

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE FACTORES DE RIESGOS CONSTRUCTIVOS
ENTRE EL SISTEMA DE MODULACIONES CON CONTENEDORES Y EL
SISTEMA CONVENCIONAL.**



**MAYRA ALEJANDRA MARIN BELLO
VIVIANA ESTELA OYOLA FIGUEROA**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE INGENIERIA - PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
CARTAGENA- BOLIVAR**

2014

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE FACTORES DE RIESGOS CONSTRUCTIVOS
ENTRE EL SISTEMA DE MODULACIONES CON CONTENEDORES Y EL
SISTEMA CONVENCIONAL.**

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN: CIENCIA Y SOCIEDAD
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: GERENCIA DE PROYECTOS**

**NOMBRE DEL DOCENTE DIRECTOR:
RAFAEL JULIO MADRID GARCÍA**

**INVESTIGADORES:
MAYRA ALEJANDRA MARIN BELLO
VIVIANA ESTELA OYOLA FIGUEROA**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTA DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
OCTUBRE DE 2014**



TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN.....	9
1. OBJETIVOS.....	12
2. ALCANCE DEL PROYECTO	14
3. MARCO DE REFERENCIAS	16
3.1. ANTECEDENTES	16
3.2. ESTADO DEL ARTE	16
3.3. MARCO TEÓRICO	23
3.3.1 ¿Qué es un proyecto?	23
3.3.2 ¿Qué es la dirección de proyectos?	24
3.3.3 Grupo de proceso de planificación (Project Management Institute, Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®)—Quinta edición, 2008).....	25
<input type="checkbox"/> Desarrollar el plan para la dirección del proyecto.....	25
<input type="checkbox"/> Recopilar requisitos.....	26
<input type="checkbox"/> Definir el alcance	26
<input type="checkbox"/> Crear la estructura de desglose del trabajo (EDT)	26
<input type="checkbox"/> Definir las actividades.....	26
<input type="checkbox"/> Secuenciar las actividades.....	26
<input type="checkbox"/> Estimar los recursos de las actividades	26
<input type="checkbox"/> Estimar la duración de las actividades	27
<input type="checkbox"/> Desarrollar el cronograma.....	27
<input type="checkbox"/> Planificar la gestión de riesgos.....	27
<input type="checkbox"/> Identificar riesgos.....	27
<input type="checkbox"/> Realizar análisis cualitativo de los riesgos.....	27
<input type="checkbox"/> Realizar análisis cuantitativo de los riesgos.....	27
3.3.4 ¿Qué es un riesgo?.....	28
3.3.5 ¿Qué es una amenaza?.....	28



3.3.6 Clasificación de los riesgos. (HERRERA, 2012).....	29
<input type="checkbox"/> Riesgos estratégicos o de supervivencia de esquema de negocio:	29
3.3.7 ¿Qué es la gestión de riesgos?.....	31
3.3.8 Gestión de riesgo en un proyecto	31
<input type="checkbox"/> Planificar la gestión de riesgos.....	33
<input type="checkbox"/> Identificar los riesgos	34
<input type="checkbox"/> Realizar el análisis cualitativo de los riesgos	35
<input type="checkbox"/> Realizar análisis cuantitativo de los riesgos	38
3.3.9 Modelación y simulación con Crystal Ball 11.1.	40
<input type="checkbox"/> ¿Qué es un modelo?	40
<input type="checkbox"/> Simulación Monte Carlo	41
3.3.10 SISTEMA CONSTRUCTIVO DE MODULACIONES CON CONTENEDORES. (Serrador, 2014).....	41
4. METODOLOGÍA	44
5. RESULTADOS Y DISCUSION.....	49
5.1. BASE DE DATOS DE RIESGOS CONSTRUCTIVOS	49
5.2. IDENTIFICACION DE RIESGOS DEL SISTEMA DE MODULACIONES CON CONTENEDORES.....	53
5.3. ANALISIS CUALITATIVO	56
5.4. ANÁLISIS CUANTITATIVO	65
6. CONCLUSIÓN	82
7. RECOMENDACIONES	85
8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	86



TABLA DE CONTENIDO DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Análisis cualitativo de los riesgos	35
Gráfico 2. Análisis cuantitativo de los riesgos	38
Gráfico 3. Diagrama de flujo de actividades	45
Gráfico 4. Estructura de desglose de los riesgos constructivos	49
Gráfico 5. Porcentaje de los riesgos evaluados en el cronograma.....	60
Gráfico 6. Porcentaje de los riesgos evaluados en el presupuesto.....	65
Gráfico 7. Densidad probabilística de duración del ítem Preliminares	70
Gráfico 8. Densidad probabilística de tiempo del ítem Cimentaciones	71
Gráfico 9. Densidad probabilística de tiempo del ítem Valor comercial de contenedores secos tipo marinos	72
Gráfico 10. Densidad probabilística de tiempo del ítem Adecuación de los contenedores..	73
Gráfico 11. Densidad probabilística de costo del ítem Preliminares.....	75
Gráfico 12. Densidad probabilística de costo del ítem cimentaciones	76
Gráfico 13. Densidad probabilística de costo del ítem Valor comercial de contenedores secos tipo marinos de 40 pies	77
Gráfico 14. Densidad probabilística de costo del ítem adecuación de los contenedores	78
Gráfico 15. Comparativo entre el sistema de modulaciones con contenedores Vs sistema convencional.....	80
Gráfico 16. Comparativo entre el sistema de modulaciones con contenedores Vs sistema FAV	81



TABLA DE CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Matriz probabilidad e impacto planteada por el PMI®	37
Tabla 2. Niveles de probabilidad de ocurrencia	47
Tabla 3. Niveles de impacto de los riesgos	47
Tabla 4. Base de datos de riesgos constructivos.....	50
Tabla 5. Riesgos identificados para el sistema de modulaciones con contenedores	54
Tabla 6. Análisis cualitativo de riesgos al cronograma del proyecto.	57
Tabla 7. Total de riesgos identificados en el cronograma para las categorías establecidas. 60	
Tabla 8. Análisis cualitativo de riesgos al presupuesto del proyecto.	61
Tabla 9. Total de riesgos identificados en el presupuesto para las categorías establecidas.64	
Tabla 10. Listado de riesgos para realizar análisis cuantitativo al cronograma	66
Tabla 11. Listado de riesgos para realizar análisis cuantitativo al presupuesto	68
Tabla 12. Cronograma del proyecto en estudio	69
Tabla 13. Presupuesto del proyecto en estudio.....	74
Tabla 14. Análisis Comparativo sistema de modulaciones con contenedores vs Sistema Tradicional.....	79



RESUMEN

En esta investigación se realizó un análisis comparativo de riesgos constructivos que se pueden presentar entre el sistema de modulaciones con contenedores y el sistema convencional, tomando como caso de estudio un proyecto de tipo residencial desarrollado en el departamento de Bolívar, siguiendo la guía metodológica propuesta en el PMBOK, con el fin de evaluar la viabilidad del sistema constructivo para viviendas de bajo costo; Esta investigación fue tipo mixta: descriptiva, analítica y comparativa.

Se lograron establecer sesenta y cinco (65) factores de riesgos constructivos que se pueden presentar en construcciones de tipo residencial en el departamento de Bolívar, de dicha base de datos se pudieron identificar cincuenta (50) riesgos constructivos que se pueden presentar en proyectos ejecutados bajo el sistema de modulaciones con contenedores. Luego se realizó un análisis cualitativo de los resultados encontrándose ocho (8) riesgos en la categoría altos. Posteriormente se hizo el análisis cuantitativo con base en los riesgos altos que se identificaron en el análisis cualitativo; con la ayuda del software Crystal Ball se modelaron las variables establecidas de costo y tiempo, bajo la simulación de Monte Carlos con un porcentaje de confiabilidad del 95%, con el fin de conocer la variación que se puede presentar si el cronograma y el presupuesto se llegan a ver afectados por estos riesgos. Finalmente se llegó a la conclusión que construir con el sistema de modulaciones con contenedores es viable para la construcción de viviendas, pero se debe tener en cuenta que es un sistema nuevo, por lo tanto, se debe tener especial cuidado en considerar los riesgos que este presenta realizando para estos un plan de gestión de riesgos.



ABSTRACT

In this research a comparative analysis of construction risks that may arise between the system of modulations with containers and the conventional system, taking as a case study, a residential project developed in the department of Bolívar, was performed following the proposed methodological guide the PMBOK, in order to assess the feasibility of the construction system for low cost housing; This research was mixed types: descriptive, analytical and comparative.

They managed to establish sixty-five (65) factors of construction risks that may occur in buildings in residential settings in the department of Bolivar, of the database could be identified fifty (50) construction risks that may arise in projects implemented under modulations system containers. A qualitative analysis of the results found eight (8) in the high risk category was then performed. Subsequently the quantitative analysis was based on the high risks identified in the qualitative analysis; with the help of Crystal Ball software variables set cost and time were modeled under simulated Monte Carlos with a percentage of 95% confidence level, in order to know the variation that can occur if the schedule and budget reach affected by these risks. He finally concluded that building with the system of modulations with containers is viable for housing construction, but keep in mind this is a new system, therefore, must take special care to consider the risks that this presents a plan made to these risk management.



INTRODUCCIÓN

Los proyectos de construcción se desenvuelven bajo una incertidumbre considerable debido a que es muy difícil controlar algunas variables internas y externas que afectan el desempeño de los mismos en tiempo y costo. Actualmente muchos proyectos no se llevan a cabo exitosamente dentro del costo y el plazo estipulados inicialmente. Una de las causas de los retrasos y sobrecostos es provocado por la falta de prevención de riesgos durante la etapa de planeación de los proyectos (Rodríguez, Hruskovic, García, & Sonora, 2010). Es por esto que se hace necesaria la gestión de riesgos en los proyectos de construcción, ya que con esta se pueden mitigar efectos negativos y de esta manera obtener un producto final que tenga un mayor nivel de competitividad en el mercado. Para el desarrollo de la gestión de riesgos existen diversas metodologías que simplifican el manejo y el análisis de sus variables.

Se han realizado diversos estudios sobre la gestión de riesgos en diferentes tipos de proyectos de construcción a nivel nacional tales como el estudio realizado por Villaba (2012), encontró en los proyectos de construcción de tipo residencial, la mayoría de los riesgos son bajos por lo tanto es seguro que se realicen proyectos de construcción en la ciudad de Cartagena. También el estudio realizado por Benitez y Romero (2012), estudiaron distintos proyectos de tipo residencial en Cartagena y concluyeron que los riesgos dependen mucho de las características de cada proyecto; Molinares y Veloza (2012) demostraron la importancia de la gestión de riesgos para controlar factores de riesgos en construcciones y lograr ejecutar y entregar los proyectos con los más altos estándares de calidad. Cabarcas y Gonzalez (2014), determinaron que es menos riesgoso construir con el sistema constructivo Fav que con el sistema tradicional, pero que este todavía se encuentra en etapa de aceptación en el mercado.

A nivel internacional también se han realizado estudios sobre la gestión de riesgos tales como el realizado por A. Deviprasadh (2007), quien determinó que el principal riesgo constructivo que se puede presentar en proyectos ejecutados en la India es la falta de mano de obracalificada, ya que los obreros calificados en el país migran a otros países en busca



de mejores oportunidades. También el estudio realizado por Nieto-Morote & Ruz-Vila (2011), demostró la importancia de llevar a cabo la gestión de riesgos durante todo el proyecto y esto lo deben tener en cuenta todos los involucrados ya que así se pueden mitigar los riesgos. Roman & Moncada (2012), concluyeron que es muy importante el análisis del riesgo desde una etapa temprana del proyecto y que se mantenga durante su ejecución y Martínez, Moreno, & Rubio (2012), estudiaron la construcción del campus de la Universidad de Grammaen y concluyeron que para minimizar los riesgos es necesario un elemento coordinador capaz de actuar previamente a las obras, durante las mismas y en la fase de cierre del proyecto.

En la actualidad de los proyectos de construcción de vivienda de bajo costo son los más demandados en el país, debido a la problemática social que hace que la densidad de la población aumente en los núcleos urbanos por la población proveniente de zonas rurales que en muchos casos es de escasos recursos. Es por esto que se han venido implementando nuevos sistemas constructivos que resulten más eficientes al momento de reducir los tiempos y los costos, sin embargo estos sistemas también presentan riesgos que pueden generar problemas y que si no se le hace una debida gestión pueden encarecer el proyecto, lo cual se opone a su finalidad.

Entre los sistemas constructivos implementados actualmente se encuentra el sistema de modulaciones con contenedores. Estos elementos usados especialmente para el transporte, también son muy útiles en la construcción, ya que brindan la posibilidad de trasladar unidades de edificios completamente acabadas en fábrica, reduciendo las tareas en obra a la ejecución de cimentaciones e instalaciones (Wadel, 2009).

Este sistema constructivo es relativamente nuevo y se ha implementado muy poco en la ciudad de Cartagena, por lo tanto el objetivo de esta investigación es comparar los resultados obtenidos entre el análisis cuantitativo de los riesgos constructivos entre el sistema convencional y el sistema de modulación con contenedores usando la metodología del PMI, para determinar cuál de los dos es menos riesgoso, con el fin de saber que tan factible es el uso del sistema modular para la construcción de viviendas de bajo costo. El



proyecto que se evaluó fue la construcción de una vivienda ubicada en la vía Mamonal Gambote, sector el Chorto en el municipio de Turbana.

La realización de este estudio es de mucha utilidad en el campo de la ingeniería civil, debido a que se realizó una base de datos de los riesgos constructivos que pueden ocurrir en el sistema de modulaciones con contenedores, sus respectivos análisis cualitativo y cuantitativo y la viabilidad de este sistema constructivo. Además con la comparación de este con el sistema convencional se pudo determinar cuál es menos riesgoso; por consiguiente en la investigación se pudo responder el interrogante: ¿Cuál de los dos sistemas constructivos, el convencional o el de modulaciones con contenedores, es menos riesgoso en la ejecución de proyectos de vivienda?, A partir de la comparación de los riesgos constructivos presentes en la mano de obra, el tipo de material, la maquinaria a utilizar y el transporte de estos, se realizaron las comparaciones entre los dos métodos para una vivienda ubicada en el municipio de Turbana Bolívar, encontrando resultados interesantes y de mucha aplicación.



1. OBJETIVOS

1.1.OBJETIVO GENERAL

Comparar los resultados obtenidos entre el análisis cuantitativo de los riesgos constructivos entre el sistema convencional y el sistema de modulación con contenedores usando la metodología del PMI, para determinar cuál de los dos es menos riesgoso, con el fin de saber qué tan factible es el uso del sistema modular para la construcción de viviendas de bajo costo.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Identificar los riesgos constructivos que se pueden presentar en un proyecto de tipo residencial bajo el sistema de modulación con contenedores.
- ✓ Jerarquizar los diferentes riesgos que se pueden encontrar en el proyecto de estudio.
- ✓ Realizar un análisis cualitativo de los riesgos constructivos que se presentan en este sistema constructivo con el fin de facilitar planes de gestión de riesgos de futuros proyectos de vivienda de este tipo.
- ✓ Determinar la probabilidad y el impacto de los riesgos constructivos a analizar para identificar su importancia en la ejecución del proyecto.
- ✓ Realizar un análisis cuantitativo de los riesgos mediante el software CRYSTAL BALL con el fin de evaluar los impactos y efectos que estos causan en el tiempo y costo de la ejecución de proyectos bajo este sistema constructivo.



ANÁLISIS COMPARATIVO DE FACTORES DE RIESGOS CONSTRUCTIVOS ENTRE EL SISTEMA DE MODULACIONES CON CONTENEDORES Y EL SISTEMA CONVENCIONAL.

- ✓ Construir una base de datos de los riesgos identificados usando la hoja de cálculo de Microsoft Excel para que sirvan de base para futuros estudios sobre la gestión de riesgos en este tipo de sistemas constructivos.

- ✓ Realizar un análisis comparativo de los riesgos constructivos que se presentan en el proyecto de vivienda construido bajo el sistema de modulaciones con contenedores y el sistema convencional.



2. ALCANCE DEL PROYECTO

Con esta investigación se identificaron y se dieron a conocer los riesgos que se presentan en el sistema constructivo de modulaciones con contenedores, los cuales darán pie a futuras investigaciones en donde se plantee el plan de gestión de riesgo, control y monitoreo de estos. Además se reconoció la importancia del manejo, conocimiento y control de los riesgos a los cuales se enfrentan los proyectos de construcción de tipo residencial bajo el sistema de modulaciones con contenedores en la ciudad de Cartagena.

En este proyecto investigativo se recopiló la información necesaria sobre los riesgos constructivos que se presentan en el sistema de modulaciones en contenedores, se identificaron y se hizo el análisis cualitativo y cuantitativo de estos riesgos y se realizó una comparación entre estos y los que se pueden presentar en el sistema convencional. No se realizó la planificación de la gestión de los riesgos, la planificación de la respuesta y control de los riesgos. Tampoco se realizó el análisis de los riesgos constructivos del sistema convencional, este se tomó de investigaciones previas desarrolladas como trabajos de grado en el programa de Ingeniería Civil de la Universidad de Cartagena.

La investigación se centró en proyectos de tipo residencial desarrollados en el departamento de Bolívar. El proyecto escogido para realizar el análisis se encuentra en el municipio de Turbana, sector el Chorto km 23 en la Vía Mamonal Gambote.

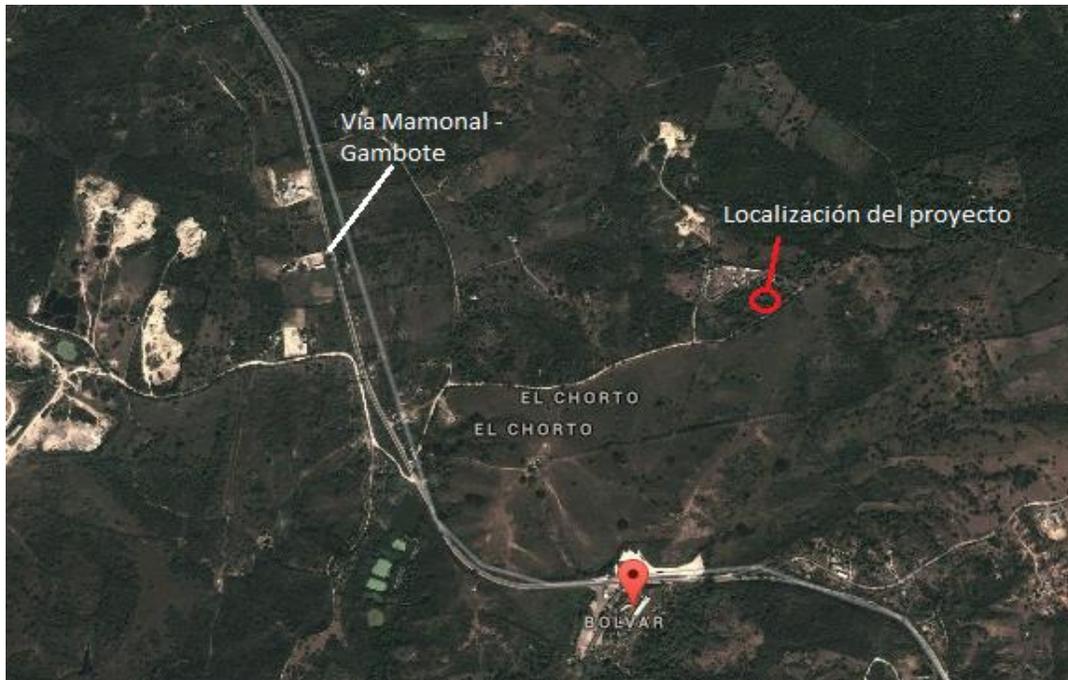


Gráfico 1. Localización del proyecto
Fuente. Google Maps

Esta investigación se llevó a cabo durante el segundo periodo académico del año 2014, con lo cual se hace entrega de un listado de los riesgos junto a su respectivo análisis cuantitativo, y se realizó en hojas de cálculo de Microsoft Excel utilizando los resultados obtenidos del software CrystalBall versión 11.1, de tal manera que los resultados obtenidos de este análisis planteados en este documento sirvan de base para futuros proyectos de construcción de tipo residencial bajo ese sistema constructivo, con el fin de mejorar la calidad en los procesos constructivos y así poder reducir los costos y los tiempos de entrega del producto final.

Cabe destacar que los riesgos constructivos que se analizaron son aquellos que se presentan en la mano de obra, los materiales a utilizar, la maquinaria y el transporte de estos.



3. MARCO DE REFERENCIAS

3.1. ANTECEDENTES

Luego de realizar una exhaustiva búsqueda en bases de datos de investigaciones realizadas sobre gestión de riesgos en el sistema constructivo de edificaciones con contenedores se puede decir que no se tiene registro alguno del tema, lo que podría deberse a que este es relativamente nuevo tanto nacional como internacionalmente, por lo tanto las investigaciones realizadas en esta propuesta servirán para determinar los riesgos que se pueden presentar en la ejecución de proyectos de construcción bajo este sistema, los cuales servirán de base para futuras investigaciones en donde se plantee el plan de gestión de riesgos, el control y monitoreo de estos.

3.2. ESTADO DEL ARTE

En el contexto de la ingeniería civil, específicamente en la rama de la construcción de edificaciones, se han venido implementando nuevos sistemas con los que se busca simplificar su ejecución y optimizarla en cuanto a tiempos y costos, y que a su vez se garantice la seguridad, la calidad y la habitabilidad del usuario.

En los últimos años han surgido diversos sistemas con materiales innovadores, tal es el caso del sistema constructivo AVAN (Florez, 2006), el cual consta de un surtido de elementos estructurales prefabricados de microconcreto aditivado con un núcleo de poliestireno expandido, con los que se pueden lograr edificaciones hasta de 5 metros, este sistema fue creado en 1999 por un grupo de profesionales cubanos como una alternativa para mitigar la crisis de vivienda que se venía presentando en el país. Dentro de las ventajas de este método se puede destacar que no se utilizan encofrados para cerramientos, dinteles y carpetas, la posibilidad de montaje manual de losas de longitudes hasta de 4 m, ahorro por concepto de cimentaciones y transporte debido a su bajo costo y acortamiento de los plazos de ejecución. En cuanto a las desventajas de este sistema se pueden encontrar la



limitación de las luces de las losas, las cuales pueden ser de máximo 5 m y de las vigas que deben tener una longitud máxima de 3 m, y no se pueden construir aleros de grandes dimensiones.

Es importante que se tengan en cuenta los riesgos existentes en la construcción de viviendas, ya que a partir de estos se puede tener una noción de las fallas y limitaciones que se pueden presentar y así poder tomar las decisiones más apropiadas.

- **Estudios a nivel nacional**

“ANÁLISIS CUALITATIVO DE FACTORES DE RIESGO EN PROYECTOS DE CONSTRUCCION DE TIPO RESIDENCIAL EN LA CIUDAD DE CARTAGENA BAJO LA METODOLOGIA DEL PMI” (Villalba, 2012).

En este trabajo de grado se identifican y analizan cada uno de los factores de riesgos que afectan a los proyectos de construcción de tipo residencial en la zona norte de la ciudad de Cartagena a partir de la metodología del PMI® con el fin de promover diferentes acciones para la prevención de los mismos, o la oportuna respuesta en el momento en que estos sucedan.

En esta investigación se encontró que la mayoría de los riesgos no son de tipo intolerables, pero esto no quiere decir que no hay riesgos importantes, sino que muchos de los riesgos importantes tienen una baja probabilidad de ocurrencia, aun cuando el impacto de este sea alto.

“ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE RIESGOS EN LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCION DE TIPO RESIDENCIAL UBICADOS EN LA ZONA NORTE DE LA CIUDAD DE CARTAGENA, BAJO LA METODOLOGIA DEL PMI” (Benitez & Romero, 2012).

En esta investigación se presenta un análisis de riesgos en los proyectos de tipo residencial ubicados en los barrios de Bocagrande, Castillogrande, Laguito y Manga, basado en los principios del método descritos por el PMBOK, regido por los lineamientos del PMI, en



donde primeramente se identifican los riesgos y luego se realizan los análisis consecutivos a estos riesgos.

La investigación aplicó la metodología a los cuatro objetivos del proyecto (cronograma, alcance, presupuesto y calidad); el punto de partida para la realización del análisis cuantitativo a cada muestra fue la simulación de Monte Carlo, la cual fue realizada utilizando el software CRYSTAL BALL. Como resultado de estas simulaciones, se observaron probabilidades entre el 35% y 45% de culminar los proyectos en la fecha establecida y entre el 25% y 35% de probabilidad de acertar en el presupuesto inicialmente calculado.

A partir de estos datos los autores pudieron concluir que los proyectos de construcción difieren mucho entre sí debido a que cada uno posee sus propias características y además dependen mucho de los eventos que se puedan presentar en su entorno, debido a la ubicación espacial de la obra o emplazamiento, vías de acceso, límites físicos, planificación inicial, administración, materia prima, recurso humano, tecnología, entre muchos otros.

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE GESTIÓN DE RIESGOS PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN” (Molinares & Veloza, 2012).

Esta investigación tiene como objeto la creación de una herramienta que pueda facilitar el estudio de los riesgos basándose en una metodología para el manejo y control de estos, con el fin de que se eviten impactos en el proyecto como pérdida de tiempo, recursos y esfuerzos.

Para la creación de esta herramienta el autor se basó en varias etapas: Planificación del Gerenciamiento de los riesgos, identificación de los riesgos, análisis cualitativo, priorización del riesgo, elaboración del plan de respuesta y, monitoreo y revisión,



En la investigación se concluyó que la implementación de la gestión de riesgos es muy importante ya que se pueden controlar factores de riesgos en construcciones para así se puedan ejecutar y entregar con los más altos estándares de calidad.

“COMPARACIÓN DE RIESGOS CONSTRUCTIVOS ENTRE EL SISTEMA DE FABRICACIÓN AVANZADA DE VIVIENDAS FAV Y EL SISTEMA TRADICIONAL” (Cabarcas & Gonzalez, 2014).

En este estudio se presenta un análisis comparativo entre el sistema de fabricación de vivienda avanzada FAV y el método tradicional, basándose en los principios descritos por el método PMBOK regidos por los lineamientos del PMI.

El objetivo de esta investigación fue realizar el análisis comparativo entre los riesgos constructivos de los métodos de construcción estudiados con el fin de determinar cuál de los dos es menos riesgoso.

Del estudio se pudo concluir que a pesar de la variedad de riesgos presentes identificados para este método de construcción de vivienda los resultados obtenidos con el sistema de construcción FAV son satisfactorios y se puede afirmar que es menos riesgoso construir con este sistema, pero debido a que es un sistema nuevo se encuentra en una etapa de prueba y aceptación en el mercado.

- **Estudios a nivel internacional**

"RISK ASSESSMENT AND MANAGEMENT IN CONSTRUCTION PROJECTS" (A. Deviprasadh, 2007)

En esta tesis el autor determina que principalmente el sector de la construcción, se siente abrumado por el riesgo. Por tal motivo en muchos casos los riesgos no se abordan de manera satisfactoria y por esto este sector ha obtenido malos resultados.



El autor define las diferentes fuentes de riesgos de la construcción dentro de las cuales se encuentran: Falta de comprensión de los términos y condiciones del contrato, los cambios de diseño y errores, mal trabajo coordinado, estimaciones pobres, funciones mal definidas y responsabilidades, personal no cualificado, los peligros naturales y los problemas políticos y jurídicos

En el desarrollo de esta investigación para la determinación de los riesgos cuantitativos se utiliza el método tradicional que se basa en cálculos estadísticos donde se analiza su probabilidad de impacto y ocurrencia, para este análisis el árbol de decisión es un método práctico que genera resultados positivos, aplicando las probabilidades de dos o más resultados. Otro enfoque consiste en realizar una simulación de Monte Carlo. Para la determinación de los riesgos cualitativos se utiliza el método de diagramas de precedencia, el cual utiliza números ordinales para determinar las prioridades y los resultados. Para esto es aconsejable hacer una lista en orden descendente de las actividades específicas del proyecto, además listar los riesgos asociados a cada actividad y el control o controles que debe existir para cada riesgo.

El autor concluye que los riesgos en la India son un asunto muy poco conocido, por esta razón el gobierno ha decidido implementar un sistema de calificación de riesgos, con lo cual los constructores serán auditados de manera constante para mitigar los posibles riesgos. Concluye también que uno de los principales riesgos que se pueden presentar en la India es la falta de mano de obra calificada, ya que los obreros calificados en el país migran a otros países en busca de mejores oportunidades. Otra de las conclusiones del autor es que debido a la creciente demanda de bienes raíces en la India, se han generado tiempos de construcción más cortos, por lo tanto este es uno de los mayores riesgos que se puede presentar en este país.

“A FUZZY APPROACH TO CONSTRUCTION PROJCT RISK ASSESSMENT”.(Nieto-Morote& Ruz-Vila, 2011).



En este artículo se describe un método de evaluación de los riesgos constructivos, se centran en el proceso que se debe llevar a cabo para la evaluación de dicha gestión, muestra un modelo matemático que según los autores es muy aproximado y es el que se utiliza en el desarrollo del mismo.

Los autores concluyen en este artículo que la gestión de riesgos es muy importante en todo proyecto de construcción, y se debe llevar a cabo por todos los involucrados en el proyecto, desde el gerente del proyecto incluyendo a la clase obrera, ya que si todos conocen los diferentes riesgos que se pueden presentar y las diferentes maneras en las que se puede mitigar estos, será más fácil la aplicación de las metodologías y será más efectiva la respuesta a estos.

“ESQUEMA PARA LA IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE FACTORES DE RIESGO EN TIEMPO Y COSTOS DE PROYECTOS IPC EN VENEZUELA” (Roman & Moncada, 2012).

En esta investigación se diseñó un esquema de análisis para identificar los factores que influyen negativamente en la ejecución de proyectos y permitan disminuir las desviaciones de tiempo y costos en los proyectos de ingeniería y construcción, para esta se utilizó la metodología del PMI.

La investigación se realizó en cuatro etapas, en las dos primeras se utilizaron encuestas y cuestionarios, en la tercera etapa se utilizó la entrevista a expertos y la técnica de tormenta de ideas, en el cuarto paso se utilizó la técnica de árbol de decisión.

Con la investigación concluyeron que es sumamente importante el análisis del riesgo desde una etapa temprana del proyecto y que se mantenga durante su ejecución.

“GESTIÓN DEL RIESGO EN PROYECTOS DE INGENIERÍA. EL CASO DEL CAMPUS UNIVERSITARIO PTS. UNIVERSIDAD DE GRANADA (ESPAÑA)” (Martinez, Moreno, & Rubio, 2012).



Este artículo trata del análisis de riesgo del caso concreto de un nuevo campus universitario de la Universidad de Granada - España (una inversión superior a 200 millones de euros) y el modelo de gestión de proyecto y construcción finalmente adoptado.

En la investigación se encontraron ciertas circunstancias que han incrementado la potencialidad de los riesgos tales como:

- Contradicciones entre los proyectos constructivos y normativa de mayor rango.
- Dilaciones en el otorgamiento de licencias
- Conflictos en la interpretación de contratos de consultoría y construcción.
- Suspensión de pagos de contratistas que desarrollaban algunas de las actuaciones en la parcela común.
- Disminución en la capacidad de financiación de las administraciones implicadas.
- Modificaciones de las condiciones topográficas de la parcela debido al tiempo transcurrido desde la toma de datos al inicio de las obras.
- Solapamiento entre intereses de los distintos contratistas presentes en la parcela, etc.

Debido a la complejidad y el avanzado estado del proyecto los autores descartaron varias alternativas de solución a estos problemas, concluyendo así que la única posibilidad de conseguir los objetivos de plazo, costo y calidad del proyecto era contar con un elemento coordinador capaz de actuar previamente a las obras, durante las mismas y en la fase de cierre del proyecto.

De las citas mostradas anteriormente se puede notar que son varios los artículos e investigaciones que se han realizado sobre la gestión de riesgos, específicamente sobre el análisis de los factores de riesgo que se pueden presentar en los proyectos de construcción, más sin embargo, estas presentan limitaciones puesto a que la mayoría de las investigaciones mostradas no se enfocan en un sistema constructivo en específico, además



algunas de estas se centran en estudios realizados en un sector determinado o un caso de estudio particular. Por otra parte no se muestran investigaciones realizadas sobre el tema en el que se enfoca este estudio, por tal motivo es importante que se adelanten investigaciones sobre este para poder evaluar la gestión de riesgos y poder aplicarla de manera adecuada.

3.3.MARCO TEÓRICO

Con el fin de entender de manera fácil y rápida la finalidad de este proyecto se deben tener claros algunos conceptos que permitan desarrollar de manera lógica el objetivo de este. Estos aspectos los define el Project Management Institute.

3.3.1 ¿Qué es un proyecto?

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. (Project Management Institute, Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®)—Quinta edición, 2008) .

➤ **Otras definiciones de proyecto:**

- ✓ Un proyecto es una propuesta ordenada de acciones que pretenden la solución o reducción de la magnitud de un problema que afecta a un individuo o grupo de individuos y en la cual se plantea la magnitud, características, tipos y periodos de los recursos requeridos para completar la solución propuesta dentro de las limitaciones técnicas, sociales, económicas y políticas en las cuales el proyecto se desarrollará.
- ✓ Un proyecto es la compilación de antecedentes y elementos de diagnóstico que permiten planear, concluir y recomendar las acciones que se deben llevar a cabo para materializar una idea.



- ✓ Conjunto de las actividades que desarrolla una persona o una entidad para alcanzar un determinado objetivo. Estas actividades se encuentran interrelacionadas y se desarrollan de manera coordinada.

3.3.2 ¿Qué es la dirección de proyectos?

Basados en el Project Management Institute (PMI®) 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®)—Quinta edición, 2008)

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

Dirigir un proyecto por lo general implica:

- ✓ Identificar requisitos
- ✓ Abordar las diferentes necesidades, inquietudes y expectativas de los interesados
Según se planifica y efectúa el proyecto.
- ✓ Equilibrar las restricciones contra puestas del proyecto que se relaciona entre otros aspectos, con:
 - El alcance
 - La calidad
 - El cronograma
 - El presupuesto



- Los recursos
- El riesgo.

3.3.3 Grupo de proceso de planificación(Project Management Institute, Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®)—Quinta edición, 2008)

El Grupo del Proceso de Planificación está compuesto por aquellos procesos realizados para establecer el alcance total del esfuerzo, definir y refinar los objetivos, y desarrollar la línea de acción requerida para alcanzar dichos objetivos.

Los procesos de planificación desarrollan el plan para la dirección del proyecto y los documentos del proyecto que se utilizarán para llevarlo a cabo. La naturaleza multidimensional de la dirección de proyectos genera bucles de retroalimentación repetidos que permiten un análisis adicional. A medida que se recopilan o se comprenden más características o informaciones sobre el proyecto, puede ser necesaria una mayor planificación. Los cambios importantes que ocurren a lo largo del ciclo de vida del proyecto generan la necesidad de reconsiderar uno o más de los procesos de planificación y, posiblemente, algunos de los procesos de iniciación. Esta incorporación progresiva de detalles al plan para la dirección del proyecto recibe generalmente el nombre de “planificación gradual”, para indicar que la planificación y la documentación son procesos repetitivos y continuos.

El Grupo del Proceso de Planificación incluye los siguientes procesos de dirección de proyectos:

➤ **Desarrollar el plan para la dirección del proyecto**

Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto es el proceso que consiste en documentar las acciones necesarias para definir, preparar, integrar y coordinar todos los planes subsidiarios.



➤ **Recopilar requisitos**

Recopilar Requisitos es el proceso que consiste en definir y documentar las necesidades de los interesados a fin de cumplir con los objetivos del proyecto.

➤ **Definir el alcance**

Definir el Alcance es el proceso que consiste en desarrollar una descripción detallada del proyecto y del producto.

➤ **Crear la estructura de desglose del trabajo (EDT)**

Consiste en subdividir los entregables y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y más fáciles de dirigir.

➤ **Definir las actividades**

Definir las Actividades es el proceso que consiste en identificar las acciones específicas a ser realizadas para elaborar los entregables del proyecto.

➤ **Secuenciar las actividades**

Es el proceso que consiste en identificar y documentar las relaciones entre las actividades del proyecto.

➤ **Estimar los recursos de las actividades**

Es el proceso que consiste en estimar el tipo y las cantidades de materiales, personas, equipos o suministros requeridos para ejecutar cada actividad.



➤ **Estimar la duración de las actividades**

Proceso que consiste en establecer aproximadamente la cantidad de períodos de trabajo necesarios para finalizar cada actividad con los recursos estimados.

➤ **Desarrollar el cronograma**

Proceso que consiste en analizar el orden de las actividades, su duración, los requisitos de recursos y las restricciones del cronograma para crear el cronograma del proyecto.

➤ **Planificar la gestión de riesgos**

Proceso por el cual se define cómo realizar las actividades de gestión de riesgos para un proyecto.

➤ **Identificar riesgos**

Proceso por el cual se determinan los riesgos que pueden afectar el proyecto y se documentan sus características.

➤ **Realizar análisis cualitativo de los riesgos**

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 análisis cuantitativo de los riesgos**

Proceso que consiste en analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto.



3.3.4 ¿Qué es un 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 claves de riesgo: la incertidumbre y el efecto sobre los objetivos del proyecto. Al evaluar la importancia de un riesgo del proyecto, estas deben ser consideradas. La dimensión de la incertidumbre puede ser descrita con el término “probabilidad” y el efecto puede ser llamado el “impacto”.

Los riesgos pueden tener una o más causas, y dado el hecho que se produzca, puede tener uno o más impactos. (Project Management Institute, Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®)—Quinta edición, 2008).

A veces los riesgos pueden verse como un problema o una amenaza, pero este también se puede interpretar como una oportunidad, para lo cual debemos enfocarnos en lo siguiente:

- ✓ Tomar ventaja de las oportunidades
- ✓ Percibir las oportunidades
- ✓ Contrarrestar la amenaza
- ✓ Ser hábiles

Siempre que se esté analizando un posible riesgo en un proyecto, se deben explorar las oportunidades que aunque no sean probables, son posibles, y se pueden aprovechar dicha oportunidad para el bien del proyecto.

3.3.5 ¿Qué es una amenaza?

Es un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y



económicos, o daños ambientales (UNISDR - Sobre reducción del riesgo de desastre, 2009).

3.3.6 Clasificación de los riesgos. (HERRERA, 2012)

Existen cuatro categorías en las que se pueden clasificar los riesgos:

➤ **Riesgos estratégicos o de supervivencia de esquema de negocio:**

Asociados a la formulación estratégica, en la que se analiza el medio para detectar problemas potenciales por cuenta de los competidores; u oportunidades, debido a cambios en la demanda por variaciones en las necesidades de los clientes.

Estos riesgos requieren para su análisis herramientas y metodologías que permitan entender los factores críticos de éxito y desarrollar las competencias para ser efectivos en determinada industria, así como la forma en que los competidores pueden afectar el desempeño de la compañía y de este manera prepararla para que sobreviva y aproveche las oportunidades que le ofrece su entorno.

➤ **Riesgos de asignación de recursos:**

Ocurren durante las fases de análisis, evaluación, toma de decisión de inversión, y ejecución de proyectos y oportunidades de negocio y su impacto en el flujo de caja de la compañía. La ejecución de proyectos y las fusiones empresariales se constituyen en los esquemas principales empleados por las compañías para crecer y adaptarse a un entorno cada vez más cambiante. Una empresa que no adelanta proyectos de inversión esa condenada a estancarse y con el tiempo a desaparecer.



El proceso de toma de decisiones se ve afectado por problemas en la información requerida ya sea; incompleta, atrasada, inexacta, irrelevante, etc. Afectando la forma en que se adoptan las decisiones de asignación de recursos.

Sin embargo, el ejecutar proyectos de forma exitosa requiere de habilidades especiales y gran capacidad gerencial. No en vano la gran mayoría de los proyectos que se realizan en el ámbito mundial presentan problemas de sobrecostos y retrasos en su ejecución, debido a la gran cantidad de incertidumbres que se encuentran en la fase de construcción, sin contar con los problemas que se puedan presentar en el futuro para materializar los ingresos o reducir pérdidas que se plantean originalmente.

➤ **Riesgos de negocios u operacionales:**

Se presentan durante la ejecución de los programas e iniciativas incorporadas en el presupuesto de gastos.

Los riesgos del negocio u operacionales son los obstáculos u oportunidades que se presentan en la operación del día a día y que impiden el alcanzar los objetivos y metas trazados. Por su naturaleza rutinaria suelen tener infinidad de acciones de control y mitigación, las cuales permiten a la empresa adelantar sus labores normales evitando incidentes y sin mayores contratiempos.

➤ **Riesgos de entorno:**

Son aquellos que no dependen de fallas en los procedimientos internos de la compañía. Se hacen evidentes al momento de rendir cuentas como parte de la gestión de desempeño.

Por su parte los riesgos de entorno están asociados a la interacción con los grupos de interés, los de mercado y los que contribuyen el riesgo país.



Como lo que más interesa a una organización es el cumplimiento de los objetivos y metas que se ha propuesto, el procedimiento de análisis e identificación de los riesgos de mayor impacto, se adelanta mirando los problemas potenciales que puedan surgir para lo cual se sigue el enfoque, que implica trabajar con la alta administración de la compañía y el área de planeación corporativa.

3.3.7 ¿Qué es la gestión de riesgos?

La Gestión de Riesgos del Proyecto es un enfoque estructurado para manejar la incertidumbre relativa a una amenaza, a través de una secuencia de actividades humanas que incluyen evaluación de riesgo, estrategias de desarrollo para manejarlo y mitigación del riesgo utilizando recursos gerenciales. Estos 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®)—Quinta edición, 2008).

3.3.8 Gestión de riesgo en un proyecto

La Gestión de Riesgos en la Construcción es una herramienta que se aplica para realizar una serie de acciones y procesos coordinados a lo largo del ciclo de vida del proyecto con la finalidad de reducir la probabilidad de ocurrencia de los riesgos identificados y reducir el impacto de los mismos si es que ocurriesen, consiguiendo de esta manera los objetivos del proyecto y asegurando su valor. (Villanueva, 2009)



Para la realización de una buena gestión de riesgo se deberá tener en cuenta los siguientes procesos estipulados en la metodología planteada en el Project Management Institute (PMI®).

✓ **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.



➤ **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. La planificación también es importante para proporcionar los recursos y el tiempo suficientes para las actividades de gestión de riesgos y para establecer una base acordada para evaluar los riesgos.

- ***Entradas:***
 - ✓ Enunciado del alcance del proyecto
 - ✓ Plan de gestión de costos
 - ✓ Plan de gestión del cronograma
 - ✓ Plan de gestión de la comunicación
 - ✓ Factores ambientales de la empresa
 - ✓ Activos de los procesos de la organización

- ***Herramientas y técnicas:***
 - ✓ Reuniones de planificación y análisis

- ***Salidas:***
 - ✓ Plan de gestión de riesgos



➤ **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.
- ✓ Estimación de costo de las actividades
- ✓ Estimación de la duración de las actividades
- ✓ Línea base del alcance
- ✓ Registro de interesados
- ✓ Plan de gestión de costos
- ✓ Plan de gestión del cronograma
- ✓ Plan de gestión de calidad
- ✓ Documentos del proyecto
- ✓ Factores ambientales de la empresa
- ✓ Activos de los procesos de organización

• ***Herramientas y técnicas***

- ✓ Revisiones de la documentación
- ✓ Técnicas de recopilación de información
- ✓ Análisis de las listas de control
- ✓ Análisis de supuestos
- ✓ Técnicas de diagramación
- ✓ Análisis SWOT (o DAFO, Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades)
- ✓ Juicio de expertos

• ***Salidas***

- ✓ Registro de riesgos



- Lista de riesgos identificados
- Lista de respuestas potenciales

➤ **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.

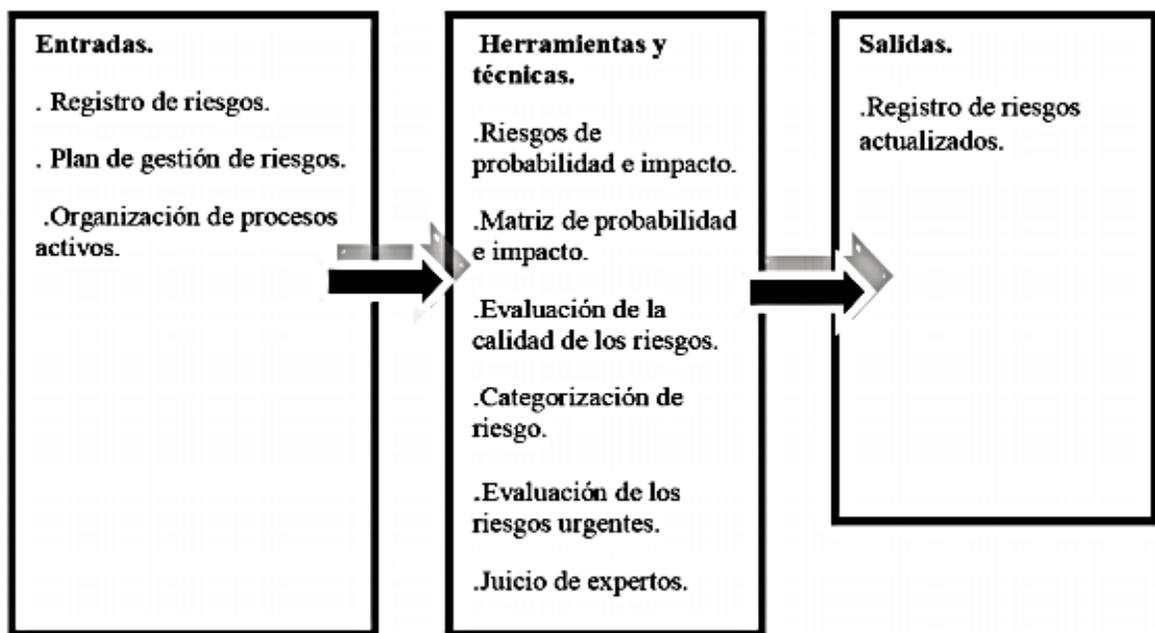


Gráfico 1. Análisis cualitativo de los riesgos

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

- **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

- Información procedente de proyectos similares anteriores completados
- Estudios de proyectos similares realizados por especialistas en riesgos
- 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.

Tabla 1. Matriz probabilidad e impacto planteada por el PMI®

MATRIZ DE PROBABILIDAD E IMPACTO										
PROBABILIDAD	AMENAZAS					OPORTUNIDADES				
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

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

- ✓ Evaluación de la calidad de los datos sobre riesgos
- ✓ Categorización de los riesgos



- ✓ Evaluación de la urgencia de los riesgos
- ✓ Juicio de expertos

- **Salidas**

- ✓ Actualizaciones al registro de riesgos

➤ **Realizar análisis cuantitativo de los riesgos**

El análisis cuantitativo de los riesgos es el proceso que consiste en analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto donde es aplicable las buenas prácticas de este paso. Este proceso es aplicable después de realizar el análisis cualitativo de los riesgos, una vez estos estén priorizados, analizando de tal forma los riesgos que son intolerables o representan un impacto significativo a los objetivos del proyecto, puede utilizarse para asignarse a esos riesgos una calificación numérica individual o para evaluar el efecto acumulativo de todos los riesgos que afectan al proyecto para tomar decisiones respecto a cada uno de ellos.

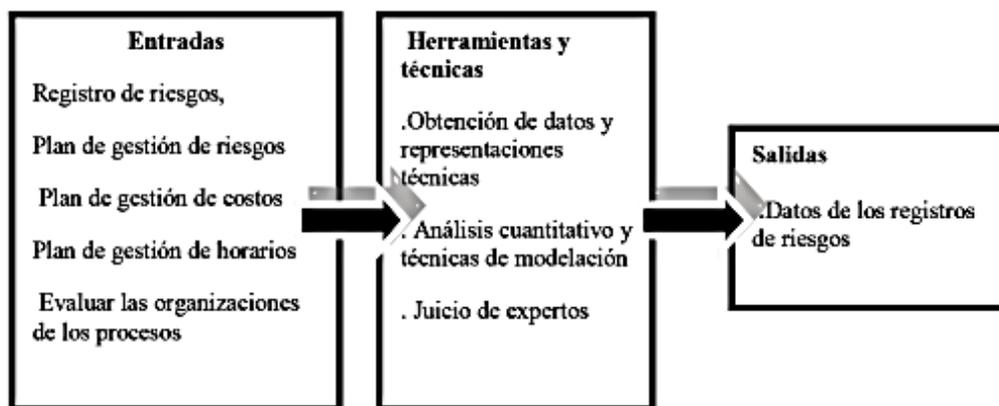


Gráfico 2. Análisis cuantitativo de los riesgos

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



- **Entrada**

- ✓ Registro de riesgos. A partir de un listado de riesgos obtenidos seguidamente del paso realizar análisis cualitativo en el cual estos se encuentran priorizados, se tienen en cuenta aquellos que son intolerables o presentan un impacto significativo a los objetivos del proyecto.

- **Herramientas y técnicas**

- ✓ Técnicas de recopilación y representación de los 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. Por ejemplo, para algunas distribuciones Comúnmente usadas, la información se podría recopilar agrupándola en escenarios optimistas (bajo), pesimistas (alto) y más probables.
 - *Distribuciones de probabilidad.* Las distribuciones continuas de probabilidad representan de cierta forma la incertidumbre de las duraciones de las actividades así como el costo de los componentes del proyecto.
- ✓ *Modelado y simulación.* Utiliza un modelo que traduce las incertidumbres del proyecto en su impacto potencial sobre los objetivos del mismo. Las simulaciones iterativas se utilizan habitualmente aplicando la técnica de Monte Carlo. En una simulación, el modelo del proyecto se calcula muchas veces utilizando valores de entradas como estimaciones de costo o duraciones de actividades.



- **Salida**

Actualizaciones al registro de los riesgos. En donde el registro de riesgos se actualiza para incluir un informe cuantitativo que detalla los enfoques cuantitativos. Este tiene los siguientes componentes:

- ✓ *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.
- ✓ *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.

3.3.9 Modelación y simulación con CrystalBall 11.1.

➤ **¿Qué es un 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 CrystalBall 11.1.

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 CrystalBall que permite definir varias variables para su análisis los modelos tradicionales pueden arrojar que los pronósticos obtenidos pueden verse limitados ya que su eficacia no da resultados óptimos para su aplicación. Debido a la restricción de sus datos. (Sanchez, Rodriguez, & Muñoz, 2004)



➤ **Simulación Monte Carlo**

Simulación se refiere a cualquier método analítico con el objetivo de caracterizar simplificada mente la realidad de un proceso económico en un modelo. El modelo se emplea para tratar de evidenciar relaciones de causa efecto y realizar predicciones.

Una simulación calcula múltiples escenarios de un modelo de manera repetitiva ejemplificando valores tomados desde las distribuciones de probabilidad para variables inciertas y así usar estos valores en las celdas.

La simulación de Monte Carlo se refiere a cualquier método analítico con el objeto de caracterizar simplificada mente la realidad de un proceso económico en un modelo. El modelo se emplea para tratar de evidenciar relaciones de causa y efecto y realizar predicciones. (Sanchez, Rodriguez, & Muñoz, 2004)

La simulación de Montecarlo es un instrumento que permite considerar todas las combinaciones posibles. De los posibles resultados de la propuesta, en efecto, con mucha frecuencia el número de estados posibles del sistema es tan elevado que hace imposible calcular valores promedio sumando sobre todos los estados, porque se opta por tomar una muestra y estimar los valores promedio a partir de ella. Los valores muestreados se obtienen a partir de las distribuciones de probabilidad de cada variable. La solución al problema planteado se estima analizando los valores de la muestra a través de métodos estadísticos.

3.3.10 SISTEMA CONSTRUCTIVO DE MODULACIONES CON CONTENEDORES. (Serrador, 2014)

En los últimos tiempos y debido a la crisis dentro del mundo de la construcción, son muchas las alternativas surgidas en torno a la construcción modular. Todas ellas, tienen



por objeto obtener una mayor eficiencia. Eficiencia de costes, eficiencia en el aprovechamiento de materiales y como no, eficiencia energética.

Dentro de esta amplia gama de posibilidades, se encuentra la construcción de viviendas aprovechando los sistemas de contenedores marítimos.

El proceso constructivo no difiere en exceso del de una edificación convencional, la principal diferencia radica en el sistema estructural empleado. La estructura se resuelve mediante el uso de ISO CONTAINERS. La fabricación de este tipo de contenedores viene regulada por una serie de normas ISO, las cuales especifican, desde las sollicitaciones y cargas estructurales que deben soportar dichos cubos de metal, hasta las pinturas de protección que deben emplearse, pasando por el tipo de metales a emplear, características de los tableros de suelo, etc.

En lo que al proceso edificatorio propiamente dicho se refiere, se utilizan soluciones completamente industrializadas, eliminando los morteros y hormigones en la mayor medida de lo posible. Esto hace que se puedan controlar los costos y la realización, optimizando al máximo el uso de los materiales y reduciendo las mermas de los mismos.

Cimentación. Es uno de los puntos en los que se puede llegar a obtener el mayor ahorro económico, dado que en muchos casos, para sostener un container no sería necesario más que 4 sencillos apoyos de hormigón. Sobre todo si se trata de una parcela no urbana, y se pretende considerar el container como un bien mueble.

En el caso de querer una vivienda en una parcela consolidada, se haría necesario como en todo proyecto, la realización de un estudio geotécnico y la consiguiente redacción de un proyecto de ejecución.

Estructura. La estructura no tiene secretos en este caso, se emplearán los ISO CONTAINERS, modulándolos de manera tal que se obtengan los espacios requeridos por el cliente. Este aspecto, puede suponer una desventaja debido fundamentalmente a las estrictas modulaciones a las que se tienen que someter los diseños.



El uso de ISO CONTAINERS a la hora de realizar las estructuras, permite contar con elementos con un alto grado de resistencia, no solo estructuralmente hablando, sino también a nivel climatológico, y un gran punto a favor, alta resistencia sísmica.

No hay que olvidar, que al tratar con medidas estandarizadas a nivel mundial, los portes y colocación de los módulos en su ubicación definitiva, son mucho más sencillos.

Fachadas. Las fachadas pueden resolverse de manera convencional, existen opciones muy variadas para elegir. Con soluciones de pintura se permite dejar visto el entramado metálico de cerramiento de los containers. En este caso lo más recomendable es la utilización de sistemas de fachadas ventiladas. Estos sistemas dotan al conjunto de una segunda piel adicional, lo que ayuda a contra arrestar el alto grado de transmisión calórica que poseen los materiales metálicos, facilitando el condicionamiento térmico interior de la vivienda.

Cubiertas. El principal problema que se puede encontrar a la hora de solucionar las cubiertas es que, la chapa superior, no tiene la misma capacidad portante que las chapas de cerramiento lateral, lo que dependiendo de zona geográfica dónde se ubique la vivienda, obliga a realizar pequeños refuerzos debido a las cargas variables existentes.

Distribuciones. La mejor opción para la realización de las particiones interiores es el uso de tabique de yeso laminado, siempre buscado los tabiques secos y huyendo de los morteros. Los trasdosados permiten la colocación de paneles de lana de roca o fibras de vidrio, que aumentan el aislamiento térmico acústico del conjunto envolvente. Lo mismo ocurre con los falsos techos.

Sismoresistencia. Según entrevistas realizadas a docentes de la universidad de Cartagena especialistas en estructuras, como lo son el ingeniero Jairo Alvis, Arnoldo Berrocal y Donaldo Barreto, la estructura de un contenedor esta soportada por la perfilaría metálica que lo compone, los cuales funcionan como pórticos, por lo tanto la sismorresistencia del sistema constructivo está regida por la NSR-10.



4. METODOLOGÍA

Esta investigación fue tipo mixta: descriptiva, analítica y comparativa; descriptiva ya que se mostraron los datos que en este caso corresponden a los riesgos constructivos que se pueden presentar en proyectos de construcción de tipo residencial ejecutado con el sistema de modulaciones con contenedores, se clasificaron según el grado de complejidad de cada uno desde el momento de la planeación, y se analizó su incidencia en el presupuesto y cronograma de las principales actividades del proyecto. Fue analítica, ya que a que los riesgos categorizados como altos se les realizaron un análisis estadístico para determinar su valoración numérica a partir de un análisis cuantitativo. Y fue comparativa, debido a que se confrontan los resultados obtenidos con el sistema de modulaciones con contenedores y los obtenidos en investigaciones anteriores realizadas al sistema convencional.

Para desarrollar el estudio se utilizó la metodología detallada en la guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (PMBOK), empleando los requerimientos del PMI® (Project Management Institute), en el que se aplicaron técnicas de recolección y análisis de la información como lo fueron las entrevistas realizadas al director de la obra, el arquitecto, el ingeniero residente y el jefe de producción de la empresa encargada del proyecto con el objetivo de registrar la información del proyecto estudiado con la mayor confiabilidad posible.

Inicialmente se generó una base de datos de los riesgos constructivos de tipo residencial que se pueden presentar en la ciudad de Cartagena ejecutados bajo el sistema convencional, los cuales fueron tomados de trabajos de grado anteriores realizados en el marco de la línea de investigación de GERENCIA DE PROYECTOS del grupo CIENCIA Y SOCIEDAD de la Universidad de Cartagena. Esta base de datos se generó con el fin de determinar a través de las entrevistas qué riesgos del sistema tradicional se pueden presentar en el sistema de modulaciones con contenedores.



Con los riesgos constructivos del sistema de modulaciones con contenedores, se generó una nueva base de datos que fue utilizada para cada actividad que lo requirió, se utilizaron las herramientas y técnicas para desarrollar el método establecido por el PMI® y se definieron variables de entrada para cada uno de los pasos principales, de manera que los resultados de cada paso, es decir las salidas fueran utilizadas como variables de entrada para el siguiente paso y así sucesivamente hasta llegar a las salidas del análisis cuantitativo que fue la última información obtenida.

El flujo de actividades realizadas se representa en el siguiente esquema (Ver Gráfico 3):



Gráfico 3. Diagrama de flujo de actividades

Fuente. Autores

El estudio se realizó siguiendo el procedimiento que se describe a continuación:



4.1. IDENTIFICACION DE LOS RIESGOS

El estudio inicio con una recopilación riesgos constructivos que se pueden presentar en construcciones de tipo residencial ejecutados bajo el sistema convencional, encontrados en trabajos de grado realizados anteriormente, a partir de esta base de datos se elaboró una estructura de desglose de los riesgos que los categoriza y sub categoriza. Esta estructura permitió categorizar y clasificar los riesgos fácilmente.

Luego se realizó una reunión con el director del proyecto estudiado en donde se realizó la visita de campo y se programó una nueva reunión en la que también asistieron Ingeniero Residente, el Arquitecto y el Jefe de Producción, en la cual se realizaron las encuestas a este personal, en total se realizaron cuatro (4) encuestas a dos (2) proyectos. Con las encuestas se identificaron los riesgos que se pueden presentar en proyectos con el sistema de modulaciones con contenedores. Los datos obtenidos de las encuestas fueron analizados y se excluyeron todos aquellos riesgos que no identificaron los encuestados.

Una vez obtenida toda la información de cada encuestado se tabularon todos los riesgos identificados por cada uno de ellos, quedando así categorizados y conformándose los datos de entrada para el siguiente paso.

4.2. ANÁLISIS CUALITATIVO DE LOS RIESGOS

En la encuesta realizada al personal a cargo del proyecto, aparte de identificar los riesgos que se presentaban en el sistema de modulaciones con contenedores, se evaluó la probabilidad de ocurrencia de dichos riesgos y el nivel de impacto en el presupuesto y cronograma que estos pueden tener en caso de que ocurriera el evento. Previamente se les manifestó a los encuestados los niveles de riesgo y los porcentajes en que se manifiestan, siendo estos: Muy bajo, Bajo, Moderado, Alto y Muy alto, tanto para la probabilidad como para el impacto, para facilitar el manejo de la información.

Una vez evaluados los riesgos se analizaron los niveles de probabilidad e impacto de cada respuesta de la encuesta a partir de las tablas 2 y 3.



Tabla 2. Niveles de probabilidad de ocurrencia

NIVELES DE PROBABILIDADES		
MB	Muy bajo.	0,05
B	Bajo.	0,1
MO	Moderado.	0,2
A	Alto.	0,4
MA	Muy alto.	0,8

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

Tabla 3. Niveles de impacto de los riesgos

NIVELES DE IMPACTOS		
MB	Muy bajo.	0,1
B	Bajo.	0,3
MO	Moderado.	0,5
A	Alto.	0,7
MA	Muy alto.	0,9

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

Luego se promediaron estos niveles y se obtuvo la probabilidad de ocurrencia e impacto al cronograma y presupuesto promedios. El producto de la probabilidad por el impacto determina el nivel de severidad y por ende el grado de premura de los riesgos.

Para organizar la información se utilizó la matriz de probabilidad e impacto (ver tabla 1, pág. 37), en la cual se ubica el valor del producto en una determinada posición, lo cual permitió categorizar los riesgos en tres niveles de severidad: alto, moderado y bajo en cada objetivo del proyecto estudiado.



Después se tabularon los riesgos que presentaban una mayor amenaza, es decir, aquellos que arrojaron como resultado un nivel de severidad alto, siendo esta la información de salida del análisis cualitativo y de entrada para el análisis cuantitativo.

4.3. ANALISIS CUANTITATIVO

Con el nuevo listado arrojado en el paso anterior, en donde se documentaron los riesgos intolerables, se realizó una segunda entrevista ingeniero residente, el arquitecto y el jefe de producción en la que se le mostraron cuales fueron estos riesgos con el fin de que ellos establecieran con base a su experiencia en qué porcentaje afectaban dichos riesgos al cronograma y presupuesto del proyecto, obteniendo con dichos porcentajes tiempo y costo optimistas y pesimistas con los cuales se realizó una modelación en la que se identificaron numéricamente las probabilidades que tenían cada una de las muestras para concluir en la fecha establecida y con el costo estimado. Esta modelación se realizó con el software CrystalBall, se fijó un nivel de confianza del 95% y se seleccionó la simulación de Montecarlo.

4.4. ANALISIS COMPARATIVO

Con los datos obtenidos en el paso anterior, se realizó el análisis comparativo de los riesgos constructivos entre el sistema de modulaciones con contenedores y el sistema convencional, en este análisis se compararon las probabilidades de terminar el proyecto en el tiempo y costo establecidos, con el fin de identificar cual de los dos es menos riesgoso enmarcado en los lineamientos del PMI®, para esto se implementaron de hojas de cálculo de Microsoft Excel.



5. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1. BASE DE DATOS DE RIESGOS CONSTRUCTIVOS

Para la realización del estudio se inició con una estructura de desglose obtenida de estudios anteriores donde se categorizan y se subcategorizan los riesgos.

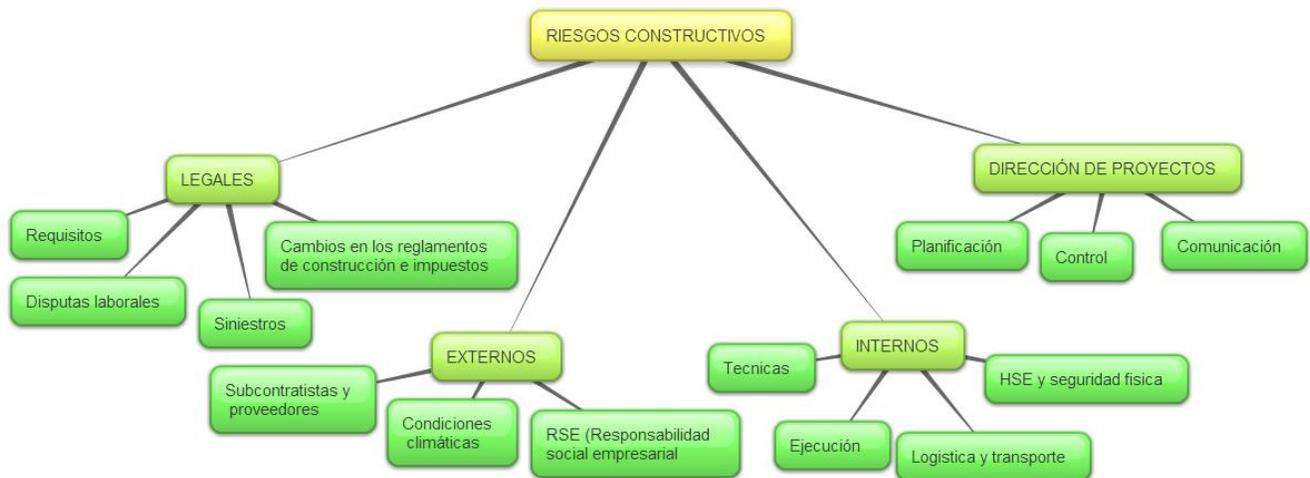


Gráfico 4. Estructura de desglose de los riesgos constructivos

Fuente: Autores

A partir de los datos recogidos de investigaciones realizadas anteriormente se generó una base de datos de los riesgos constructivos en proyectos de tipo residencial en el departamento de Bolívar que han sido ejecutados bajo el sistema convencional. En el siguiente listado se enmarcan los eventos que potencialmente generan una amenaza para los proyectos de la zona. La lista obtenida se muestra en la tabla #4.



Tabla 4. Base de datos de riesgos constructivos.

BASE DE DATOS DE LOS RIESGOS CONSTRUCTIVOS EN EL SISTEMA TRADICIONAL	
ITEMS	TIPO DE RIESGO
1	LEGALES
1,1	Requisitos
1,1,1	Demora en la entrega de diseños que fueron cambiados.
1,1,2	Demora en la adjudicación de permisos.
1,1,3	Retraso en la entrega de informes de los estudios.
1,2	Disputas laborales
1,3	Siniestros (daños en la estructura, retrasos o responsabilidades con terceros)
1,4	Cambios en los reglamentos de construcción e impuestos
2	EXTERNOS
2,1	Subcontratistas y Proveedores
2,1,1	Mano de obra deficiente o de mala calidad
2,1,2	Bajo rendimiento del personal contratado.
2,1,3	Falta de proveedores con capacidad para suplir o satisfacer las demandas establecidas en el proyecto.
2,1,4	Poca mano de obra calificada.
2,1,5	Los materiales empleados están muy poco disponibles.
2,1,6	Baja productividad de la maquinaria.
2,1,7	Entrega tardía de material ocasionada por la lejanía.
2,1,8	Aumento de costo debido a las especificaciones técnicas no planteadas.
2,1,9	Personal en obra no posee certificado de trabajo en alturas.
2,1,10	Aumento de costo debido a los escasos de los materiales.



ANÁLISIS COMPARATIVO DE FACTORES DE RIESGOS CONSTRUCTIVOS ENTRE EL SISTEMA DE
MODULACIONES CON CONTENEDORES Y EL SISTEMA CONVENCIONAL.

2,1,11	Materiales con defectos de fábrica.
2,1,12	Falla de clientes, proveedores, contratistas y subcontratistas
2,1,13	Devolución por el incumplimiento en normas y especificaciones de materiales
2,2	Condiciones climáticas
2,2,1	Corrosión inminente debido a la cercanía del salitre marino.
2,2,2	Lluvias abundantes.
2,2,3	Mareas altas
2,3	RSE (responsabilidad social empresarial)
2,3,1	Quejas y reclamos de la comunidad adyacente a la ubicación del proyecto.
2,3,2	Carencia de elementos de seguridad en las operaciones
2,3,3	Deficiencia en los sistemas de protección
3	INTERNOS
3,1	Técnicos
3,1,1	Los servicios públicos de agua y eléctricos, presentan fallas.
3,1,2	Uso del suelo inapropiado; no cumple con las especificaciones técnicas.
3,1,3	Especificaciones técnicas poco detalladas.
3,1,4	El suelo es deficiente; presenta características diferentes a las del diseño.
3,1,5	Cantidades adicionales
3,1,6	Suelo inestable.
3,1,7	Las referencias del replanteo mal tomadas.
3,1,8	Presupuesto mal elaborado.
3,1,9	Cambios de diseño.
3,1,10	Plano desactualizado (Contratista utiliza planos no actualizados.)
3,1,11	Disponibilidad del terreno en la zona
3,1,12	Limitaciones de altura
3,2	Ejecución



ANÁLISIS COMPARATIVO DE FACTORES DE RIESGOS CONSTRUCTIVOS ENTRE EL SISTEMA DE
MODULACIONES CON CONTENEDORES Y EL SISTEMA CONVENCIONAL.

3,2,1	Nivel freático muy cerca a la superficie.
3,2,2	Detención de la obra por eventos políticos internacionales.
3,2,3	Cambios en el modelo y método constructivo.
3,2,4	Retraso en el pago a los contratistas y/o subcontratistas.
3,2,5	Herramientas y tecnología no actualizada u obsoleta.
3,2,6	Trabajo defectuoso.
3,2,7	Calidad del trabajo defectuosa; no aceptada por parte de la interventora.
3,2,8	Exceso de trabajo y horas extras no previstas.
3,2,9	Idiosincrasia, cultura y costumbres locales.
3,2,10	Deficiencia al control de las actividades realizadas.
3,2,11	Trabajos vueltos a hacer por parte de la interventora.
3,2,12	No tienen conocimiento de la tecnología de punta.
3,2,13	Delimitación de la zona de trabajo un poco deficiente.
3,2,14	Inasistencia de responsables y clientes a reuniones y/o comités.
3,2,15	Exceso de ruido.
3,2,16	Desmotivación del personal obrero.
3,2,17	Deserción del personal, debido a pocas garantías laborales.
3,3	Logística y Transporte
3,3,1	Llegada tardía de materiales a la obra, por la movilidad en la ciudad,
3,3,2	Acceso a la obra deficiente.
3,3,3	Trafico abundante de vehículos y peatones (turistas).
3,3,4	Plan de gestión de emergencias inadecuado.
3,4	HSE y Seguridad Física
3,4,1	Consumo de sustancias alucinógenas dentro y fuera del proyecto.
3,4,2	Caída de herramientas y/o escombros en aéreas vecinas a este.



3,4,3	Caídas del personal por EPI inadecuados (equipos de protección)
4	DIRECCION DE PROYECTOS
4,1	Planificación
4,1,1	Conveniencia de intervenir el proyecto; rentabilidad.
4,1,2	Retrasos en el comienzo de la obra, actividades y entregas del proyecto
4,1,3	Trabajos no programados.
4,1,4	Errores en la programación de obra; se presentan traslajos de actividades.
4,1,5	Inadecuada planificación y asignación de tareas y/o responsabilidades del personal profesional a cargo del proyecto
4,1,6	Entrega tardía del programa de trabajo
4,2	Control
4,2,1	Deficiente control de calidad.
4,2,2	Entrega tardía del resultados de ensayos y/o resultados no esperados
4,3	Comunicación
4,3,1	Lentitud en la toma de decisiones.
4,3,2	Falta de liderazgo y seguimiento a actividades.
4,3,3	No existe interacción y cohesión de los grupos de trabajo
4,3,4	Proceso de contratación inadecuado; (diseños difieren del que el contratista realiza); "deficiencia en los acuerdos precontractuales"
4,3,5	Inadecuada planificación y asignación de recursos

Fuente.: Autores

5.2. IDENTIFICACION DE RIESGOS DEL SISTEMA DE MODULACIONES CON CONTENEDORES

La identificación de los riesgos en este estudio, comprende todos aquellos eventos que se presentaron o que de una u otra manera existe la probabilidad de que se presenten durante el desarrollo del proyecto ejecutado bajo el sistema de modulaciones con contenedores. Las encuestas para la determinación de los riesgos fueron realizadas a los encargados del



proyecto que se tiene como caso de estudio, teniendo como punto de referencia la base de datos de riesgos constructivos en el sistema convencional.

Tabla 5. Riesgos identificados para el sistema de modulaciones con contenedores

BASE DE DATOS DE LOS RIESGOS CONSTRUCTIVOS EN EL SISTEMA DE MODULACIONES CON CONTENEDORES	
ITEMS	TIPO DE RIESGO
1	LEGALES
1,1	Requisitos
1,1,1	Demora en la entrega de diseños que fueron cambiados.
1,1,3	Retraso en la entrega de informes de los estudios.
1,2	Disputas laborales
1,3	Siniestros (daños en la estructura, retrasos o responsabilidades con terceros)
2	EXTERNOS
2,1	Subcontratistas y Proveedores
2,1,1	Mano de obra deficiente o de mala calidad
2,1,2	Bajo rendimiento del personal contratado.
2,1,3	Falta de proveedores con capacidad para las demandas establecidas.
2,1,4	Poca mano de obra calificada.
2,1,5	Los materiales empleados están muy poco disponibles.
2,1,6	Baja productividad de la maquinaria.
2,1,7	Entrega tardía de material ocasionada por la lejanía.
2,1,8	Aumento de costo debido a las especificaciones técnicas planteadas.
2,1,9	Personal en obra no posee certificado de trabajo en alturas.
2,1,10	Aumento de costo debido a los escasos de los materiales.
2,1,11	Materiales con defectos de fábrica.
2,1,12	Falla de clientes, proveedores, contratistas y subcontratistas
2,2	Condiciones climáticas



2,2,1	Corrosión inminente debido a la cercanía del salitre marino.
2,2,2	Lluvias abundantes.
2,3	RSE (responsabilidad social empresarial)
2,3,2	Carencia de elementos de seguridad en las operaciones
2,3,3	Deficiencia en los sistemas de protección
3	INTERNOS
3,1	Técnicos
3,1,1	Los servicios públicos de agua y eléctricos, presentan fallas.
3,1,3	Especificaciones técnicas poco detalladas.
3,1,5	Cantidades adicionales
3,1,7	Las referencias del replanteo mal tomadas.
3,1,8	Presupuesto mal elaborado.
3,1,9	Cambios de diseño.
3,2	Ejecución
3,2,1	Nivel freático muy cerca a la superficie.
3,2,3	Cambios en el modelo y método constructivo.
3,2,4	Retraso en el pago a los contratistas y/o subcontratistas.
3,2,5	Herramientas y tecnología obsoleta.
3,2,8	Exceso de trabajo y horas extras no previstas.
3,2,10	Deficiencia al control de las actividades realizadas.
3,2,13	Delimitación de la zona de trabajo un poco deficiente.
3,2,14	Inasistencia de responsables y clientes a reuniones y/o comités.
3,2,16	Desmotivación del personal obrero.
3,2,17	Deserción del personal, debido a pocas garantías laborales.
3,3	Logística y Transporte
3,3,1	Llegada tardía de materiales a la obra, por la movilidad en la ciudad,
3,3,3	Trafico abundante de vehículos y peatones (turistas).
3,3,4	Plan de gestión de emergencias inadecuado.
3,4	HSE y Seguridad Física
3,4,2	Caída de herramientas y/o escombros en aéreas vecinas a este.
4	DIRECCION DE PROYECTOS
4,1	Planificación



4,1,1	Conveniencia de intervenir el proyecto; rentabilidad.
4,1,2	Retrasos en el comienzo de la obra, actividades y entregas del proyecto
4,1,3	Trabajos no programados.
4,1,4	Errores en la programación de obra; se presentan traslajos de actividades.
4,1,5	Inadecuada planificación y asignación de tareas y/o responsabilidades del personal profesional a cargo del proyecto
4,1,6	Entrega tardía del programa de trabajo
4,2	Control
4,2,1	Deficiente control de calidad.
4,2,2	Entrega tardía del resultados de ensayos y/o resultados no esperados
4,3	Comunicación
4,3,1	Lentitud en la toma de decisiones.
4,3,2	Falta de liderazgo y seguimiento a actividades.
4,3,3	No existe interacción y cohesión de los grupos de trabajo
4,3,5	Inadecuada planificación y asignación de recursos

Fuente: Autores

5.3. ANALISIS CUALITATIVO

El análisis cualitativo de los riesgos se realizó a dos de los cuatro aspectos que recomienda la metodología del PMI, cronograma y presupuesto. Se llevó a cabo este estudio de un modo específico considerando que es lo más adecuado para el resultado final.



Tabla 6. Análisis cualitativo de riesgos al cronograma del proyecto.

BASE DE DATOS DE LOS RIESGOS CONSTRUCTIVOS EN EL SISTEMA DE MODULACIONES CON CONTENEDORES		PROBABILIDAD	IMPACTO	MATRIZ PXI	SEVERIDAD
ITEMS	TIPO DE RIESGO				
1	LEGALES				
1,1	Requisitos				
1,1,1	Demora en la entrega de diseños que fueron cambiados.	0,1	0,9	0,09	MODERADO
1,1,2	Demora en la adjudicación de permisos	0,1	0,70	0,07	MODERADO
1,1,3	Retraso en la entrega de informes de los estudios.	0,1	0,50	0,05	BAJO
1,2	Siniestros (daños en la estructura, retrasos o responsabilidades con terceros)	0,050	0,50	0,03	BAJO
2	EXTERNOS				
2,1	Subcontratistas y Proveedores				
2,1,1	Mano de obra deficiente o de mala calidad	0,200	0,30	0,06	MODERADO
2,1,2	Bajo rendimiento del personal contratado.	0,050	0,70	0,04	BAJO
2,1,3	Falta de proveedores con capacidad para las demandas establecidas.	0,100	0,70	0,07	MODERADO
2,1,4	Poca mano de obra calificada.	0,200	0,70	0,14	MODERADO
2,1,5	Los materiales empleados están muy poco disponibles.	0,100	0,80	0,08	MODERADO
2,1,6	Baja productividad de la maquinaria.	0,100	0,30	0,03	BAJO
2,1,7	Entrega tardía de material ocasionada por la lejanía.	0,133	0,70	0,09	MODERADO
2,1,8	Aumento de costo debido a las especificaciones técnicas planteadas.	0,400	0,30	0,12	MODERADO
2,1,9	Personal en obra no posee certificado de trabajo en alturas.	0,1	0,50	0,07	MODERADO
2,1,10	Aumento de costo debido a los escasos de los materiales.	0,1	0,70	0,09	MODERADO
2,1,11	Materiales con defectos de fábrica.	0,100	0,50	0,05	BAJO
2,1,12	Falla de clientes, proveedores, contratistas y subcontratistas	0,400	0,80	0,32	ALTO
2,2	Condiciones climáticas				



ANÁLISIS COMPARATIVO DE FACTORES DE RIESGOS CONSTRUCTIVOS ENTRE EL SISTEMA DE
MODULACIONES CON CONTENEDORES Y EL SISTEMA CONVENCIONAL.

2,2,1	Corrosión inminente debido a la cercanía del salitre marino.	0,200	0,20	0,04	BAJO
2,2,2	Lluvias abundantes.	0,050	0,50	0,03	BAJO
2,3	RSE (responsabilidad social empresarial)				
2,3,2	Carencia de elementos de seguridad en las operaciones	0,100	0,10	0,01	BAJO
2,3,3	Deficiencia en los sistemas de protección	0,100	0,10	0,01	BAJO
3	INTERNOS				
3,1	Técnicos				
3,1,1	Los servicios públicos de agua y eléctricos, presentan fallas.	0,050	0,50	0,03	BAJO
3,1,3	Especificaciones técnicas poco detalladas.	0,100	0,90	0,09	MODERADO
3,1,5	Cantidades adicionales	0,100	0,40	0,04	BAJO
3,1,7	Las referencias del replanteo mal tomadas.	0,050	0,30	0,02	BAJO
3,1,8	Presupuesto mal elaborado.	0,100	0,05	0,01	BAJO
3,1,9	Cambios de diseño.	0,200	0,70	0,14	MODERADO
3,2	Ejecución				
3,2,1	Nivel freático muy cerca a la superficie.	0,100	0,30	0,03	BAJO
3,2,3	Cambios en el modelo y método constructivo.	0,08	0,30	0,03	BAJO
3,2,4	Retraso en el pago a los contratistas y/o subcontratistas.	0,1	0,50	0,07	BAJO
3,2,5	Herramientas y tecnología obsoleta.	0,050	0,30	0,02	BAJO
3,2,8	Exceso de trabajo y horas extras no previstas.	0,200	0,30	0,06	MODERADO
3,2,10	Deficiencia al control de las actividades realizadas.	0,300	0,70	0,21	ALTO
3,2,13	Delimitación de la zona de trabajo un poco deficiente.	0,100	0,10	0,01	BAJO
3,2,14	Inasistencia de responsables y clientes a reuniones y/o comités.	0,100	0,10	0,01	BAJO
3,2,16	Desmotivación del personal obrero.	0,200	0,70	0,14	MODERADO
3,2,17	Deserción del personal, debido a pocas garantías laborales.	0,100	0,10	0,01	BAJO
3,3	Logística y Transporte				
3,3,1	Llegada tardía de materiales a la obra, por la movilidad en la ciudad,	0,400	0,70	0,28	ALTO



ANÁLISIS COMPARATIVO DE FACTORES DE RIESGOS CONSTRUCTIVOS ENTRE EL SISTEMA DE MODULACIONES CON CONTENEDORES Y EL SISTEMA CONVENCIONAL.

3,3,4	Plan de gestión de emergencias inadecuado.	0,08	0,10	0,01	BAJO
3,4	HSE y Seguridad Física				
3,4,2	Caída de herramientas y/o escombros en aéreas vecinas a este.	0,2	0,10	0,02	BAJO
4	DIRECCION DE PROYECTOS				
4,1	Planificación				
4,1,2	Retrasos en el comienzo de la obra, actividades y entregas del proyecto	0,400	0,80	0,32	ALTO
4,1,3	Trabajos no programados.	0,400	0,70	0,28	ALTO
4,1,4	Errores en la programación de obra; se presentan traslpos de actividades.	0,2	0,70	0,11	MODERADO
4,1,5	Inadecuada planificación y asignación de tareas y/o responsabilidades del personal profesional a cargo del proyecto	0,2	0,5	0,09	MODERADO
4,1,6	Entrega tardía del programa de trabajo	0,4	0,9	0,32	ALTO
4,2	Control				
4,2,1	Deficiente control de calidad.	0,4	0,5	0,20	ALTO
4,2,2	Entrega tardía del resultados de ensayos y/o resultados no esperados	0,1	0,5	0,04	BAJO
4,3	Comunicación				
4,3,1	Lentitud en la toma de decisiones.	0,1	0,5	0,04	BAJO
4,3,2	Falta de liderazgo y seguimiento a actividades.	0,2	0,5	0,10	MODERADO
4,3,3	No existe interacción y cohesión de los grupos de trabajo	0,2	0,1	0,02	BAJO
4,3,5	Inadecuada planificación y asignación de recursos	0,4	0,7	0,28	ALTO

Fuente: Autores

El total de riesgos identificados para las categorías establecidas se muestra en la siguiente tabla:



Tabla 7. Total de riesgos identificados en el cronograma para las categorías establecidas.

TIPO DE RIESGO	SEVERIDAD		
	ALTO	MODERADO	BAJO
LEGALES	0	2	0
EXTERNOS	1	8	7
INTERNOS	2	4	13
DIRECCION DE PROYECTO	5	3	3

Fuente: Autores

Los porcentajes de los riesgos que se encontraron con cada una de sus calificaciones para el cronograma se muestran en el siguiente gráfico.

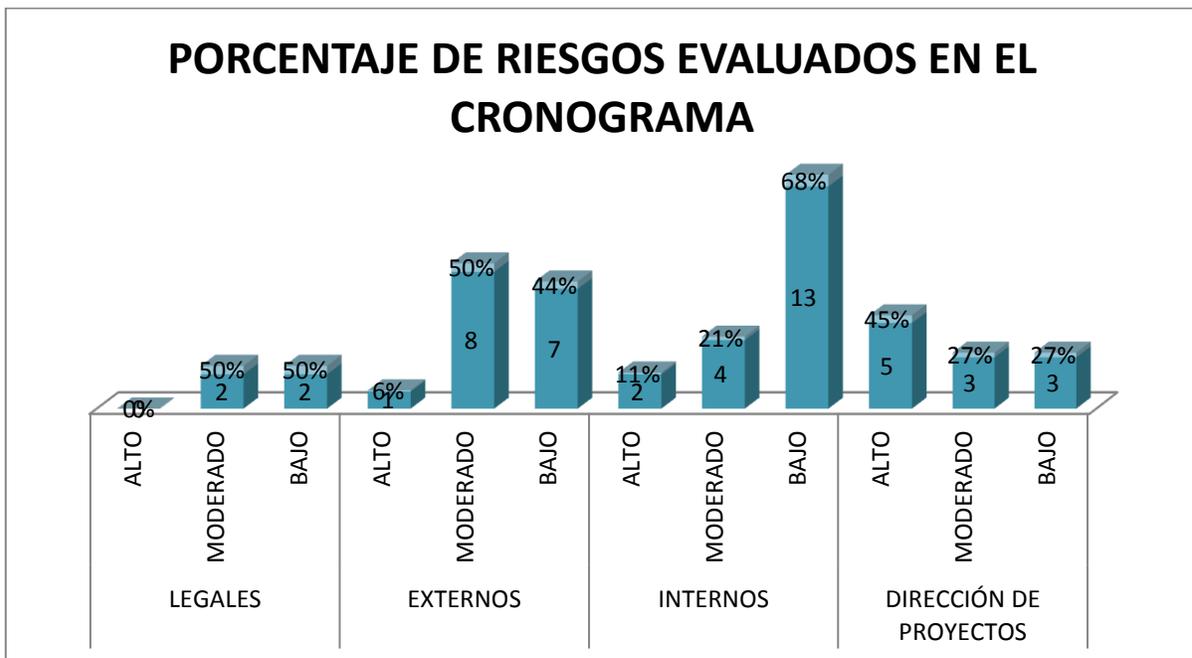


Gráfico 5. Porcentaje de los riesgos evaluados en el cronograma

Fuente. Autores



Tabla 8. Análisis cualitativo de riesgos al presupuesto del proyecto.

BASE DE DATOS DE LOS RIESGOS CONSTRUCTIVOS EN EL SISTEMA DE MODULACIONES CON CONTENEDORES		PROBABILIDAD	IMPACTO	MATRIZ PXI	SEVERIDAD
ITEMS	TIPO DE RIESGO				
1	LEGALES				
1,1	Requisitos	0,00	0	0,00	
1,1,1	Demora en la entrega de diseños que fueron cambiados.	0,10	0,3	0,03	BAJO
1,1,2	Demora en la adjudicación de permisos	0,10	0,3	0,03	BAJO
1,1,3	Retraso en la entrega de informes de los estudios.	0,10	0,1	0,01	BAJO
1,2	Siniestros (daños en la estructura, retrasos o responsabilidades con terceros)	0,05	0,3	0,02	BAJO
2	EXTERNOS	0,00	0,0	0,00	
2,1	Subcontratistas y Proveedores	0,00	0,0	0,00	
2,1,1	Mano de obra deficiente o de mala calidad	0,20	0,5	0,10	MODERADO
2,1,2	Bajo rendimiento del personal contratado.	0,05	0,5	0,025	BAJO
2,1,3	Falta de proveedores con capacidad para las demandas establecidas.	0,10	0,7	0,07	MODERADO
2,1,4	Poca mano de obra calificada.	0,20	0,3	0,06	MODERADO
2,1,5	Los materiales empleados están muy poco disponibles.	0,10	0,7	0,07	MODERADO
2,1,6	Baja productividad de la maquinaria.	0,10	0,3	0,03	BAJO
2,1,7	Entrega tardía de material ocasionada por la lejanía.	0,10	0,5	0,05	MODERADO
2,1,8	Aumento de costo debido a las especificaciones técnicas planteadas.	0,40	0,9	0,36	ALTO



ANÁLISIS COMPARATIVO DE FACTORES DE RIESGOS CONSTRUCTIVOS ENTRE EL SISTEMA DE
MODULACIONES CON CONTENEDORES Y EL SISTEMA CONVENCIONAL.

2,1,9	Personal en obra no posee certificado de trabajo en alturas.	0,1	0,1	0,01	BAJO
2,1,10	Aumento de costo debido a los escasos de los materiales.	0,10	0,7	0,07	MODERADO
2,1,11	Materiales con defectos de fábrica.	0,10	0,3	0,03	BAJO
2,1,12	Falla de clientes, proveedores, contratistas y subcontratistas	0,40	0,3	0,12	MODERADO
2,2	Condiciones climáticas	0,00	0,0	0,00	
2,2,1	Corrosión inminente debido a la cercanía del salitre marino.	0,30	0,5	0,15	ALTO
2,2,2	Lluvias abundantes.	0,05	0,5	0,03	BAJO
2,3	RSE (responsabilidad social empresarial)	0,00	0,0	0,00	
2,3,2	Carencia de elementos de seguridad en las operaciones	0,10	0,1	0,01	BAJO
2,3,3	Deficiencia en los sistemas de protección	0,08	0,1	0,01	BAJO
3	INTERNOS	0,00	0,0	0,00	
3,1	Técnicos	0,00	0,0	0,00	
3,1,1	Los servicios públicos de agua y eléctricos, presentan fallas.	0,05	0,5	0,02	BAJO
3,1,3	Especificaciones técnicas poco detalladas.	0,10	0,9	0,09	MODERADO
3,1,5	Cantidades adicionales	0,10	0,5	0,05	BAJO
3,1,7	Las referencias del replanteo mal tomadas.	0,05	0,3	0,02	BAJO
3,1,8	Presupuesto mal elaborado.	0,10	0,9	0,09	MODERADO
3,1,9	Cambios de diseño.	0,20	0,9	0,18	ALTO
3,2	Ejecución	0,00	0,0	0,00	
3,2,1	Nivel freático muy cerca a la superficie.	0,10	0,3	0,03	BAJO
3,2,3	Cambios en el modelo y método constructivo.	0,10	0,5	0,05	BAJO
3,2,4	Retraso en el pago a los contratistas y/o subcontratistas.	0,1	0,3	0,03	BAJO



ANÁLISIS COMPARATIVO DE FACTORES DE RIESGOS CONSTRUCTIVOS ENTRE EL SISTEMA DE
MODULACIONES CON CONTENEDORES Y EL SISTEMA CONVENCIONAL.

3,2,5	Herramientas y tecnología obsoleta.	0,05	0,3	0,02	BAJO
3,2,8	Exceso de trabajo y horas extras no previstas.	0,20	0,7	0,14	MODERADO
3,2,10	Deficiencia al control de las actividades realizadas.	0,20	0,5	0,11	MODERADO
3,2,13	Delimitación de la zona de trabajo un poco deficiente.	0,10	0,3	0,03	BAJO
3,2,14	Inasistencia de responsables y clientes a reuniones y/o comités.	0,10	0,1	0,01	BAJO
3,2,16	Desmotivación del personal obrero.	0,2	0,5	0,11	MODERADO
3,2,17	Deserción del personal, debido a pocas garantías laborales.	0,10	0,1	0,01	BAJO
3,3	Logística y Transporte	0,00	0,0	0,00	
3,3,1	Llegada tardía de materiales a la obra, por la movilidad en la ciudad,	0,40	0,5	0,19	ALTO
3,3,4	Plan de gestión de emergencias inadecuado.	0,08	0,1	0,01	BAJO
3,4	HSE y Seguridad Física	0,00	0,0	0,00	
3,4,2	Caída de herramientas y/o escombros en aéreas vecinas a este.	0,20	0,1	0,02	BAJO
4	DIRECCION DE PROYECTOS	0,00	0,0	0,00	
4,1	Planificación	0,00	0,0	0,00	
4,1,2	Retrasos en el comienzo de la obra, actividades y entregas del proyecto	0,40	0,5	0,21	ALTO
4,1,3	Trabajos no programados.	0,30	0,7	0,21	ALTO
4,1,4	Errores en la programación de obra; se presentan traslpos de actividades.	0,20	0,2	0,05	BAJO
4,1,5	Inadecuada planificación y asignación de tareas y/o responsabilidades del personal profesional a cargo del proyecto	0,17	0,3	0,05	MODERADO



ANÁLISIS COMPARATIVO DE FACTORES DE RIESGOS CONSTRUCTIVOS ENTRE EL SISTEMA DE MODULACIONES CON CONTENEDORES Y EL SISTEMA CONVENCIONAL.

4,1,6	Entrega tardía del programa de trabajo	0,40	0,3	0,12	MODERADO
4,2	Control	0,00	0,0	0,00	
4,2,1	Deficiente control de calidad.	0,40	0,5	0,20	ALTO
4,2,2	Entrega tardía del resultados de ensayos y/o resultados no esperados	0,10	0,4	0,04	BAJO
4,3	Comunicación	0,00	0,0	0,00	
4,3,1	Lentitud en la toma de decisiones.	0,10	0,7	0,07	MODERADO
4,3,2	Falta de liderazgo y seguimiento a actividades.	0,20	0,5	0,10	MODERADO
4,3,3	No existe interacción y cohesión de los grupos de trabajo	0,20	0,1	0,02	BAJO
4,3,5	Inadecuada planificación y asignación de recursos	0,40	0,6	0,24	ALTO

Fuente: Autores

El total de riesgos identificados para las categorías establecidas se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 9. Total de riesgos identificados en el presupuesto para las categorías establecidas.

TIPO DE RIESGO	SEVERIDAD		
	ALTO	MODERADO	BAJO
LEGALES	0	0	4
EXTERNOS	2	7	7
INTERNOS	2	5	15
DIRECCION DE PROYECTO	4	4	3

Fuente: Autores

Los porcentajes de los riesgos que se encontraron con cada una de sus calificaciones para el presupuesto se muestran en el siguiente gráfico.



Gráfico 6. Porcentaje de los riesgos evaluados en el presupuesto

Fuente. Autores

5.4. ANÁLISIS CUANTITATIVO

Para el análisis cuantitativo se analizó el impacto que los riesgos intolerables, identificados en el análisis cualitativo, pueden tener sobre el tiempo y el costo de ejecución del proyecto, calculando a partir de lo establecido por el personal encuestado, en qué porcentaje afectan dichos riesgos al cronograma y presupuesto del proyecto, obteniendo con dichos porcentajes tiempo y costo optimistas y pesimistas. Para la modelación se fijó un nivel de confianza de 95% y se hizo con el método de Montecarlo, utilizando el software CrystalBall.

Para calcular los porcentajes de reducción y desfase de tiempo que se puede presentar en cada actividad si se presentan los riesgos más intolerables se aplicó una regla de tres simple de la siguiente manera:



- **Porcentaje reducción de tiempo:**

$$\% \text{ de reducción de tiempo} = 100 - \frac{\text{Dur min} \times 100}{\text{Dur esperada}} \text{ (Ecuación 1)}$$

Dónde:

Dur min es la duración mínima calculada por el software CrystallBall.

Dur esperada es la duración esperada calculada por el software CrystallBall.

- **Porcentaje de desfase de tiempo:**

$$\% \text{ de desfase de tiempo} = \frac{\text{Dur max} \times 100}{\text{Dur esperada}} - 100 \text{ (Ecuación 2)}$$

Dónde:

Durmax es la duración máxima calculada por el software CrystallBall.

Para calcular los porcentajes de reducción y desfase de costo se utilizan las ecuaciones 1 y 2, aplicando las unidades de costos.

Tabla 10. Listado de riesgos para realizar análisis cuantitativo al cronograma

BASE DE DATOS DE LOS RIESGOS CONSTRUCTIVOS EN EL SISTEMA DE MODULACIONES CON CONTENEDORES		PROBABILIDAD	IMPACTO	MATRIZ PXI	SEVERIDAD
ITEMS	TIPO DE RIESGO				
1	LEGALES				
1,1	Requisitos				
2	EXTERNOS				
2,1	Subcontratistas y Proveedores				



ANÁLISIS COMPARATIVO DE FACTORES DE RIESGOS CONSTRUCTIVOS ENTRE EL SISTEMA DE MODULACIONES CON CONTENEDORES Y EL SISTEMA CONVENCIONAL.

2,1,12	Falla de clientes, proveedores, contratistas y subcontratistas	0,400	0,80	0,32	ALTO
2,2	Condiciones climáticas				
2,3	RSE (responsabilidad social empresarial)				
3	INTERNOS				
3,1	Técnicos				
3,2	Ejecución				
3,2,10	Deficiencia al control de las actividades realizadas.	0,300	0,70	0,21	ALTO
3,3	Logística y Transporte				
3,3,1	Llegada tardía de materiales a la obra, por la movilidad en la ciudad,	0,400	0,70	0,28	ALTO
3,4	HSE y Seguridad Física				
4	DIRECCION DE PROYECTOS				
4,1	Planificación				
4,1,2	Retrasos en el comienzo de la obra, actividades y entregas del proyecto	0,400	0,80	0,32	ALTO
4,1,3	Trabajos no programados.	0,400	0,70	0,28	ALTO
4,1,6	Entrega tardía del programa de trabajo	0,4	0,9	0,32	ALTO
4,2	Control				
4,2,1	Deficiente control de calidad.	0,4	0,5	0,20	ALTO
4,3	Comunicación				
4,3,5	Inadecuada planificación y asignación de recursos	0,4	0,7	0,28	ALTO

Fuente: Autores



Tabla 11. Listado de riesgos para realizar análisis cuantitativo al presupuesto

BASE DE DATOS DE LOS RIESGOS CONSTRUCTIVOS EN EL SISTEMA DE MODULACIONES CON CONTENEDORES		PROBABILIDAD	IMPACTO	MATRIZ PXI	SEVERIDAD
ITEMS	TIPO DE RIESGO				
1	LEGALES				
1,1	Requisitos	0,00	0	0,00	
2	EXTERNOS	0,00	0,0	0,00	
2,1	Subcontratistas y Proveedores	0,00	0,0	0,00	
2,1,8	Aumento de costo debido a las especificaciones técnicas planteadas.	0,40	0,9	0,36	ALTO
2,2	Condiciones climáticas	0,00	0,0	0,00	
2,2,1	Corrosión inminente debido a la cercanía del salitre marino.	0,30	0,5	0,15	ALTO
2,3	RSE (responsabilidad social empresarial)	0,00	0,0	0,00	
3	INTERNOS	0,00	0,0	0,00	
3,1	Técnicos	0,00	0,0	0,00	
3,1,9	Cambios de diseño.	0,20	0,9	0,18	ALTO
3,2	Ejecución	0,00	0,0	0,00	
3,3	Logística y Transporte	0,00	0,0	0,00	
3,3,1	Llegada tardía de materiales a la obra, por la movilidad en la ciudad,	0,40	0,5	0,19	ALTO
3,4	HSE y Seguridad Física	0,00	0,0	0,00	
4	DIRECCION DE PROYECTOS	0,00	0,0	0,00	
4,1	Planificación	0,00	0,0	0,00	
4,1,2	Retrasos en el comienzo de la obra, actividades y entregas del proyecto	0,40	0,5	0,21	ALTO
4,1,3	Trabajos no programados.	0,30	0,7	0,21	ALTO
4,2	Control	0,00	0,0	0,00	
4,2,1	Deficiente control de	0,40	0,5	0,20	ALTO



	calidad.				
4,3	Comunicación	0,00	0,0	0,00	
4,3,5	Inadecuada planificación y asignación de recursos	0,40	0,6	0,24	ALTO

Fuente: Autores

- **Modelación del cronograma**

A continuación se presenta la modelación de los datos de entrada del cronograma, tomando la distribución de probabilidad Pert ya que es la más adecuada para analizar datos de tiempo.

Tabla 12. Cronograma del proyecto en estudio

Nombre del capítulo	Duración más probable (días)	Duración optimista (días)	Duración pesimista (días)	Duración esperada (días)
Preliminares	7	6	8	7,02
Cimentaciones	9	8	10	9,01
Valor comercial de contenedores secos tipo marinos de 40 pies	2	1	3	1,99
Adecuación de los contenedores	82	74	91	82,2

Fuente: Equipos y Construcciones Ltda.

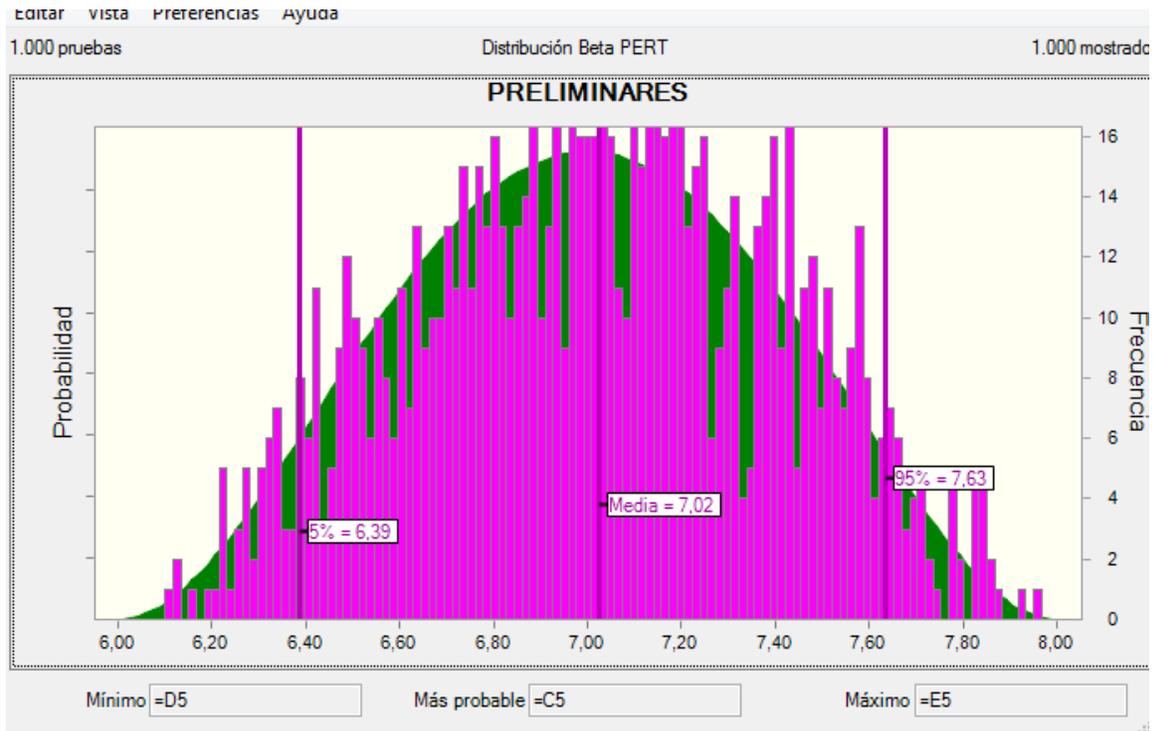


Gráfico 7. Densidad probabilística de duración del ítem Preliminares

Fuente: modelación y simulación Montecarlo. CrystalBall

Con una certeza del 95% se establece que las actividades pertenecientes al ítem preliminar tendrán un rango de tiempo de ejecución entre 6,39 días y 7,63 días; es decir si no se presentan los riesgos altos las actividades programadas tendrán una reducción de tiempo máxima de 8,97 %. Por otro lado si se presentan los riesgos altos las actividades tendrían un desfase de tiempo respecto a lo esperado que no pasaría de 8,68 %, por lo tanto vemos que este ítem no se vería afectado en gran magnitud si se presentan los riesgos altos ya que el desfase de tiempo sería de aproximadamente un día.

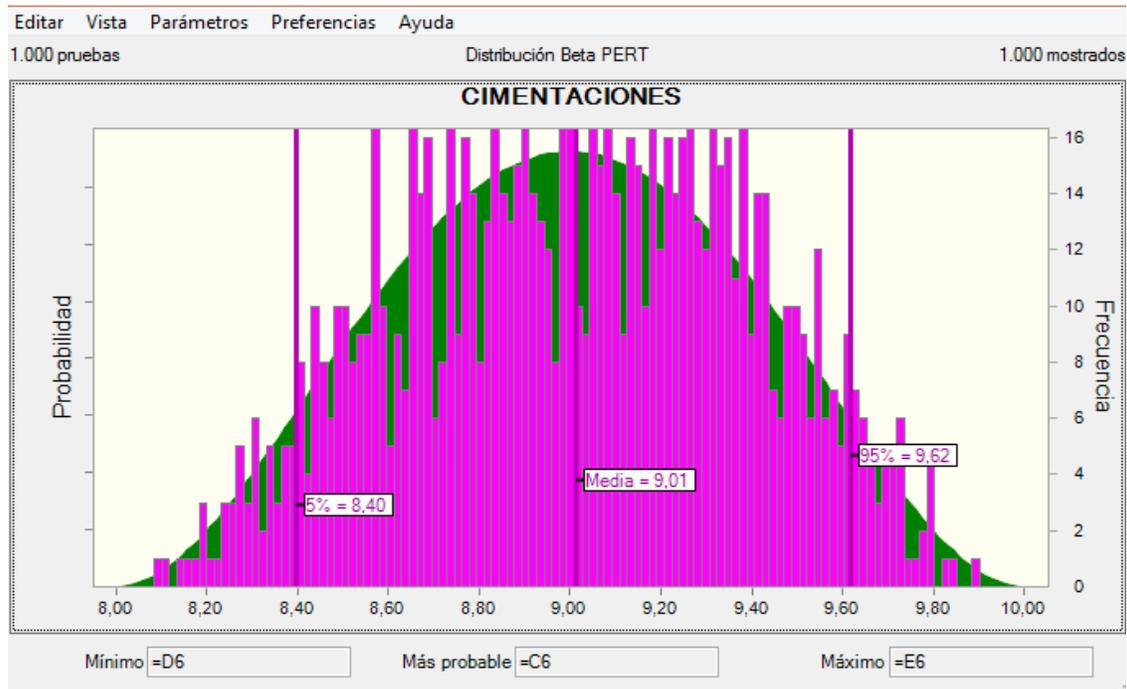


Gráfico 8. Densidad probabilística de tiempo del ítem Cimentaciones

Fuente: modelación y simulación Montecarlo. CrystalBall

Con una certeza del 95% se establece que las actividades pertenecientes al ítem cimentaciones tendrán un rango de tiempo de ejecución entre 8,4 días y 9,62 días; es decir si no se presentan los riesgos altos las actividades programadas tendrán una reducción de tiempo máxima de 6,77 %. Por otro lado si se presentan los riesgos altos las actividades tendrían un desfase de tiempo respecto a lo esperado que no pasaría de 6,77 %, por lo tanto vemos que este ítem no se vería afectado en gran magnitud si se presentan los riesgos altos ya que el desfase de tiempo sería de aproximadamente un día.

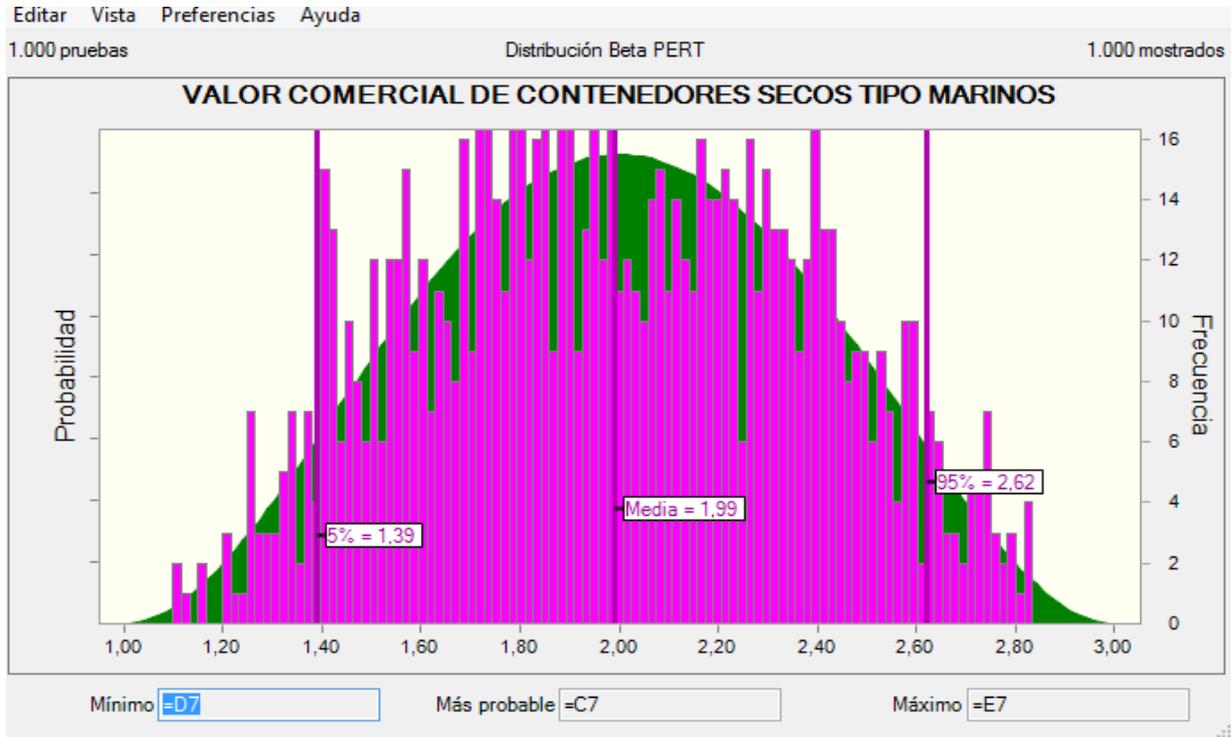


Gráfico 9.1 Densidad probabilística de tiempo del ítem Valor comercial de contenedores secos tipo marinos

Fuente: modelación y simulación Montecarlo. CrystalBall

Con una certeza del 95% se establece que las actividades pertenecientes al ítem de valor comercial de contenedores secos tipo marinos tendrán un rango de tiempo de ejecución entre 1,39 días y 2,62 días; es decir si no se presentan los riesgos altos las actividades programadas tendrán una reducción de tiempo máxima de 30,15 %. Por otro lado si se presentan los riesgos altos las actividades tendrían un desfase de tiempo respecto a lo esperado que no pasaría de 31,65 %, por lo tanto vemos que este ítem no se vería afectado en gran magnitud si se presentan los riesgos altos ya que el desfase de tiempo sería de aproximadamente dos días.

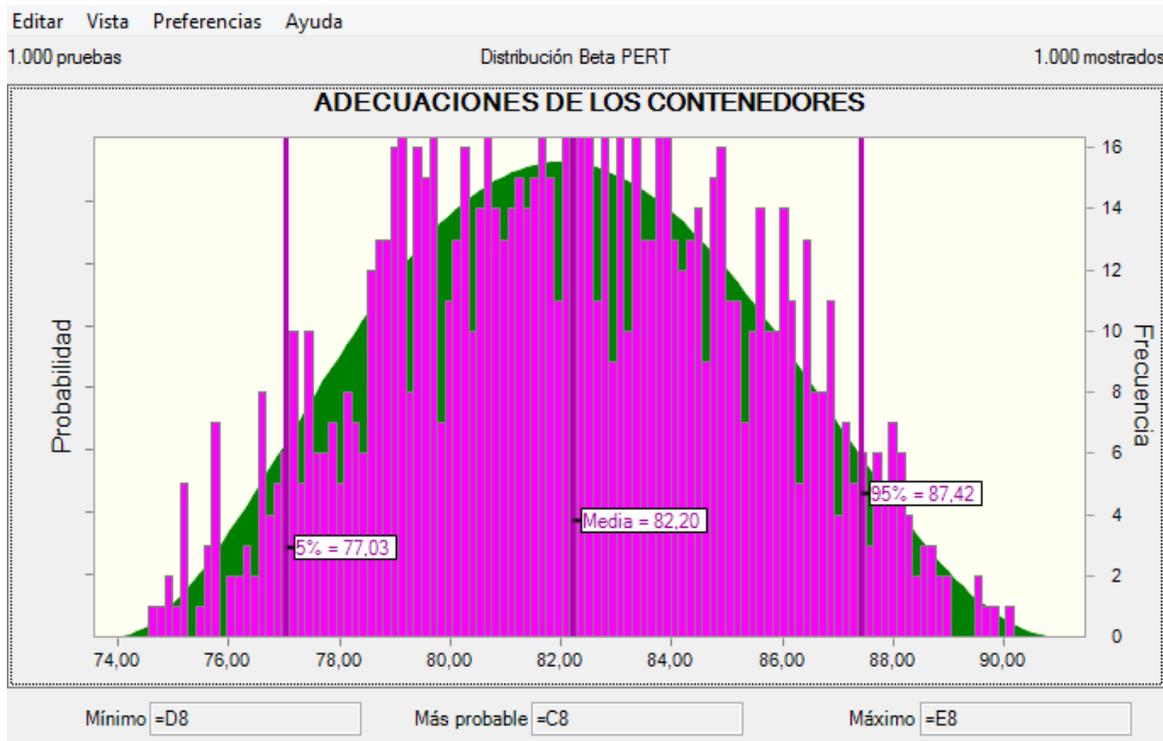


Gráfico 10. Densidad probabilística de tiempo del ítem Adecuación de los contenedores

Fuente: modelación y simulación Montecarlo. CrystalBall

Con una certeza del 95% se establece que las actividades pertenecientes al ítem de valor comercial de contenedores secos tipo marinos tendrán un rango de tiempo de ejecución entre 77,03 días y 87,42 días; es decir si no se presentan los riesgos altos las actividades programadas tendrán una reducción de tiempo máxima de 6,28 %. Por otro lado si se presentan los riesgos altos las actividades tendrían un desfase de tiempo respecto a lo esperado que no pasaría de 6,35 %, por lo tanto vemos que este ítem se vería afectados se presentan los riesgos altos ya que el desfase de tiempo sería de aproximadamente diez días.

- **Modelación del presupuesto**

A continuación se presenta la modelación de los datos de entrada del presupuesto, tomando la distribución de probabilidad triangular ya que es más apropiada para este tipo de datos.



Tabla 13. Presupuesto del proyecto en estudio

Nombre del capítulo	Valor más probable	Valor optimista	Valor pesimista	Valor esperado
Preliminares	\$ 8.710.000,00	\$ 8.274.500,00	\$ 9.581.000,00	\$ 8.859.511,56
Cimentaciones	\$ 7.760.000,00	\$ 7.372.000,00	\$ 8.536.000,00	\$ 7.891.333,31
Valor comercial de contenedores secos tipo marinos de 40 pies	\$ 42.760.000,00	\$ 40.622.000,00	\$ 47.036.000,00	\$ 43.544.126,11
Adecuación de los contenedores	\$ 258.885.392,00	\$ 245.941.122,40	\$ 284.773.931,20	\$ 262.987.038,92
costo total del proyecto				\$ 318.115.392,00

Fuente: Arismendy Andrades Ltda.

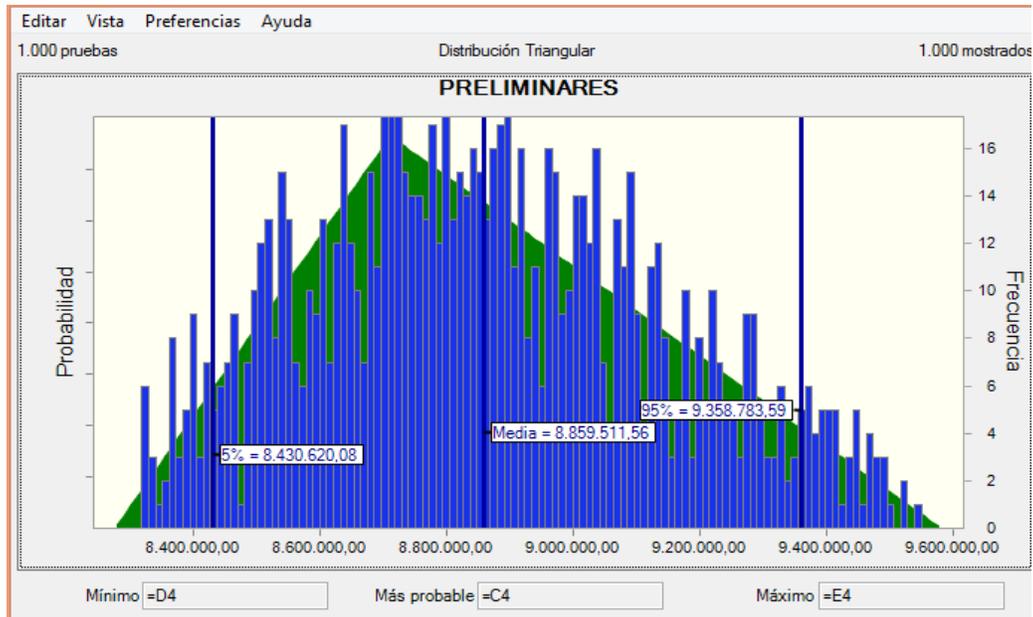


Gráfico 11.Densidad probabilística de costo del ítem Preliminares

Fuente: modelación y simulación Montecarlo. CrystalBall

Con una certeza del 95% se establece que las actividades pertenecientes al ítem preliminares tendrán un rango de costo entre \$ 8.430.620,08 y \$ 9.358.783,59; es decir si no se presentan los riesgos altos las actividades programadas tendrán una reducción de costos máxima de 4,84 %. Por otro lado si se presentan los riesgos altos las actividades tendrían un desfase de costo respecto a lo esperado que no pasaría de 5,63 %, por lo tanto vemos que este ítem se vería levemente afectado si se presentan los riesgos altos ya que el desfase de costos sería de \$ 928.162,79.

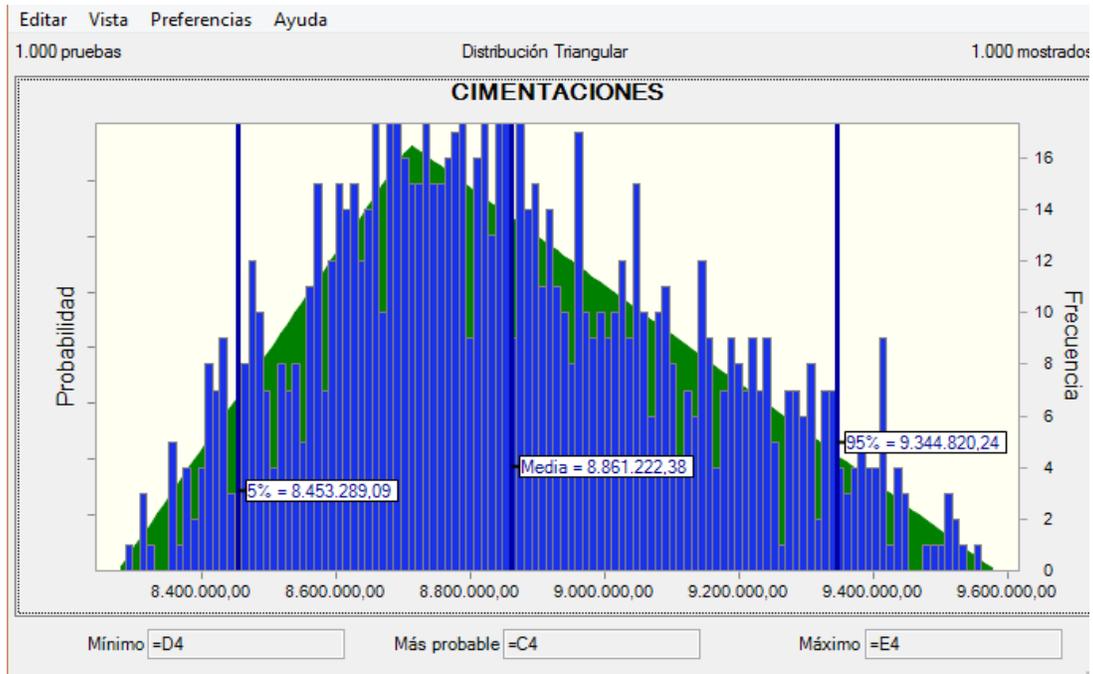


Gráfico 12.Densidad probabilística de costo del ítem cimentaciones

Fuente: modelación y simulación Montecarlo. CrystalBall

Con una certeza del 95% se establece que las actividades pertenecientes al ítem cimentaciones tendrán un rango de costo entre \$ 8.453.289,09 y \$ 9.344.820,34 es decir si no se presentan los riesgos altos las actividades programadas tendrán una reducción de costos máxima de 4,6 %. Por otro lado si se presentan los riesgos altos las actividades tendrían un desfase de costo respecto a lo esperado que no pasaría de 5,46 %, por lo tanto vemos que este ítem se vería levemente afectado si se presentan los riesgos altos ya que el desfase de costos sería de \$ 891.532.

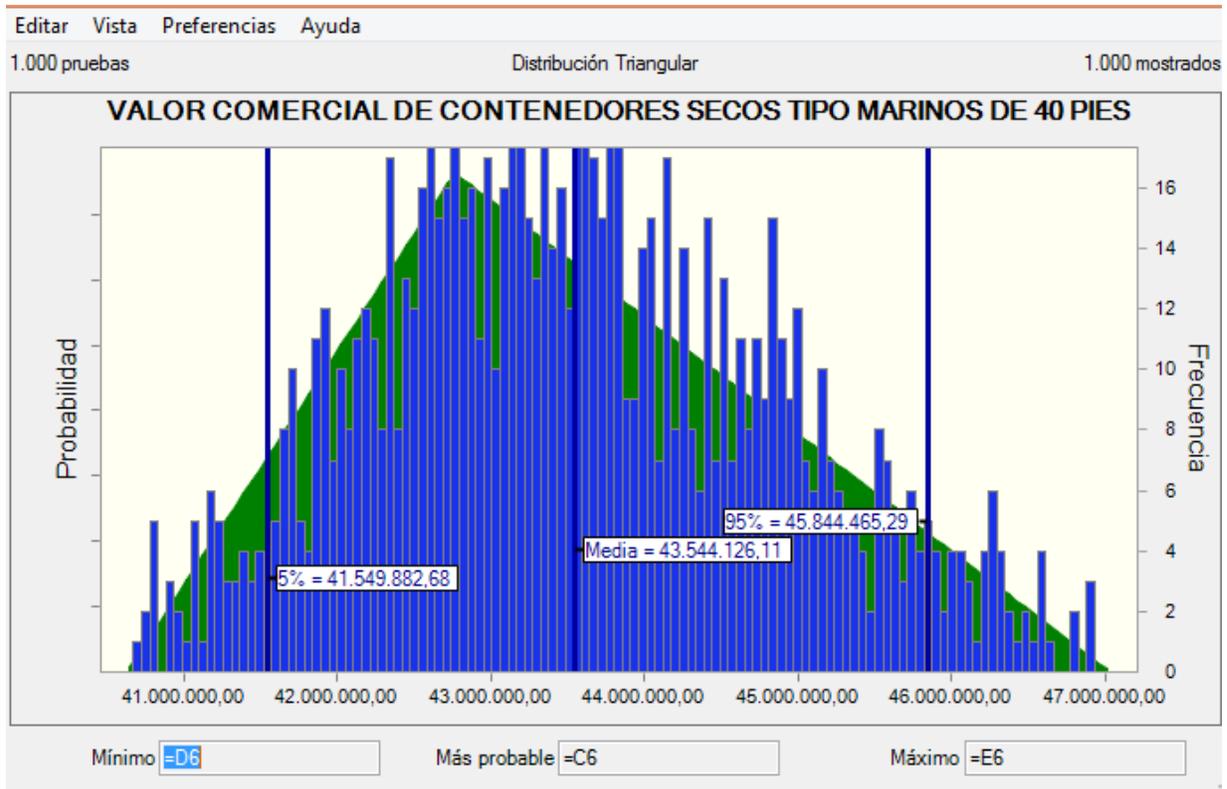


Gráfico 13. Densidad probabilística de costo del ítem Valor comercial de contenedores secos tipo marinos de 40 pies

Fuente: modelación y simulación Montecarlo. CrystalBall

Con una certeza del 95% se establece que las actividades pertenecientes al ítem valor comercial de contenedores secos tipo marinos de 40 pies tendrán un rango de costo entre \$ 41.549.882,68 y \$ 45.844.465,29 es decir si no se presentan los riesgos altos las actividades programadas tendrán una reducción de costos máxima de 4,58 %. Por otro lado si se presentan los riesgos altos las actividades tendrían un desfase de costo respecto a lo esperado que no pasaría de 5,28 %, por lo tanto vemos que este ítem se vería levemente afectado si se presentan los riesgos altos ya que el desfase de costos sería de \$ 4.294.576,69.

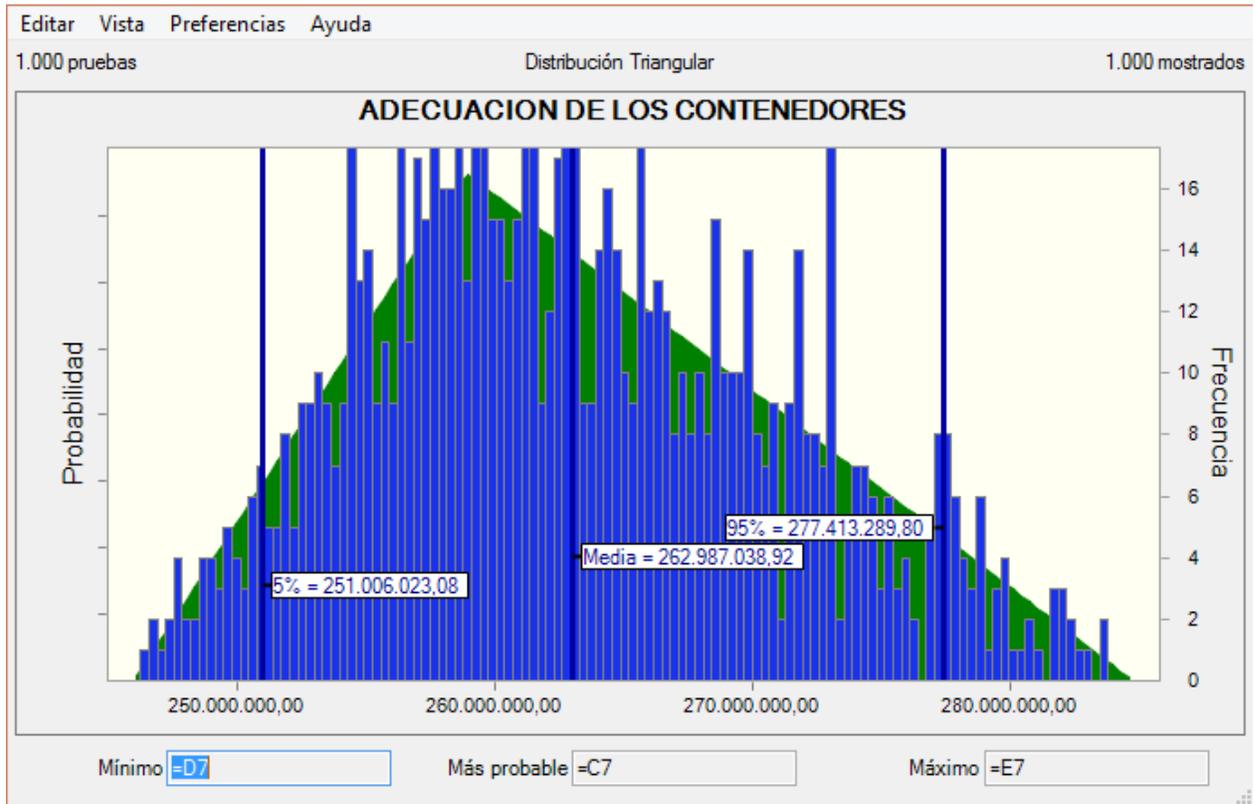


Gráfico 14. Densidad probabilística de costo del ítem adecuación de los contenedores

Fuente: modelación y simulación Montecarlo. CrystalBall

Con una certeza del 95% se establece que las actividades pertenecientes al adecuación de los contenedores tendrán un rango de costo entre \$ 251.006.023,08 y \$ 277.413.289,08 es decir si no se presentan los riesgos altos las actividades programadas tendrán una reducción de costos máxima de 4,55 %. Por otro lado si se presentan los riesgos altos las actividades tendrían un desfase de costo respecto a lo esperado que no pasaría de 5,48 %, por lo tanto vemos que este ítem se vería afectado si se presentan los riesgos altos ya que el desfase de costos sería de \$ 26.407,26.



5.5. ANALISIS COMPARATIVO

Para el análisis comparativo se tomó como base los datos obtenidos de investigaciones (trabajos de grado) realizadas anteriormente sobre el tema en los que se identificaron y cuantificaron los riesgos constructivos en proyectos de tipo residencial ejecutados bajo el sistema convencional; específicamente se tomaron los datos del estudio de Benitez y Romero (2012) “ANALISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE RIESGOS EN LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCION DE TIPO RESIDENCIAL UBICADOS EN LA ZONA NORTE DE LA CIUDAD DE CARTAGENA, BAJO LA METODOLOGIA DEL PMI”. Para determinar las probabilidades de alcanzar el costo total del proyecto y de terminar en la fecha establecida se aplicaron las distribuciones Triangular y Pert respectivamente hallando la variable tipificada y entrando con dicho valor a la tabla de distribución normal.

Tabla 14. Análisis Comparativo sistema de modulaciones con contenedores vs Sistema Tradicional

	CRONORAMA	PRESUPUESTO
PROYECTO SISTEMA DE MODULACIONES CON CONTENEDORES	Existe un 52,39% de probabilidades de terminar el proyecto a la fecha establecida, sin generar retrasos	Existe un 51,99% de probabilidades de alcanzar el costo total probable del proyecto
PROYECTO SISTEMA CONVENCIONAL	Existe un 48,8% de probabilidades de terminar el proyecto a la fecha establecida, sin generar retrasos	Existe un 39% de probabilidades de alcanzar el costo total probable del proyecto

Fuente: Autores

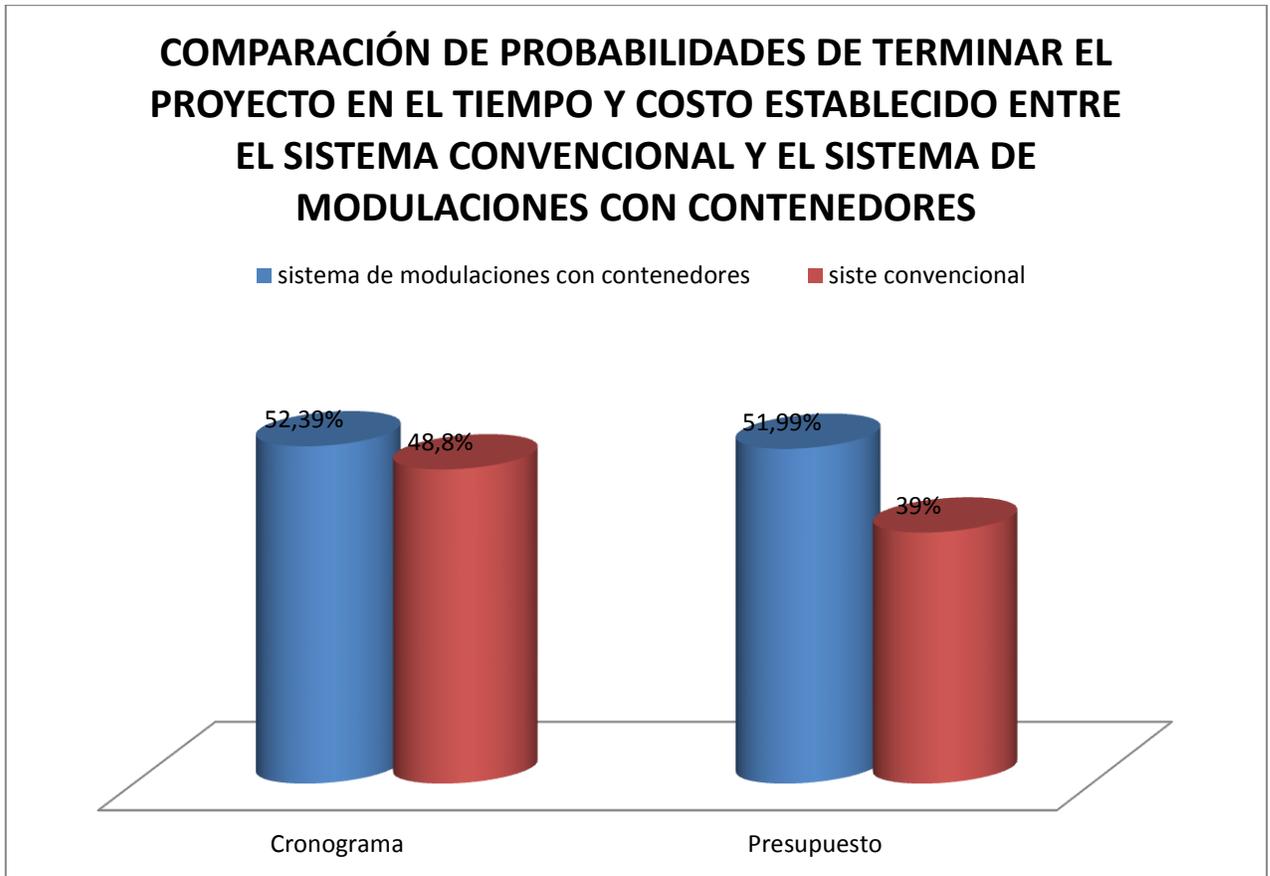


Gráfico 15. Comparativo entre el sistema de modulaciones con contenedores Vs sistema convencional

Fuente: Autores

Como se puede ver existe una mayor probabilidad de terminar un proyecto en el tiempo establecido al ser ejecutado bajo el sistema de modulaciones con contenedores que al ejecutarse bajo el sistema convencional, así mismo, existe una mayor probabilidad de alcanzar el costo probable del proyecto bajo este sistema constructivo, por lo tanto se podría decir que es menos riesgoso en cuanto a aumentos en tiempos y costos ejecutar un proyecto de construcción bajo el sistema de modulaciones con contenedores que bajo el sistema convencional.

Comparando los resultados obtenidos con los del estudio realizado por Cabarcas y González (2014) “*COMPARACIÓN DE RIESGOS CONSTRUCTIVOS ENTRE EL*



SISTEMA DE FABRICACIÓN AVANZADA DE VIVIENDAS FAV Y EL SISTEMA TRADICIONAL”, en el cual se obtuvo una probabilidad de 60% de terminar el proyecto en la fecha establecida y un 20% de alcanzar el costo probable ejecutándolo con el sistema FAV, se puede decir que aunque la probabilidad de terminar el proyecto en el tiempo establecido es mayor con respecto a este estudio, las probabilidades de alcanzar el costo probable son muy bajas en comparación por lo tanto se puede decir que el sistema de modulaciones con contenedores también es menos riesgoso que el sistema de fabricación avanzada FAV.

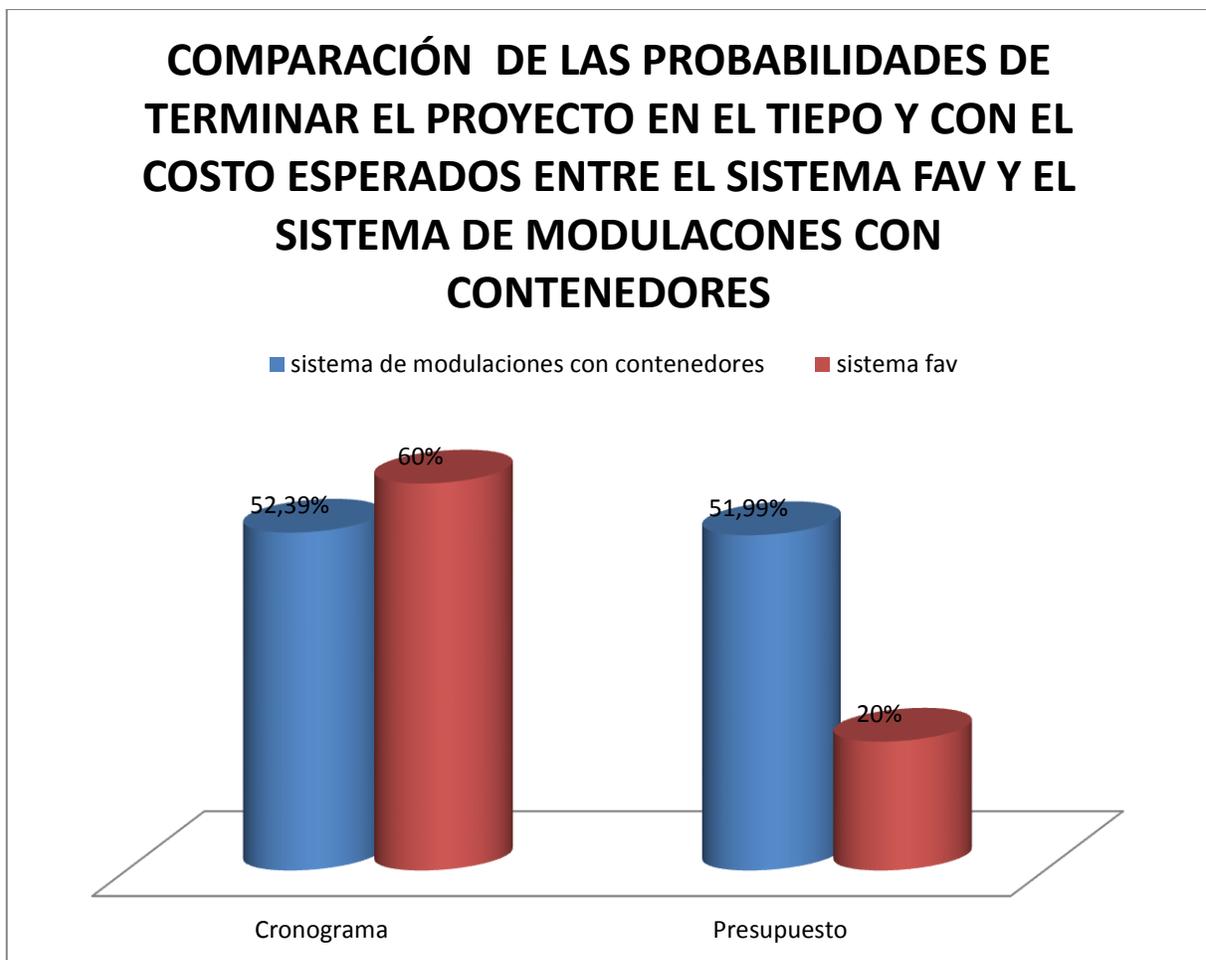


Gráfico 16. Comparativo entre el sistema de modulaciones con contenedores Vs sistema FAV

Fuente: Autores



6. CONCLUSIONES

De los sesenta y cinco (65) factores de riesgo constructivos que se pueden presentar en construcciones de tipo residencial en el departamento de Bolívar, de acuerdo con los estudios realizados anteriormente, los cuales se agrupan en cuatro categorías: riesgos legales, externos, internos y en la dirección del proyecto; se identificaron cincuenta riesgos que aplican al sistema de modulaciones con contenedores.

Mediante el análisis cualitativo de los riesgos identificados en el sistema de modulaciones con contenedores, estos se clasificaron como altos, medios y bajos, distribuidos de la siguiente manera) para el cronograma, en la categoría de riesgos legales se obtuvieron 0 riesgos altos, 2 moderados y 2 bajos; para la categoría de riesgos externos se generaron 6 altos, 8 moderados y 7 bajos; así mismo para la categoría de riesgos internos se obtuvieron 2 altos y 4 moderados y 13 bajos; y finalmente en la categoría de riesgos de dirección de proyectos se identificaron 5 altos, 3 moderados y 3 bajos; para un total de 8 riesgos altos, 17 moderados y 25bajos, correspondiendo esto al 16%, 34% y 50% del total respectivamente. b) para el presupuesto, en la categoría de riesgos legales se obtuvieron 0 riesgos altos, 0moderados y 4 bajos; para la categoría de riesgos externos se generaron 2 altos, 2 moderados y 7 bajos; así mismo para la categoría de riesgos internos se obtuvieron 2 altos y 5 moderados y 12 bajos; y finalmente en la categoría de riesgos de dirección de proyectos se identificaron 4altos, 4moderados y 3 bajos; para un total de 8 riesgos altos, 16 moderados y 26bajos, correspondiendo esto al 16%, 32% y 52% del total respectivamente.

Del análisis cualitativo se puede concluir que el sistema constructivo de modulaciones con contenedores es viable, puesto que el porcentaje de riesgos altos es considerablemente bajo con respecto al total, sin embargo no se deben tener en cuenta el porcentaje de riesgos moderados, los cuales merecen atención media ya que pueden tener baja probabilidad y gran impacto o viceversa.

Los resultados obtenidos a partir del análisis cuantitativo reflejan que si se presentan los riesgos altos se pueden ver afectados los tiempos de finalización en cada uno de los capítulos del cronograma del proyecto estudiado, para el capítulo preliminares se calculó



un desfase de 8,68 %, para el capítulo cimentaciones se calculó un desfase de 6,77%, para el capítulo valor comercial de contenedores secos tipo marinos el desfase de tiempo calculado fue de 31,65% y para el capítulo adecuación de los contenedores fue de 6,35%.

Por otro lado, si se presentan los riesgos altos, también se pueden ver afectados cada uno de los capítulos del presupuesto del proyecto ya que se pueden presentar sobrecostos, el capítulo preliminares puede sufrir un aumento de dinero a lo esperado en un 5,63%, el capítulo cimentaciones un aumento de 5,46%, de igual forma el capítulo de valor comercial de contenedores secos tipo marinos de 40 pies el sobrecosto máximo que se puede presentar es de 5,28% y por ultimo si en el capítulo adecuación de los contenedores tendrán un aumento en dinero de 5,48%.

En cuanto al análisis comparativo se puede decir que es las probabilidades de terminar el proyecto con la fecha establecida y con el costo esperado son más altas para el sistema de modulaciones con contenedores que en el sistema convencional , ya que la probabilidad de terminar el proyecto con la fecha y costo esperado con este sistema constructivo fue de 52,39% y 51,99 % respectivamente y la probabilidad de terminar el proyecto en la fecha y costo esperado para sistema convencional fue de 48,8% y 39% respectivamente, por lo tanto se puede decir que es menos riesgoso en cuanto a tiempo y costos ejecutar un proyecto de construcción bajo el sistema de modulaciones con contenedores, que bajo el sistema convencional

Hay que tener en cuenta que siempre existirá una probabilidad de que se presenten riesgos en proyectos ejecutados bajo el sistema constructivo de modulaciones con contenedores, así como en todo proyecto de construcción, por lo tanto es necesario que se establezca un plan de gestión de riesgos para este sistema constructivo con el que se podrá mitigar al máximo los riesgos que se puedan presentar.



LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Al realizar la investigaciones se encontraron inconvenientes como las pocas encuestas que se pudieron realizar, debido a que en la ciudad y el departamento hay pocos proyectos ejecutados bajo el sistema de modulaciones con contenedores. A su vez en el momento de realizar las encuestas al personal capacitado este contaba con una agenda muy limitada por tal motivo hubo la necesidad de reorganizar nuestro cronograma y ajustar los tiempos para poder obtener toda la información necesaria para la ejecución de la investigación.



7. RECOMENDACIONES

A demás de las conclusiones obtenidas en el desarrollo de este trabajo se realizan las siguientes recomendaciones a tener en cuenta para en el desarrollo de la gestión de riesgo de proyectos constructivos y para el desarrollo de futuros proyectos de investigación de este tipo.

1. Se le sugiera a la universidad implementar la realización de cátedras que tengan como fin dar a conocer la metodología del PMI a los estudiantes y la manera como analizar los riesgos que se puedan presentar en proyectos de tipo constructivos.
2. Se recomienda hacer estudios en el que establezcan planes de gestión de los riesgos que se presentan en este sistema constructivo en cuanto al tiempo de ejecución y los costos del proyecto.



8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- A. Deviprasadh (2007) "Risk assessment and management in construction projects" college of engineering guindy campus. Anna university Chennai.
- Benitez, G., & Romero, J. (2012). Análisis cualitativo y cuantitativo de los riesgos en los proyectos de construcción de tipo residencial ubicados en la zona norte de la ciudad de Cartagena, bajo la metodología del PMI.
- Cabarcas, J., & Gonzalez, C. (2014). Comparación de los riesgos constructivos entre el sistema de fabricación avanzada de viviendas fav. Mani.
- Cabrera, J. A. (Septiembre de 2010). sistemas constructivos prefabricados aplicables a la construcción de edificaciones en países en desarrollo. Proyecto fin de master. Madrid, España.
- Elias, J. (2 de Abril de 2010). Proyecto Pragmalia. Recuperado el 18 de Febrero de 2014, de Sitio web de Proyecto Pagmalia: http://proyectopragmalia.blogspot.com/2010_02_04_archive.html
- Florez, J. (2006). Mejoramiento de edificaciones para viviendas con elementos constructivos AVAn. *Arquitectura y urbanismo*, vol. XXVII, 73 - 77.
- Herrera, j. L. (2012). Analisis cualitativo de factores de riesgo en proyectos de construccion de tipo residencial en la ciudad de cartagena bajo lametodologia del pmi®. Cartagena, colombia.
- Martí, J. P. (2002). Construcción industrializada de edificios. *Informes de la construcción*.
- Martinez, G., Moreno, B., & Rubio, M. D. (2012). Gestión del riesgo en proyectos de ingeniería: El caso del campus universitario PTS. Universidad de granada.
- Molinares, L., & Veloza, C. (2012). Diseño e implementación de un modelo de gestión de riesgos para proyectos de construcción.
- Nieto-Morote, A., & Ruz-vila, F. (2011). A fuzzy approach to construction project risk assessment. *International Journal of Project Management*, 220-231.
- Peñalosa, M. J. (octubre de 2012). Ambientacion de una vivienda modular, ampliable y transportable emplenado contenedores. Escuela de diseño insdustrial. Ambato, Ecuador.



- Project Management Institute, Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®)—Quinta edición. (2008).
- Rodriguez, Hruskovic, García, & Sonora, U. d. (2010). Gestión de riesgo en proyectos de construcción. 1er congreso iberoamericano de ingeniería de proyectos. Antofagasta.
- Restrepo, N. R. (2013). ¿ Qué sabe usted acerca del contenedor marítimo ? La Timonera, 18 - 23.
- Roman, D., & Moncada, D. (2012). Esquema para la identificación y análisis de factores de riesgo en tiempo y costos de proyectos IPC en Venezuela. Venezuela.
- Salamanca, J. (2008). Vivienda de Interés social. Mnizales.
- Sanchez, D. L., Rodriguez, I. Q., & Muñoz, W. Z. (noviembre de 2004). Crystal Ball. Bogota D.C, Colombia.
- Serrador, V. J. (25 de Febrero de 2014). Som Arquitectura. Recuperado el 10 de Marzo de 2014, de Som Arquitectura: <http://somarquitectura.wordpress.com/2014/02/25/construccion-con-contenedores-maritimos/>
- UNISDR - Sobre reduccion del riesgo de desastre. (2009).
- Villalba, J. (2012). Análisis cualitativo de factores de riesgo coconstructivo en proyectos de construcción de tipo residencial en la ciudad de cartagena bajo la metodologia del PMI.
- Villanueva, L. F. (marzo de 2009). Asegurando el Valor en Proyectos de Construcción: Un estudio de Técnicas y Herramientas de Gestión de Riesgos en la Etapa de Construcción. Lima, Peru.
- Wadel, G. (2009.). la sostenibilidad en la arquitectura industrializada. la construccion moudular ligera aplicada a la vivienda.