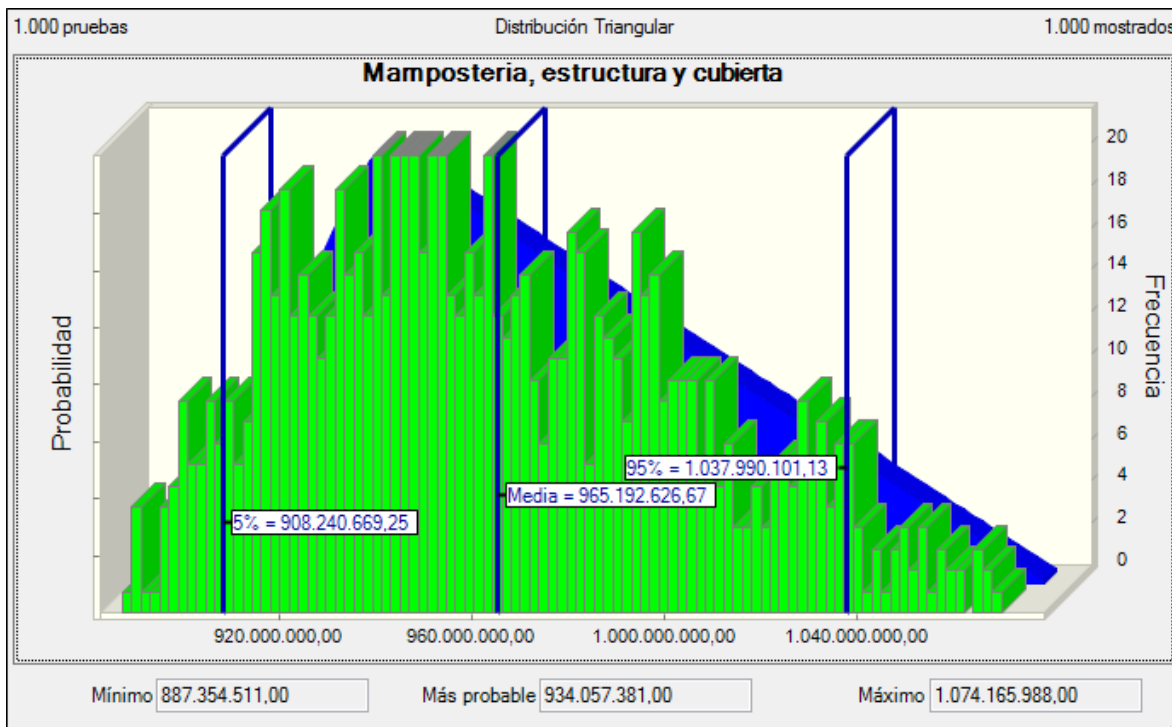


**Figura 9.** Densidad probabilística de costo del capítulo Preliminar y cimentación.

Fuente: modelación y simulación Montecarlo. Crystal Ball.



De la figura 9, podemos observar que existe una certeza del 95% de que el valor máximo de ejecución del ítem preliminares y cimentación será \$ 344.657.480 (con una variación del 13% con respecto al valor esperado) y existe una certeza del 5% de que tendrá un valor mínimo de \$ 301.575.073480 (con una variación del 2,9% con respecto al valor esperado), y un valor medio de 320.485.579. Esto significa, que si las actividades que se encuentran enmarcadas en este capítulo se terminan antes de lo estimado disminuiría su valor en máximo \$8. 572.262 y si la duración de estas actividades es mayor a lo estimado el aumento en dinero respecto a lo esperado no será mayor a \$34.510.145.



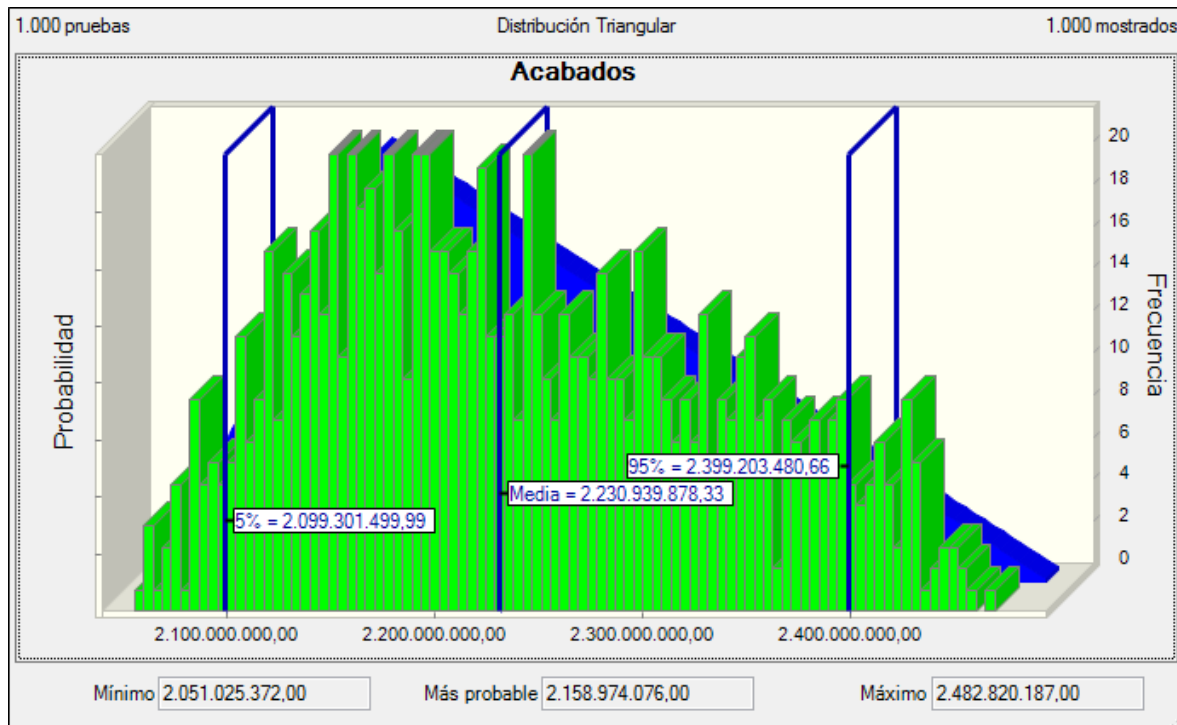
**Figura 10.** Densidad probabilística de costo del Capítulo Mampostería, estructura y cubierta.

**Fuente:** modelación y simulación Montecarlo. Crystal Ball.

De la figura 10, podemos observar que existe una certeza del 95% de que el valor máximo de ejecución del ítem mampostería, estructura y cubierta será \$1.037.990.101,13 (con una variación del 7,8% con respecto al valor esperado) y existe una certeza del 5% de que tendrá un valor mínimo de \$ 908.240.699.25 (con una variación del 6,2% con respecto al valor



esperado), y un valor medio de 965.192.626,67. Esto significa, que si las actividades que se encuentran enmarcadas en este capítulo se terminan antes de lo estimado disminuiría su valor en máximo \$56.951.957,4 y si la duración de estas actividades es mayor a lo estimado el aumento en dinero respecto a lo esperado no será mayor a \$72.797.474,5.

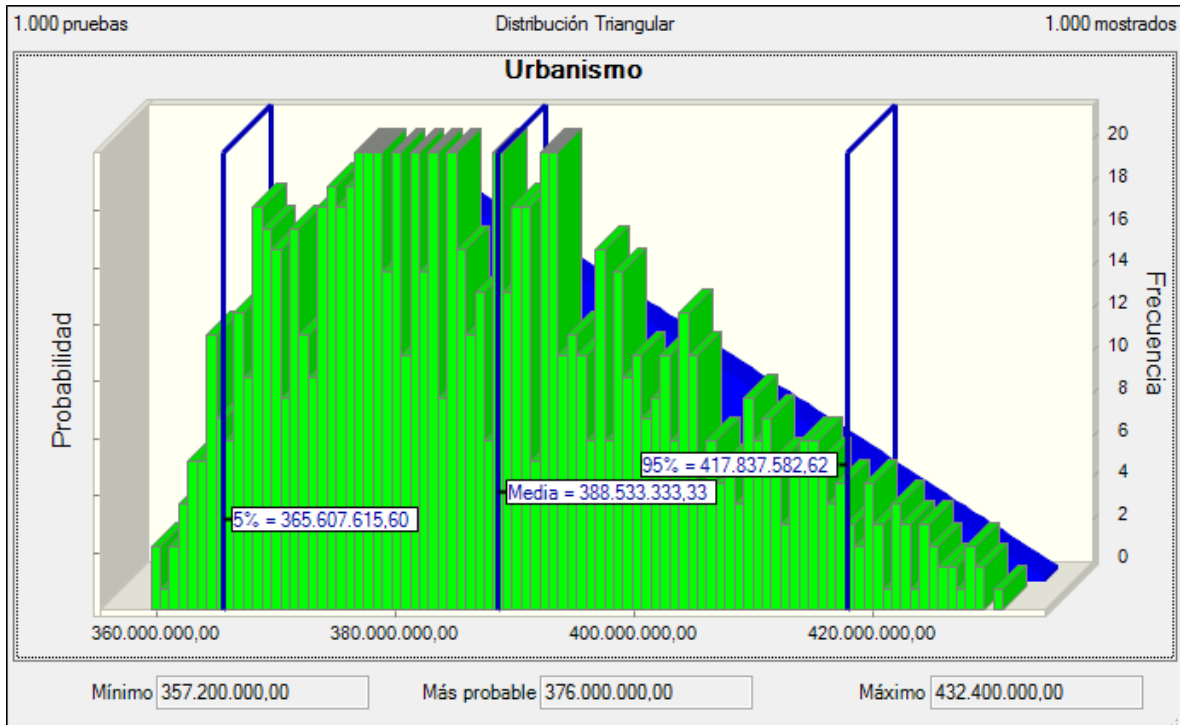


**Figura 11.** Densidad probabilística de costo del capítulo Acabados.

**Fuente:** modelación y simulación Montecarlo. Crystal Ball.

De la figura 11, podemos observar que existe una certeza del 95% de que el valor máximo de ejecución del ítem acabados será \$ 2.399.203.480,66 (con una variación del 10,2% con respecto al valor esperado) y existe una certeza del 5% de que tendrá un valor mínimo de \$2.099.301.499,99 (con una variación del 3% con respecto al valor esperado), y un valor medio de 2.230.939.878,33. Esto significa, que si las actividades que se encuentran enmarcadas en este capítulo se terminan antes de lo estimado disminuiría su valor en máximo \$107.948.704 y si la duración de estas actividades es mayor a lo estimado el aumento en dinero respecto a lo esperado no será mayor a \$240.229.405.





**Figura 12.** Densidad probabilística de costo del capítulo Urbanismo

**Fuente:** modelación y simulación Montecarlo. Crystal Ball.

De la figura 12, podemos observar que existe una certeza del 95% de qué el valor máximo de ejecución del ítem urbanismo será \$ 417.837.582,62 (con una variación del 10% con respecto al valor esperado) y existe una certeza del 5% de que tendrá un valor mínimo de \$365.607.615,60 (con una variación del 2.8% con respecto al valor esperado), y un valor medio de 388.533.333,33. Esto significa, que si las actividades que se encuentran enmarcadas en este capítulo se terminan antes de lo estimado disminuiría su valor en máximo \$10.392.384,4 y si la duración de estas actividades es mayor a lo estimado el aumento en dinero respecto a lo esperado no será mayor a \$29.304.249,3.



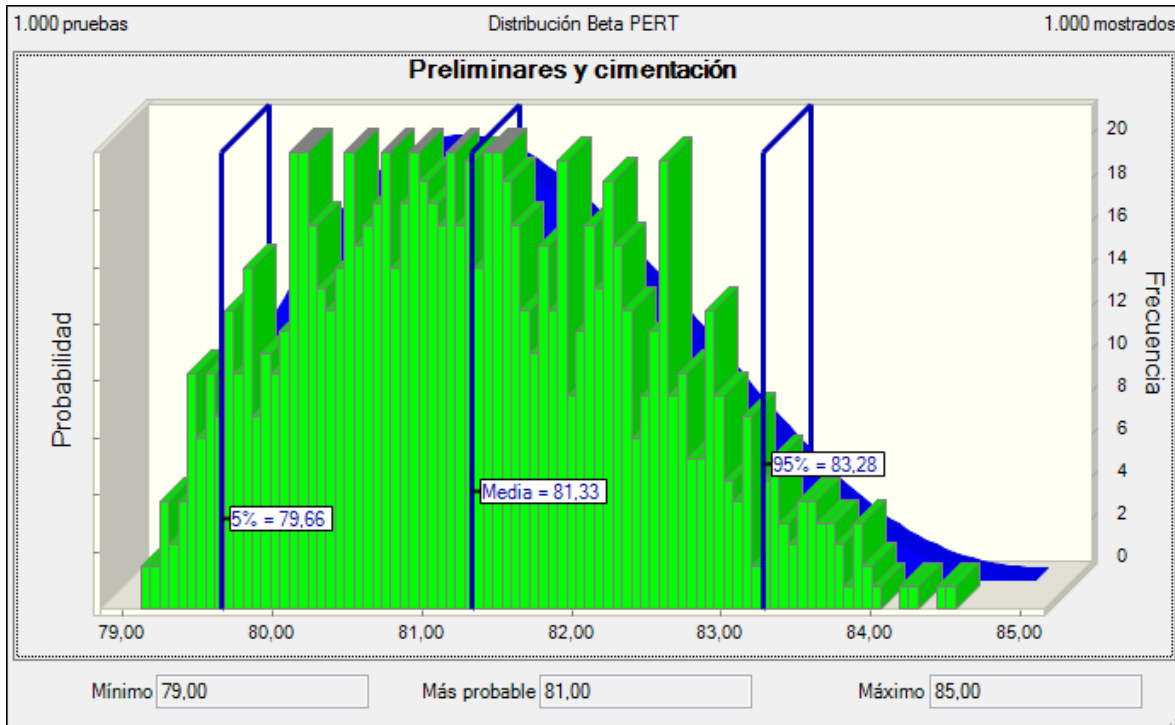
- **Modelación del cronograma**

En la tabla 10 se muestran los datos de entrada del cronograma con los que se realizó la modelación utilizando el método de Montecarlo, en el cual se empleó una distribución de probabilidad Beta PERT que es la ideal para realizar el análisis de datos de tiempo, los resultados se muestran en las figuras 13,14,15 y 26.

**Tabla 10.** Cronograma del proyecto URBANIZACION EL COUNTRY II

<b>CRONOGRAMA DEL PROYECTO</b>				
<b>Nombre del capitulo</b>	<b>Duración optimista</b>	<b>Duración más probable</b>	<b>Duración pesimista</b>	<b>Duración esperada (Media)</b>
Preliminares y cimentación	79 Días	81 Días	85 Días	81.33 Días
Mampostería, estructura y cubierta	160 Días	163 Días	171 Días	163.83 Días
Acabados	355 Días	362 Días	380 Días	363.83 Días
Urbanismo	170 Días	173 Días	182 Días	174 Días
Duración total del proyecto	<b>779 Días</b>			<b>783 Días</b>

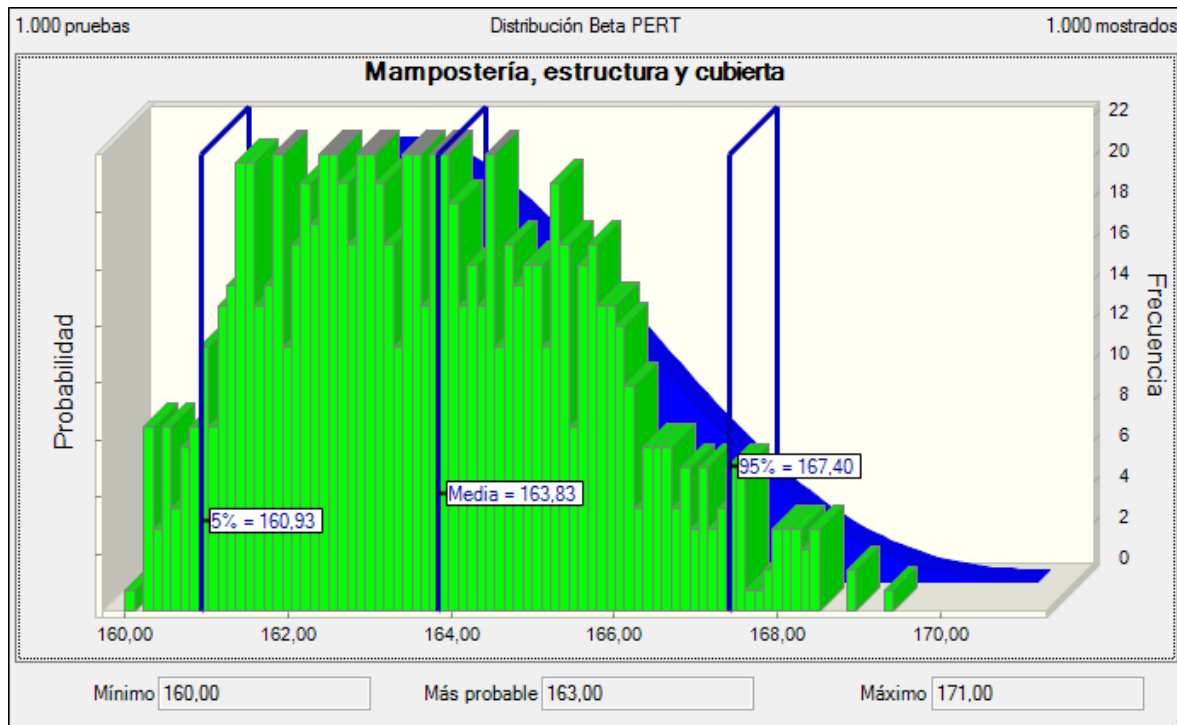
**Fuente:** ARESCON S.A.S.



**Figura 13.** Densidad probabilística de tiempo del capítulo Preliminares y cimentación.

**Fuente:** modelación y simulación Montecarlo. Crystal Ball.

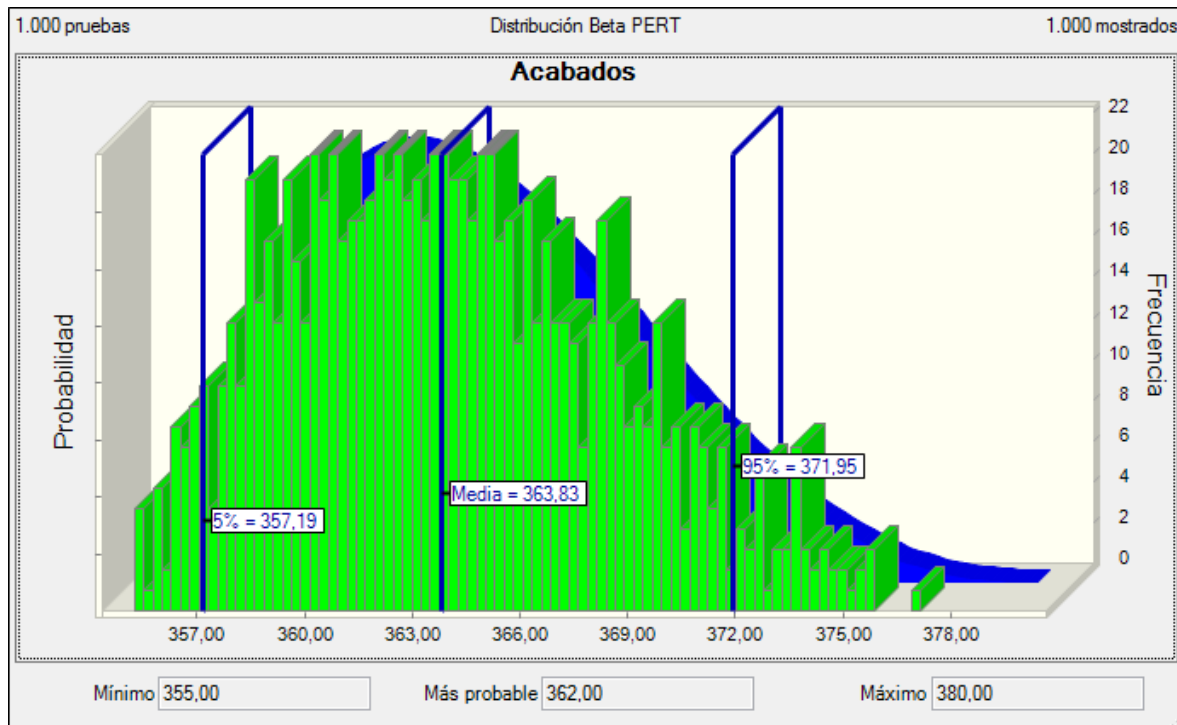
De la figura 13, podemos observar que existe una certeza del 95% de que la duración máxima de ejecución del ítem preliminares y cimentación será 83,28 días (con una variación del 2,73% con respecto al tiempo esperado) y existe una certeza del 5% de que tendrá una duración mínima de 79,66 días (con una variación del 1,68% con respecto al tiempo esperado), y una duración media de 81,33 días. Esto significa, que si las actividades que se encuentran enmarcadas en este capítulo se terminan antes de lo estimado disminuiría su duración en máximo 1,66 días, y si la duración de estas actividades es mayor a lo estimado el aumento en su duración respecto a lo esperado no será mayor a 2,28 días.



**Figura 14.** Densidad probabilística de tiempo del capítulo Mampostería, estructura y cubierta.

**Fuente:** modelación y simulación Montecarlo. Crystal Ball.

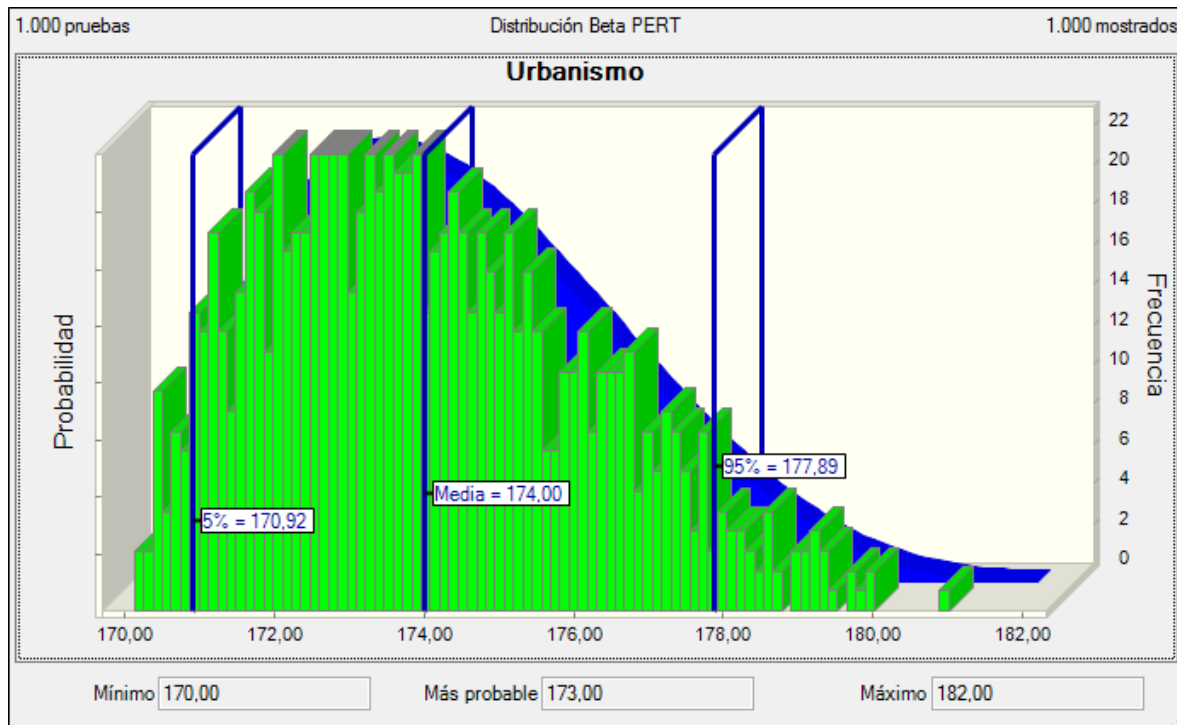
De la figura 14, podemos observar que existe una certeza del 95% de qué la duración máxima de ejecución del ítem mampostería, estructura y cubierta será 167,35 días (con una variación del 2,97% con respecto al tiempo esperado) y existe una certeza del 5% de que tendrá una duración mínima de 160,83 días (con una variación del 1.24% con respecto al tiempo esperado), y una duración media de 163,83 días. Esto significa, que si las actividades que se encuentran enmarcadas en este capítulo se terminan antes de lo estimado disminuiría su duración en máximo 2,9 días, y si la duración de estas actividades es mayor a lo estimado el aumento en su duración respecto a lo esperado no será mayor a 3,57 días.



**Figura 15.** Densidad probabilística de tiempo del capítulo Acabados.

**Fuente:** modelación y simulación Montecarlo. Crystal ball.

De la Figura 15, podemos observar que existe una certeza del 95% de que la duración máxima de ejecución del ítem acabados será 371,25 días (con una variación del 2,68% con respecto al tiempo esperado) y existe una certeza del 5% de que tendrá una duración mínima de 356,89 días (con una variación del 1,4% con respecto al tiempo esperado), y una duración media de 363,83 días. Esto significa, que si las actividades que se encuentran enmarcadas en este capítulo se terminan antes de lo estimado disminuiría su duración en máximo 4,81 días, y si la duración de estas actividades es mayor a lo estimado el aumento en su duración respecto a lo esperado no será mayor a 8,08 días.



**Figura 16.** Densidad probabilística de tiempo del ítem Urbanismo

**Fuente:** modelación y simulación Montecarlo. Crystal ball.

De la figura 16, podemos observar que existe una certeza del 95% de qué la duración máxima de ejecución del ítem urbanismo será 177,89 días (con una variación del 2,75% con respecto al tiempo esperado) y existe una certeza del 5% de que tendrá una duración mínima de 170,92 días (con una variación del 1.21% con respecto al tiempo esperado), y una duración media de 174 días. Esto significa, que si las actividades que se encuentran enmarcadas en este capítulo se terminan antes de lo estimado disminuiría su duración en máximo 3,08 días, y si la duración de estas actividades es mayor a lo estimado el aumento en su duración respecto a lo esperado no será mayor a 4,89 días.

Con los resultados obtenidos de la modelación del cronograma y presupuesto se realizó la comparación de los objetivos propuestos con los resultados que se obtuvieron por investigaciones anteriores, además se realizó una comparación con trabajos similares puesto que no se encontraron datos de otra investigación con el mismo enfoque de este trabajo, por lo tanto se comparó la metodología para el reconocimiento de las amenazas, la recolección de los datos, y el



análisis cualitativo de las mismas, como resultado de esta comparación se pudo concluir que el análisis cualitativo hace parte integral de la buena gestión de riesgos en los proyectos de construcción. Además se observó que la clasificación y categorización de los riesgos se ve ligado a las diferentes variables que intervienen en la confiabilidad de la identificación de las amenazas, entre estas la idoneidad de la persona encuestada, que esta tenga conocimientos y experiencia el campo y que tenga conocimiento de las amenazas que conlleva el proceso constructivo en sus diferentes fases. Además de la geolocalización del proyecto, las personas que dirigen el mismo y de la disposición de estos a entregar información.

Para la realización del análisis cualitativo se tomó como base en los trabajos realizados *Eblin Estela Conde Arrieta* y *Gabriel Arturo Herrera Hernández, Johan Luis Villalba, Gustavo Benítez* y *Jaime Moreno, Ruz Salcedo & Vitola Cuadro*. Cuyos trabajos se limitaron solo al análisis cualitativo pero que sirvió como base para la identificación de las amenazas presentes en los procesos constructivos, y aunque manejaron una metodología diferente a la empleada en este proyecto, tenían como objetivo realizar una base de datos de amenazas de los procesos constructivos lo que permitió la identificación de estas en proyectos similares, y posteriormente cuantificar las amenazas para conocer la incidencia de ocurrencia de estos riesgos.



## 5. CONCLUSIONES

Al finalizar con la fase del análisis cualitativo y cuantitativo de los riesgos constructivos que se pueden presentar en el proyecto Urbanización Country II se llegaron a las conclusiones que se exponen a continuación.

Como resultado de las encuestas realizadas en el proyecto escogido como caso de estudio, se identificaron 156 riesgos constructivos que presentan probabilidad de ocurrencia en éste, los cuales también se pueden presentar en proyectos constructivos de tipo residencial que se ejecuten en la zona del municipio de Turbaco, por tanto con estos riesgos se realizó una base de datos donde se muestran las categorías, subcategorías con sus principales características y los riesgos identificados en cada una de éstas, la cual servirá tanto para facilitar el plan de gestión de riesgo del proyecto Urbanización Country II como para futuros proyectos e investigaciones que se desarrollen en la zona.

De acuerdo al análisis cualitativo realizado con la matriz de probabilidad e impacto establecida por el PMI se priorizaron los riesgos identificados en el proyecto en estudio dando como resultado 33 aceptables (21%), 95 tolerables (61%) y 28 intolerables (18%) donde la mayor cantidad de estos se presenta en la categoría de riesgos externos con 9 riesgos, seguida de la categoría de los riesgos de organización con 8, de los técnicos con 6 y por último de la dirección del proyecto con 5. De la priorización por categoría podemos concluir que de los riesgos técnicos 1 amenaza es aceptable (4%), 20 son tolerables (74%) y 6 intolerables (22%); de los riesgos externos: 7 son aceptables (17%), 26 tolerables (62%) y 9 intolerables (11%); de los riesgos de la organización: 15 son aceptables (30%), 26 tolerables (53%) y 8 intolerables (17%); de los de la dirección del proyecto: 10 son aceptables (26%), 23 tolerables (60%) y 5 intolerables (14%).

Como resultado del análisis cuantitativo se obtuvieron los rangos dentro de los cuales se pueden mover el tiempo de ejecución y el costo de cada uno de los capítulos del presupuesto dando como resultado: para el capítulo de preliminares y cimentación un valor mínimo de \$ 301.562.571,89 y máximo de \$ 344.351.681,50 con una duración mínima de 79.66 días y





máxima de 83.28 días; para el capítulo de mampostería estructura y cubierta un valor mínimo de \$ 909.654.276,63 y máximo de \$ 1.039.934.464,19 con una duración mínima de 160,83 días y máxima de 167,35 días. Para el capítulo de acabados un valor mínimo de \$ 2.096.084.627,75 y máximo de \$ 2.405.218.468,17 con una duración mínima de 356,89 días y máxima de 371,25 días. Para el capítulo de urbanismo un valor mínimo de \$365.759.346,71 y máximo de \$ 418.156.655,82 con una duración mínima de 170,92 días y máxima de 177,89 días.

De los resultados obtenidos del análisis cuantitativo se puede concluir la necesidad de evaluar, revisar e implementar procesos de mitigación, además de crear planes de contingencia que eviten que la ocurrencia de cualquiera de las amenazas tenga un impacto significativamente negativo en el costo y tiempo de ejecución del proyecto, con el propósito de maximizar las posibilidades de éxito y disminuir o llevar al mínimo las posibilidades de fracaso, pérdidas y hasta la quiebra del proyecto.

Teniendo identificados, priorizados y cuantificados los riesgos que probablemente se presentan en los procesos constructivos desarrollados en el municipio de Turbaco, se pueden poner en marcha planes que contengan dentro de sus prioridades la mitigación y contingencia a cada uno de estos, con el fin de minimizar lo más posible las afectaciones que puedan sufrir los objetivos del proyecto, y de esta manera desarrollar opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos como se contemplan en el PMI® para los diferentes tipos de proyectos.

De la comparación de los resultados obtenidos en el análisis cualitativo de este trabajo y los obtenidos en trabajos anteriores como los de Villalba Herrera. (2012). Análisis cualitativo de factores de riesgo en proyectos de construcción de tipo residencial en la ciudad de Cartagena bajo la metodología del PMI®. Cartagena: Facultad de Ingeniería, Universidad de Cartagena Benítez Romero & Moreno Díaz. (2012). Análisis cualitativo y cuantitativo de riesgos en los proyectos de construcción de tipo residencial ubicados en la zona norte de la ciudad de Cartagena, bajo la metodología del PMI. Cartagena: Facultad de Ingeniería, Universidad de Cartagena. Podemos concluir que hay una variación considerable de los riesgos intolerables priorizados dependiendo de la ubicación del proyecto, yendo de un porcentaje de un 5% en proyectos ubicados en la zona



centro y sur de la ciudad de Cartagena hasta un 33% en la zona norte de la misma, ubicando los proyectos desarrollados en el municipio de Turbaco en medio de estos porcentajes con un 18% de riesgos intolerables. Por lo tanto los riesgos encontrados en este proyecto se encuentran dentro del rango de lo esperado. Lo cual indica que la información recopilada en las investigaciones anteriores es confiable y concuerdan con los datos obtenidos en este trabajo.

De la comparación de los resultados del análisis cuantitativo de este trabajo de grado con el realizado por Benítez Romero & Moreno Díaz, se puede concluir que las afectaciones en los objetivos del proyecto, para este caso cronograma y presupuesto muestran gran diferencia teniendo que las afectaciones en proyectos en la zona norte se mueven en un rango del 40% al 60% mientras que en el municipio de Turbaco se mueve entre el 3% y el 5% para cronograma, y afectaciones entre 30% y 50% para proyectos en la zona norte mientras en el municipio de Turbaco se mueven entre un 5% y un 15% para presupuesto.

Se puede observar que en las zonas rurales se presenta mayor cantidad de riesgos en las categorías de externos y de la organización debido a que las mayores afectaciones tiene que ver con el personal disponible y la logística de distribución de materiales, en cambio en los proyectos desarrollados en la zona urbana corresponden a amenazas presentes en las categorías de externos y técnicos debido a que están presentes muchas variables en cuanto al personal disponible y además estos proyectos están sujetos en mayor medida a cambios en las normativas de la ciudad.



## 6. RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones se realizan para que sean tenidas en cuenta en el desarrollo del proyecto constructivo de tipo residencial escogido como caso de estudio y en el desarrollo de futuros proyectos e investigaciones de este tipo en la zona del municipio de Turbaco.

1. Luego de identificar las amenazas constructivas en el proyecto residencial en estudio y crear con estas una base de datos, de igual forma se recomienda hacerlo para las amenazas financieras que se presenten en este y de esta manera crear una base de datos general de amenazas constructivas y financieras, que sirva como base a las empresas para la realización de estudios de riesgos en los proyectos desarrollados en el municipio de Turbaco.
2. Una vez realizado el análisis cualitativo y cuantitativo de los riesgos identificados se recomienda planificar la respuesta a estos, así como también realizar su monitoreo y control, con el fin de evitar graves afectaciones a los objetivos principales del proyecto, en este caso cronograma y presupuesto, y así complementar los procesos a seguir para realizar una buena gestión de los riesgos del proyecto según la metodología del PMI®.
3. Además de la metodología del PMI® para el análisis de riesgos se recomienda estudiar otras metodologías que se implementen a nivel nacional e internacional, hacer comparación de resultados y emitir conceptos en cuanto efectividad y eficacia de estas en este tipo de proyectos.
4. Para los futuros graduandos se recomienda crear una cátedra que los prepare en la implementación de estudios de riesgos, con el fin de concienciar a los estudiantes de la existencia de estos y brindar una base sólida a aquellos que en un futuro deseen emprender proyectos de forma independiente o que promuevan estas prácticas en los proyectos en los que participen.



## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aljassmi. (2013). Análisis de las causas de los defectos de construcción que usa árboles de fallos y medidas de importancia de riesgo. Analysis of causes of construction defects using fault trees and risk importance measures.

Benítez Romero & Moreno Díaz. (2012). Análisis cualitativo y cuantitativo de riesgos en los proyectos de construcción de tipo residencial ubicados en la zona norte de la ciudad de Cartagena, bajo la metodología del PMI. Cartagena: Facultad de Ingeniería, Universidad de Cartagena.

Conde Arrieta & herrera Hernández. (2012). Análisis cuantitativo de riesgos constructivos en edificaciones comerciales en la comuna norte de la ciudad de Cartagena indias bajo la metodología del PMI® . Cartagena: Facultad de Ingeniería, Universidad de Cartagena.

*Crystal Ball Software de análisis y simulación de riesgo. Manejo de las diferentes herramientas que el crystall ball ofrece* (2004). Bogota DC: Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional.

Flórez Ortega. (2010). Formulación de un esquema metodológico para la aplicación de la gestión de riesgos en proyectos de construcción. Cartagena: Facultad de Ingeniería, Universidad de Cartagena.

Hallowell. (2009). Mitigación de riesgos de seguridad en la construcción. Construction safety risk Mitigation.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC. (2004). NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 5254.



Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC. (2006). NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 5254.

Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación INTECO (2008). Guía práctica de gestión de riesgos.

Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación INTECO (2008). Guía avanzada de gestión de riesgos.

Manual sobre riesgos en la construcción, daños a la obra pérdida de beneficios anticipada (ALOP). (Octubre de 2007). Recuperado el 15 de octubre de 2013 de <http://www.mapfre.com/mapfrere/es/cinformativo/manual-alop.shtml>

Ministerio de protección social de Colombia (2011). Guía técnica para el análisis de exposición a factores de riesgo ocupacional.

Molinares & Velosa. (2012). Diseño e implementación de un modelo de gestión de riesgos para proyectos de construcción. Cartagena: Facultad de Ingeniería, Universidad de Cartagena.

Palisade. (Septiembre de 2013). Palisade. Recuperado el 30 de Septiembre de 2013, de Palisade: [http://www.palisade-lta.com/risk/simulacion\\_monte\\_carlo.asp](http://www.palisade-lta.com/risk/simulacion_monte_carlo.asp)

PMI® Project Management Institute, Inc. (2008). Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®)—Cuarta edición.

Project Management Institute, Inc. (2009). Practice Standard for Project Risk Management.

Romero Martínez & Martelo Díaz. (2009). Elaboración de una herramienta para identificar y controlar las amenazas y mitigar el riesgo en la toma de decisiones en proyectos de construcción de obras civiles. Cartagena: Facultad de Ingeniería, Universidad de Cartagena.



Ruz Salcedo & Vitola Cuadro. (2009). Manejo de riesgos en proyectos de construcción ubicados en zona rural. Cartagena: Facultad de Ingeniería, Universidad de Cartagena.

Universidad del Valle (2013). Factores de riesgo. Sección de Salud Ocupacional.

Villalba Herrera. (2012). Análisis cualitativo de factores de riesgo en proyectos de construcción de tipo residencial en la ciudad de Cartagena bajo la metodología del PMI®. Cartagena: Facultad de Ingeniería, Universidad de Cartagena.

William Imbeah. (2009). Gestión de proyectos de construcción que usa el análisis de riesgos Programático avanzado y modelo de gestión. Managing Construction Projects Using the Advanced Programmatic Risk Analysis and Management Model.



## ANEXOS

### Anexo 1. Formato de encuesta diligenciada.

<b>UNIVERSIDAD DE CARTAGENA - ENCUESTA PARA ANALISIS CUALITATIVO DE RIESGOS CONSTRUCTIVOS</b>							
<b>NOMBRE DE QUIEN DILIGENCIA EL FORMATO: DEIVIS DEL VECCHIO VASQUEZ - LAUREN SOTO GIRALDO</b>				<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>			
<b>ENCUESTADO: DIRECTOR DEL PROYECTO</b>				<b>URBANIZACIÓN EL COUNTRY II</b>			
ITEMS	TIPO DE RIESGO	MARQUE CON UNA X SI EL RIESGO SE PRESENTA O NO		EN UNA ESCALA DE 1 A 5, QUE TAN PROBABLE ES QUE EL RIESGO SE PRESENTE?	DE 1 A 5, CUAL ES EL IMPACTO DEL RIESGO SOBRE EL PROYECTO?		OBSERVACIONES
		NO	SI	1: muy improbable 2: improbable 3: moderado 4: probable 5: casi certeza	1: Muy Bajo 2: Bajo 3: Moderado 4: Alto 5: Muy Alto	Objetivo del proyecto afectado? 1: Costo 2: Cronograma Calificación	
<b>1</b>	<b>TECNICOS</b>						
<b>1,1</b>	<b>Requisitos</b>						
1.1.1	Demora en la autorización y expedición de permisos.		x	4	2	4	
<b>1,2</b>	<b>Tecnología</b>						
1.2.1	Herramienta y tecnología obsoleta.		x	3	1 y 2	3	
1.2.2	Inexperiencia y desconocimiento de la tecnología de punta.		x	3	1 y 2	3	
<b>1,3</b>	<b>Complejidad e interfaces</b>						
1.3.1	Defectos de diseño.		x	3	2	4	
1.3.2	Estudios incompletos.		x	3	1 y 2	3	



1.3.3	Trabajos en alturas.		x	3	2	3	
1.3.4	Dificultad para operar maquinaria grande por cercanías con las redes eléctricas.		x	3	2	3	
1.3.5	Escasa mano de obra calificada para trabajo en altura.		x	3	2	3	
1.3.6	Capacidad de redes, gas y/o eléctricas no suficientes para suplir la necesidad del proyecto.		x	3	1 y 2	3	
1.3.7	Siniestros (daños en la estructura, retrasos o responsabilidades con terceros).		x	4	1 y 2	4	
1.3.8	Cambios en el proceso constructivo.		x	3	1 y 2	3	
<b>1,4</b>	<b>Rendimiento y Fiabilidad</b>						
1.4.1	Rotura de la punta de diamante de la maquina piloteadora.		x	3	2	3	
1.4.2	Bajo rendimiento del personal contratado.		x	3	1 y 2	4	
1.4.3	Personal trabajando bajo presión.		x	3	2	3	
1.4.4	Exceso de trabajo y horas extras no previstas.		x	4	2	3	
1.4.5	Perdida de personal clave.		x	3	1 y 2	3	
1.4.6	Falta de entrenamiento adecuado para personal.		x	3	1 y 2	3	
<b>1,5</b>	<b>Calidad</b>						
1.5.1	Acotamiento erróneo del perímetro.		x	4	1 y 2	3	
1.5.2	Mal figurado del acero.		x	2	1 y 2	4	
1.5.3	Omisión de las normas internas de manejo de equipos.		x	3	2	3	
1.5.4	Omisión de señales, letreros o carteles de advertencia.		x	3	1	3	
1.5.5	Realización de trabajos sin autorización.		x	3	1 y 2	3	
1.5.6	Apuntalamiento inadecuado de encofrado.		x	2	1 y 2	5	
1.5.7	Mala calidad de trabajo (calidad de trabajo defectuoso, no aceptada por parte de la interventoría).		x	3	1 y 2	4	
1.5.8	Rotura, fugas o pérdidas de agua potable, aguas negras, gas.		x	3	1 y 2	2	
1.5.9	Replanteo desfasado (las referencias del replanteo mal tomadas).		x	2	1 y 2	3	
1.5.10	Empaques o juntas dañadas en tuberías instaladas.		x	3	1 y 2	3	
<b>2</b>	<b>EXTERNOS</b>						
<b>2,1</b>	<b>Subcontratistas y Proveedores</b>						





2.1.1	Baja calidad de la mano de obra.		x	3	1 y 2	3	
2.1.2	Poca mano de obra calificada.		x	3	2	3	
2.1.3	Disponibilidad de mano de obra en el momento que se requiera (oportunidad).		x	4	1 y 2	4	
2.1.4	Entrega o suministro tardío del material ocasionada por la lejanía del proveedor.		x	3	1 y 2	3	
2.1.5	Baja motivación del personal obrero		x	2	2	4	
2.1.6	Deserción del personal, debido a pocas garantías laborales.		x	3	2	3	
2.1.7	Poca o no presentación de licitantes.		x	2	2	4	
2.1.8	Inadecuada solvencia técnica de los licitantes.		x	3	2	3	
2.1.9	Quiebra por parte del contratista o subcontratista.		x	4	2	4	
2.1.10	Diferencias en la interpretación entre contratante y contratista.		x	4	1 y 2	4	
2.1.11	Deficiencia en los sistemas de protección como puntales, escalamientos de niveles y materiales sueltos.		x	3	1	3	
2.1.12	Actitud del contratista.		x	3	2	3	
2.1.13	Los materiales empleados están muy poco disponibles.		x	3	2	4	
2.1.14	Aumento de costo de los materiales debido a los escasos de los mismos.		x	3	1 y 2	4	
2.1.15	Baja productividad de los equipos y la maquinaria.		x	3	2	3	
2.1.16	Materiales con defectos de fábrica.		x	2	2	2	
2.1.17	Aumento de costo debido a las especificaciones técnicas planteadas.		x	2	1 y 2	4	
2.1.18	Fraude por parte de los proveedores.		x	2	1	3	
2.1.19	Demanda de materiales menor de la esperada.		x	3	1	1	
2.1.20	Falta de proveedores con capacidad para las demandas establecidas.		x	3	1 y 2	3	
2.1.21	Falta de proveedores confiables.		x	3	1 y 2	3	
<b>2,2</b>	<b>Regulatorio</b>						
2.2.1	Limitaciones en altura.		x	3	1 y 2	3	
2.2.2	Fallas en suministro de servicios básicos (servicios públicos de agua y luz).		x	3	2	4	
2.2.3	Operaciones / obras adyacentes.		x	2	1	4	



2.2.4	Cambios de la normativa local en los reglamentos de construcción e impuestos.		x	2	1 y 2	5	
2.2.5	Uso de reglamentaciones o documentación obsoletas, no actualizadas.		x	1	1 y 2	5	
2.2.6	Penalidades contractuales (por daño, desvíos de recursos, robos, etc.).		x	1	1 y 2	5	
<b>2,3</b>	<b>Mercado</b>						
2.3.1	Disponibilidad y accesibilidad de materiales.		x	2	1 y 2	4	
2.3.2	No disponibilidad de materiales por uso de los mismos en otros proyectos que no planificaron sus compras.		x	1	1 y 2	4	
2.3.3	Disponibilidad del equipo en el momento.		x	2	1 y 2	4	
2.3.4	Diferencias entre el suministro solicitado y el aportado.		x	1	1 y 2	4	
2.3.5	Estudio de mercado negativo.		x	1	1 y 2	5	
2.3.6	No disponibilidad de materias primas necesarias en el municipio.		x	4	1 y 2	4	
<b>2,4</b>	<b>Cliente</b>						
2.4.1	Exceso de costos debido a las especificaciones propuestas (requeridas).		x	3	2	1	
2.4.2	Cantidades de obras no reales.		x	3	1 y 2	3	
2.4.3	No aprobación de crédito bancario.		x	3	1 y 2	4	
<b>2,5</b>	<b>Condiciones Climáticas y Naturales</b>						
2.5.1	Lluvias abundantes.		x	4	1 y 2	3	
2.5.2	Fuertes vientos.		x	2	1 y 2	4	
2.5.3	Nivel freático incontrolable (muy cerca de la superficie).	x					
2.5.4	Corrosión inminente debido a la cercanía del salitre marino.	x					
<b>2,6</b>	<b>RSE(responsabilidad social empresarial)</b>						
2.6.1	Quejas y reclamos de la comunidad adyacente a la ubicación del proyecto.		x	3	1 y 2	3	
2.6.2	Detención por problemas de orden público.		x	2	1 y 2	2	
<b>2,7</b>	<b>Otros</b>						
2.7.1	Eventos de fuerza mayor políticos (Elecciones, consultas populares, etc.).		x	2	2	2	
2.7.2	Presencia de grupos al margen de la ley.	x					



2.7.3	Zona con ausencia de presencia policial.		x	3	2	3	
<b>3</b>	<b>DE LA ORGANIZACIÓN</b>						
<b>3,1</b>	<b>Dependencias del proyecto</b>						
3.1.1	El departamento de ventas no sepa vender el producto.		x	1	1 y 2	5	
3.1.2	Detención de la obra por paros laborales, eventos o acontecimientos que intervengan directa o indirectamente con el proyecto.		x	3	1 y 2	3	
3.1.3	Cierre del proyecto.		x	2	1 y 2	5	
3.1.4	Retrasos en la disolución de contratos		x	3	1 y 2	4	
3.1.5	Disputas laborales.		x	3	2	3	
3.1.6	Errores e insuficiencias en los planos, diseños y cálculos.		x	2	1 y 2	4	
3.1.7	Mala selección del equipo de trabajo.		x	3	1 y 2	4	
<b>3,2</b>	<b>Recursos</b>						
3.2.1	Falta de recursos para preparar la documentación necesaria.		x	2	1 y 2	3	
3.2.2	Inadecuada asignación de recursos.		x	3	1 y 2	3	
3.2.3	Poca asignación de recursos.		x	3	1 y 2	4	
3.2.4	Flujo de inversiones ineficientes o mal concebido (capital de trabajo).		x	2	1	4	
3.2.5	Recortes presupuestarios.		x	3	1	3	
<b>3,3</b>	<b>Financiación</b>						
3.3.1	Desinterés de los socios para el financiamiento del proyecto.		x	2	1 y 2	4	
3.3.2	Retraso en pago de bonos de concreto.	x					
3.3.3	El proyecto necesita gran inversión.		x	4	1 y 2	4	
3.3.4	Falta de financiamiento del proyecto.		x	3	1 y 2	4	
3.3.5	Retraso en pagos de contratos a contratistas y/o subcontratistas.		x	3	2	3	
3.3.6	devaluación de la moneda.		x	1	1	3	
3.3.7	Aumento de la inflación.		x	1	1	3	
<b>3,4</b>	<b>Priorización</b>						
3.4.1	Retrasos en el comienzo de la obra, actividades y entregas del proyecto.		x	4	1 y 2	4	
3.4.2	Cambios en el diseño del proyecto.		x	2	1 y 2	3	
<b>3,5</b>	<b>Logística y Transporte</b>						



3.5.1	Llegada tardía de materiales a la obra por problemas de movilidad (trancones).		x	4	2	2	
3.5.2	Acceso a la obra en mal estado (deficiencia en vías de acceso y escape).		x	1	2	3	
3.5.3	Trafico abundante en la zona (vehículos, peatones, animales y otros).		x	2	2	3	
3.5.4	Restricción y cierre de vías.		x	1	2	4	
3.5.5	Delimitación de la zona de trabajo un poco deficiente (cerramiento inadecuado del perímetro).		x	2	2	2	
3.5.6	Plan de gestión de emergencias inadecuado.		x	2	1 y 2	3	
3.5.7	Ausencia de un plan de emergencias.	x					
3.5.8	Desconocimiento de las rutas de evacuación ante una emergencia.		x	2	1	3	
3.5.9	Dificultad para el desalojo de desechos sólidos.		x	1	2	3	
<b>3,6</b>	<b>HSE y Seguridad Física</b>						
3.6.1	Consumo de sustancias alucinógenas dentro y fuera del proyecto.		x	1	2	2	
3.6.2	Manipulación inadecuada de sustancias químicas o materiales peligrosos.		x	1	2	2	
3.6.3	Caída de herramientas y/o escombros a distinto nivel y en aéreas vecinas a este.		x	1	1	3	
3.6.4	Caídas del personal por EPI inadecuados (equipos de protección individual).		x	1	1 y 2	5	
3.6.5	Carencia de elementos de seguridad en las operaciones.		x	1	1 y 2	5	
3.6.6	Falta de sistema de seguridad en el proyecto.		x	1	1	4	
3.6.7	Agresión al medio ambiente.		x	3	1 y 2	3	
3.6.8	Exceso de ruido.		x	1	2	2	
3.6.9	Deficiencia en la elaboración del plan de gestión ambiental.		x	2	1	4	
3.6.10	Omisión de procesos de seguridad.		x	1	2	4	
3.6.11	Falta de aseguramiento de andamios y escaleras.		x	1	1 y 2	4	
3.6.12	Herramientas regadas por el sitio de trabajo.		x	2	1	3	



3.6.13	Uso de herramientas en mala condición.		x	2	1	4	
3.6.14	Pisos resbaladizos.		x	1	1 y 2	3	
3.6.15	Derrames al suelo de material volátil, toxico o contaminante.		x	2	1 y 2	4	
3.6.16	Indemnizaciones.		x	2	1	4	
3.6.17	Deficiencia en los sistemas de protección.		x	1	1	4	
3.6.18	Personal en obra no posee certificado de trabajos en alturas.		x	3	1 y 2	3	
3.6.19	Incendio.		x	1	1 y 2	5	
3.6.20	Falta de capacitación en seguridad industrial al personal.		x	2	1 y 2	4	
3.6.21	Manipulación de redes eléctricas sin ser desconectadas.		x	3	1 y 2	4	
<b>4</b>	<b>DIRECCIÓN DE PROYECTO</b>						
<b>4,1</b>	<b>Estimación</b>						
4.1.1	Supuestos no válidos.		x	1	1 y 2	4	
4.1.2	Disponibilidad del terreno en la zona.		x	2	1 y 2	4	
4.1.3	Cambios en el modelo y método constructivo						
4.1.4	Apretado calendario del proyecto.		x	4	1 y 2	4	
4.1.5	Errores en la programación de obra (se presentan traslapes de actividades).		x	1	2	4	
4.1.6	Presupuesto mal elaborado.		x	1	1	5	
<b>4,2</b>	<b>Planificación</b>						
4.2.1	Trabajos vueltos a hacer.		x	2	2	4	
4.2.2	Procedimientos de trabajos mal definidos o incorrectos.		x	3	1 y 2	3	
4.2.3	Rotación de personal principal.	x					
4.2.4	Disposición incorrecta de materiales de trabajo.		x	2	2	3	
4.2.5	Estudio de factibilidad.		x	4	1 y 2	5	
4.2.6	Conveniencia de intervenir el proyecto; rentabilidad.		x	2	1 y 2	5	
4.2.7	Trabajos no programados.		x	1	1 y 2	4	
4.2.8	Existencia de actividades no presupuestadas.		x	2	1 y 2	4	
4.2.9	Inadecuada planificación y asignación de tareas y/o responsabilidades del personal profesional a cargo del proyecto.		x	1	1 y 2	5	
4.2.10	Entrega tardía del programa de trabajo.		x	1	1 y 2	5	



4.2.11	Especificaciones técnicas incompletas y/o poco detalladas.		x	1	1 y 2	4	
4.2.12	Estudios de conveniencia y oportunidad.		x	3	1 y 2	3	
4.2.13	Demora en la definición de procedimiento de trabajo.		x	1	1 y 2	4	
4.2.14	Deficiencia en la planificación del proyecto.		x	2	1 y 2	5	
4.2.15	Cambios en las negociaciones.		x	3	1 y 2	3	
<b>4,3</b>	<b>Control</b>						
4.3.1	Deficiente monitoreo y control de trabajos realizados (control de calidad).		x	1	1 y 2	5	
4.3.2	Falta de seguimiento permanente de tareas y actividades.		x	1	1 y 2	5	
4.3.3	Entrega de informes erróneos o incompletos.		x	1	2	4	
4.3.4	Multas por retrasos.		x	1	1	5	
4.3.5	Planoteca desactualizada (contratista utiliza planos obsoletos).		x	1	1 y 2	5	
4.3.6	Demora en la entrega de diseños que fueron cambiados.		x	1	1 y 2	5	
4.3.7	Entrega tardía de resultados de ensayos y/o resultados no esperados.		x	1	1 y 2	5	
4.3.8	Uso de suelos inapropiados que no cumplen con las especificaciones técnicas.	x					
4.3.9	El suelo es deficiente, presenta características diferentes a las del diseño.	x					
4.3.10	Suelo inestable.	x					
4.3.11	Condiciones del terreno distintas a las descritas.	x					
4.3.12	Retención.		x	3	1	3	
4.3.13	Perdida de documentos.		x	1	2	4	
4.3.14	Falta de control en las tuberías instaladas.		x	1	2	3	
4.3.15	Exceso de procedimientos de aprobación de los departamentos administrativos.		x	1	1	4	
<b>4,4</b>	<b>Comunicación</b>						
4.4.1	Idiosincrasia, cultura y costumbres locales.		x	1	2	3	
4.4.2	Inasistencia de los líderes a las reuniones.		x	3	2	3	
4,4,3	Lentitud en la toma de decisiones.		x	2	1 y 2	4	
4,4,4	Falta de liderazgo del director del proyecto.		x	1	1 y 2	5	
4,4,5	No existe armonía en los grupos de trabajo (interacción y cohesión).		x	2	2	3	



4,4,6	Proceso de contratación inadecuado; (diseños difieren del que el contratista realiza); "deficiencia en los acuerdos precontractuales".		x	2	1 y 2	4	
4,4,7	Disolución de la sociedad.		x	2	1 y 2	5	
4,4,8	Conflicto entre socios.		x	2	1 y 2	4	
4,4,9	Intervención del sindicato o cooperativa de empleados en el cierre u obstáculo del proyecto.	x					

**Fuente:** Recolección de datos como resultado de la entrevistas de riesgos.