



ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS CONSTRUCTIVOS EN PUENTES BAJO
LA METODOLOGIA DEL PMI® CASO DE ESTUDIO: PUENTE DE BARÚ,
CARTAGENA – BOLIVAR



HAROLD VERBEL RAMIREZ.

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

FACULTAD DE INGENIERIA, PROGRAMA DE ING. CIVIL.

CARTAGENA DE INDIAS

2014



ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS CONSTRUCTIVOS EN PUENTES BAJO
LA METODOLOGIA DEL PMI®. CASO DE ESTUDIO: PUENTE DE BARÚ,
CARTAGENA – BOLIVAR

INTEGRANTES:

HAROLD VERBEL RAMIREZ.



DIRECTOR:

RAFAEL MADRID GARCIA.

GRUPO DE INVESTIGACION: CIENCIA Y SOCIEDAD

LINEA DE INVESTIGACION: GERENCIA DE PROYECTOS

FACULTAD DE INGENIERIA, PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL.

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA



Cartagena de Indias D. T. y C, 12 de Diciembre, 2014.

Comité

INVESTIGACIONES Y PROYECTOS DE GRADO

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Civil

Cordial saludo,

Por medio de la presente, me remito a ustedes con el objetivo de presentar el documento final del Trabajo de Grado titulado “**ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS CONSTRUCTIVOS EN PUENTES BAJO LA METODOLOGIA DEL PMI®. CASO DE ESTUDIO: PUENTE DE BARÚ, CARTAGENA – BOLIVAR**”, para optar al título de Ingeniero Civil, elaborado por el estudiante HAROLD VERBEL RAMIREZ, a quien he asesorado durante la elaboración de la presente propuesta, para conseguir su aprobación.

Atentamente,

RAFAEL MADRID GARCIA

Director de Proyecto de Grado

FACULTAD DE INGENIERIA – PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
Sede Piedra de Bolívar, Avenida del Consulado Edificio Facultad de Ciencias e Ingeniería
Tercer piso. Teléfono 675 47 82 – fax 675 20 40 – Apartado Aéreo 1382
Cartagena de Indias, Colombia



Cartagena de Indias D. T. y C, 12 de Diciembre 2014

Comité

INVESTIGACIONES Y PROYECTOS DE GRADO

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Civil

Cordial saludo,

Estoy remitiendo a ustedes el Documento Final del Trabajo de Grado titulado “**ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS CONSTRUCTIVOS EN PUENTES BAJO LA METODOLOGIA DEL PMI® CASO DE ESTUDIO: PUENTE DE BARÚ**” para su respectiva evaluación y aprobación.

Atentamente,

HAROLD VERBEL RAMIREZ

Código: 0210620018

FACULTAD DE INGENIERIA – PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
Sede Piedra de Bolívar, Avenida del Consulado Edificio Facultad de Ciencias e Ingeniería
Tercer piso. Teléfono 675 47 82 – fax 675 20 40 – Apartado Aéreo 1382
Cartagena de Indias, Colombia



NOTA DE ACEPTACION

Firma del jurado

Firma del jurado



DEDICATORIA

Primero quiero agradecer a Dios porque sin él nunca hubiese podido hacer esto realidad: me dio la fuerza y todo lo que necesité para llegar hasta aquí.

Quiero dedicar esto a mi familia y amigos que siempre creyeron en mí, me animaron cuando lo necesité, dándome todo el apoyo que me pudieron dar.

Y del mismo modo a mi novia quien me mostró un nuevo sendero por el cual caminar.



AGRADECIMIENTOS

DOCENTES

RAFAEL MADRID GARCÍA. Docente de Ingeniería Civil. Director de Tesis.

JORGE LUIS ÁLVAREZ. Docente de Ingeniería Civil Universidad de Cartagena.

JOSÉ FAUSTINO ESPAÑA. Docente de Ingeniería Civil Universidad de Cartagena.

MODESTO BARRIOS. Docente de Ingeniería Civil Universidad de Cartagena.

COLABORADORES

SANTIAGO JOSE CARRASQUILLA. Ingeniero Civil.

ADRIANA PUELLO. Ingeniera Civil

FAMILIARES Y AMIGOS

Familia Verbel Rodríguez.

Familia Rodríguez Zúñiga.

Amigos y compañeros.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	5
ABSTRACT	6
Introducción.....	7
1. OBJETIVOS.....	10
1.1 OBJETIVO GENERAL	10
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	10
2. MARCO REFERENCIAL	11
2.1 Antecedentes del problema.....	11
2.2 Estado del arte.....	12
2.3. MARCO TEORICO.....	20
2.3.1 ¿Qué es un proyecto?.....	20
2.3.2 Ciclo de vida de un proyecto.....	20
2.3.3 ¿Qué es la dirección de proyectos?	21
2.3.4 Grupo de proceso de planificación.....	22
2.3.5 ¿Qué es un riesgo?.....	24
2.3.6 Gestión de los riesgos del proyecto.....	24
2.3.7 Planificar la gestión de riesgos.....	25
2.3.8. HERRAMIENTA VIRTUAL.....	42
3. ALCANCE DEL PROYECTO	47
4. METODOLOGÍA.....	48
4.1 Identificación del tipo de investigación.....	48
4.2 Técnicas de recolección de la información.....	49
• Caso de estudio.....	50
• Investigación y documentación	50
• Entrevista:	50
• Digitación:.....	50
4.3. Técnicas de análisis de la información.....	50
➤ Identificación de riesgos:.....	50



➤ Análisis cuantitativo	51
5. Análisis de resultados.....	54
5.1 IDENTIFICACION DE LOS RIESGOS	54
5.2 Análisis cualitativo	59
5.3 ANALISIS CUANTITATIVO	64
6. CONCLUSIONES	74
8. BIBLIOGRAFIA	77



TABLA DE CONTENIDO DE GRAFICOS

Grafico 1. Descripción general de la gestión de los riesgos del proyecto. Metodología PMI®	25
Tabla 2. Matriz de probabilidad e impacto	¡Error! Marcador no definido.
Grafico 3. Descripción de distribuciones disponibles en @RISK.....	46
Grafico 4. Esquema técnicas de la recolección de la información	49
Grafico 5. Estructura de desglose de los riesgos (BRS)	55
Grafico 6. Presencia de los riesgos según su tipo.....	64
Grafico 7. Duración Esperada - Campamento.....	66
Grafico 8. Duración Esperada - Pilotaje	68
Grafico 9. Duración Esperada - Cimentación	70
Grafico 10. Duración Esperada - Accesos	72



TABLA DE CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de probabilidad e impacto	34
Tabla 2. Riesgos técnicos	56
Tabla 3. Riesgos de la dirección de proyectos	57
Tabla 4. Riesgos de la organización	58
Tabla 5. Riesgos externos	58
Tabla 6. Categorización de los riesgos	59
Tabla 7. Matriz de Probabilidad e Impacto a Riesgos Técnicos	61
Tabla 8. Matriz de Probabilidad e Impacto a Riesgos Externos	62
Tabla 9. Matriz de Probabilidad e Impacto a Riesgos De la Organización	62
Tabla 10. Matriz de Probabilidad e Impacto a Riesgos De la Dirección de Proyectos	63
Tabla 11 Riesgos Altos	64
Tabla 12. Información de la Simulación	65
Tabla 13. Cronograma del Proyecto	65
Tabla 14. Datos resumidos para la actividad Campamento	67
Tabla 15. Datos resumidos para la actividad Pilotaje	69
Tabla 16. Datos resumidos para la actividad Cimentación	71
Tabla 17. Datos resumidos para la actividad Accesos	73



RESUMEN

El aporte que se hace en la siguiente investigación surge a partir de distintos errores que se presentan en los procesos constructivos y que el ingeniero dentro de su ejercicio profesional participa constantemente, toda esta puesta en marcha de un proyecto busca tener resultados viables en todos los sentidos, y para lograr este éxito es necesario tener conocimiento de los impactos que se generan en dichos proyectos, los cuales son ocasionados en su totalidad por riesgos que si no son identificados y controlados generan retrasos en la programación, haciendo que los proyectos no sean tan viables como se tenía esperado.

Esta investigación es de tipo mixta: descriptiva y analítica; y la metodología usada para realizar este estudio consta de varias etapas: Identificación del tipo de investigación, Técnicas de recolección de la información, Técnicas de análisis de la información las cuales se cumplieron en su totalidad. De igual forma se realizó un estudio de la literatura suministrada por el docente investigador y una apropiada interpretación de los datos recolectados, lo que hace posible la realización de la base de datos y los análisis pertinentes al caso de estudio: “Puente de Barú” Cartagena, Bolívar.

Simultáneamente el presente estudio pretendió ser un punto de partida a la mitigación de este tipo de situaciones debido a que en la ciudad de Cartagena no existen estudios o investigaciones previas en el tema de Gestión de Riesgos asociados a este tipo específico de proyectos; y a pesar de que se cuenta con la norma técnica colombiana (NTC-5254) de 2006, no se toma en cuenta ningún tipo de método al momento de prevenir eventos negativos que podrían generar retrasos. En lo que concluimos que de una u otra manera es indispensable realizar el análisis de los riesgos cuantitativamente para poder predecir los incrementos en tiempo y costo de las actividades a realizar.

Comentado [i1]: Documental mixta y consta de varias etapas

Comentado [P12R1]:

Comentado [P13R1]:

Comentado [P14R1]:

Comentado [P15R1]:



ABSTRACT

The contribution that is made in the following investigation arises from various errors that occur in the construction processes and the engineer in his practice constantly involved, this whole implementation of a project aims to have viable results in every way and this success is necessary to have knowledge of the impacts generated in these projects, which are caused entirely by risks if not identified and controlled generate delays in programming, making projects are not as viable as was expected.

This research is of mixed types: descriptive and analytical; and the methodology used for this study consists of several stages: Identification of the type of research techniques data collection, analysis techniques of information which were met in full. Similarly a study of the literature provided by the teacher researcher and proper interpretation of the data collected was performed, which makes possible the realization of the database and relevant analysis to the case study: "Bridge Baru" Cartagena Bolivar.

Simultaneously, the present study was intended to be a starting point to mitigate such situations because in the city of Cartagena no studies or previous research on the topic of Risk Management associated with this specific type of project; and although it has the Colombian technical standard (NTC-5254) 2006 does not take into account any method when preventing negative events that could cause delays. As we conclude that in one way or another is essential to perform quantitative risk analysis to predict increases in time and cost of activities to be performed.



INTRODUCCIÓN

Cartagena de Indias, al igual que muchas ciudades de Colombia, no cuenta con suficientes soluciones viales para la demanda de movilidad que posee, lo cual hace que se generen congestiones significativas en sus vías. Por esta razón, los gobiernos locales, regionales y nacionales han ido formulando mejoramientos en los proyectos de construcción de infraestructuras viales tales como los puentes, atrayendo así el interés de importantes inversionistas en este tipo de proyectos. Paralelo a eso encontramos la isla de Barú, que es un territorio perteneciente al distrito de Cartagena y que hace parte del archipiélago de las Islas del Rosario. Este archipiélago tiene mucha importancia para la historia de la ciudad y posee gran belleza, por lo que fue considerado parque nacional en 1977 (Parques Nacionales, 2013) debido a su fauna y flora autóctona. Pero, a pesar de ser tan importante para la ciudad, la comunicación entre los lugares es difícil ya que solo se podía hacer por vía marítima y fluvial lo cual ha significado retrasos para el desarrollo del entorno y sus habitantes.

Por esta razón el gobierno concibió la idea de construir un puente que comunique la isla de Barú con el casco urbano de Cartagena (Consorsio Isla de Barú, 2012) esperando como resultado la activación de la comunicación entre sus comunidades así como el turismo local y se generando un desarrollo importante. No obstante, estos proyectos de gran envergadura suelen estar asociados a inconvenientes de diferente tipo los cuales podrían generar retrasos en su ejecución. Debido a esto fue necesario llevar a cabo investigaciones, que nos permitieron identificar y cuantificar cada uno de los posibles inconvenientes o eventos adversos que se pueden presentar.

Atendiendo a lo anterior, se elaboró éste estudio el cual identifica los riesgos que impiden optimizar el tiempo y costo de la construcción para el caso específico de los puentes siguiendo los lineamientos establecidos por el PMI® (Proyect Management Institute, 2013). De acuerdo con esto, se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo de los riesgos mediante una investigación realizada al Puente de Barú utilizando la metodología indicada en el PMBOOK, capítulo XI.



A pesar de que se han realizado investigaciones del análisis de riesgos, estas se han realizado para analizar este tipo de proyectos como son los puentes, a pesar de la existencia de la norma técnica colombiana (NTC-5254) (ICONTEC, 2006), no se había tomado en cuenta ningún tipo de método previo al momento de prevenir eventos negativos que podrían generar retrasos en el tiempo y aumentos los costos de este tipo de proyectos.

Esta investigación pretende ser un punto de partida para el fomento de buenas prácticas en gestión de riesgo a este tipo de obras civiles, además, la realización de esta investigación traerá beneficios al sector constructivo ya que, mediante el enfoque del concepto de Gestión de Riesgos del PMI® (Proyect Management Institute, 2013), se ayudará a aumentar la probabilidad y el impacto de eventos positivos ligados a los puentes y, de esta forma, disminuir la probabilidad y el impacto de eventos negativos para este tipo de proyectos. Este estudio fue concebido por medio del análisis cuantitativo de los posibles riesgos encontrados en el estudio de un caso específico, El Puente de Barú, Cartagena - Bolívar.

La realización de esta investigación se hizo posible debido a que se contó con la dirección y orientación de un docente especializado en este campo de aplicación y a que se poseen competencias especiales, adquiridas a lo largo de la formación académica, con relación a la planeación y administración. Dichas competencias se adquieren asignaturas como: “Investigación de Operaciones”, “Planeación y control de obra”, “Administración” y “Construcciones Civiles”. Por lo tanto, con la ayuda del docente director y manteniendo la visión del grupo de investigación de la universidad dedicado a la gerencia de proyectos (Ciencia y Sociedad) se logró la identificación y análisis cuantitativo de los riesgos constructivos pertinentes al caso de estudio.

Teniendo en cuenta que el proyecto realizado es enteramente de tipo teórico, se puede afirmar que se tuvo a la mano el recurso informático necesario para la modelación de los diferentes escenarios como lo son los softwares: @RISK® y el CRYSTALL BALL® los cuales fueron utilizados dentro del marco legal por medio de versiones de prueba. Además de lo anterior, se contó con el apoyo del recurso humano idóneo del programa de ingeniería civil como los



docentes de la facultad de ingeniería perteneciente a la Universidad de Cartagena: Jorge Álvarez.

Comentado [i6]: Ing. España



1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar el análisis cuantitativo de riesgos constructivos en proyectos de infraestructura tipo puentes, aplicando la metodología del Project Management Institute (PMI®), con el fin de lograr los objetivos del proyecto dentro del tiempo y el costo esperado.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar los posibles riesgos encontrados y aplicarlos en la construcción de puentes mediante el enfoque y los métodos establecidos por el PMI®. .
- Elaborar un análisis cualitativo de los posibles riesgos mediante entrevistas. .
- Realizar un análisis cuantitativo de los riesgos más relevantes utilizando el software @RISK versión 6 (en español).
- Elaborar una base de datos usando Microsoft Excel, que contenga los riesgos y sus características en la construcción de puentes en Cartagena. .



2. MARCO REFERENCIAL

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

“Atraso en el puente del Éxito (Tolima, Colombia)”.

La obra estaba planeada para estar totalmente terminada el pasado 28 de noviembre (2012), pero la Alcaldía le entregó al consorcio constructor una adición en dinero de mil 72 millones de pesos, sobre los 17 mil millones de pesos de monto inicial. Por los atrasos durante la temporada invernal y para que adelantara las labores no previstas que encargó el Municipio a último momento, la Secretaría de Infraestructura aprobó una primera adición en tiempo, por dos meses, que ya caducó. (ELNUEVODIA, 2012).

“Las obras no se planean bien”.

Muchos se preguntan dónde están las raíces de este perverso sistema que convirtió las parálisis en un boyante negocio. Expertos, gremios y organismos de control concuerdan en que la principal falla está en la nula planeación de los proyectos. “Obra que no está bien planeada deriva en dificultades. Si no se tienen los estudios completos, se licita con los ojos vendados”, advierte Juan Martín Caicedo, presidente de la Cámara Colombiana de la Infraestructura (CCI). Aquí el contratista nunca pierde. Pierde el Estado. Los ejemplos abundan. Para la construcción de dos puentes entre Villavicencio y Barranca de Upía, en el Meta, se adjudicaron inicialmente 5 mil millones de pesos. Un año después, sólo se ha construido el 30 por ciento de las obras porque se detectaron más necesidades de las contratadas originalmente. Ahora se buscan 1.430 millones más para seguir adelante con la obra. (PORTAFOLIO.CO, 2011).

“Se está generando un problema de hacinamiento en la isla de Barú:”

“En estos espacios existen comunidades negras que están organizadas como gobiernos locales conformados legalmente como consejos comunitarios. Se había llegado a la



conclusión que para la construcción del puente de conectividad entre la isla de Barú y la zona continental había que hacer una consulta previa, pero desafortunadamente los acuerdos que se lograron protocolizar no se cumplieron realmente”. (Canabal, 2014)

Para Canabal “había que hacer un estudio de densidad de carga para saber cuál es el máximo número de población que puede recibir la isla ya que no tiene alcantarillado y el resto de servicios públicos funcionan a medias. Esto genera una vulnerabilidad en la isla”

"Hay incertidumbre por retraso en la construcción de puente”.

Damnificados del huracán Jova manifestaron preocupación por el retraso de la construcción del puente de la Elías Zamora, pues dijeron desconocer el avance de la obra. (RINCON, 2013).

Los habitantes de Colima, entidad federativa de México, se unieron para expresar su inconformismo frente a los retrasos que presentó el proyecto de construcción de un puente debido a la mala gestión.

2.2 ESTADO DEL ARTE

Para poder ejecutar una investigación satisfactoria del tema, se hace necesario indagar, analizar y observar los distintos estudios que se han elaborado a nivel local, nacional e internacional sobre gestión de riesgos. Sin embargo, para el tema de investigación no se encontró material suficiente en las bases de datos que posee la Universidad de Cartagena, lo que nos llevó a usar estudios relacionados con las problemáticas que afectan a la región.

Diseño e implementación de un modelo de gestión de riesgos para proyectos de construcción. (Molinares & Velosa, 2012).

Este estudio se realizó en la ciudad de Cartagena de Indias en la zona norte, lo hicieron con el fin de evaluar en forma general las distintas alternativas de mitigar, identificar, gestionar y controlar los factores de riesgo que se puedan presentar en proyectos de construcción; los



riesgos que identificaron tienen origen en construcciones de viviendas de tipo multifamiliar, los categorizaron teniendo en cuenta las distintas etapas que se usan en los procesos constructivos y las actividades que se relacionan con cada una de ellas.

Luego hicieron una tabulación de los resultados obtenidos para la elaboración de una matriz de fácil manejo que ayudara a elaborar planes de prevención y manejo de los riesgos, desde un enfoque primario en el que se controlaran los aspectos que son más susceptibles a cambio como son los costos, tiempo, calidad y alcance; las investigadoras proponen además periodos en los cuales se controlen los riesgos, junto con una lista de las causas por las cuales ocurren y que se podría hacer.

Las limitaciones que encontraron las investigadoras consistieron principalmente en el poco manejo que en la actualidad existe en la ciudad de Cartagena sobre modelos de gestión de riesgos, por lo cual se les hizo necesario una búsqueda más extensa, tomaron para la recolección de información primaria empresas destinadas a sector constructivo para tener un complemento más exacto de la información y tener resultados que de una u otra forma sean más confiables; también tomaron construcciones del sector privado debido a que las construcciones públicas alterarían los resultados por las condiciones sociales, políticas y económicas que vive el país en la actualidad.

Risk Management in Construction Projects: A Knowledge-based Approach (Gestión de Riesgos en Proyectos de construcción: un enfoque basado en el conocimiento) (Serpella, Ferrada, Howard, & Rubio, 2013)

Una de las principales funciones realizadas por un gerente de proyecto es la gestión de los riesgos de un proyecto. Sin embargo, este deber está especialmente sujeta a lo complejo e ineficiente, si bien la gestión de riesgos no se ha hecho desde el principio del proyecto. Un enfoque eficaz y eficiente gestión del riesgo requiere de una metodología adecuada y sistemática y, más importante aún, el conocimiento y la experiencia. Resultados de las investigaciones anteriores han demostrado que en Chile tanto, los propietarios y los contratistas no se aplican sistemáticamente las prácticas de gestión del riesgo, lo que resulta en consecuencias negativas para el desempeño de los proyectos. Este artículo aborda los



problemas de la gestión de riesgos en los proyectos de construcción, utilizando un enfoque basado en el conocimiento, y se propone una metodología basada en un arreglo triple que incluye el modelado de la función de gestión de riesgos, su evaluación, así como la disponibilidad de un modelo de las mejores prácticas. Este enfoque es parte de un esfuerzo de investigación que está en marcha. Una de las principales conclusiones de esta investigación preliminar es el hecho de que la gestión de riesgos en los proyectos de construcción sigue siendo muy ineficaz y que la causa principal de esta situación es la falta de conocimiento. Se espera que la aplicación del enfoque propuesto permita a los clientes y contratistas para desarrollar la función de gestión de riesgos de un proyecto basado en las mejores prácticas, así como para mejorar el desempeño de esta función.

Bootstrap Technique for Risk Analysis with Interval Numbers in Bridge Construction Projects (Técnica de remuestreo de datos de Obra para el Análisis de Riesgos, con números de intervalo en Proyectos de Construcción de Puentes). (Hashemi, Mousavi, & Mojtahedi, 2011)

En este trabajo se propone un nuevo enfoque híbrido utilizando una técnica no paramétrica de remuestreo y cálculos de intervalo para el análisis de riesgos, en particular, para los proyectos de construcción del puente. Las técnicas de remuestreo de datos producen inferencias más precisas para la comparación de técnicas paramétricas y son una alternativa cuando los supuestos paramétricos subyacentes no son considerados

En el estudio se propone un enfoque práctico para utilizar en un proceso de gestión de riesgos de un proyecto de construcción de puentes en tres fases. La recopilación de datos de riesgos se considera en la primera fase. La intención de esta fase es recoger todos los datos posibles de los expertos en los proyectos de construcción del puente. Después de esta sección, la técnica de arranque se aplica en la segunda fase, que se divide en dos pasos.

Primer paso: el principio de la técnica de remuestreo de datos no paramétrico se describe al muestrear los datos de riesgo a partir de datos originales observados de proyectos de puentes.



Segundo paso: se presenta el principio de arranque para calcular un intervalo de confianza para los criterios de análisis de riesgo.

En la fase final, se llevan a cabo los cálculos de intervalo de datos de riesgo de puntuación. En consecuencia, se obtiene una clasificación de los riesgos del proyecto puente.

El enfoque permitió la clasificación de los riesgos mediante un híbrido de arranque por la puntuación de intervalo de riesgo (Interval Risk Score, IRS). Los valores más bajos de las distancias entre los IRS indican los rangos más altos y las prioridades de los riesgos. Después de aplicar el enfoque propuesto para un proyecto de construcción de puentes en Irán, los autores se dieron cuenta de que las desviaciones estándar de los riesgos se han reducido de manera significativa.

Formulación de un esquema metodológico para la aplicación de la gestión de riesgos en proyectos de construcción. (Florez Ortega, 2010).

Esta investigación es una descripción de las principales metodologías existentes en el mundo para la gestión de riesgos, además hace esquemas comparativos de los diferentes sistemas de evaluación y categorización que tienen estas metodologías. Aplican la gestión de riesgos a un proyecto real de la empresa ECOPETROL de la ciudad de Cartagena a manera de ejemplo y resuelven cada uno de los pasos que deben seguirse para una buena gestión de riesgos, planteando así las soluciones que se le deben dar a estos.

Se concluye que las metodologías de gestión de riesgos existentes van enfocadas al campo empresarial pero se pueden amoldar a cualquier proyecto específico, planteando además las metodologías más utilizadas en el país.

Por otra parte concluye que la gestión de riesgos debe evaluarse desde el momento en que se concibe la idea hasta la terminación del proyecto.

Identification of Risk Management System in Construction Industry in Pakistan (Identificación del Sistema de Gestión de Riesgos en el Sector Construcción en Pakistán) (Mousavi, Hashemi, Tavakkoli-Moghaddam, & Gholipour, 2011).



En este trabajo se presenta un enfoque novedoso, un rango de compromiso basado en intervalos de confianza de remuestreo de datos para la evaluación de riesgos en los proyectos portuarios. La clasificación de los riesgos del proyecto se obtiene a través de la comparación de los números de intervalos basados en el método de remuestreo de datos de acuerdo con un nuevo peso de la estrategia de la mayoría de los criterios de evaluación de riesgos y el nivel de optimismo de los expertos.

Este fue un estudio empírico e informa de los resultados de la encuesta y las entrevistas de los participantes clave en la industria de la construcción de Pakistán. El cuestionario del estudio era único a la industria de la construcción Pakistán y fue una adaptación del instrumento utilizado por Tang et al (2007). Se pidió a los encuestados que identificaran la frecuencia de uso de las cinco técnicas de identificación de riesgo en una escala de 1 a 5, en la que 1 representó nunca utilizado y 5 representó siempre utilizado. Una clasificación media general de las técnicas de identificación de riesgo se calcula para cada grupo.

Los resultados de este estudio permitieron proporcionar una oportunidad para que los planificadores, gestores de proyectos, supervisores y otros miembros clave del proyecto para hacer un balance de sus proyectos actuales y futuros a la luz de las técnicas de gestión de riesgos destacados en el estudio.

Finalmente, los investigadores concluyeron que los factores financieros y económicos son los riesgos más importantes que enfrenta la industria de la construcción, seguido de la calidad en Pakistán. Por lo tanto, hay que adoptar enfoque sistemático de gestión de riesgos en el sector de la construcción para mitigar los efectos adversos de estos riesgos, individual y colectivamente, en el proyecto de construcción.

Applying Risk Management Workshop for a Public Construction Project: Malaysia Case Study (La aplicación de un Taller de Gestión de Riesgo en Proyectos de Construcción Pública: Estudio de caso Malasia). (Goh, Abdul-Rahman, & Abdul Samad, 2013)



La selección de las herramientas y técnicas de gestión de riesgos adecuadas son esenciales para una mejor toma de decisiones. Debido a que muy pocos estudios escudriñan el uso de un taller como un enfoque de gestión de riesgos, este trabajo tiene como objetivo explorar cómo un taller de gestión de riesgos se puede utilizar con eficacia en la gestión de los riesgos del proyecto, mediante el estudio de un taller de gestión de riesgos que se realizó en un proyecto público. Se adoptó un enfoque de estudio de caso en profundidad para identificar los beneficios y desafíos de este método de gestión de riesgos. La posterior actuación de la organización pública en la gestión de riesgos se examinó mediante la evaluación de su aplicación de gestión de riesgos funcional. Además de fomentar la comprensión de la organización de los principales riesgos del proyecto, un taller de gestión de riesgos también ofrece oportunidades para la formación de equipos.

La introducción de un taller permite a los participantes tener una visión más clara sobre el alcance definido, los objetivos, el progreso y las acciones destinadas en el MR (Manejo de Riesgo) de un proyecto. Con base en los resultados de la investigación, un taller de sensibiliza a los participantes del taller sobre la importancia de los sistemas de MR adecuadas. La comunicación de riesgos es importante para la racionalización y la coordinación de las diversas fases de RM, debido a que es necesario que los participantes del proyecto a ser conscientes de que existe la rendición de cuentas en el sistema de MR. Mejora de la comunicación sobre la información relacionada con los riesgos entre los participantes en el proyecto debe ser aprobado para mejorar el rendimiento de la aplicación MR. Por último, la emisión del taller se puede utilizar como una lección acerca de la mejora de la aplicación de MR en el sector de la construcción, especialmente para las situaciones en que las empresas de construcción no tienen la tecnología o expertos en MR apropiados.

Towards a better reliability of risk assessment: Development of a Qualitative & Quantitative risk Evaluation Model (Q2 REM) for different trades of construction works in Hong Kong (Hacia una mejor fiabilidad de la evaluación de riesgos: Desarrollo de un Modelo de Evaluación de riesgos Cualitativa y Cuantitativa (MEC2) para los diferentes oficios de la construcción trabaja en Hong Kong)



En este estudio se presenta como se identificaron las deficiencias de la práctica general actual de la evaluación de riesgos, tales como la falta de registro de las causas del accidente -Sistema integral de los distintos oficios de las obras resultantes de los diferentes tipos de accidentes. De hecho, fue esencial para los profesionales de la seguridad para aprender y aplicar las técnicas estadísticas apropiadas para manejar los datos de accidentes para la facilidad de su preparación en la evaluación de riesgos fiable. En este sentido, el MEC2 con prioridad en términos de los niveles de riesgo de las operaciones de las obras fue desarrollado y demostrado sobre la base de los datos de accidentes históricos de 15 proyectos de gran escala como ejemplo, en la industria de la construcción en Hong Kong. Los niveles de riesgo de las operaciones de las obras y las causas del accidente podrían ser priorizadas mediante la determinación de los mecanismos de cálculo de los niveles de riesgo en términos de probabilidad y gravedad de los accidentes.

Uno de los beneficios es que los profesionales de la seguridad fueron capaces de obtener las estadísticas de accidentes relativamente objetivos a través de la combinación de los métodos cuantitativos y cualitativos para la determinación de los niveles de riesgo. Por último, los autores aconsejan que este estudio pudiera ser empleado por los profesionales de la seguridad como una guía complementaria útil de evaluación de riesgos en la industria de la construcción.

The Identification and Management of Major Risks in the Malaysian Construction Industry (La identificación y gestión de los principales riesgos en la industria de la construcción en Malasia) (Goh & Abdul, 2013)

Los objetivos de este estudio son identificar los principales riesgos asociados a la industria de la construcción de Malasia y evaluar las medidas prácticas que los diferentes actores de la industria local de la construcción podrían tomar para responder a esos riesgos. Se utilizó un método mixto de cuestionario y entrevistas para investigar la tendencia actual de la aplicación de gestión de riesgos en el sector de la construcción de Malasia. El riesgo financiero y el riesgo de tiempo se encuentra que son los principales riesgos en términos de la frecuencia de ocurrencia y el impacto. La falta de conocimiento y los costes asociados a la aplicación de



gestión de riesgos son las principales razones dadas por los contratistas locales que van a la zaga en la aplicación de la gestión de riesgos en sus prácticas.

Los resultados del cuestionario demuestran que muchas organizaciones en la industria de la construcción local no practican la gestión de riesgos formal. En cambio, las herramientas de gestión de riesgos más utilizados son reunión de reflexión y listas de control, que se basan en las experiencias altamente subjetivas. El solo uso de listas de control no puede ser considerado como una técnica formal de gestión de riesgos. Una aplicación sistemática de gestión de riesgos es importante porque la gestión del riesgo informal no puede proporcionar información útil para el riesgo futuro de referencia del proyecto.

Los estudios anteriores muestran cómo se aplica la gestión de riesgos en distintos tipos de construcción y mediante distintas formas e análisis. Sin embargo existe poca información acerca de la aplicación del manejo de riesgos durante el proceso de construcción de puentes, por esta razón este estudio busca identificar los riesgos que amenazan a este tipo de proyectos, en la ciudad de Cartagena, bajo el marco de referencia del PMI® y la aplicación de un software especializado.



2.3. MARCO TEORICO

A momento, existen diversas investigaciones que se desarrollan en el país sobre gestión de riesgos, sin embargo nuestro enfoque no es en la gestión de riesgo como tal, sino la identificación y caracterización de los eventos que se puedan presentar en los proyectos de tipo puente, para tener claridad en los puntos de vista en que debemos enfocarnos y tener claro algunos aspectos que nos permitirán avanzar metodológicamente para lograr nuestro propósito, basándonos en el Project Management Institute (PMI®). Para esto se aprecian a continuación algunas definiciones

2.3.1 ¿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, 2013)

Otras definiciones de proyecto

- 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.
- Proyecto es un plan de trabajo, con acciones sistemáticas, o sea, coordinadas entre sí, valiéndose de los medios necesarios y posibles, en busca de objetivos específicos a alcanzar en un tiempo previsto.

2.3.2 Ciclo de vida de un proyecto.

El ciclo de vida del proyecto es un conjunto de fases del mismo, generalmente secuenciales y en ocasiones superpuestas, cuyo nombre y número se determinan por las necesidades de gestión y control de la organización u organizaciones que participan en el proyecto, la naturaleza propia del proyecto y su área de aplicación. Un ciclo de vida puede documentarse con ayuda de una metodología. El ciclo de vida del proyecto puede ser determinado o conformado por los aspectos únicos de la organización, de la industria o de la tecnología empleada. Mientras que cada proyecto tiene un inicio y un final definidos, los entregables



específicos y las actividades que se llevan a cabo entre estos variaran ampliamente de acuerdo con el proyecto. El ciclo de vida proporciona el marco de referencia básico para dirigir el proyecto, independientemente del trabajo específico involucrado.

Características de un ciclo de vida de un proyecto

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

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

A menudo se hace referencia a esta estructura genérica del ciclo de vida durante las comunicaciones con la alta dirección u otras entidades menos familiarizadas con los detalles del proyecto. Esta perspectiva general puede proporcionar un marco de referencia común para comparar proyectos, incluso si son de naturaleza diferente. (Project Management Institute, 2013)

2.3.3 ¿Qué es la dirección de proyectos?

Es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. Se logra mediante la aplicación e integración adecuadas de los 42 procesos de la dirección de proyectos, agrupados lógicamente, que conforman los 5 grupos de procesos. (Project Management Institute, 2008)

- Iniciación
- Planificación
- Ejecución



- Seguimiento y control
- Cierre

Dirigir un proyecto por lo general implica:

Identificar requisitos, abordar las diversas necesidades, inquietudes y expectativas de los interesados según se planifica y efectúa el proyecto, equilibrar las restricciones contrapuestas del proyecto que se relacionan, entre otros aspectos, con:

- El alcance
- La calidad
- El cronograma
- El presupuesto
- Los recursos
- El riesgo

2.3.4 Grupo de proceso de planificación.

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. (Project Management Institute, 2013)



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.
- **Planificar la respuesta a los riesgos:** Proceso por el cual se desarrollan opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto.
- **Planificar las adquisiciones:** Proceso que consiste en documentar las decisiones de compra para el proyecto, especificar el enfoque e identificar posibles vendedores.

2.3.5 ¿Qué es un riesgo?

Un riesgo es un evento o condición incierta que, si sucede, tiene un efecto en por lo menos uno de los objetivos del proyecto. Los objetivos pueden incluir el alcance, cronograma, el costo y la calidad. Un riesgo puede tener una o más causas y, si sucede, uno o más impactos. Una causa puede ser un requisito, un supuesto, una restricción o una condición que crea la posibilidad de consecuencias tanto negativas como positivas. (Project Management Institute, 2013).

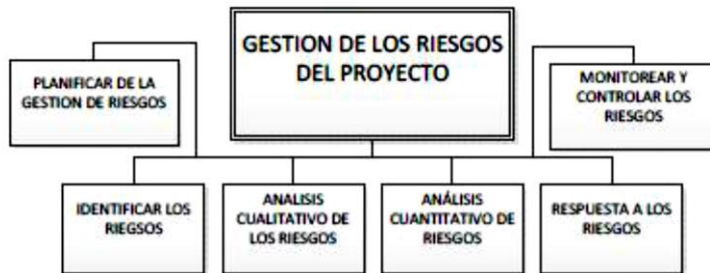
2.3.6 Gestión de los riesgos del proyecto.

La gestión de los riesgos del proyecto incluye los procesos relacionados con llevar a cabo la planificación de la gestión, la identificación, el análisis, la planificación de respuesta a los riesgos, así como su seguimiento 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.

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



Grafico 1. Descripción general de la gestión de los riesgos del proyecto. Metodología PMI®



Fuente: (Project Management Institute, 2013)

2.3.7 Planificar la gestión de riesgos.

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

➤ **Identificar los Riesgos**

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

➤ **Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos**

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

➤ **Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos**

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

➤ **Planificar la Respuesta a los Riesgos**



Es el proceso por el cual se desarrollan opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto.

➤ **Monitorear y Controlar los Riesgos**

Es el proceso por el cual se implementan planes de respuesta a los riesgos, se rastrean los riesgos identificados, se monitorean los riesgos residuales, se identifican nuevos riesgos y se evalúa la efectividad del proceso contra riesgos a través del proyecto.

Debido a las características de nuestra investigación nos enfocaremos en la identificación de los riesgos, así como en el análisis cualitativo y cuantitativo de estos.

2.3.7.1 Planificar la gestión de riesgos.

Planificar la Gestión de Riesgos es el proceso por el cual se define cómo realizar las actividades de gestión de riesgos para un proyecto. Una planificación cuidadosa y explícita mejora la probabilidad de éxito de los otros cinco procesos de gestión de riesgos. La planificación de los procesos de gestión de riesgos es importante para asegurar que el nivel, el tipo y la visibilidad de gestión de riesgos sean acordes tanto con los riesgos como con la importancia del proyecto para la organización.

2.3.7.1.1 Entradas:

➤ **Enunciado del alcance del proyecto**

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

➤ **Plan de gestión de costos**

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

➤ **Plan de gestión del cronograma**

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

➤ **Plan de gestión de la comunicación**



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

➤ **Factores ambientales de la empresa:**

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

➤ **Activos de los procesos de la organización:** Los activos de los procesos de la organización que pueden influir en el proceso planificar la gestión de riesgos son entre otro:

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

2.3.7.1.2 Herramientas y técnicas:

➤ **Reuniones de planificación y análisis.**

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

2.3.7.1.3 Salidas:

➤ **Plan de gestión de riesgos**



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

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

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

2.3.7.2.1 Entradas:

➤ **Plan de gestión de riesgos.**

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

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



- **Estimación de la duración de las actividades.** Las revisiones de la estimación de la duración de las actividades son útiles para identificar los riesgos relacionados con los tiempos asignados para la realización de las actividades o de todo el proyecto.
- **Línea base del alcance.** Los supuestos del proyecto se encuentran en el enunciado del alcance del proyecto. La incertidumbre a nivel de los supuestos del proyecto debe evaluarse como causas potenciales de riesgo.
- **Registro de interesados.** La información acerca de los interesados será útil para solicitar entradas para la identificación de riesgos, ya que esto asegurará que los interesados clave, especialmente el cliente, sean entrevistados o participen de otra manera durante el proceso Identificar los Riesgos.
- **Plan de gestión de costos.** El proceso Identificar los Riesgos requiere la comprensión del plan de gestión de costos que forma parte del plan para la dirección del proyecto. Por su naturaleza o estructura, el enfoque específico de la gestión de costos del proyecto puede generar riesgos o moderarlos.
- **Plan de gestión del cronograma.** El proceso Identificar los Riesgos también requiere la comprensión del plan de gestión del cronograma que forma parte del plan para la dirección del proyecto. Por su naturaleza o estructura, el enfoque específico de la gestión del cronograma del proyecto puede generar riesgos o moderarlos.
- **Plan de gestión de calidad.** El proceso Identificar los Riesgos también requiere la comprensión del plan de gestión de calidad que forma parte del plan para la dirección del proyecto. Por su naturaleza o estructura, el enfoque específico de la gestión de la calidad del proyecto puede generar riesgos o moderarlos.
- **Documentos del proyecto.**
Los documentos del proyecto incluyen entre otros:



- El registro de supuestos.
 - Los informes de desempeño del trabajo.
 - Los informes sobre el valor ganado.
 - Los diagramas de red.
 - Las líneas base.
 - Cualquier otra información del proyecto que resulte valiosa para la identificación de los riesgos.
- **Factores ambientales de la empresa.** Estos factores pueden influir en el proceso de identificación de los riesgos:
- La información publicada, incluidas las bases de datos comerciales.
 - Las listas de control publicadas.
 - Los estudios corporativos.
 - Los estudios industriales.
 - Las actitudes frente al riesgo.
- **Activos de los procesos de organización.** Estos procesos pueden influir en la identificación de los riesgos:
- Los archivos del proyecto, incluidos los datos reales.
 - Los controles de los procesos de la organización y del proyecto.
 - Las plantillas de declaración de riesgos.
 - Las lecciones aprendidas.
- 2.3.7.2.2 Herramientas y técnicas:**
- **Revisiones de la documentación.** Puede efectuarse una revisión estructurada de la documentación del proyecto, incluyendo los planes, los supuestos, los archivos de proyectos anteriores, los contratos y otra información.
- **Técnicas de recopilación de información:**



- **Entrevistas.** La realización de entrevistas a los participantes experimentados del proyecto, a los interesados y a los expertos en la materia puede ayudar a identificar los riesgos.
 - **Análisis causal.** Es una técnica específica para identificar un problema, determinar las causas subyacentes que lo ocasionan y desarrollar acciones preventivas.
- **Análisis de las listas de control.** Las listas de control para identificación de riesgos pueden desarrollarse basándose en la información histórica y el conocimiento acumulado a partir de proyectos similares anteriores y otras fuentes de información. También puede utilizarse como lista de control de riesgos el nivel más bajo de la estructura de desglose de riesgos.
- **Análisis de supuestos.** Cada proyecto y cada riesgo identificado se conciben y desarrollan tomando como base un grupo de hipótesis, escenarios y supuestos. El análisis de supuestos explora la validez de los supuestos según se aplican al proyecto.
- **Técnicas de diagramación.**
- **Diagramas de causa y efecto.** Son útiles para identificar las causas de los riesgos.
 - **Diagramas de flujo o de sistemas.** Estos diagramas muestran cómo se interrelacionan los diferentes elementos de un sistema, y el mecanismo de causalidad.
 - **Diagramas de influencia.** Estos diagramas son representaciones gráficas de situaciones que muestran las influencias causales, la cronología de eventos y otras relaciones entre las variables y los resultados.
- **Análisis SWOT (o DAFO, Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades).** Esta técnica examina el proyecto desde cada uno de los aspectos DAFO (debilidades,



amenazas, fortalezas y oportunidades) para aumentar el espectro de riesgos identificados, incluyendo los riesgos generados internamente.

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

2.3.7.2.3 Salidas:

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

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

2.3.7.3.1 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.

2.3.7.3.2 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 de probabilidad e impacto

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, 2013)

- **Evaluación de la calidad de los datos sobre riesgos.** Para ser creíble, un análisis cualitativo de riesgos requiere datos exactos y sin parcialidades. El análisis de la calidad de los datos sobre riesgos es una técnica para evaluar el grado de utilidad de los datos sobre riesgos para su gestión. Implica examinar el grado de entendimiento del riesgo y la exactitud, calidad, fiabilidad e integridad de los datos relacionados con el riesgo.
- **Categorización de los riesgos.** Los riesgos del proyecto pueden categorizarse por fuentes de riesgo, por área del proyecto afectada u otra categoría útil para determinar qué áreas del proyecto están más expuestas a los efectos de la incertidumbre.



- **Evaluación de la urgencia de los riesgos.** Los riesgos que requieren respuestas a corto plazo pueden ser considerados de atención más urgente. Los indicadores de prioridad pueden incluir el tiempo para dar una respuesta a los riesgos, los síntomas y las señales de advertencia, y la calificación del riesgo.
- **Juicio de expertos.** El juicio de expertos es necesario para evaluar la probabilidad y el impacto de cada riesgo, para determinar su ubicación dentro de la matriz de probabilidad e impacto. Por lo general, los expertos son aquellas personas que ya han tenido experiencia en proyectos similares relativamente recientes.

2.3.7.3.3 Salidas:

- **Actualizaciones al registro de riesgos.** El registro de riesgos se inicia durante el proceso Identificar los Riesgos. El registro de riesgos se actualiza con la información procedente del proceso Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos y luego se añade a los documentos del proyecto:
 - Clasificación relativa o lista de prioridades de los riesgos del proyecto.
 - La matriz de probabilidad e impacto puede utilizarse para clasificar los riesgos según su importancia individual. La utilización de combinaciones de probabilidad de ocurrencia de cada riesgo y su impacto sobre los objetivos en caso de que suceda otorgará a los riesgos un orden de prioridad y los clasificará en grupos según sean de “riesgo alto”, de “riesgo moderado” o de “riesgo bajo”.
 - Riesgos agrupados por categorías. La categorización de riesgos puede revelar causas comunes de riesgos o áreas del proyecto que requieren atención especial.
 - Causas de riesgo o áreas del proyecto que requieren particular atención.
 - Descubrir las concentraciones de riesgos puede mejorar la efectividad de las respuestas a los riesgos.



- Lista de riesgos que requieren respuesta a corto plazo. Los riesgos que requieren una respuesta urgente y aquéllos que pueden ser tratados posteriormente pueden incluirse en grupos diferentes.
- Lista de riesgos que requieren análisis y respuesta adicionales. Algunos riesgos pueden justificar un mayor análisis, incluido el análisis cuantitativo de riesgos, así como una acción de respuesta.
- Listas de supervisión para riesgos de baja prioridad.
- Los riesgos que no se han evaluado como importantes en el proceso Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos pueden incluirse en una lista de supervisión para un monitoreo continuo.
- Tendencias en los resultados del análisis cualitativo de riesgos.
- Conforme se repite el análisis, puede hacerse evidente una tendencia para determinados riesgos, que puede hacer más o menos urgente o importante la respuesta a los riesgos o un análisis más profundo.

2.3.7.4 Realizar el análisis Cuantitativo de Riesgos. Realizar el análisis cuantitativo de riesgos es el proceso que consiste en analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto. El proceso realizar el análisis cuantitativo de riesgos se aplica a los riesgos priorizados mediante el proceso realizar el análisis cualitativo de riesgos por tener un posible impacto significativo sobre las demandas concurrentes del proyecto. El proceso realizar el análisis Cuantitativo de Riesgos analiza el efecto de esos eventos de riesgo.

Puede utilizarse para asignar a esos riesgos una calificación numérica individual o para evaluar el efecto acumulativo de todos los riesgos que afectan el proyecto. También presenta un enfoque cuantitativo para tomar decisiones en caso de incertidumbre.

Por lo general, el proceso realizar el análisis cuantitativo de riesgos se realiza después del proceso realizar el análisis cualitativo de riesgos. En algunos casos, es posible que el proceso realizar el análisis cuantitativo de riesgos no sea necesario para desarrollar una respuesta



efectiva a los riesgos. La disponibilidad de tiempo y presupuesto, así como la necesidad de declaraciones cualitativas o cuantitativas acerca de los riesgos y sus impactos, determinaran que métodos emplear para un proyecto en particular. El proceso Realizar el análisis cuantitativo de riesgos debe repetirse después del proceso Planificar la Respuesta a los riesgos, así como durante el proceso Monitorear y Controlar los Riesgos, para determinar si se ha reducido satisfactoriamente el riesgo global del proyecto. Las tendencias pueden indicar la necesidad de más o menos acciones en materia de gestión de riesgos.

2.3.7.4.1 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 Cuantitativo 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.

- **Plan de gestión de costos.** El plan de gestión de los costos del proyecto define el formato y establece los criterios para planificar, estructurar, estimar, presupuestar y controlar los costos del proyecto. Esos controles pueden ayudar a determinar la estructura y/o el método de aplicación para el análisis cuantitativo del presupuesto o del plan de costos.



- **Plan de gestión del cronograma.** El plan de gestión del cronograma del proyecto define el formato y establece los criterios para elaborar y controlar el cronograma del proyecto. Esos controles y la naturaleza del cronograma mismo pueden ayudar a determinar la estructura y/o el método de aplicación del análisis cuantitativo del cronograma.
- **Activos de los procesos de la organización.** El plan de gestión del cronograma del proyecto define el formato y establece los criterios para elaborar y controlar el cronograma del proyecto. Esos controles y la naturaleza del cronograma mismo pueden ayudar a determinar la estructura y/o el método de aplicación del análisis cuantitativo del cronograma.

2.3.7.4.2 Herramientas y técnicas

- **Técnicas de recopilación y representación de datos:**
 - **Entrevistas.** Las técnicas de entrevistas se basan en la experiencia y en datos históricos para cuantificar la probabilidad y el impacto de los riesgos sobre los objetivos del proyecto. La información necesaria depende del tipo de distribuciones de probabilidad que se vayan a utilizar.
 - **Distribuciones de probabilidad.** Las distribuciones continuas de probabilidad, utilizadas ampliamente en el modelado y la simulación, representan la incertidumbre de los valores tales como las duraciones de las actividades del cronograma y los costos de los componentes del proyecto. Las distribuciones diferenciadas pueden emplearse para representar eventos inciertos, como el resultado de una prueba o un posible escenario en un árbol de decisiones.
 -
- **Técnicas de análisis cuantitativo de riesgos y de modelado:**
 - **Análisis de sensibilidad.** El análisis de sensibilidad ayuda a determinar que riesgos tienen un mayor impacto potencial en el proyecto. Este método evalúa



el grado en que la incertidumbre de cada elemento del proyecto afecta el objetivo que está siendo examinado, cuando todos los demás elementos inciertos se mantienen en sus valores de línea base. Una representación típica del análisis de sensibilidad es el diagrama con forma de tornado, que es útil para comparar la importancia y el impacto relativos de las variables que tienen un alto grado de incertidumbre con respecto a las que son más estables.

- **Análisis del valor monetario esperado.** El análisis del valor monetario esperado (EMV) es un concepto estadístico que calcula el resultado promedio cuando el futuro incluye escenarios que pueden ocurrir o no (es decir, análisis bajo incertidumbre). El valor monetario esperado de las oportunidades se expresará por lo general con valores positivos, mientras que el de los riesgos será negativo. El valor monetario esperado requiere una suposición de neutralidad del riesgo, que no se trate ni de una aversión al riesgo ni de una atracción por este. El valor monetario esperado para un proyecto se calcula multiplicando el valor de cada posible resultado por su probabilidad de ocurrencia, y sumando luego los resultados. Este tipo de análisis se utiliza comúnmente en el análisis mediante árbol de decisiones.
- **Modelado y simulación.** Una simulación de proyecto utiliza un modelo que traduce las incertidumbres detalladas especificadas del proyecto en su impacto potencial sobre los objetivos del mismo. Las simulaciones iterativas se realizan habitualmente utilizando la técnica Monte Carlo. En una simulación, el modelo del proyecto se calcula muchas veces (mediante iteración) utilizando valores de entrada (p.ej., estimaciones de costos o duraciones de las actividades) seleccionados al azar para cada iteración a partir de las distribuciones de probabilidad para estas variables. A partir de las iteraciones, se calcula una distribución de probabilidad (p.ej., el costo total o la fecha de conclusión). Para un análisis de riesgos de costos, una simulación emplea estimaciones de costos. Para un análisis de los riesgos relativos al cronograma, se emplean el diagrama de red del cronograma y las estimaciones de la duración.



- **Juicio de expertos.** El juicio de expertos (que idealmente recurre a expertos con experiencia relevante y reciente) se requiere para identificar los impactos potenciales sobre el costo y el cronograma, para evaluar la probabilidad y definir las entradas (tales como las distribuciones de probabilidad) a las herramientas.

El juicio de expertos también participa en la interpretación de los datos. Los expertos deben ser capaces de identificar las debilidades de las herramientas, así como sus fortalezas relativas. Los expertos pueden determinar cuándo una determinada herramienta puede o no ser la más apropiada, teniendo en cuenta las capacidades y la cultura de la organización.

2.3.7.4.3 Salidas:

- **Actualizaciones al registro de riesgos.**

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

- **Análisis probabilístico del proyecto.** Se realizan estimaciones de los resultados potenciales del cronograma y costos del proyecto, enumerando las fechas de conclusión y los costos posibles con sus niveles de confianza asociados. Esta salida, a menudo expresada como una distribución acumulativa, puede utilizarse con las tolerancias al riesgo por parte de los interesados para permitir la cuantificación de las reservas para contingencias de costo y tiempo.

Dichas reservas para contingencias son necesarias para reducir el riesgo de desviación de los objetivos del proyecto establecidos a un nivel aceptable para la organización.

- **Probabilidad de alcanzar los objetivos de costo y tiempo.** Con los riesgos que afronta el proyecto, se puede estimar la probabilidad de alcanzar los objetivos del proyecto de acuerdo con el plan actual utilizando los resultados del análisis cuantitativo de riesgos.
- **Lista priorizada de riesgos cuantificados.** Esta lista de riesgos incluye los riesgos que representan la mayor amenaza o presentan la mayor oportunidad para el proyecto.



Se incluyen los riesgos que pueden tener el mayor efecto en las contingencias de costos y aquellos que tienen más probabilidad de influir en la ruta crítica. En algunos casos, estos riesgos pueden identificarse por medio de un diagrama con forma de tornado, que se genera por medio de los análisis de simulación.

- **Tendencias en los resultados del análisis cuantitativo de riesgos.** Conforme se repite el análisis, puede hacerse evidente una tendencia que lleve a conclusiones que afecten las respuestas a los riesgos. La información histórica de la organización relativa al cronograma, al costo, a la calidad y al desempeño del proyecto debe reflejar los nuevos elementos de comprensión adquiridos a través del proceso Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos. Dicho historial puede adoptar la forma de un informe de análisis cuantitativo de riesgos. Este informe puede presentarse en forma separada o integrada al registro de riesgos.



2.3.8. HERRAMIENTA VIRTUAL

2.3.8.1. Software @RISK (PALISADE, 2014)

Este es un programa revolucionario para el análisis de operaciones económicas y situaciones técnicas afectadas por el factor riesgo. Las técnicas de análisis de riesgo son consideradas desde hace tiempo útiles herramientas que han ayudado a tomar decisiones y a resolver situaciones inciertas. Tradicionalmente su uso ha sido limitado por tratarse de herramientas caras y complicadas de utilizar, y porque demandaban una gran cantidad de recursos de computación.

Sin embargo, el creciente uso de computadoras tanto en el mundo de los negocios como en el de la ciencia y la tecnología parecía indicar que estas técnicas pronto estarían a disposición de todas las personas encargadas de tomar decisiones.

Esta posibilidad finalmente se ha hecho realidad con @RISK (pronunciado “at risk”). Se trata de un sistema que introduce estas técnicas en la industria de las hojas de cálculo de Microsoft Excel. Con @RISK y Excel se puede modelar cualquier situación de riesgo, tanto en los negocios como en la ciencia o en la ingeniería, donde es usted es quien debe decidir lo que es necesario analizar, y @RISK, junto con las funciones de Excel, le permitirá diseñar modelos que se ajustarán a sus necesidades de análisis. Siempre que deba tomar una decisión o hacer un análisis con elementos inciertos, utilice @RISK, para tener una idea más concreta de lo que el futuro depara.

Tradicionalmente, los análisis han combinado las estimaciones de un solo “punto” de las variables de un modelo para predecir un solo resultado. Éste es el modelo estándar de Excel: una hoja de cálculo con una sola estimación de resultados.

Es posible que en sus estimaciones usted sea unas veces demasiado conservador y otros demasiados optimistas. La combinación de errores en las estimaciones frecuentemente resulta en la estimación de un resultado significativamente diferente de lo que finalmente sucede en la realidad. La decisión que tome basándose en los resultados “esperados” podría estar equivocada, y tal vez nunca la habría tomado si hubiera tenido una idea más completa de todos los posibles resultados. Las decisiones empresariales, técnicas, científicas... todas se basan en estimaciones y presunciones. Con @RISK podrá incluir la incertidumbre presente en las estimaciones para generar resultados que mostrarán todos los valores posibles.



@RISK utiliza una técnica denominada “simulación” para combinar todos los factores inciertos identificados en la situación que se desea modelar. De esta forma no se verá obligado a reducir a un solo número todo lo que usted conoce de una determinada variable. Ahora podrá introducir en sus estimaciones todo lo que sabe sobre una variable, incluyendo su rango completo de valores posibles y ciertas medidas de probabilidad de cada valor posible. @RISK utiliza toda esta información, junto con el modelo de Excel, para analizar los resultados posibles. Es como si pudiera llevar a cabo cientos de miles de análisis de escenarios al mismo tiempo. @RISK le permitirá ver todo lo que puede pasar en esa situación. Es como “vivir” esa situación una y otra vez, cada vez con una serie diferente de condiciones, obteniendo una serie diferente de resultados. Puede parecer que toda esta información complicaría aún más la decisión, pero no es así, ya que uno de los puntos fuertes de la simulación es su capacidad de comunicar. @RISK le dará resultados que ilustrarán gráficamente los riesgos a los que se enfrenta. Estas representaciones gráficas serán fáciles de comprender para usted y fáciles de explicar a otros. ¿Cuándo se debe utilizar @RISK? Cada vez que tenga que realizar un análisis con Excel en el que se contemplen factores inciertos, puede y debe utilizar @RISK. Las aplicaciones de este tipo de análisis en el mundo de los negocios, de la ciencia o de la ingeniería son prácticamente ilimitadas y podrá utilizar los modelos de Excel ya creados. Un análisis de @RISK se puede utilizar independientemente o como fuente de resultados para otros análisis. Piense en las decisiones que toma y en los análisis que hace cada día. Si alguna vez le ha preocupado el impacto que el factor riesgo puede tener en estas situaciones, ya sabe para lo que sirve @RISK.

La nueva versión 6.1.3 de @RISK incluye una amplia gama de mejoras, como la nueva y eficaz integración con Microsoft Project que permite realizar análisis de riesgo y simulación Monte Carlo en los calendarios de Microsoft Project, y todo desde la plataforma de @RISK para Excel. Entre las nuevas funciones se incluyen gráficos tornado más fáciles de entender, mejores opciones de gráficos, mejora del ajuste de distribuciones, nuevas funciones de distribución y mucho más.

➤ 2.3.8.1.2 Integración con Microsoft Project

La nueva versión of @RISK para Excel se integra con Microsoft Project, permitiendo realizar toda la modelación de riesgo desde un entorno más flexible como es Excel. @RISK



puede ahora importar los calendarios de Project en Excel para que usted pueda usar todas las fórmulas de Excel y las funciones de @RISK, en sus modelos de Project. Excel se convierte en la interfaz para sus calendarios de Microsoft Project, enlazando directamente con los archivos .MPP(X) subyacentes. Los cambios que haga en Project se reflejarán en Excel y viceversa. Cuando sea necesario ejecutar la simulación Monte Carlo, se usará el generador de calendarios de Microsoft Project para hacer los cálculos, asegurando así la precisión.

➤ 2.3.8.1.2 Simulación de series de tiempo

@RISK ofrece ahora una nueva serie de funciones para simular procesos de series de tiempo o de valores que cambian con el tiempo. Cualquier estimación futura de los valores de series de tiempo incluirá elementos inciertos inherentes, y @RISK permite ahora tener en cuenta esa incertidumbre al analizar todo el rango de posibles previsiones de series de tiempo de un modelo. Esto resulta de particular utilidad en las modelaciones financieras y en las simulaciones de cartera.

➤ 2.3.8.1.3 Funcionalidad de creación de modelos

Todas las distribuciones se pueden truncar para que sólo se contemplen muestras de un rango determinado de valores de esa distribución. Además, muchas de las distribuciones también pueden usar parámetros de percentil alternativos. Esto permite especificar valores de localizaciones específicos de percentiles de una distribución de entrada en lugar de los argumentos tradicionales utilizados por la distribución.

@RISK contiene sofisticadas funciones para la especificación y ejecución de simulaciones de modelos de Excel. Este programa respalda las técnicas de simulación Monte Carlo e Latino Hipercúbico, y se pueden generar distribuciones de posibles resultados de cualquier celda o rango de celdas del modelo de la hoja de cálculo. La selección de estas opciones de simulación y de los modelos de salidas se lleva a cabo en menús y cuadros de diálogo similares a los de Windows, con o sin el uso del ratón. Los resultados de las distribuciones de salida de las simulaciones de @RISK se pueden presentar en gráficos de alta resolución. Los histogramas, las curvas acumulativas y los gráficos de resumen de rangos de celdas convierten este programa en una poderosa herramienta para la presentación de resultados. Además, todos estos gráficos se pueden abrir en Excel para modificarlos o imprimirlos. Una



sola simulación puede generar un número ilimitado de distribuciones de salida, lo cual permite el análisis de cualquier hoja de cálculo, incluyendo las más extensas y complicadas. Las opciones disponibles para el control y la ejecución de simulaciones en @RISK son de las mejores que existen en el mercado. Estos comandos son:

- Muestreo con los métodos Latino Hipercúbico o Monte Carlo
- Número ilimitado de iteraciones por simulación
- Número ilimitado de simulaciones en cada análisis
- Animación de la toma de muestras y recalcular de hojas de cálculo
- Selección del número generador aleatorio
- Resultados y estadísticas en tiempo real durante la simulación

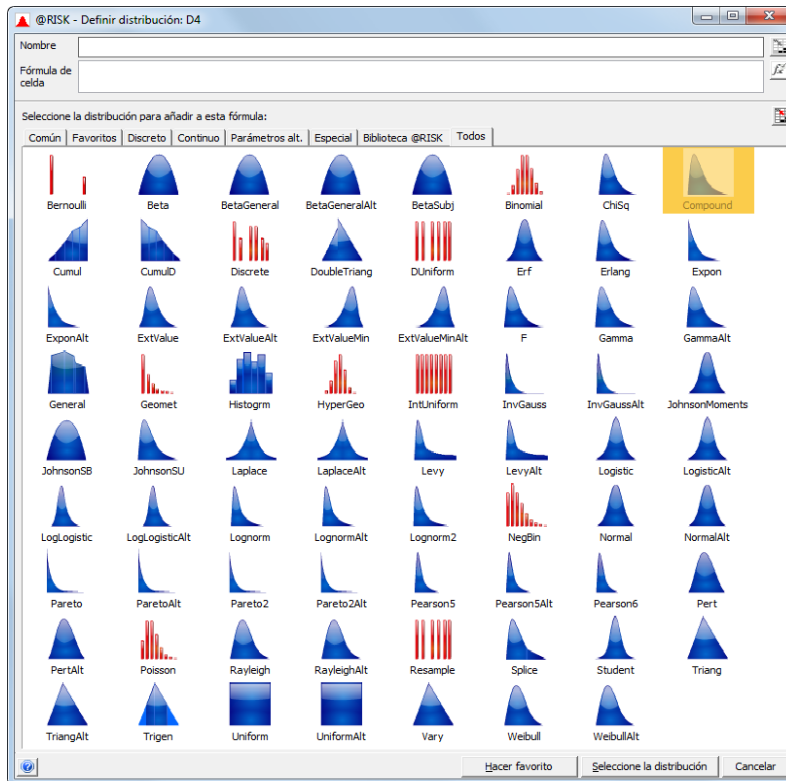
@RISK puede hacer un gráfico de una distribución de probabilidad de posibles resultados por cada celda de salida seleccionada en @RISK. Los gráficos de @RISK incluyen:

- Distribuciones de frecuencia relativa y curvas de probabilidad acumulativa
- Gráficos de resumen de múltiples distribuciones de un rango de celdas (por ejemplo, una columna o una fila de la hoja de cálculo)
- Informes estadísticos de las distribuciones generadas
- Probabilidad de que se produzcan los valores objetivos de una distribución
- Exportación de gráficos a Windows para su rediseño columna o una fila de la hoja de cálculo)

El tiempo de ejecución es importante cuando las simulaciones requieren un proceso intenso de cálculo. @RISK está diseñado para que pueda llevar a cabo las simulaciones de la forma más rápida posible mediante el uso de avanzadas técnicas de recolectada de muestras.



Grafico 2. Descripción de distribuciones disponibles en @RISK



Fuente: (PALISADE, 2014)



3. ALCANCE DEL PROYECTO

Con esta investigación se realizó un análisis cuantitativo de los diferentes riesgos constructivos que se pueden presentar en construcciones de tipo puente. Como caso de estudio se tuvo el proyecto ubicado entre los corregimientos de Pasacaballos y Barú.

Así mismo, se reconoció la importancia de tener en cuenta el control y conocimiento de los riesgos, además del manejo y la identificación de los riesgos a los que se puede enfrentar un proyecto de construcción, de tipo puente, en la ciudad de Cartagena de indias.

La investigación fue realizada durante el transcurso del segundo periodo académico del año 2014 cuando se hizo entrega de un listado de los riesgos junto a su análisis numérico, este se efectuó en hojas de cálculo de Microsoft Excel usando los resultados obtenidos por el Software @RISK versión 6 de tal forma que los análisis que se hizo en este documento sirvan a futuros proyectos de construcción y obras civiles de tipo puente, para mejorar la calidad en los procesos constructivos y reducir así los tiempos de entrega de estos.

El alcance de ésta tesis no abarcó la planificación de respuesta de riesgos, así como tampoco su control y monitoreo.



4. METODOLOGÍA

4.1 IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Esta investigación es de tipo mixta: descriptiva y analítica; descriptiva puesto que solo se recopilaron los datos en este caso los riesgos que se presentan en las construcciones de tipo puente, clasificándolos según el grado de complejidad de cada uno, es decir desde el momento mismo de la planeación para ver la incidencia en los procesos constructivos y en los tiempos de las actividades principales de la programación y ejecución de un proyecto. Y analítica ya que, con los riesgos encontrados, será necesario realizar un análisis estadístico para determinar su valoración numérica a partir de un análisis cuantitativo.

La investigación que se realizó es documental debido a que el objetivo principal era obtener nuevos resultados a lo poco que se conoce sobre riesgos, buscando después de un análisis plantear alternativas de solución a las situaciones que a diario ocurren en las obras civiles.

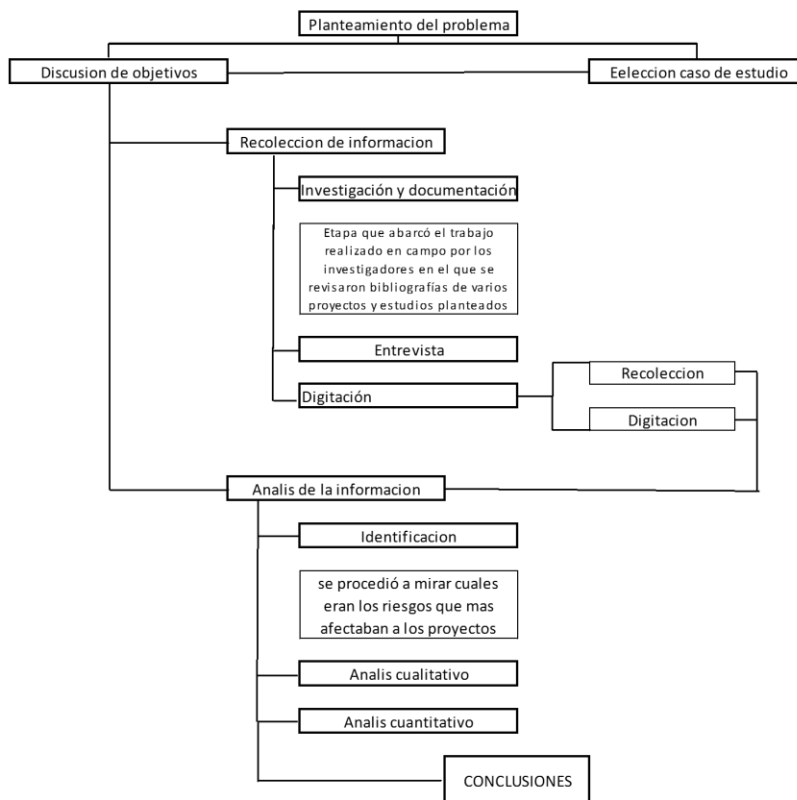
La investigación se realizó en la ciudad de Cartagena específicamente entre los corregimientos de Pasacaballos y Barú en el proyecto “puente de Barú”, en etapa de ejecución; se hizo durante el segundo periodo del año dos mil catorce.

Las técnicas que se plantean a continuación son los pasos para cumplir los objetivos que se propusieron al principio de este documento.



4.2 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Grafico 3. Esquema técnicas de la recolección de la información



Fuente: Autor



- **Caso de estudio:** se tomó como caso de estudio el Puente de Barú debido a ser un proyecto donde se contó en su momento con la disponibilidad de la información requerida para la investigación.
- **Investigación y documentación:** etapa que abarcó el trabajo realizado en campo por el investigador en el cual que se revisaron bibliografías de varios proyectos y estudios planteados por investigaciones relacionadas a nuestra área de estudio, tratando de encontrar un estudio que adoptara tanto el análisis cualitativo como el cuantitativo para evaluar si los datos obtenidos de las memorias del proyecto y el estudio estaban encaminados a lograr los objetivos específicos propuestos al inicio de este.
- **Entrevista:** la técnica empleada fue realizar entrevistas de forma personal a los ingenieros, arquitectos, director de obra por su conocimiento acerca de los posibles riesgos que se presentaron en el proceso constructivo porque fueron ellos los encargados de tomar decisiones de cambiar las especificaciones o la programación de la obra si es necesario en caso de presentarse problemas.
- **Digitación:** proceso que consistió en recopilar la información necesaria para los análisis y la inclusión de los datos en una hoja de cálculo de Microsoft Excel para luego realizar de forma fácil el estudio que permitirá ver la probabilidad de ocurrencia y la frecuencia con que se produce un riesgo y como afecta los objetivos, alcance, programación, tiempos de entrega y costos de los proyectos que estamos estudiando.

4.3. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

- **Identificación de riesgos:** una vez se recopilaron los datos en campo proporcionado por los ingenieros directores de la obra y arquitectos se procedió a mirar cuales eran los riesgos que más afectaban el proyecto, para esta identificación se puede adoptar la siguiente metodología:



- **Revisión de la documentación:** se hizo una exhaustiva investigación de la información de proyectos constructivos a los que se les ha realizado gestión de riesgos para encontrar bases que fueran de utilidad al estudio realizando.
- **Registro de los riesgos:** se hizo una lista de los riesgos con la información suministrada por las entrevistas realizadas a los ejecutores de la obra, en la que se describe con detalle los eventos que ocurrieron y/o causaron algún impacto en los tiempos de ejecución del proyecto en estudio.

Toda esta identificación permitió clasificar los riesgos en orden de importancia: alta, moderado y bajo teniendo en cuenta su incidencia sobre los objetivos de los proyectos, alcance y tiempos de entrega del producto final.

- **Análisis cualitativo:** una vez identificados y categorizados se priorizaron los riesgos teniendo en cuenta la probabilidad de ocurrencia, así como también el impacto ocasionado a los objetivos principales de los proyectos, los plazos de respuestas y la tolerancia a los riesgos asociados con las restricciones en cuanto a costos y cronograma, para aplicar la matriz de probabilidad e impacto (P/I) planteada por el PMI® en el PMBOOK y así determinar los riesgos de mayor prioridad (Intolerables) y aplicarles el análisis cuantitativo.

A continuación se muestra la metodología que se aplicó para hacer el análisis cualitativo de los riesgos en el proyecto evaluado.

- Registro de los riesgos.
- Evaluación de la calidad de los datos sobre riesgos
- Evaluación de probabilidad e impacto
- Aplicación de la matriz de probabilidad por impacto.
- Categorización de los riesgos.
- Evaluación de la vigencia de los riesgos.
- **Análisis cuantitativo:** proceso que consiste en analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto, asignándoles una calificación numérica individual, para evaluar el efecto acumulativo de todos los riesgos



que lo afectan y determinar así que métodos se pueden emplear en un proyectos en particular, determinando si se reducen o no los riesgos ya sea con más o menos acciones de respuestas, para esto se hará uso del Software @RISK el cual trabaja con las hojas de cálculo de Microsoft Excel.

Este proceso de análisis cuantitativo se dividió en dos (2) etapas descritas a continuación para una mayor comprensión del estudio realizado.

- **Selección de riesgos intolerables** se escogieron los riesgos de mayor importancia determinados por la matriz de probabilidad por impacto, realizado en el análisis cualitativo debido a que son los que necesitan una atención urgente por las repercusiones que tiene sobre el desarrollo y ejecución, donde se ven afectaciones en los costos, objetivos, alcance y tiempos de entrega de los proyectos tipo puente.
 - A continuación se muestran las categorías para la determinación de estos riesgos:
 - Técnicos
 - Externos
 - De la organización
 - Dirección del proyecto

➤ **Uso del software @RISK** este se hizo de la siguiente forma:

- **Entrada de los datos** primero se escogen los datos en este caso los riesgos con su respectiva calificación, segundo se asignan parámetros monetarios de acuerdo al presupuesto de los proyectos evaluados, tercero se escoge una distribución de probabilidad, cuarto se asigna un nivel de confianza de los datos, quinto se escoge salida de los datos y sexto se hace la simulación.
- **Resultados de las entradas** ya iniciada la simulación el @RISK realiza una serie de iteraciones, aproximadamente 5000, en las que se muestra una curva de distribución normal, una gráfica de Análisis de los resultados de las



entradas, gráficos de resumen y diagramas de cuadro para ver los riesgos y tendencias con el paso del tiempo o en múltiples rangos.



5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el análisis cuantitativo que se planteó en el objetivo principal se tomó como caso de estudio el puente de Barú, para el cual se aplicó a los riesgos identificados en campo y en oficina fue necesario realizar un análisis cualitativo en el que se describieron con detalle los riesgos que más afectaron su construcción (Conde Arrieta & Herrera Hernandez, 2012). En el puente de Barú, el cual se usó como estudio; se categorizaron y se priorizaron con la matriz de probabilidad e impacto siguiendo la metodología que plantea el PMI® para ver el impacto que estos tienen sobre los cronogramas y los presupuestos de este tipo de proyecto, buscando dar soluciones a los riesgos de mayor priorización.

A continuación, se llevaron a cabo tres etapas las cuales permitieron la creación de una base de datos que sirva de soporte al estudio realizado por el autor y a nuevas investigaciones encaminadas a la aplicación de gestión de riesgos en este tipo de proyecto.

5.1 IDENTIFICACION DE LOS RIESGOS

Luego de una minuciosa recolección de los datos, se procedió a listarlos teniendo en cuenta las siguientes categorías: técnicos, externos, de la organización y de la dirección de proyectos los cuales se muestran en el Grafico 4 Estructura de desglose de los riesgos (BRS), se evaluó la afectación y el nivel de incidencia de estos en el tiempo de ejecución del proyecto estudiado para luego categorizarlos y darle una priorización con base en la matriz de probabilidad e impacto.

Grafico 4. Estructura de desglose de los riesgos (BRS)



Fuente: (Project Management Institute, Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®)—Quinta edición, 2013)

A continuación se muestra la lista de riesgos que constituye la encuesta realizada a los ejecutores del Puente de Barú para la de nuestra investigación.

La encuesta utilizada en una adaptación de la “ENCUESTA PARA EL ESTUDIO DE COMPARACION DE RIESGOS CONSTRUCTIVOS ENTRE EL SISTEMA DE FABRICACION AVANZADA DE VIVIENDAS FAV Y EL SISTEMA TRADICIONAL” (CABARCAS & GONZALEZ, 2013) a proyectos tipo puente, supervisado por el especialista



en la construcción de puentes José Faustino España Moratto, docente de la Universidad de Cartagena.

En las siguientes tablas se muestran los riesgos identificados del proyecto:

Tabla 2. Riesgos técnicos

1	TECNICOS
1.1	Demora en la adjudicación de permisos.
1.2	Demora en la entrega de diseños que fueron cambiados.
1.3	Cambios de diseño.
1.4	Estudios incompletos
1.5	Presupuesto mal elaborado.
1.6	Replanteo desfasado
1.7	Retraso en la entrega de informes de los estudios
1.8	Suelos Inestables.
1.9	Uso del suelo inapropiado; no cumple con las especificaciones técnicas.
1.10	Agresión al medio ambiente
1.11	Calidad del trabajo defectuosa; no aceptada por parte de la interventora.
1.12	Cambios en el modelo y método constructivo.
1.13	Deficiencia al control de las actividades realizadas.
1.14	Deficiencia en los sistemas de protección como puntales, escalamiento de niveles y materiales sueltos
1.15	Deserción del personal, debido a pocas garantías laborales.
1.16	Dificultad para la aprobación de los entregables
1.17	Exceso de ruido.
1.18	Falta de control en las pruebas de las tuberías instaladas
1.19	Retraso en el pago a los contratistas y/o subcontratistas.
1.20	Trabajos vueltos a hacer por parte de la interventora.

Fuente: Autor



Tabla 3. Riesgos de la dirección de proyectos

2	DE LA DIRECCION DE PROYECTOS
2.1	Multas por retrasos
2.2	Acceso a la obra deficiente.
2.3	Demora en la definición de procedimientos de trabajo
2.4	Llegada tardía de materiales al sitio del proyecto por problemas de movilidad en la ciudad
2.5	No disponibilidad de materias primas necesarias en la ciudad
2.6	Plan de gestión de emergencias inadecuado.
2.7	Trafico abundante de vehículos y peatones.
2.8	Baja motivación de los trabajadores
2.9	Caídas del personal por EPI inadecuados (Equipos de Protección Individual).
2.10	Carencia de elementos de seguridad en las operaciones
2.11	Consumo de sustancias alucinógenas dentro y fuera del proyecto.
2.12	Deficiencia en los sistemas de protección
2.13	Disponibilidad en el momento preciso y por el tiempo requerido del personal clave debidamente calificado.
2.14	Indemnizaciones
2.15	Intervención del sindicato en el cierre u obstáculo del proyecto
2.16	Omisión de procesos de seguridad
2.17	Rotación de personal principal
2.18	Retrasos en el comienzo de la obra
2.19	Retrasos en resolución de contratos
2.20	Trabajos no programados
2.21	Entrega tardía del programa de trabajo

Fuente: Autor



Tabla 4. Riesgos de la organización

3	DE LA ORGANIZACIÓN
3.1	Siniestros
3.2	Detención de la obra por eventos políticos internacionales.
3.3	Dificultad para desalojo de desechos solidos
3.4	Limitaciones en altura
3.5	Omisión de procesos de seguridad
3.6	Cambios en el diseño del proyecto
3.7	El proyecto necesita gran inversión
3.8	No aprobación de crédito bancario
3.9	Detención por problemas de orden publico
3.10	Oposición y/o rechazo de la comunidad
3.11	Detención de la obra por desacuerdos del distrito con la comunidad

Fuente: Autor

Tabla 5. Riesgos externos

4	EXTERNOS
4.1	Baja calidad de la mano de obra.
4.2	Baja productividad de los equipos.
4.3	Entrega tardía de material ocasionada por la lejanía.
4.4	Materiales con defectos de fábrica.
4.5	Poca mano de obra calificada.
4.6	Corrosión inminente debido a la cercanía del salitre marino.
4.7	Lluvias abundantes.
4.8	Movimientos sísmicos
4.9	Disputas laborales
4.10	Los servicios públicos de agua y eléctricos, presentan fallas.
4.11	Cantidades de obras no reales
4.12	Desmotivación del personal obrero.
4.13	Indemnizaciones
4.14	Intervención del sindicato en el cierre u obstaculo del proyecto
4.15	Entrega tardía de resultados de ensayos no esperados
4.16	No existe armonía en los grupos de trabajo
4.17	Detencion por problemas de orden publico
4.18	Quejas y reclamos de la comunidad cercana al proyecto
4.19	Daños indirectos a los vecinos a la construcción

Fuente: Autor



5.2 ANÁLISIS CUALITATIVO

Atendiendo a nuestros objetivos, y en base a en la metodología propuesta por el PMI® se eligieron categorías para los riesgos que fueron encontrados dentro de nuestro proyecto de estudio, así como sus subcategorías y la descripción de estos, para tener claros los conceptos en cuanto a la realización del análisis cualitativo y posteriormente el análisis cuantitativo.

Para la caracterización de los riesgos se tuvo la orientación de la Tabla 5 “Categorización de los riesgos” que a continuación mostramos:

Tabla 6. Categorización de los riesgos

Categorías	Subcategorías	Descripción
Técnico	Requisitos	Riesgos asociados a los requisitos indispensables para el desarrollo del proyecto.
	Tecnología	Riesgos en requerimientos de tecnología no disponible en la ciudad o en el país.
	Complejidad e intereses	Riesgos asociados al nivel de complejidad de las actividades que se deben realizar para el buen desarrollo del proyecto.
	Rendimiento y fiabilidad	Riesgos asociados con la cantidad de actividades realizadas en una escala de tiempo, así como rendimiento de los materiales de acuerdo a las especificaciones.
	Calidad	Riesgos asociados a la calidad de las actividades realizadas.
Externo	Subcontratistas y proveedores	Riesgos asociados al incumplimiento, o cumplimiento tardío de las funciones o tareas realizadas por subcontratistas, así como también a los proveedores de materiales.
	Regulatorio	Riesgos asociados a los controles realizados por entidades regulatorias de la construcción.
	Mercado	Riesgos asociados con la disponibilidad en el mercado de los materiales o artículos necesarios para el desarrollo del



		proyecto, así como también con la facilidad de comercializar el mismo
	Clientes	Riesgos asociados con los cambios en las especificaciones de cada cliente.
	Condiciones climáticas y naturales	Riesgos asociados a las condiciones climáticas como lluvias, huracanes, mareas altas, desastres naturales, etc.
De la Organización	Dependencias del proyecto	Riesgos asociados con cada una de los diferentes grupos de trabajo que se necesiten para la realización completa del proyecto.
	Recursos	Riesgos asociados a la asignación que se le dan a los recursos necesarios para las actividades
	Financiación	Riesgos que comprenden la falta de financiación o sobrecosto del proyecto que detengan o impidan el progreso de la edificación
	Priorización	Riesgos asociados a las entregas tempranas a solicitud del inversionista.
Dirección del Proyecto	Estimación	Riesgos asociados con los supuestos de gran significado en el proyecto, como lo son, presupuestos, cronograma y demás.
	Planificación	Riesgos asociados a la forma en cómo se coordinan las actividades del proyecto.
	Control	Riesgos asociados al control que se realiza por parte de la gerencia, directores de obra, y a fines.
	Comunicación	



		Riesgos asociados con comunicación e información a la zona directamente afectada, así mismo como a la comunidad en general de la ciudad acerca del proyecto.
--	--	--

Fuente: Autor

Basado en la Tabla 5. Categorización de los riesgos, se procedió a dar una priorización a los riesgos evaluados, para esto fue necesario usar la matriz de probabilidad e impacto que establece el PMI® y ver así que tan fuerte fue el impacto de estos sobre el proyecto y como se ven estas afectaciones en los tiempos de entrega. En las siguientes tablas podemos ver como resultado los riesgos más intolerables, con los que se hará el posterior análisis cuantitativo por medio del software @RISK.

Tabla 7. Matriz de Probabilidad e Impacto a Riesgos Técnicos

RIESGOS TECNICOS				
RIESGO PRESENTE	PROBABILIDAD	IMPACTO	PxI	NIVEL
Demora en la adjudicación de permisos.	0,05	0,9	0,045	BAJO
Demora en la entrega de diseños que fueron cambiados.	0,2	0,7	0,14	MEDIO
Cambios de diseño.	0,05	0,3	0,015	BAJO
Estudios incompletos	0,05	0,3	0,015	BAJO
Presupuesto mal elaborado.	0,05	0,3	0,015	BAJO
Replanteo desfasado	0,05	0,3	0,015	BAJO
Retraso en la entrega de informes de los estudios	0,05	0,3	0,015	BAJO
Suelos Inestables.	0,4	0,5	0,2	ALTO
Uso del suelo inapropiado; no cumple con las especificaciones técnicas.	0,05	0,3	0,015	BAJO
Agresión al medio ambiente	0,1	0,3	0,03	BAJO
Calidad del trabajo defectuosa; no aceptada por parte de la interventora.	0,05	0,7	0,035	BAJO
Cambios en el modelo y método constructivo.	0,05	0,7	0,035	BAJO
Deficiencia al control de las actividades realizadas.	0,05	0,7	0,035	BAJO
Deficiencia en los sistemas de protección	0,05	0,7	0,035	BAJO
Deserción del personal, debido a pocas garantías laborales.	0,05	0,7	0,035	BAJO
Dificultad para la aprobación de los entregables	0,05	0,7	0,035	BAJO
Exceso de ruido.	0,1	0,1	0,01	BAJO
Falta de control en las pruebas de las tuberías instaladas	0,05	0,7	0,035	BAJO
Retraso en el pago a los contratistas y/o subcontratistas.	0,05	0,3	0,015	BAJO
Trabajos vueltos a hacer por parte de la interventora.	0,05	0,7	0,035	BAJO

Fuente: Autor



Tabla 8. Matriz de Probabilidad e Impacto a Riesgos Externos

RIESGOS EXTERNOS				
RIESGO PRESENTE	PROBABILIDAD	IMPACTO	Pxi	NIVEL
Disputas laborales	0,2	0,1	0,02	BAJO
Baja calidad de la mano de obra.	0,1	0,3	0,03	BAJO
Baja productividad de los equipos.	0,1	0,7	0,07	BAJO
Entrega tardía de material ocasionada por la lejanía.	0,4	0,7	0,28	ALTO
Materiales con defectos de fábrica.	0,05	0,3	0,015	BAJO
Poca mano de obra calificada.	0,1	0,5	0,05	BAJO
Corrosión inminente debido a la cercanía del salitre marino.	0,1	0,3	0,03	BAJO
Lluvias abundantes.	0,4	0,5	0,2	ALTO
Movimientos sísmicos	0,05	0,5	0,025	BAJO
Indemnizaciones	0,2	0,9	0,18	ALTO
Entrega tardía del resultados de ensayos y/o resultados no esperados	0,1	0,3	0,03	BAJO
Daños indirectos a los vecinos a la construcción	0,1	0,2	0,10	MEDIO
Quejas y reclamos de la comunidad adyacente a la ubicación del proyecto	0,2	0,5	0,10	MEDIO
Los servicios públicos de agua y eléctricos, presentan fallas.	0,4	0,5	0,2	ALTO
Cantidades de obras no reales	0,05	0,7	0,035	BAJO
Desmotivación del personal obrero.	0,05	0,1	0,005	BAJO

Fuente: Autor

Tabla 9. Matriz de Probabilidad e Impacto a Riesgos De la Organización

RIESGOS DE LA ORGANIZACIÓN				
RIESGO PRESENTE	PROBABILIDAD	IMPACTO	Pxi	NIVEL
Siniestros (daños en la estructura, retrasos o responsabilidades con terceros)	0,05	0,1	0,005	BAJO
Limitaciones en altura (de la org)	0,05	0,3	0,015	BAJO
Detención de la obra por eventos políticos internacionales.	0,05	0,7	0,035	BAJO
Detención de la obra por desacuerdos del distrito con la comunidad	0,1	0,3	0,03	BAJO
Dificultad para desalojo de desechos solidos	0,05	0,3	0,015	BAJO
Omisión de procesos de seguridad	0,05	0,1	0,005	BAJO
Cambios en el diseño del proyecto	0,2	0,7	0,14	MEDIO
El proyecto necesita gran inversión	0,2	0,5	0,1	MEDIO
No aprobación de crédito bancario	0,05	0,1	0,005	BAJO
Detención por problemas de orden publico	0,05	0,1	0,005	BAJO
Oposición y/o rechazo de la comunidad	0,2	0,5	0,10	MEDIO

Fuente: Autor



Tabla 10. Matriz de Probabilidad e Impacto a Riesgos De la Dirección de Proyectos

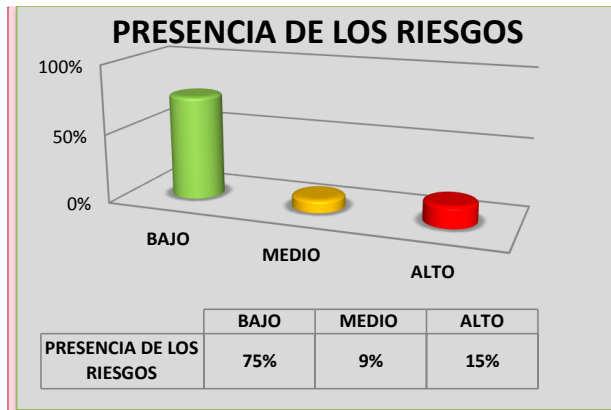
RIESGOS DE LA DIRECCIÓN				
RIESGO PRESENTE	PROBABILIDAD	IMPACTO	PxI	NIVEL
Multas por retrasos	0,2	0,5	0,1	MEDIO
Acceso a la obra deficiente.	0,2	0,3	0,06	BAJO
Demora en la definición de procedimientos de trabajo	0,05	0,7	0,035	BAJO
Llegada tardía de materiales al sitio del proyecto por problemas de movilidad en la ciudad	0,4	0,7	0,28	ALTO
No disponibilidad de materias primas necesarias en la ciudad	0,05	0,7	0,035	BAJO
Plan de gestión de emergencias inadecuado.	0,05	0,1	0,005	BAJO
Traffic abundante de vehículos y peatones.	0,05	0,1	0,005	BAJO
Baja motivación de los trabajadores	0,05	0,1	0,005	BAJO
Caidas del personal por EPI inadecuados (Equipos de Protección Individual).	0,2	0,4	0,08	BAJO
Carencia de elementos de seguridad en las operaciones	0,05	0,1	0,005	BAJO
Consumo de sustancias alucinógenas dentro y fuera del proyecto.	0,05	0,3	0,15	ALTO
Deficiencia en los sistemas de protección	0,05	0,1	0,005	BAJO
Retrasos en el comienzo de la obra, actividades y entregas del proyecto	0,05	0,1	0,005	BAJO
Retrasos en resolución de contratos	0,05	0,5	0,025	BAJO
Trabajos no programados.	0,05	0,5	0,025	BAJO
Intervención del sindicato en el cierre u obstáculo del proyecto	0,4	0,9	0,36	ALTO
Rotación de personal principal	0,2	0,5	0,1	MEDIO
Entrega tardía del programa de trabajo	0,2	0,5	0,1	MEDIO

Fuente: Autor



A continuación se muestra gráficamente los riesgos encontrados según su tipo:

Grafico 5. Presencia de los riesgos según su tipo



Comentado [i7]: Fuente

Fuente: Autor

Tabla 11 Riesgos Altos

RIESGOS ALTOS	PROBABILIDAD	IMPACTO	PxI
Entrega tardía de material ocasionada por la lejanía.	0,4	0,7	0,28
Lluvias abundantes.	0,4	0,5	0,2
Los servicios públicos de agua y eléctricos, presentan fallas.	0,4	0,5	0,2
Suelos Inestables.	0,4	0,5	0,2
Llegada tardía de materiales al sitio del proyecto por problemas de movilidad en la ciudad	0,4	0,7	0,28
Indemnizaciones	0,2	0,9	0,18
Intervención del sindicato en el cierre u obstáculo del proyecto	0,4	0,9	0,36

Fuente: Autor

5.3 ANALISIS CUANTITATIVO

Una vez priorizados y determinados los riesgos como se observa en la **Tabla 10. Riesgos Altos**, se realizó la evaluación del proyecto para uno de los aspectos importantes del proyecto: el cronograma. En este análisis del caso estudiado se calcularon dos distribuciones



probabilísticas, para el cronograma se tomó una distribución PERT para lo cual se utilizaron los comienzos optimistas, más probable y pesimista. El software @RISK exige estos valores fundamentales para realizar la simulación de esta distribución los cuales trabajan con él, se estableció un nivel de confianza en este caso 95%, ya establecidos los tiempos y el nivel de confianza se selecciona la celda de salidas de los datos ingresados y finalmente se inicia la simulación la cual nos arrojó los siguientes gráficos y tablas:

Tabla 12. Información de la Simulación

Información de resumen de simulación	
Nombre de libro de trabajo	RIESGOS-Pxl (Autosaved)
Número de simulaciones	1
Número de iteraciones	10000
Número de entradas	5
Número de salidas	5
Tipo de muestreo	Monte Carlo
Tiempo de inicio de simulación	11/12/2014 20:11
Duración de simulación	00:00:43
Generador de # aleatorio	Mersenne Twister
Semilla aleatoria	69171371

Fuente: Autor

La tabla anterior muestra la información básica utilizada para la simulación, el número de datos de entrada, de salida y el tipo del análisis; en él podemos apreciar que se realizó con una simulación de Monte Carlo y que además que se utilizaron 10.000 iteraciones.

Tabla 13. Cronograma del Proyecto

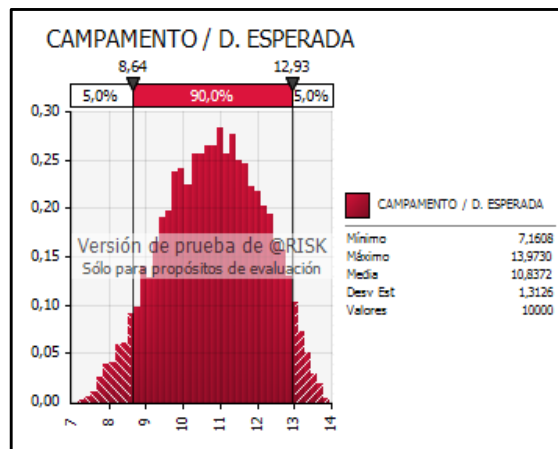
ACTIVIDAD	CRONOGRAMA DEL PROYECTO			
	D. OPTIMISTA	D. MAS PROBABLE	D. PESIMISTA	D. ESPERADA
CAMPAMENTO	7	11	14	11
PILOTAJE	88	93	96	92
CIMENTACION	50	63	68	66
ESTRUCTURA	125	131	140	134
ACCESOS	15	20	27	25

Fuente: Constructor



Teniendo en cuenta que el proyecto se ejecutó en el tiempo esperado se estableció aceptar un porcentaje de aceptación, de acuerdo a la experiencia de los colaboradores de nuestra investigación, un 5% en el cronograma.

Grafico 6. Duración Esperada - Campamento



Fuente: Autor

En esta gráfica se observa la oportunidad de finalizar la actividad “CAMPAMENTO” antes de tiempo con un 45% de probabilidad, lo cual se resume a 9 días, es decir, 2 días antes de lo esperado, del mismo modo, existe la misma probabilidad de finalizar esta actividad con un atraso de 2 días para lo cual serían 13 días la duración de la actividad.



Tabla 14. Datos resumidos para la actividad Campamento

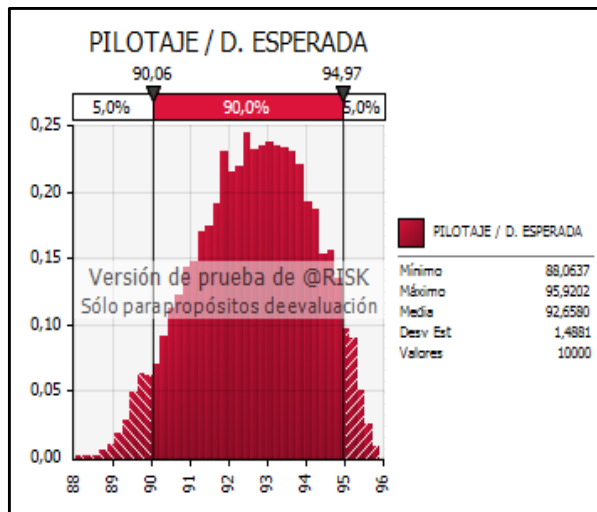
Estadísticos resumen para CAMPAMENTO / D. ESF		
Estadísticos		Percentil
Mínimo	7	5% 9
Máximo	14	10% 9
Media	11	15% 9
Desv Est	1	20% 10
Varianza	1,723016131	25% 10
Indice de sesg	-0,11473648	30% 10
Curtosis	2,35858355	35% 10
Mediana	11	40% 10
Moda	11	45% 11
X izquierda	9	50% 11
P izquierda	5%	55% 11
X derecha	13	60% 11
P derecha	95%	65% 11
Diff X	4	70% 12
Diff P	90%	75% 12
#Errores	0	80% 12
Filtro mín	Apagado	85% 12
Filtro máx	Apagado	90% 13
#Filtrado	0	95% 13

Fuente: Autor

En la tabla siguiente se encuentran todos los datos del análisis estadístico de la simulación y se observa que existe un sesgo positivo lo que significa que la gráfica se encuentra inclinada a la izquierda, así mismo podemos evidenciar los percentiles dentro de los cuales se enmarca nuestro rango de tolerancia, estos percentiles están en un rango de 9 a 95.



Grafico 7. Duración Esperada - Pilotaje



Fuente: Autor

En esta grafica se observa la oportunidad de finalizar la actividad “PILOTAJE” antes de tiempo con un 45% de probabilidad, lo cual se resume a 90 días, es decir, 2 días antes de lo esperado, del mismo modo, existe la misma probabilidad de finalizar esta actividad con un atraso de 3 días para lo cual serían 95 días la duración de la actividad.



Tabla 15. Datos resumidos para la actividad Pilotaje

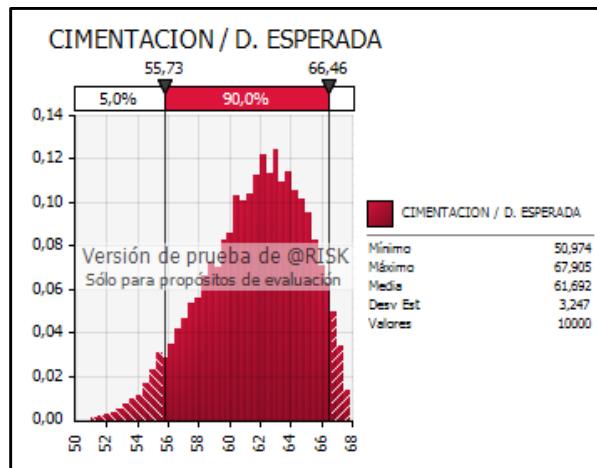
Estadísticos resumen para PILOTAJE / D. ESPERAD	
Estadísticos	Percentil
Mínimo	88 5% 90
Máximo	96 10% 91
Media	93 15% 91
Desv Est	1 20% 91
Varianza	2,214324623 25% 92
Indice de sesg	-0,211511472 30% 92
Curtosis	2,372666671 35% 92
Mediana	93 40% 92
Moda	92 45% 93
X izquierda	90 50% 93
P izquierda	5% 55% 93
X derecha	95 60% 93
P derecha	95% 65% 93
Diff X	5 70% 94
Diff P	90% 75% 94
#Errores	0 80% 94
Filtro mín	Apagado 85% 94
Filtro máx	Apagado 90% 95
#Filtrado	0 95% 95

Fuente: Autor

En la tabla siguiente se encuentran todos los datos del análisis estadístico de la simulación y se observa que existe un sesgo positivo lo que significa que la gráfica se encuentra inclinada a la izquierda, así mismo podemos evidenciar los percentiles dentro de los cuales se enmarca nuestro rango de tolerancia, estos percentiles están en un rango de 90 a 95.



Gráfico 8. Duración Esperada - Cimentación



Fuente: Autor

En esta gráfica se observa la oportunidad de finalizar la actividad “CIMENTACION” antes de tiempo con un 45% de probabilidad, lo cual se resume a 56 días, es decir, 10 días antes de lo esperado, del mismo modo, existe la misma probabilidad de finalizar esta actividad con un atraso de 1 día para lo cual serían 67 días la duración de la actividad.



Tabla 16. Datos resumidos para la actividad Cimentación

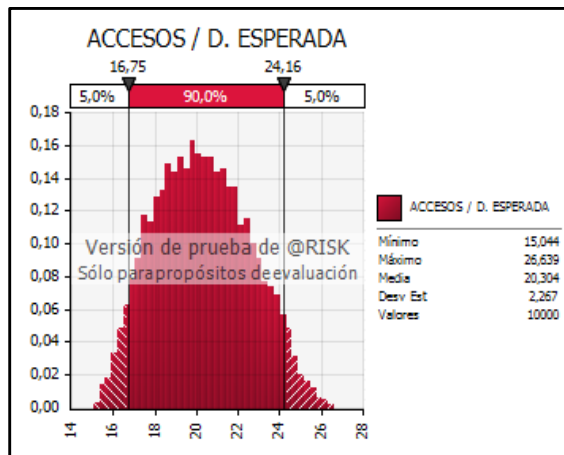
Estadísticos resumen para CIMENTACION / D. ESP			
Estadísticos		Percentil	
Mínimo	51	5%	56
Máximo	68	10%	57
Media	62	15%	58
Desv Est	3	20%	59
Varianza	10,54481839	25%	60
Indice de sesg	-0,429019129	30%	60
Curtosis	2,599272015	35%	61
Mediana	62	40%	61
Moda	63	45%	62
X izquierda	56	50%	62
P izquierda	5%	55%	62
X derecha	66	60%	63
P derecha	95%	65%	63
Diff X	11	70%	64
Diff P	90%	75%	64
#Errores	0	80%	65
Filtro mín	Apagado	85%	65
Filtro máx	Apagado	90%	66
#Filtrado	0	95%	66

Fuente: Autor

En la tabla siguiente se encuentran todos los datos del análisis estadístico de la simulación y se observa que existe un sesgo positivo lo que significa que la gráfica se encuentra inclinada a la izquierda, así mismo podemos evidenciar los percentiles dentro de los cuales se enmarca nuestro rango de tolerancia, estos percentiles están en un rango de 90 a 95.



Grafico 9. Duración Esperada - Accesos



Fuente: Autor

En esta grafica se observa la oportunidad de finalizar la actividad “ACCESOS” antes de tiempo con un 45% de probabilidad, lo cual se resume a 17 días, es decir, 8 días antes de lo esperado, del mismo modo, existe la misma probabilidad de finalizar esta actividad con un atraso de 7 días para lo cual serían 24 días la duración de la actividad.



Tabla 17. Datos resumidos para la actividad Accesos

Estadísticos resumen para ACCESOS / D. ESPERAD			
Estadísticos		Percentil	
Mínimo	15	5%	17
Máximo	27	10%	17
Media	20	15%	18
Desv Est	2	20%	18
Varianza	5,139085596	25%	19
Indice de sesg	0,155177257	30%	19
Curtosis	2,340324354	35%	19
Mediana	20	40%	20
Moda	19	45%	20
X izquierda	17	50%	20
P izquierda	5%	55%	21
X derecha	24	60%	21
P derecha	95%	65%	21
Diff X	7	70%	22
Diff P	90%	75%	22
#Errores	0	80%	22
Filtro mín	Apagado	85%	23
Filtro máx	Apagado	90%	23
#Filtrado	0	95%	24

Fuente: Autor

En la tabla siguiente se encuentran todos los datos del análisis estadístico de la simulación y se observa que existe un sesgo positivo lo que significa que la gráfica se encuentra inclinada a la izquierda, así mismo podemos evidenciar los percentiles dentro de los cuales se enmarca nuestro rango de tolerancia, estos percentiles están en un rango de 90 a 95% de aceptación.



6. CONCLUSIONES

Tomando como base las normas establecidas en la metodología del PMI, se logró identificar y valorar los posibles riesgos que podemos encontrar en nuestra investigación. Para nuestro estudio fueron utilizadas encuestas adaptadas al tipo de construcción que alberga nuestro análisis y realizadas a los principales ejecutores del proyecto “Puente de Barú”; estas entrevistas nos permitieron realizar un análisis cualitativo a los riesgos encontrados y para posteriormente realizar el análisis cuantitativo.

El análisis cualitativo consistió en la multiplicación de la probabilidad de ocurrencia de un riesgo por el impacto que pudiera generar (PxI), según se describe en el capítulo XI del PMBOOK. A partir de todo esto se pudo percibir que, para el proyecto de construcción de tipo puente, analizado en esta investigación (caso de estudio “Puente de Barú”), los riesgos encontrados en su mayoría (75%) fueron “BAJOS” y estos no representan ningún retraso significativo para el proyecto y por ende no necesitan ningún tipo de prioridad, hubo un bajo porcentaje de riesgos “MEDIOS” (9%) los cuales sugieren un nivel de atención medio lo que no significa que se deben ignorar, sino, que el tiempo puede ser medianamente dispuestos a resolver riesgos que necesiten solución inmediata y por último fueron encontrados riesgos “ALTOS” (15%) que por su alto nivel de daño perjudican en gran medida los tiempos de ejecución, evitando que los proyectos sean rentables, con calidad y rentabilidad para el constructor.

Para llevar a cabo la investigación fue necesaria la realización de una encuesta, la cual fue estructurada mediante una adaptación de la “ENCUESTA PARA EL ESTUDIO DE COMPARACION DE RIESGOS CONSTRUCTIVOS ENTRE EL SISTEMA DE FABRICACION AVANZADA DE VIVIENDAS FAV Y EL SISTEMA TRADICIONAL” (CABARCAS & GONZALEZ, 2013) a proyectos tipo puente, la cual fue supervisada y asesorada por el especialista en la construcción de puentes José Faustino España Moratto, docente de la Universidad.



Por último, se puede asegurar que tras haber obtenido una valoración de los acontecimientos que afectan los proyectos, para este caso, en la programación, se puede simular para establecer si se podría presentar un imprevisto o evento inesperado. Todas estas herramientas de anticipación nos ayudan a tomar decisiones que arrojen resultados viables sin alterar las condiciones iniciales de cada proyecto.

Comentado [18]: Complementar dando respuesta a cada objetivo específico



LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Esta investigación se enfrentó a una limitación debido a la discreción por parte de los constructores del proyecto, lo que hizo imposible realizar el análisis cuantitativo en base al presupuesto del proyecto.

Por otra parte, dentro del desarrollo de este documento fue necesario aprender el funcionamiento del programa, características de la simulación, interpretación de los datos, tablas y gráficos de salida.



8. BIBLIOGRAFIA

- Chang-Richards, Y., Guo, F., Wilkinson, S., & Cun Li, T. (2014). Effects of project governance structures on the management of risks in major infrastructure projects: A comparative analysis. *ELSEVIER*.
- Mousavi, S., Hashemi, H., Tavakkoli-Moghaddam, R., & Gholipour, Y. (2011). Identification of Risk Management System in Construction Industry in Pakistan. *JOURNAL OF MANAGEMENT IN ENGINEERING © ASCE*.
- CABARCAS, J., & GONZALEZ, C. (2013). *COMPARACIÓN DE RIESGOS CONSTRUCTIVOS ENTRE EL SISTEMA DE FABRICACIÓN AVANZADA DE VIVIENDAS FAV Y EL SISTEMA TRADICIONAL*.
- Canabal, A. (2014). Se está generando un problema de hacinamiento en la isla de Barú. *Blu radio*.
- Centro de Coordinación para la Prevención de Desastres Naturales en América Central. (2010). *Manual Centroamericano de Gestión del Riesgo en Puentes*. Ciudad de Guatemala.
- Conde Arrieta, E. E., & Herrera Hernández, G. A. (2012). *ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS CONSTRUCTIVOS EN EDIFICACIONES COMERCIALES EN LA COMUNA NORTE DE LA CIUDAD DE CARTAGENA INDIAS BAJO LA METODOLOGÍA DEL PMI*. Cartagena.
- Conde Arrieta, E., & Herrera Hernández, G. (2012). *ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS CONSTRUCTIVOS EN EDIFICACIONES COMERCIALES EN LA COMUNA NORTE DE LA CIUDAD DE CARTAGENA INDIAS BAJO LA METODOLOGÍA DEL PMI*®. Cartagena.
- Consorcio Isla de Barú. (2012). *Proyecto Vial transversal Isla de Barú*. <http://consorciovialislabaru.com.co/>.
- ELNUEVODIA. (31 de ENERO de 2012). ATRASO EN EL PUENTE EL EXITO. *EL NUEVO DIA*.
- Florez Ortega, M. (2010). Formulación de un esquema metodológico para la aplicación de la gestión de riesgos en proyectos de construcción. Cartagena.



- Goh, C. S., & Abdul, H. (2013). The Identification and Management of Major Risks in the Malaysian Construction Industry. *Journal of Construction in Developing Countries*.
- Goh, C., Abdul-Rahman, C., & Abdul Samad, Z. (2013). *Applying Risk Management Workshop for a Public Construction Project: Case Study*. Malaysia.
- Hashemi, H., Mousavi, S., & Mojtahedi, S. H. (2011). Bootstrap Technique for Risk Analysis with Interval Numbers in Bridge Construction Projects. *JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT*.
- Hernandez Albañil, H., & Espejo Mora, E. (2002). Analisis de falla. En *Mecanica de Fractura y Analisis de Falla*. Bogota: Martha Echeverri Perico.
- ICONTEC. (2006). *NORMA TECNICA COLOMBIANA*.
<http://www.mineducacion.gov.co/1621/w3-article-96894.html>.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC. (2014). *Normas Icontec (NTC 1486)*. Bogota.
- Khodakarami, V., & Abdi, A. (2013). Project cost risk analysis: A Bayesian networks approach for modeling dependencies between cost items. *ELSEVIER*.
- Ministerio del Transporte. (2005). *Caracterización del Transporte en Colombia Diagnostico y Proyectos de Transporte e Infraestructura*. Bogota.
- Molinares, L., & Velosa, C. (2012). *Diseño e implementacion de un modelo de gestion de riesgos para proyectos de construccion*. Cartagena.
- PALISADE. (SEPTIEMBRE de 2014). *Palisade*. Obtenido de Palisade:
<http://www.palisade.com/support/manuals.asp>
- Parques Nacionales. (2013). *Parque Nacional Natural Corales del Rosario y de San Bernardo*. <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/ecoturismo/region-caribe/parque-nacional-natural-corales-del-rosario-y-de-san-bernardo/>.
- PORTAFOLIO.CO. (27 de ABRIL de 2011). *PORTAFOLIO.CO*.
- Proyect Management Institute. (2013). Gestion de los Riesgos del Proyecto. En *Guia de los Fundamentos para la Direccion de Proyectos*.
- RINCON, J. C. (28 de JUNIO de 2013). Hay incertidumbre por retraso en la construcción de puente. *DIARIO DE COLIMA*.



Rodríguez Fernández, M. (2007). LA PROBLEMÁTICA DEL RIESGO EN LOS PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA Y EN LOS CONTRATOS INTERNACIONALES DE CONSTRUCCIÓN. *E-mercatoria*.

Serpella, A. F., Ferrada, X., Howard, R., & Rubio, L. (2013). Risk Management in Construction Projects: A Knowledge-based Approach. *ELSEVIER*.

Villalba Herrera, J. (2012). *ANALISIS CUALITATIVO DE FACTORES DE RIESGO EN PROYECTOS DE CONSTRUCCION DE TIPO RESIDENCIAL EN LA CIUDAD DE CARTAGENA BAJO LA METODOLOGIA DEL PMI®*. Cartagena.