

Modelos de decisión en licitaciones públicas: Caso colombiano

Miguel Ángel David Vásquez Turriago

Trabajo de grado para Optar el título de Ingeniero Civil

Director:

**Guillermo Mejía Aguilar
Ph. D. M. Sc. Ingeniería Civil**

**Universidad Industrial De Santander
Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas
Escuela de Ingeniería Civil
Bucaramanga**

2018

Dedicatoria

A Dios

Por haberme permitido llegar hasta este momento tan especial en mi vida, por los triunfos y dificultades presentadas que han contribuido para mi formación, tanto personal como profesional.

A mis padres

Miguel Ángel Vásquez Patiño y Soledad Turriago Bobadilla, por ser los pilares fundamentales en mi vida, con mucho amor y cariño, les dedico todo mi esfuerzo, en reconocimiento a su arduo sacrificio por lograr mis sueños.

A mi hermana

Chaira Liz A. Vásquez Turriago por ser mi apoyo incondicional y un ejemplo para mí.

A mis familiares

Quienes han contribuido de una u otra forma en mi formación integral para la correcta elaboración de este proyecto de grado.

A mi enamorada

María Fernanda Hernández León, por acompañarme desde el comienzo de este gran proceso como profesional, brindándome su cariño, amor y tranquilidad para superar oportunamente cada dificultad.

Tabla de Contenido

Introducción 11

1. Objetivos 13

1.1. Objetivo general..... 13

1.2. Objetivo específicos..... 13

2. Marco teórico 14

2.2. Teoría de la decisión. 16

2.2.1. Certeza, riesgo e incertidumbre. 16

2.2.2. Toma de decisiones Multicriterio 17

3. Metodología 19

3.1. Cuantificación de riesgos..... 20

3.2. Proceso de licitación pública. 23

3.3. Modelos de decisión. 27

3.3.1. Métodos basados en la Teoría de la utilidad 27

3.3.2. Métodos basados en las relaciones jerárquicas 29

4. Resultados y discusión 30

4.1. Criterios de evaluación de la matriz codificada 34

4.2. Análisis de Métodos..... 36

5. Conclusiones 47

6. Recomendaciones 49

Referencias Bibliográficas 50

Apéndices 54

Lista de Tablas

Tabla 1. Escala de comparación de pares AHP29

Tabla 2. Método de Selección.....33

Tabla 3. Unificación escala.....35

Tabla 4. Categorización del riesgo.....35

Tabla 5. Matriz de calificación del proponente.36

Tabla 6. Riesgo de estudio.....37

Tabla 7. Requisitos Definidos por la Entidad estatal.....38

Tabla 8. Información de proponentes.39

Tabla 9. Pares de alternativas frente a cada atributo.....39

Tabla 10. Pares de criterios.....41

Tabla 11. Calculo del vector prioridad de alternativas.42

Tabla 12. Razón de consistencia42

Tabla 13. Pares de alternativas frente a cada criterio.....43

Tabla 14. Pares de criterios.....43

Tabla 15. Calculo del vector prioridad de alternativas.44

Tabla 16. Razón de consistencia44

Tabla 17. Matriz de calificación de proponentes.45

Tabla 18. Matriz de calificación de proponentes Unificada.45

Tabla 19. Resultados.....46

Lista de Figuras

Figura 1. Matriz de riesgos del proceso de Licitación Pública.22

Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de licitación pública en Colombia.....24

Figura 3. Matriz de prioridades.....28

Figura 4. Operación Matricial.....28

Figura 5. Matriz de MIC MAC. Pesos criterios.....44

Figura 6. Pesos de Alternativas ante el riesgo.46

Lista de Apéndices

Apéndice A. Proceso toma de decisiones MCDM-MCDA54
Apéndice B. Matriz de riesgos.....55
Apéndice C. Matriz de riesgos.....56
Apéndice D. Tabla Valoración del riesgo.....57

RESUMEN

TITULO: MODELOS DE DECISIÓN EN LICITACIONES PÚBLICAS: CASO COLOMBIANO *

AUTOR: MIGUEL ANGEL DAVID VÁSQUEZ TURRIAGO **

PALABRAS CLAVE:

Licitación pública, toma de decisiones, riesgo.

DESCRIPCIÓN:

La contratación estatal ha sido caso de estudio significativo a nivel nacional, en virtud de la importancia de adjudicar correctamente aquel contratista que brinde las mejores condiciones relacionadas con el presupuesto, calidad, financiamiento y oportunidad, cumpliendo íntegramente todos los principios de contratación estatal dictaminados en ley 80 de 1993, de lo contrario, podría ocasionar efectos adversos trascendentales en el normal desarrollo del contrato. Dado a esto y a la complejidad de implementar visiones integrales de todo el problema, se constata la importancia de considerar múltiples criterios a fin de soportar cualquier proceso de toma de decisiones comprendido en la licitación pública.

El presente trabajo está enfocado en el planteamiento de un modelo conceptual a fin tratar los riesgos inmersos en los procesos de licitación pública, mediante métodos teóricos de decisión multicriterio; el cual permitirá jerarquizar a los oferentes respecto al riesgo a partir de atributos y criterios característicos de los mismo, los cuales serán identificados en el respectivo punto de toma de decisión del proceso de licitación pública donde se encuentra enmarcado el riesgo a tratar, y así proporcionarle a la entidad contratante en la audiencia de adjudicación otra consideración importante para una adecuada selección del contratista, brindado una mayor confianza de inversión en los proyectos de construcción en Colombia.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Guillermo Mejía Aguilar, Ph. D. M. Sc. Ingeniería Civil.

ABSTRACT**TITLE:** MODELS OF DECISION IN PUBLIC TENDER: COLOMBIAN CASE ***AUTHOR:** MIGUEL ANGEL DAVID VÁSQUEZ TURRIAGO ****KEY WORDS:**

Public tender, decision making, risk.

DESCRIPTION:

State contracting has been a case of significant study at national level, by virtue of the importance of correctly awarding the supplier that provides the best conditions related to budget, quality, financing and timeliness, fully complying with all the principles of state contracting enforced by law 80 of 1993, otherwise, it could cause transcendental adverse effects in the normal development of the contract. According to this and the complexity of implementing integrated visions of the whole problem, the importance of considering multiple criteria in order to support any decision-making process included in the public tender is confirmed.

The present document is focused in the approach of a conceptual model in order to treat the risks immersed in the processes of public tenders, by means of theoretical methods of multicriteria decision; which will allow to prioritize suppliers according to the risk based on attributes and criteria characteristics, which will be identified in the respective decision-making point of the public tender process where the risk to be treated is framed, and thus provide to the contracting entity at the adjudication hearing another important consideration for an adequate selection of the awarded supplier, providing greater investment confidence in the construction projects in Colombia.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Guillermo Mejía Aguilar, Ph. D. M. Sc. Ingeniería Civil.

Introducción

La licitación pública es una de las cinco modalidades de contratación estatal empleadas en Colombia, la cual posee una estructura unificada a nivel nacional, basada en normas jurídicas orientadas en la búsqueda de transparencia y legitimidad del contrato; sin embargo, no existen estipulaciones que exijan considerar los riesgos para la adjudicación del oferente, concediendo la oportunidad de generar impactos adversos que afecten directamente al contratista, o en su defecto a la entidad estatal, por esta razón es indispensable realizar un análisis de riesgos en el proceso licitación pública, a fin de incorporar información pertinente para una adecuada toma de decisiones.

En virtud de ello, surge la necesidad de implementar múltiples criterios para contemplar una visión general del riesgo, a través de la toma de decisiones multicriterio, la cual cuenta con numerosas clasificaciones de métodos, así como algoritmos para resolverlos.

En este estudio, se enmarcan los posibles riesgos identificados en el proceso de licitación pública en Colombia, en el cual se encuentran definidos los puntos de toma de decisiones con su respectivo ambiente de decisión, con el propósito de proporcionar mayor entendimiento del proceso y permitir establecer los criterios de evaluación para un determinado peligro.

La valoración de un criterio específico para un cierto riesgo servirá como principio de puntuación del contratista, en atención a lo cual, se propone el uso de métodos de toma de decisión multicriterio tales como el proceso de análisis jerárquico (AHP) o metodologías ELECTRE para tratar los múltiples atributos del oferente del criterio específico. Para finalmente plantear una matriz de calificación conforme con las particularidades del riesgo analizado; concediendo la posibilidad de jerarquizar a los oferentes del contrato a realizar, brindando un tratamiento del riesgo que serviría para incluirlo en las consideraciones de evaluación realizadas en la audiencia de adjudicación.

En la búsqueda de definir una forma óptima de adjudicación estatal, varios autores han formulado soluciones empleando técnicas mono criterio y multicriterio, contemplando análisis cualitativos y cuantitativos de aspectos generales del proceso de licitación pública.

1. Objetivos

Debido a los riesgos existentes en la contratación estatal, se corrobora la necesidad de considerar los posibles peligros presentes en los procesos de licitación pública de proyectos de construcción, por tanto, se plantea un modelo conceptual capaz de categorizar a los proponentes respecto al riesgo, a fin de mejorar la toma de decisiones del proceso de selección del contratista, proporcionando mayor confianza de la inversión en los proyectos de construcción.

1.1. Objetivo general.

Analizar los modelos de decisión que se pueden adoptar en el actual proceso de licitación pública de proyectos de construcción en Colombia, el cual está regido por las leyes y decretos de contratación estatal vigentes a la fecha.

1.2. Objetivo específicos.

- Identificar los modelos de decisión que subyacen en los procesos de licitación pública de proyectos de construcción en Colombia.
- Analizar el tratamiento del riesgo en los procesos de licitación.

2. Marco teórico

La licitación pública es un procedimiento de naturaleza administrativa empleado por las entidades estatales, en la cual someten a concurso público los contratos de obras o servicios, compras, adquisiciones, entre otros; para que, en igualdad de condiciones, y bajo criterios objetivos garantizados por el pliego de condiciones, los interesados presenten sus ofertas y se seleccione entre ellas la más favorable (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2011), (Congreso de Colombia, 2012), (Ministerio de Relaciones Exteriores & Ministerio de Transporte, 2014).

El proceso de licitación pública en Colombia está regido principalmente por las leyes y decretos mencionados posteriormente:

Ley 80 de 1993, Ley 1150 de 2007, Ley 1882 de 2018, Decreto 019 de 2012, Decreto 1082 de 2015, Decreto 1510 de 2013.

De acuerdo con las normas establecidas en Colombia, es posible considerar que la base fundamental de la etapa precontractual de un contrato es una adecuada toma de decisiones para la correcta selección del proponente, cumpliendo a totalidad los principios de la contratación estatal.

La toma de decisiones es considerada como una actividad inherente a la gestión de la entidad, es un proceso natural que se presenta en el día a día de una entidad o una persona; si bien, según Simón Herbert (1997), afirma que la toma de decisiones “son los procesos cognitivos que se desarrollan en la mente del individuo y que tienen como meta primaria la elección de un curso de acción que ayude a resolver algún problema”; por otra parte, se puede definir como un proceso cognitivo que involucra análisis, categorización, evaluación de alternativas, juicios y decisiones (Salinas & Rodríguez, 2011), (Karen, 2015).

La toma de decisiones en los procesos de contratación estatal es una actividad trascendental, orientada en la búsqueda del cumplimiento del objeto contractual; si bien, en muchas de las situaciones de la etapa precontractual, la decisión se encuentre frente a un riesgo, el cual puede ser previsible o no; según el Consejo Nacional de Política Económica y Social, “aquellas circunstancias

que, de presentarse durante el desarrollo y ejecución del contrato, tienen la potencialidad de alterar el equilibrio financiero del mismo, siempre que sean identificables y cuantificables en condiciones normales” (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2011, p.14), son denominados riesgos previsibles.

El riesgo está definido como la “combinación de la probabilidad de ocurrencia de un evento y la magnitud del impacto que puede causar” (Escuela Politécnica Nacional, s.f.). Yoe (2012), afirma que el riesgo es una medida de la probabilidad y la consecuencia de eventos futuros inciertos, es la posibilidad de un resultado indeseable. Por otra parte, según la norma técnica colombiana ISO 31000 lo define como el “efecto de la incertidumbre sobre los objetivos” (ICONTEC, 2011, p.9).

Theodore y Dupont (2012) afirman que el riesgo está asociado con la incertidumbre y es la razón de la evaluación y análisis de riesgos. Definiendo estas dos consecuencias respectivamente como: un proceso sistemático cualitativo y cuantitativo mediante el cual se estiman los grados de riesgos; y una técnica para la identificación, caracterización, cuantificación y evaluación de peligros (Modarres, Kaminskiy, & Krivtsov, s.f.).

El análisis cuantitativo de riesgos permite estudiar numéricamente la probabilidad y el efecto de estos sobre los objetivos generales del proyecto, concediendo un soporte para la toma de decisiones a fin de reducir la incertidumbre (Project Management Institute, 2013).

Existen tres (3) diferentes técnicas y herramientas para realizar un análisis cuantitativo de riesgos (Project Management Institute, 2013): Técnicas de recopilación y representación de datos como: Entrevista y distribuciones de probabilidad; técnicas de análisis cuantitativo de riesgos y de modelado, incluye: Análisis de sensibilidad, análisis de valor monetario esperado y Modelado & simulación, y Juicio de expertos.

Con el propósito de mejorar el tratamiento de riesgos la Agencia Nacional de Contratación-Colombia Compra Eficiente, establece la clasificación del riesgo conforme a su clase, fuente, tipo y etapa del proceso de contratación. (Colombia compra eficiente, 2013).

2.2. Teoría de la decisión.

La teoría de la decisión está orientada en el desarrollo de técnicas y métodos adecuados para la toma de decisiones, compuesta fundamentalmente por acciones y eventos que se pueden presentar como consecuencia de la elección de una alternativa (Moreno, 2011).

Toda decisión se encuentra bajo un contexto de certeza, riesgo o incertidumbre, e independientemente de la situación correspondiente, se puede afirmar que con todo conjunto de decisiones a tomar y sucesos futuros de los que depende el resultado de la decisión, es posible definir una matriz de pagos o ganancias en función de un criterio u objetivo (Rueda Armengot & Peris Ortiz, 2013), generando un modelo para emplear algún criterio de selección de la acción óptima y definir la decisión final.

Sin embargo, debido a la complejidad y necesidad de implementar visiones integrales de todo el problema, se han considerado análisis con múltiples criterios para soportar cualquier proceso de toma de decisiones; generalmente empleados en presencia de ambientes meramente económicos, características de riesgo e incertidumbre, altas dinámicas de mercados, volatilidad en los precios, diversos competidores, entre otros (Smith Quintero, R. A., Jaramillo Álvarez, G. P., Vélez Upegui, J. I., Botero Fernández, V., & Caballero Acosta, 2005).

2.2.1. Certeza, riesgo e incertidumbre.

- i) *Situaciones bajo Certeza.* Esta condición es la ideal y es caracterizada por asumir que todo es conocido o se puede estimar de tal manera que tendrá total seguridad sobre el conjunto de sucesos ocurridos en el futuro; permitiendo una adecuada optimización al considerar un conjunto de soluciones posibles que cumplen con ciertas restricciones (Smith Quintero et al., 2005).
- ii) *Situaciones Bajo Riesgo.* Smith et. al (2005), afirma que es considerado ambiente de riesgo “cuando el modelo probabilista o estocástico a utilizar para representar el comportamiento de la variable incierta es conocido” (p.16), es decir se caracteriza por contar con información de los posibles resultados futuros asociados a una alternativa y a su vez probabilidades asignables a cada uno de ellos. Es ese sentido, el riesgo se refiere a determinadas incertidumbres presentes en variables específicas que pueden afectar los resultados de un

sistema, cuyos efectos pueden ser cuantificados a través de una distribución de probabilidad (Castillo Hernandez, 2006).

iii) *Situaciones Bajo Incertidumbre*. “La incertidumbre proviene de la naturaleza probabilística o estocástica de las variables implicadas en la decisión” (Smith Quintero et al., 2005, p.17) una decisión se encuentra bajo incertidumbre cuando la verosimilitud de un evento futuro es indefinida o no calculable, es decir en situaciones donde no es posible asignarles probabilidades (Castillo Hernandez, 2006). por otra parte, Merrill y Wood (1991) definen una relación causa-efecto existente entre la incertidumbre y el riesgo, refiriéndose a incertidumbre como la condición de decisión en la cual la utilidad no está bajo su control o no puede predecirse con certidumbre, mientras que el riesgo es un peligro expuesto dado como producto de la incertidumbre (Smith Quintero et al., 2005), (Castillo Hernandez, 2006), (Merrill & Wood, 1991).

2.2.2. Toma de decisiones Multicriterio. De acuerdo con la literatura recopilada de los métodos multicriterio en toma de decisiones, es posible afirmar que existen numerosas formas de clasificarlos, así como algoritmos para resolverlos.

Una de las tantas clasificaciones de los problemas de decisiones multicriterio está dividido en dos considerables bloques según las características del respectivo problema a tratar (Pliego Martínez, 2012), estos son: 1) Toma de decisiones Multiobjetivo; 2) Toma de decisiones Multiatributo.

La toma de decisiones multicriterio (MCDM) se caracterizó en la década de los 70 por el desarrollo de los fundamentos teóricos de la programación matemática multiobjetivo y de los procedimientos de los algoritmos para la resolución de cada problema. Destacándose en este periodo, los problemas de programación lineal Multiobjetivo (Raigoza Loaiza, 2016), (Zuffo, R. dos Reis, Ferreira dos Santos, & Hussain Chaudhry, 2002).

La programación Multiobjetivo está asociado a la búsqueda de alternativas eficientes o bien conocidas como conjunto de soluciones no dominadas o conjunto de las soluciones no inferiores,

en la cual, el conjunto de decisiones es considerado continuo y los objetivos discretos en términos de funciones (Arenas Parra, Bilbao Terol, Pérez Gladish, & Rodríguez Uría, 2005).

Por otro lado, las técnicas de decisión Multiatributo, están enfocadas al análisis de problemas caracterizados por una relación atributos-objetivos simples, dejándole al decisor la acción de selección, clasificación y organización de alternativas (Pliego Martínez, 2012), (Arenas Parra et al., 2005).

Desde otra perspectiva, varios métodos de análisis multicriterio están catalogados según escuelas; los métodos de análisis de decisiones multicriterio (MCDM – Multi Criteria Decision Making) son clasificados con base a las técnicas de solución de problemas conforme a la escuela americana, y por el tipo de agregación según la corriente Europea, ésta última radica en la búsqueda de “soluciones de mejor compromiso”; diferenciándose de la escuela americana, respecto al carácter de uso y concepto multicriterio, los europeos pasaron a denominar estas herramientas como “Métodos Multicriterio de auxilio a la decisión” (Raigoza Loaiza, 2016), (Zuffo et al., 2002).

Roy B. (1981) propone tres enfoques operativos para la clasificación de métodos multicriterio:

- i)* Enfoque del criterio de aproximación único de síntesis, sin consideración de la incompatibilidad.
- ii)* Enfoque de aproximación jerárquica de síntesis, aceptando la incompatibilidad.
- iii)* Enfoque de juicio local interactivo con interacciones de tipo: prueba y error.

Según Shärling (1995), denomina los tres enfoques anteriores con los métodos de agregación utilizados: agregación completa, parcial y local respectivamente. Vincke (Vincke, 1992), los denomina respectivamente como: Teoría de la utilidad Multiatributo (MAUT). Métodos de relaciones jerárquicas (Outranking) y Métodos interactivos. Por otra parte, Zionts (1992), clasifica los métodos de análisis multicriterio en cuatro grupos: i) Programación matemática multicriterio; ii) Alternativas discretas multicriterio; iii) Teoría de la utilidad Multiatributo; y iv) Teoría de la negociación (Pardalos, Siskos, & Zopounidis, 2013).

Pardalos et al. (2013) propone otra estructura para dividir el análisis multicriterio en cuatro categorías distintas: i) Programación matemática Multiobjetivo; ii) Teoría de la utilidad Multiatributo; iii) Relaciones de las aproximaciones jerárquicas; y iv) Métodos de desagregación de preferencia.

De manera general, es posible afirmar que un problema de toma de decisiones implica alternativas, criterios, ponderaciones de criterios y un resultado de evaluación basado en una matriz de decisión. En la *Apéndice A.*, se ilustra un proceso de toma de decisiones sugerido por Wang, Jing, Zhang, & Zhao (2009), para un conjunto de métodos multiatributo, conformado básicamente por cuatro etapas: i) Formulación y selección de criterios; ii) Ponderación de criterios; iii) Evaluación; y iv) Tratamiento final y agregación.

Los métodos multicriterio parten de la formulación de alternativas y selección de criterios que se utilizara para analizar las opciones establecidas.

Seguidamente, con base en los juicios de expertos, se determinan los pesos de los criterios para mostrar la importancia relativa, corroborando la concordancia entre ellos; clasificando las alternativas por métodos MCDA con ponderaciones de criterios. Finalmente se ordenan las alternativas, si éstas son clasificadas de la misma manera por diferentes métodos, el proceso de toma de decisiones concluye, de lo contrario, se agregan de nuevo los resultados de clasificación y se selecciona el mejor esquema (Wang et al., 2009), (Wang, Jing, Zhang, Shi, & Zhang, 2008), (Ustinovichius, Zavadskas, & Podvezko, 2007).

3. Metodología

En Colombia a partir del año 2003, se establece una plataforma que permite a las entidades estatales cumplir con la obligación de publicidad de los diferentes actos expedidos en los procesos contractuales, denominado Sistema Electrónico de Contratación Pública (SECOP), el cual es administrado actualmente por la Agencia Nacional de Contratación Pública – Colombia Compra

Eficiente. “Este sistema se constituye en una herramienta que permite acercar el accionar de las entidades del estado en materia de contratación pública con el ciudadano en general” (Ministerio de Comercio Industria y Turismo, s.f.), posibilitando categorizar los contratos según el producto o servicio, modalidad de contratación, cuantía, entre otros. De tal manera se identifican todos los procesos de contratación a nivel nacional con modalidad de contratación de licitaciones públicas, que tengan por objeto (F) Servicio de instalaciones, mantenimiento y construcción de edificaciones, con la finalidad de identificar los riesgos más destacados en los proyectos de construcción en Colombia.

Con base en los procesos de contratación comprendidos en el SECOP, es posible afirmar que gran porcentaje de las entidades estatales se acoplan a las recomendaciones realizadas por la Agencia Nacional de Contratación Pública – Colombia Compra Eficiente- e incluyen una matriz con los riesgos identificados en el proceso de contratación, estableciendo su clasificación, probabilidad de ocurrencia estimada, su impacto, agente que debe asumir el riesgo, los tratamientos que se pueden realizar y las características del monitoreo más adecuado para administrarlo (Colombia compra eficiente, 2013).

En el *Apéndice B y C*. Se ilustra una matriz con los riesgos reconocidos en los procesos de licitación pública junto con las características anteriormente mencionadas.

3.1. Cuantificación de riesgos.

En vista a lo dictaminado en el artículo 88 del Decreto 2474 de 2008, por la cual demanda “*cuantificar la posible afectación de la ecuación financiera del mismo*”(Congreso de Colombia, 2012, p.44), se hace imprescindible la valoración del nivel de impacto y probabilidad de ocurrencia considerando su materialidad (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2011).

Según la Guía de los Fundamentos Para la Dirección de Proyectos (*Project Management Body of Knowledge* o PMBOK) establece realizar un análisis cuantitativo de riesgos para generar información numérica con el propósito de apoyar la toma de decisiones a fin de reducir la

incertidumbre del proyecto, mediante la técnica de juicio de expertos, quienes son personas con la experiencia adecuada, adquirida de proyectos o áreas de negocios similares.

De tal manera, las entidades públicas emplean un trabajo interdisciplinario donde convocan a los responsables de aspectos jurídicos, técnicos y financieros de la contratación a realizar, para que con fundamentos de la ocurrencia de hechos semejantes, el impacto que haya tenido su ocurrencia y la posibilidad de afectación para el proyecto, sea posible la estimación cualitativa y cuantitativa de los riesgos identificados; definiendo la probabilidad, impacto y su respectiva valoración través de metodologías pre-establecidas por la Agencia Nacional de Contratación Pública –Colombia Compra Eficiente-, el Consejo Nacional de Política Económica y Social u otro organismo asesor del gobierno en materia de desarrollo económico y social (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2011), (Project Management Institute, 2013), (Colombia compra eficiente, 2013).

Destacando que las probabilidades e impactos determinados por el juicio de expertos, no son más que ponderaciones subjetivas.

Conforme con lo anterior, en la **Figura 1.** se evidencia una matriz de los riesgos más destacados del proceso de licitación pública de proyectos de construcción junto con sus respectivas características, de los cuales, los marcados con numeral 1,2 y 5 se encuentran en función del contratista; considerando las características propias de cada uno de ellos para evaluarlos de acuerdo a los posibles criterios definidos a partir de las particularidades del riesgo analizado y el punto de toma de decisiones en el cual se encuentra enmarcado. A diferencia de estos, los riesgos descritos con el numeral 3, 4, 7 tienen atributos dependientes directamente de la entidad estatal, de los cuales se pueden estimar unos criterios, más no jerarquizar a los oferentes respecto a estos.

Si bien, la colusión en los procesos de licitación pública (numeral 5), es un riesgo asociado a los contratistas, sin embargo no es posible realizar estimaciones cuantitativas de forma subjetiva a fin de categorizarlos frente este, en vista que no existen parámetros para justificar la asignación de la puntuación, en atención a lo cual se establece tratarlo bajo condición de incertidumbre.

MATRIZ DE RIESGOS											
Número	Clase	Fuente	Etapas	Tipo	Descripción	Consecuencia de la ocurrencia del evento	Probabilidad	Impacto	Valoración	Categoría	
1	General	Externo	Selección	Operacional	Errores Cometidos del proponente en la estimación del costo y/o cronograma de actividades del proyecto	Problemas de costos y /o cumplimiento en los plazos de ejecución del contrato.	2	3	5	Alto	
2	General	Externo	Selección-Ejecución	Económico-Operacional	Ofertas artificialmente bajas Precios Por debajo del Presupuesto Oficial.	Impacto económico al contratista.	2	2	4	Bajo	
3	Específico	Interno	Selección	Regulatorios	Errores involuntarios que hayan quedado en la invitación a cotizar, especificaciones, estudios previos y demás documentos del proceso de selección	Diferencia en las condiciones contractuales	3	3	6	Alto	
4	General	Interno	Selección	Operacional	Falta de capacidad de los funcionarios de la entidad para promover la selección del contratista.	Realizar la escogencia del contratista que no cumpla los pliegos de condiciones	3	4	7	Alto	
5	General	Interno	Selección	Operacional	Incumplimiento de requisitos habilitantes	Declaración desierta del proceso	3	3	6	Alto	
6	Específico	Interno	Selección	Operacional	Riesgo de colusión por parte de los oferentes del proceso con funcionarios de la entidad.	Impedimento del normal desarrollo del proceso	1	4	5	Alto	
7	General	Externo	Selección	Legislativo	Variación en las legislaciones.	Demora en el proceso de contratación	3	1	4	Bajo	

Figura 1. Matriz de riesgos del proceso de Licitación Pública. Adaptado de Sistema Electrónico para la Contratación Pública (Ministerio de Comercio Industria y Turismo, s.f.-b).

3.2. Proceso de licitación pública.

La etapa precontractual parte de la planeación, que pretende identificar la necesidad, oportunidad, objetivos, metas y prioridades de la entidad; la cual debe ser cubierta a través de la contratación de un bien o servicio, precisando dicha necesidad en términos técnicos y económicos a fin de realizar un análisis de precios, un análisis del sector y una justificación del valor estimado del contrato, para posteriormente adquirir el certificado de disponibilidad presupuestal y proceder a la selección del contratista mediante alguna modalidad de selección (Alcaldía de Bucaramanga, 2017).

La licitación pública es una de las modalidades de selección empleadas por las entidades estatales para adjudicar contratos, este proceso tiene una estructura unificada a nivel nacional, basada en normas jurídicas orientadas en la búsqueda de transparencia y legitimidad del contrato a realizar, con el objetivo de elegir aquel contratista que presente la propuesta más favorable, de acuerdo con los factores de evaluación estipulados en el pliego de condiciones.

Con la finalidad de incluir el riesgo como un aspecto a considerar en la evaluación del proceso de selección del contratista, en el *Figura 2*, se define mediante un diagrama de flujo, el proceso de licitación pública en Colombia, el cual está regido bajo las leyes y decretos de contratación estatal vigentes a la fecha. A partir de la ilustración del proceso de licitaciones públicas adoptado por las entidades estatales en Colombia, se evidencia claramente la simplificación del análisis de identificación de los puntos de toma de decisiones, para posteriormente definir la respectiva condición de decisión característica y enmarcar cabalmente los riesgos del proceso.

Con base en la información particular de cada riesgo designado, se puede obtener criterios específicos de calificación e implementarlos en un modelo teórico de decisión para dar un estimativo más aproximado de la jerarquización de los proponentes frente a un determinado peligro.

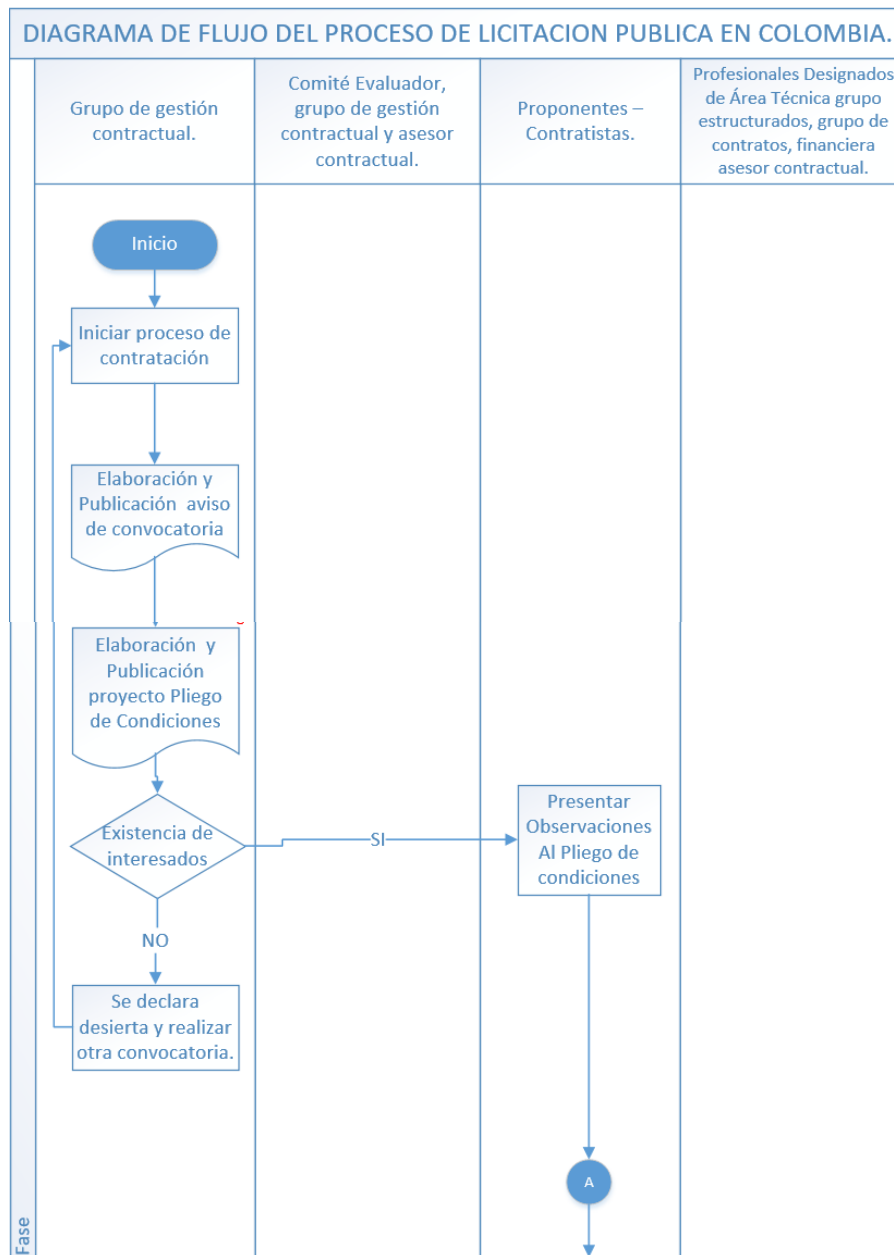


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de licitación pública en Colombia.

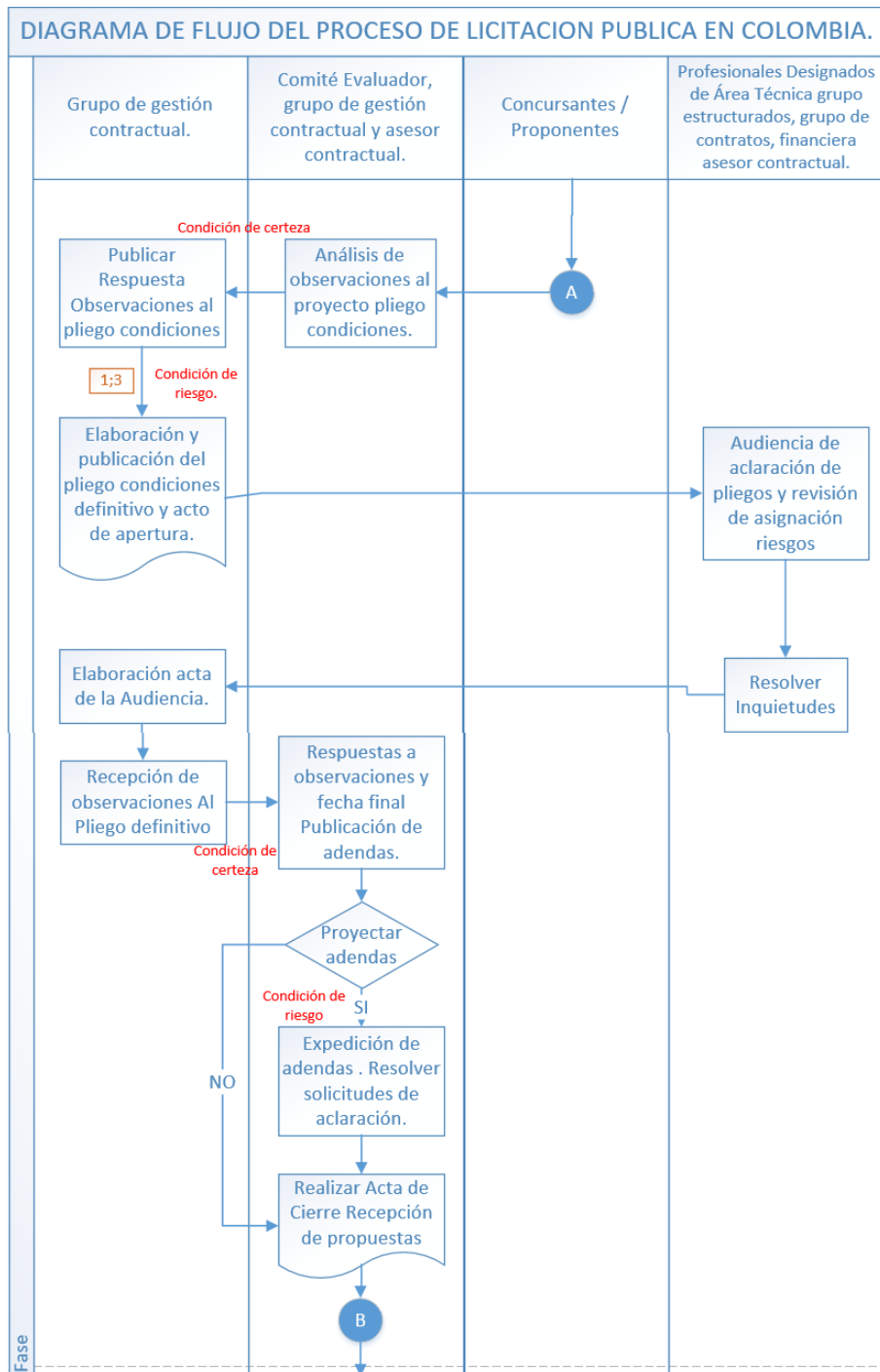


Figura 2 [Continuación]. Diagrama de flujo del proceso de licitación pública en Colombia.

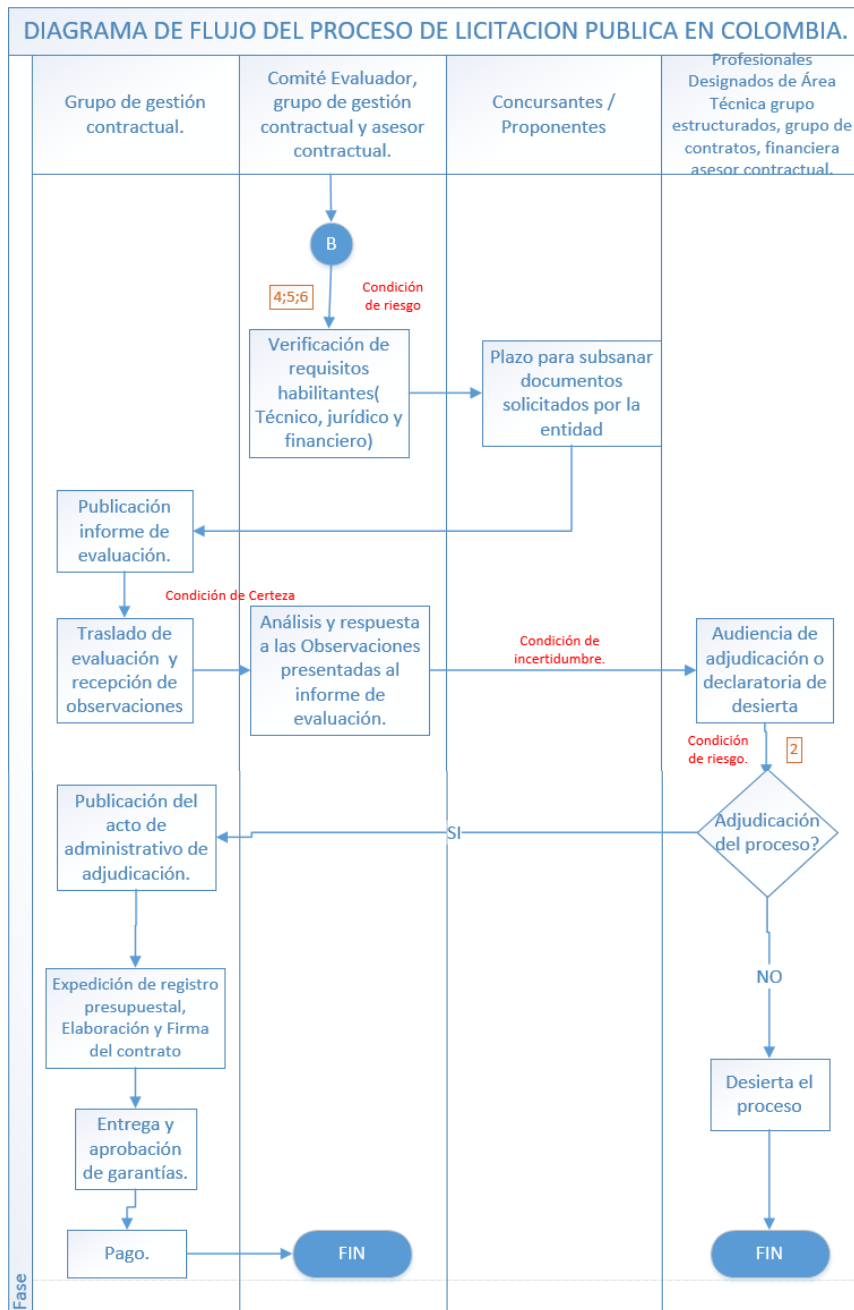


Figura 2 [Continuación]. Diagrama de flujo del proceso de licitación pública en Colombia.

3.3. Modelos de decisión.

Conforme a la literatura tratada, se identificaron dos categorías significativas según autores, para la codificación de variables: MAUT y Outranking.

3.3.1. Métodos basados en la Teoría de la utilidad. *Multiatributo (MAUT)*: Proporciona un método eficiente para obtener la utilidad de cada alternativa mediante una lista de atributos relevantes (Fishburn, 1970).

Como representante de la familia basada en la teoría de la utilidad Multiatributo se encuentra el método AHP, mediante el implemento *Expert Choice*, el cual permite la determinación de funciones de utilidad basadas en los pesos de atribuidos a los criterios (Zuffo et al., 2002).

Método de jerarquías analíticas (AHP).

El proceso de jerarquías analíticas (AHP), propuesto por Thomas L. Saaty (Saaty & Wiley, 1980), es una de las herramientas MCDM más utilizadas, diseñado especialmente para el manejo de riesgo e incertidumbre (Raigoza Loaiza, 2016), su validez está basada en la utilidad dada por tomadores de decisiones e investigadores en miles de aplicaciones actuales, donde los resultados AHP son aceptados (Wang et al., 2008), (Tzeng, Teng, Chen, & Opricovic, 2002), (Szczypińska & Piotrowski, 2008), este método está basado en un procedimiento de comparación entre pares de alternativas para cada uno de los criterios o atributos definidos, estableciendo una importancia relativa mediante la **Tabla 1.**, en la que la subjetividad, la experiencia y el conocimiento se incorporan de forma intuitiva, construyendo así, una matriz de comparación para cada atributo definido, las cuales serán normalizadas a fin de obtener los vectores de prioridad, y conformar una matriz de prioridades como se ilustra en la **Figura 3.**

	Criterio 1	Criterio 2	...	Criterio m
Alternativa 1	P_{11}	P_{12}	...	P_{1m}
Alternativa 2	P_{21}	P_{22}	...	P_{2m}
...
Alternativa n	P_{n1}	P_{n2}	...	P_{nm}

Figura 3. Matriz de prioridades. Adaptado de Marketing Applications of the Analytic Hierarchy Process (Wind & Saaty, 1980).

De igual forma, se realiza el mismo procedimiento entre pares de criterios para establecer un vector de prioridad, multiplicando la matriz prioridad con el vector obtenido de manera matricial, generando como resultado el vector prioridad de las alternativas como se ilustra en la **Figura 4** (Wind & Saaty, 1980).

$$\begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P'_1 \\ P'_2 \\ \dots \\ P'_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Pg_1 \\ Pg_2 \\ \dots \\ Pg_n \end{pmatrix}$$

Figura 4. Operación Matricial, Vector prioridad. Adaptado de Marketing Applications of the Analytic Hierarchy Process (Wind & Saaty, 1980).

Para finalizar, el proceso de análisis jerárquico contempla una consideración importante en términos de calidad de la decisión, el cual radica en el cumplimiento del coeficiente global de consistencia de la matriz inferior al 10%, permitiendo valorar la relación de los criterios entre sí, determinando su solidez y coherencia (Jiménez Moreno, 2002).

Tabla 1.
Escala de comparación de pares AHP.

Intensidad del peso	Definición	Explicación
1	Igual Importancia	Dos criterios contribuyen igualmente a los objetivos
3	Baja importancia de uno sobre otro	Experiencia y juicio ligeramente a favor de un criterio sobre otro
5	Importancia esencial o fuerte	Experiencia y juicio favorecen fuertemente a un criterio sobre otro
7	Importancia muy fuerte o demostrada	Un criterio se favorece mucho más que otro.
9	Importancia absoluta	La evidencia que favorece un criterio sobre otro es más alta, posible orden de afirmación
2,4,6,8	Valores intermedios ente dos escalas de valor adyacentes	Usado para representar el compromiso entre las prioridades enumeradas anteriormente

Adaptado de A scaling method for priorities in hierarchical structures (Saaty, 1977).

3.3.2. Métodos basados en las relaciones jerárquicas. El concepto de esta familia de métodos jerárquicos se originó debido a las dificultades halladas en diversos problemas concretos de otras técnicas multicriterio, por tanto, B. Roy y otros autores, formulando soluciones, plantearon los métodos de sobre calificación: ELECTRE y PROMETHEE, los cuales son los representantes de la escuela europea de toma de decisiones, en oposición a la escuela americana (Carlos Zuffo, 2010), (Kangas, Kangas, & Pykäläinen, 2001).

Estos métodos de sobre calificación son recomendables emplearlos en problemas de selección complejos que involucren múltiples criterios y participantes (Kangas et al., 2001), son capaces de considerar el riesgo y la incertidumbre, permiten modelar las preferencias del decisor de una manera óptima y proporcionan una visión clara en la estructura del problema (Behzadian, Kazemzadeh, Albadvi, & Aghdasi, 2010).

4. Resultados y discusión

Puntos de toma de decisiones del proceso de licitación pública en condición bajo riesgo.

- a) **Elaboración y Publicación proyecto del pliego de condiciones.** Tiene como propósito suministrar al público en general la información detallada que le permita formular observaciones al contenido del proyecto pliego de condiciones, el cual consta de: objeto de contratación, modalidad de selección; criterios de evaluación, garantías, términos, condiciones, minuta del contrato, términos de interventoría, presupuesto, cronograma, estimación tipificación y tratamiento de riesgos, condición costo / calidad considerada por la entidad para la selección objetiva, de acuerdo a la modalidad de selección del contratista, entre otros (Departamento Nacional de Planeación, 2015) (Congreso de la República de Colombia, 2007); concediendo la posibilidad de presentarse ausencia de oferentes dado a las especificaciones estipuladas en el proyecto del pliego de condiciones por parte de la entidad estatal. Riesgo 5, descrito en el *Apéndice C*.
- b) **Publicación de acto de apertura y de pliego de condiciones definitivo.** Con la finalidad de valorar las propuestas de los oferentes, se lleva a cabo el acto administrativo de apertura del proceso de selección, el cual debe ser publicado con antelación a la publicación de los pliegos de condiciones definitivos o simultáneamente; este debe señalar el objeto de contratación, modalidad de selección, cronograma, CDP, los estudios, documentos previos y a su vez podrá incluir los temas tratados en las observaciones del proyecto de pliego de condiciones, entre otros (Departamento Nacional de Planeación, 2015). Esta decisión está asociada a las probabilidades subjetivas de los riesgos 1 y 3 descritos en el *Apéndice B*, concediendo la posibilidad de alterar el equilibrio financiero del contrato, afectando directamente al contratista, o en su defecto a la entidad estatal.

- c) **Verificación de requisitos habilitantes.** Consta de una revisión de un sobre, que incluyen los documentos relacionados con el cumplimiento de los requisitos habilitantes contemplados en el pliego de condiciones definitivo para la participación en el proceso de selección, donde son evaluados conforme con las pautas establecidas en dicho pliego, sin otorgar puntaje para la selección del contratista. Sin embargo, no es suficiente únicamente chequear a los oferentes ante unos requisitos, puesto que un contratista puede ser más vulnerable a un riesgo que otro oferente, por ende se propone las metodologías de cuantificación de riesgos descritas en el PMBOK para otorgar elementos adecuados para una apropiada toma de decisiones (Congreso de Colombia, 2012), (Congreso de la República de Colombia, 2007), (Departamento Nacional de Planeación, 2015), (Departamento Nacional de Planeación, 2013).
- i) *Verificación de aspectos jurídicos.* Esta evaluación tiene por objeto, el estudio de la documentación para verificar el cumplimiento de los requisitos exigidos por la ley, sus reglamentos y el pliego de condiciones en los aspectos jurídicos; el cual habilita o no la propuesta para la evaluación de los factores relacionados más adelante.
- ii) *Verificación de la experiencia del proponente.* La experiencia está relacionada directamente con el objeto, alcance y cuantía del contrato a realizar; la cual se podrá acreditar durante la vida jurídica de la empresa y la profesional de la persona natural. Para acreditar la experiencia, los contratos deben estar inscritos en el Registro Único de Proponentes como contrato ejecutado - finalizado y clasificado con alguno de los códigos establecidos por el RUP.
- La entidad generalmente establece la experiencia del contratista a partir de un valor igual o superior al 100% del presupuesto oficial del contrato actual en las obras ya ejecutadas.
- iii) *Verificación de los aspectos financieros.* Se efectúa con el fin de revisar el manejo financiero y la realidad económica de la empresa, para tal efecto se examina la información financiera reflejada en el Registro Único de proponentes.

Los indicadores financieros requeridos son tomados de conformidad al estudio del sector, el cual realiza un análisis económico de la zona para la celebración de contratos e indicadores de inversión en obras civiles; tales indicadores son:

- Índice de Liquidez: Capacidad que tiene un proponente para cumplir con sus obligaciones de corto plazo.
- Índice de Endeudamiento: Grado de endeudamiento en la estructura de financiación del proponente.
- Razón de Cobertura de Intereses: Refleja la capacidad del proponente de cumplir con sus obligaciones financieras.

a) *Verificación de la capacidad Organizacional.* Esta evaluación mide la aptitud del proponente para cumplir oportunamente y cabalmente el objeto del contrato en función de su organización interna. De acuerdo con lo establecido en el decreto 1510 de 2013, los siguientes indicadores son capaces de medir el rendimiento de las inversiones y la eficiencia en el uso del interesado.

- Rentabilidad sobre patrimonio: Capacidad de generar utilidades operacionales por cada peso invertido en el patrimonio, por ende, a mayor rentabilidad sobre el patrimonio, mayor es la rentabilidad de los accionistas y mejor la capacidad organizacional del proponente.
- Rentabilidad sobre activos: Capacidad de generar utilidades por cada peso invertido en el activo, por ende, a mayor rentabilidad sobre activos, mayor es la rentabilidad del negocio y mejor la capacidad organizacional del proponente.

Está etapa del proceso de licitación pública es trascendental para continuar con la valoración del proponente, estimando cuales son los contratistas más aptos para llevar a cabo el objeto contractual considerando los posibles riesgos (4, 5, 6) descritos en el *Apéndice C*. En búsqueda de eludir los sobrecostos y retrasos del cronograma (Congreso de Colombia,

2012), (Congreso de la República de Colombia, 2007), (Departamento Nacional de Planeación, 2015), (Departamento Nacional de Planeación, 2013).

d) Audiencia de adjudicación o declaratoria de desierta.

En esta audiencia se analiza el segundo sobre que incluye únicamente la propuesta económica de conformidad con todos los requisitos exigidos en el pliego de condiciones, la evaluación de las ofertas económicas se realiza a través de algún mecanismo escogido mediante el método aleatorio que se establezca en dicho pliego (Tabla 2); el método de valoración se selecciona a partir de los decimales de la Tasa Representativa del Mercado (TRM) calculada por la superintendencia financiera el día que establezca la entidad estatal, dejando expuesto el proceso a la incertidumbre y a la vez, al riesgo si han de presentarse propuestas artificialmente bajas, como está descrito el riesgo 2 del *Apéndice B*. (Toscano Hurtado, 2005).

Tabla 2.
Método de Selección.

Rango	Número	Método
De 0.00 a 0.24	1	Media aritmética
De 0.25 a 0.49	2	Media aritmética alta
De 0.5 a 0.74	3	Media geometría con presupuesto oficial
De 0.75 a 0.99	4	Meno valor

Adaptado de A scaling method for priorities in hierarchical structures (Saaty, 1977).

Conociendo detalladamente los puntos de toma de decisión en la condición de interés, se pueden estipular los parámetros y criterios dependientes de cada riesgo, teniendo así, los insumos necesarios para plantear una matriz de calificación de contratistas a razón de los riesgos presentados en el proceso de selección como se ilustra en la *Tabla 5*.

4.1. Criterios de evaluación de la matriz codificada

La evaluación del contratista ante la descripción del riesgo y consecuencia del evento en caso de ocurrencia, pueden ser estimadas de forma cuantitativa mediante metodologías abreviadas como el enjuiciamiento directo, esta cuantificación debe ser tratada por personas expertas en temas de riesgos, valorando de forma subjetiva a los contratistas, otorgando una puntuación de 0 a 100 en términos de la decisión final, siendo 100 el valor para el contratista más apto. Una herramienta formidable para este tipo de estudios es el Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF), permitiendo dar una mejor aproximación a los valores proporcionados por las personas habilitadas a realizar el enjuiciamiento.

El impacto y la probabilidad de ocurrencia concernientes a los proyectos de construcción son características propias, definidas para cada riesgo a través de un análisis cuantitativo de riesgos, realizado por medio de alguna técnica y/o herramientas que se acople al nivel de información conocido; en la presente investigación, se evidenció que las entidades estatales emplean la metodología de panel de expertos basados en las especificaciones contenidas en el *Apéndice D*, para cumplir con los requisitos establecidos en el artículo 88 del Decreto 2474 de 2008, concediendo valores en el rango 1 a 5 para las características anteriormente mencionadas.

Para el planteamiento del modelo conceptual procedente de la matriz de riesgos, se considera indispensable establecer uniformidad de escalas de puntuación para dejarlo en términos de la decisión final, en vista que se tienen diferentes grados de calificación. De forma similar se analizan los procesos de evaluación de impacto ambiental, estimando una escala de unificación adecuada, tanto para valores cuantitativos como cualitativos.

A continuación, en la *Tabla 3* se sugiere la siguiente escala de puntuación para cada grado de impacto y probabilidad de ocurrencia.

Tabla 3.
Unificación escala.

Probabilidad	Impacto	Puntuación
1	1	100
2	2	80
3	3	60
4	4	40
5	5	20

La valoración del riesgo se determina a partir de los resultados obtenidos de la cuantificación del impacto y la probabilidad de ocurrencia; en el *Apéndice D*, se encuentra descrito detalladamente la clasificación para cada estimación numérica, a fin de establecer combinaciones de estos dos factores y definir la categoría del riesgo, tal cual como se encuentra ilustrado en la *Tabla 4*.

Tabla 4.
Categorización del riesgo.

Valoración del riesgo	Categoría	Puntuación
2,3 y 4	Riesgo Bajo	100
5	Riesgo Medio	75
6 y 7	Riesgo Alto	50
8, 9 y 10	Riesgo Extremo	25

Adaptado de Manual para la Identificación y Cobertura del Riesgo en los Procesos de Contratación (Colombia compra eficiente, 2013).

Se sugiere atribuir las apreciaciones presentadas en la *Tabla 4*. Para las categorías de riesgo precisadas en la misma.

Tabla 5.
Matriz de calificación del proponente.

Porcentaje	%Pesos	%Pesos	%Pesos	%Pesos	%Pesos	%Pesos	%Pesos
Alternativas	Evaluación frente al riesgo	Consecuencia del evento	Probabilidad de ocurrencia	Impacto	Valoración del riesgo	Criterio específico 1 del riesgo	Criterio específico N del riesgo
Contratista1							
Contratista2							
:							
:							
Contratista N							

4.2. Análisis de Métodos

La toma de decisiones en los procesos de licitación pública resulta ser un actividad fundamental para elegir lo “mejor” entre lo posible, por tanto, sería un razonamiento muy conservador si se seleccionara aquel contratista que presentara la mejor relación Costo-Beneficio, en atención a lo cual, se hace indispensable considerar múltiples objetivos para brindar un adecuado veredicto; sin embargo en la práctica resulta bastante complejo, y muchas veces imposible determinar funciones objetivas a optimizar, mientras que es relativamente sencillo identificar las variables y los atributos que intervienen y/o que tienen cierta importancia en el proceso de decisión; por tal motivo, en la práctica, la mayor parte de los métodos analizados y utilizados son los métodos de toma de decisiones Multiatributo.

De tal manera, los criterios característicos de un determinado riesgo se pueden tratar a través de la codificación de variables, empleando métodos como el AHP, ELECTRE o PROMETHEE, dejando los resultados en términos del de la decisión final, para posteriormente asignar pesos a los criterios de la matriz de calificación mediante el método MIC MAC o Vester, los cuales sirven para establecer la importancia relativa de criterio sobre otro, proporcionando el peso para cada factor de calificación, con el propósito de que el decisor tenga la posibilidad de evaluar horizontalmente a cada uno de los oferentes como se plantea en la matriz resultante ilustrada en la **Tabla 5**, el cual representa un modelo de decisión conceptual para tratar el riesgo en los procesos de licitación pública.

Finalmente, es posible emplear un criterio final de decisión como el criterio del valor esperado, para minimizar o maximizar la esperanza matemática y definir la jerarquización de los oferentes según la estructura de preferencias.

A continuación se ejemplifica el tratamiento propuesto con uno de los riesgos identificados.

Ejemplificación.

Un municipio de Colombia ofertó el contrato que tiene por objeto “Construcción, adecuación y remodelación del centro de salud café Madrid”, estableciendo como modalidad de contratación la licitación pública.

En el caso de estudio se analizará uno de los riesgos identificados en el proceso de selección; el cual se presenta detalladamente en la Tabla 6.

Tabla 6.
Riesgo de estudio.

Descripción							
Incumplimiento de requisitos habilitantes							
Consecuencia							
Declaración desierta del proceso							
Clasificación				Características			
Clase	Fuente	Etapas	Tipo	Probabilidad	Impacto	Valoración	Categoría
General	Interno	Selección	Operacional	3	3	6	Alto

La descripción del riesgo facilita precisar una posible clasificación del mismo, en cuanto a su Clase, Fuente, Tipo y la etapa del proceso, conforme al Manual de riesgos sugerido por Colombia Compra Eficiente.

La cuantificación de las características del riesgo es tratada con base en los argumentos y ponderaciones definidas por expertos de la entidad estatal contratante que se encuentren a cargo del proceso de licitación pública con base en el *Apéndice D*, fijando valores para este caso de 60 punto para el impacto y la probabilidad de ocurrencia de acuerdo con la *Tabla 3*. Para definir una medida cuantitativa a la categoría en términos de la decisión final, se toma la valoración establecida en la *Tabla 4*, atribuyéndole al riesgo de estudio una puntuación de 50.

A fin de obtener más criterios de calificación del oferente, es fundamental enfocarse en la *Figura 2*. El cual permite enmarcar el riesgo de análisis en el proceso de licitación pública, identificando que se encuentra enmarcado en la etapa denominada “Verificación de requisitos habilitantes”, permitiendo definir los posibles criterios de calificación del proponente, y ponderarlos en la matriz de valoración final.

- 1) Criterio Capacidad Financiera
- 2) Criterio Capacidad Organizacional.

De acuerdo con los criterios anteriormente establecidos, se presentan en la *Tabla 7* los indicadores mínimos definidos por la entidad estatal y posteriormente los pertenecientes a cada proponente a fin de aplicar el método: Proceso de Análisis Jerárquico (AHP).

Tabla 7.
Requisitos Definidos por la Entidad estatal.

Capacidad Financiera	
Índice Liquidez	> 1,5
Índice Endeudamiento	< 70%
Razón de Cobertura	>3
Capacidad de organización	
Rentabilidad sobre Activos	> 2 %
Rentabilidad sobre Patrimonio	> 5 %

Tabla 8.
Información de proponentes.

Atributos	Criterio Capacidad Financiera			C. Capacidad Organización	
	Índice de Liquidez	Índice de Endeudamiento	Razón cobertura	Rentabilidad sobre activos	Rentabilidad sobre Patrimonio
Proponentes					
Consorcio 1	12,78	0,21	15,69	20,46	25,87
Consorcio 2	91,78	0,10	20,17	6,72	7,49
Consorcio 3	4,46	0,40	5,10	15,56	25,91
Consorcio 4	78,88	0,25	8,41	16,94	22,45
Consorcio 5	8,17	0,62	65,38	9,32	24,85

Conociendo los criterios a tratar, se procede a realizar un análisis por pares de alternativas para cada uno de los atributos contemplados en la **Tabla 8**, estableciendo una importancia relativa con la herramienta propuesta por Saaty (1977) ilustrada en la **Tabla 1**; primeramente, se realizará un análisis de la capacidad financiera, estableciendo la jerarquización de proponentes según el criterio recién mencionado.

Tabla 9.
Pares de alternativas frente a cada atributo.

Atributo	Índice de Liquidez.										Vector prioridad
Contratistas	Matriz de comparación.					Matriz Normalizada					
	Consorcio 1	Consorcio 2	Consorcio 3	Consorcio 4	Consorcio 5	Consorcio 1	Consorcio 2	Consorcio 3	Consorcio 4	Consorcio 5	
Consorcio 1	1,00	0,14	3,00	0,33	3,00	0,10	0,08	0,14	0,07	0,21	0,12
Consorcio 2	5,00	1,00	9,00	3,00	7,00	0,52	0,58	0,43	0,62	0,49	0,53
Consorcio 3	0,33	0,11	1,00	0,20	0,33	0,03	0,06	0,05	0,04	0,02	0,04
Consorcio 4	3,00	0,33	5,00	1,00	3,00	0,31	0,19	0,24	0,21	0,21	0,23
Consorcio 5	0,33	0,14	3,00	0,33	1,00	0,03	0,08	0,14	0,07	0,07	0,08

Tabla 9. [Continuación].

Atributo		Índice de Endeudamiento									
Contratistas	Matriz de comparación.					Matriz Normalizada					Vector prioridad
	Consortio 1	Consortio 2	Consortio 3	Consortio 4	Consortio 5	Consortio 1	Consortio 2	Consortio 3	Consortio 4	Consortio 5	
Consortio 1	1,00	0,33	3,00	3,00	5,00	0,21	0,17	0,21	0,39	0,24	0,24
Consortio 2	3,00	1,00	7,00	3,00	9,00	0,62	0,52	0,49	0,39	0,43	0,49
Consortio 3	0,33	0,14	1,00	0,33	3,00	0,07	0,07	0,07	0,04	0,14	0,08
Consortio 4	0,33	0,33	3,00	1,00	3,00	0,07	0,17	0,21	0,13	0,14	0,14
Consortio 5	0,20	0,11	0,33	0,33	1,00	0,04	0,06	0,02	0,04	0,05	0,04

Atributo		Razón de cobertura									
Contratistas	Matriz de comparación.					Matriz Normalizada					Vector prioridad
	Consortio 1	Consortio 2	Consortio 3	Consortio 4	Consortio 5	Consortio 1	Consortio 2	Consortio 3	Consortio 4	Consortio 5	
Consortio 1	1,00	0,33	3,00	3,00	0,20	0,10	0,07	0,13	0,21	0,11	0,12
Consortio 2	3,00	1,00	7,00	3,00	0,33	0,31	0,21	0,30	0,21	0,19	0,24
Consortio 3	0,33	0,14	1,00	0,33	0,11	0,03	0,03	0,04	0,02	0,06	0,04
Consortio 4	0,33	0,33	3,00	1,00	0,14	0,03	0,07	0,13	0,07	0,08	0,08
Consortio 5	5,00	3,00	9,00	7,00	1,00	0,52	0,62	0,39	0,49	0,56	0,52

En la Tabla 9, se presenta la matriz de comparación, la matriz normalizada y el respectivo vector de prioridad de cada atributo, a fin de conformar la matriz de prioridad la cual se multiplica matricialmente con el vector prioridad de criterios, calculado conforme a la comparación entre pares de criterios como se observa en la Tabla 10, y así obteniendo como resultado del análisis, el vector prioridad de alternativas, el cual hace referencia a los “pesos” de cada proponente frente al criterio global denominado Capacidad Financiera, como se encuentra representado en la Tabla 11.

De acuerdo con el método de Saaty (1977), se verifica que los juicios tengan validez y no existan incoherencias entre las opiniones pareadas, a través del grado de consistencia como se ilustra en la Tabla 12; considerando valores inferiores a 0.1 como aceptables, y los valores superiores remitirlos a reevaluación de juicios. Esta razón de consistencia es calculada como:

$$RC = \frac{IC}{IA} \tag{1}$$

Donde IC es el índice de consistencia de comparaciones calcula mediante la ecuación (2) y IA es el índice de cociente de consistencia calculado según autores como en la formula (3).

$$IC = \frac{Nmax - n}{n - 1} \tag{2}$$

$$IA = \frac{1,98 (n - 2)}{n} \tag{3}$$

Siendo n el número de alternativas o criterios según corresponda y Nmax un valor calculado de la ecuación (4).

$$A W = nmax W \tag{4}$$

Tabla 10.
Pares de criterios.

Criterios	Matriz de comparación de criterios			Matriz Normalizada		Vector prioridad Criterios	
	Índice de Liquidez	Índice de endeudamiento	Razón de Cobertura	Índice de Liquidez	Índice de endeudamiento	Razón de Cobertura	
Índice de Liquidez	1,00	3,00	0,33	0,23	0,33	0,22	0,26
Índice de endeudamiento	0,33	1,00	0,20	0,08	0,11	0,13	0,11
Razón de Cobertura	3,00	5,00	1,00	0,69	0,56	0,65	0,63

Tabla 11.
Calculo del vector prioridad de alternativas.

Matriz de Prioridad	Criterios			Vector prioridad	Resultado	
	Proponentes	I.Liquidez	Endeudamiento		R.Cobertura	Proponentes
Consortio 1	0,12	0,24	0,12	0,26	Consortio 1	13,7%
Consortio 2	0,53	0,49	0,24	* 0,11	= Consortio 2	34,3%
Consortio 3	0,04	0,08	0,04	0,63	Consortio 3	4,4%
Consortio 4	0,23	0,14	0,08		Consortio 4	12,4%
Consortio 5	0,08	0,04	0,52		Consortio 5	35,2%

Tabla 12.
Razón de consistencia.

Consistencia de la matriz Índice de Liquidez		Consistencia de la matriz Índice endeudamiento		Consistencia de la matriz Razón de cobertura		Consistencia de la matriz pares de criterios	
N Max	5,234	N Max	5,275	N Max	5,290	N Max	3,06
IC	0,058	IC	0,069	IC	0,073	IC	0,03
IA	0,660	IA	0,660	IA	0,660	IA	0,66
RC	0,089	RC	0,099	RC	0,100	RC	0,042

Una vez calculado el vector prioridad de los consorcios respecto a la Capacidad Financiera, y rectificando la razón de consistencia de los juicios realizados, se procede a emplear el mismo procedimiento planteado por Saaty (1977) para el criterio de calificación nombrado Capacidad de organización, el cual sólo se identificaron dos atributos para realizar la respectiva evaluación, denominados como: 1) Rentabilidad sobre Activos, y 2) Rentabilidad sobre Patrimonio.

Tabla 13.
Pares de alternativas frente a cada criterio.

Criterio		Rentabilidad sobre Activos									
Contratistas	Matriz de comparación.					Matriz Normalizada					Vector prioridad
	Consortio 1	Consortio 2	Consortio 3	Consortio 4	Consortio 5	Consortio 1	Consortio 2	Consortio 3	Consortio 4	Consortio 5	
Consortio 1	1,00	9,00	3,00	3,00	7,00	0,52	0,47	0,39	0,60	0,49	0,49
Consortio 2	0,11	1,00	0,33	0,33	0,33	0,06	0,05	0,04	0,07	0,02	0,05
Consortio 3	0,33	3,00	1,00	0,33	3,00	0,17	0,16	0,13	0,07	0,21	0,15
Consortio 4	0,33	3,00	3,00	1,00	3,00	0,17	0,16	0,39	0,20	0,21	0,23
Consortio 5	0,14	3,00	0,33	0,33	1,00	0,07	0,16	0,04	0,07	0,07	0,08

Criterio		Rentabilidad sobre Patrimonio									
Contratistas	Matriz de comparación.					Matriz Normalizada					Vector prioridad
	Consortio 1	Consortio 2	Consortio 3	Consortio 4	Consortio 5	Consortio 1	Consortio 2	Consortio 3	Consortio 4	Consortio 5	
Consortio 1	1,00	5,00	0,33	3,00	3,00	0,21	0,24	0,17	0,21	0,39	0,24
Consortio 2	0,20	1,00	0,11	0,33	0,33	0,04	0,05	0,06	0,02	0,04	0,04
Consortio 3	3,00	9,00	1,00	7,00	3,00	0,62	0,43	0,52	0,49	0,39	0,49
Consortio 4	0,33	3,00	0,14	1,00	0,33	0,07	0,14	0,07	0,07	0,04	0,08
Consortio 5	0,33	3,00	0,33	3,00	1,00	0,07	0,14	0,17	0,21	0,13	0,14

Tabla 14.
Pares de criterios.

Criterios	Matriz de comparación de criterios		Matriz Normalizada		Vector prioridad
	Rentabilidad sobre Activos	Rentabilidad sobre Patrimonio	Rentabilidad sobre Activos	Rentabilidad sobre Patrimonio	Pesos
Rentabilidad sobre Activos	1,00	0,33	0,25	0,25	0,25
Rentabilidad sobre Patrimonio	3,00	1,00	0,75	0,75	0,75

Tabla 15.
Cálculo del vector prioridad de alternativas.

Matriz de Prioridad	Criterios		Vector Prioridad Criterios	Resultados	
	Proponentes	RSA RSP		Proponentes	Pesos
Consorcio 1	0,49	0,24	0,25	Consorcio 1	30,6%
Consorcio 2	0,05	0,04 *	0,75 =	Consorcio 2	4,4%
Consorcio 3	0,15	0,49		Consorcio 3	40,4%
Consorcio 4	0,23	0,08		Consorcio 4	11,6%
Consorcio 5	0,08	0,14		Consorcio 5	12,9%

Tabla 16.
Razón de consistencia.

Consistencia de la matriz rentabilidad sobre activos		Consistencia de la matriz rentabilidad sobre patrimonio		Consistencia de la matriz	
			5,275	N	2
				Max	
			0,069	IC	0
IA	0,660	IA	0,660	IA	0
RC	0,100	RC	0,099	RC	Indeterminado

Criterios	Evaluación frente al riesgo	Consecuencia del evento	Probabilidad ocurrencia	Impacto	Valoración del riesgo	Criterio capacidad financiera	Capacidad Organizaci ^o n	% Pesos
Evaluación frente al riesgo		3	1	1	1	1	1	14,3
Consecuencia del evento	1		3	3	3	0	0	17,9
Probabilidad de ocurrencia	1	1		1	3	0	0	10,7
Impacto	1	1	1		3	0	0	10,7
Valoración del riesgo	3	3	0	0		0	0	10,7
Capacidad financiera	3	3	1	1	1		1	17,9
Capacidad Organizacional	3	3	1	1	1	1		17,9

Figura 5. Matriz de MIC MAC. Pesos criterios.

Seguidamente se aplica la metodología de enjuiciamiento directo por expertos de la entidad contratante y se emplea un Análisis de Modo y Efecto de Falla para proporcionar puntuaciones adecuadas a cada contratista frente al riesgo estudiado y las consecuencias de ocurrencia si se presenta. Para fines académicos e ilustrativos de la metodología se asumirán valores aleatorios.

Finalmente se emplea el método MIC MAC para establecer ponderaciones de influencia entre criterios y proporcionar “pesos” de calificación como se ilustra en la **Figura 5**, a fin de evaluar cada proponente de manera horizontal.

Tabla 17.
Matriz de calificación de proponentes.

Porcentaje	14,3	17,9	10,7	10,7	10,7	17,9	17,9
Alternativas	Evaluación frente al riesgo	Consecuencia del evento	Probabilidad de ocurrencia	Impacto	Valoración del riesgo	Criterio Capacidad Financiera	Criterio Capacidad Organización
Consorcio 1	91	73	60	60	50	13,7	30,6
Consorcio 2	86	52	60	60	50	34,3	4,4
Consorcio 3	70	39	60	60	50	4,4	40,4
Consorcio 4	79	81	60	60	50	12,4	11,6
Consorcio 5	85	83	60	60	50	35,2	12,9

Tabla 18.
Matriz de calificación de proponentes Unificada.

Porcentaje	14,3	17,9	10,7	10,7	10,7	17,9	17,9
Alternativas	Evaluación frente al riesgo (%)	Consecuencia del evento (%)	Probabilidad de ocurrencia (Puntos)	Impacto (Puntos)	Valoración del riesgo (Puntos)	Criterio Capacidad Financiera (%)	Criterio Capacidad Organización (%)
Consorcio 1	22,1	22,3	60	60	50	13,7	30,6
Consorcio 2	20,9	15,9	60	60	50	34,3	4,4
Consorcio 3	17,0	11,9	60	60	50	4,4	40,4
Consorcio 4	19,2	24,7	60	60	50	12,4	11,6
Consorcio 5	20,7	25,3	60	60	50	35,2	12,9

Tabla 19.
Resultados.

Alternativas	Pesos ante el riesgo (%)
Consorcio 1	20,58
Consorcio 2	19,51
Consorcio 3	18,49
Consorcio 4	20,57
Consorcio 5	20,86

Finalmente se codifican los datos en la matriz de calificación (Ver Tabla 17) y se procede a unificar las escalas (Ver Tabla 18) a fin de obtener las ponderaciones de cada oferente y poderlo evaluarlo horizontalmente, obteniendo como resultado los pesos de cada contratista ante un determinado riesgo (Ver Tabla 19). De igual forma se puede realizar el mismo procedimiento para cada riesgo identificado en el proceso de selección de estudio, y conformar la matriz de prioridades de riesgos, la cual será multiplicada matricialmente por el vector prioridad calculado entre pares de riesgos y definir la jerarquización de los oferentes ante el riesgo global existente en el proceso de licitación pública.

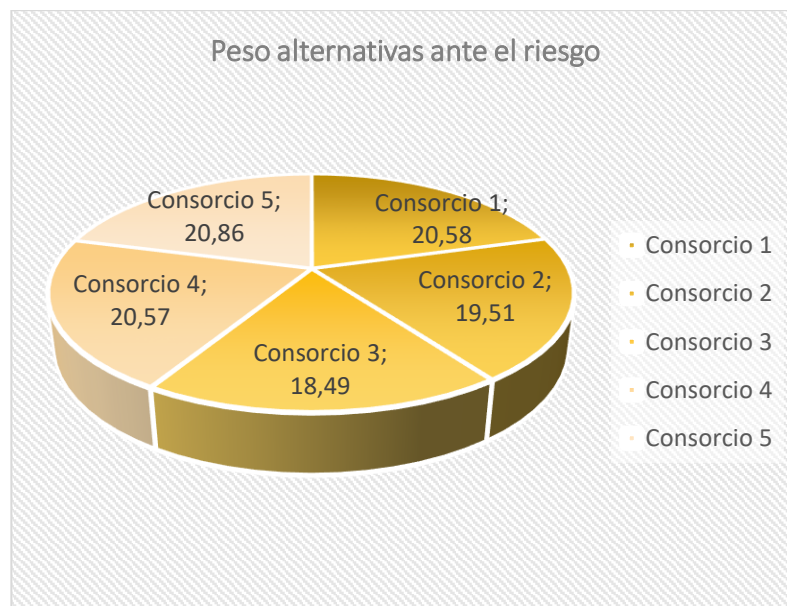


Figura 6. Pesos de Alternativas ante el riesgo.

5. Conclusiones

Por medio de la revisión sistemática realizada en el “Sistema Electrónico de Contratación Pública” (SECOP) se identificaron 7 riesgos característicos del proceso de licitación pública en Colombia, de los cuales sólo 3 se encuentran en función del contratista; cada uno de ellos están cuantificados a través de ponderaciones de juicios de expertos y clasificados por las entidades estatales mediante las recomendaciones presentadas por la Agencia Nacional de Contratación- Colombia Compra Eficiente, permitiendo vincularlos cabalmente en el diagrama de flujo del proceso de selección estudiado, obteniendo como resultado la descripción pertinente del punto de toma de decisiones donde se encontrara enmarcado el riesgo; concediendo la posibilidad de definir con mayor facilidad los criterios característicos del riesgo en función del contratista, y atributos particulares de cada uno de ellos, los cuales serán los insumos esenciales implementados en los métodos de decisión multicriterio.

A partir de la literatura recopilada de los métodos de decisión multicriterio, es posible afirmar que existen numerosas formas de clasificarlos, así como algoritmos para resolverlos, por ende, se realizó énfasis en la categorización presentada por Pardalos y otros autores que concordaban con sus ideales, estructurando los métodos multicriterio en cuatro enfoques, de los cuales, sólo dos de ellos, comprendían las consideraciones de múltiples criterios para otorgar ponderaciones y jerarquizar a los contratistas. En ese orden de ideas, los enfoques alusivos anteriormente son:

- 1) Teoría de la utilidad Multiatributo
- 2) Relaciones de las aproximaciones jerárquicas

Entre los métodos representantes de estas categorías se identificó el método AHP, y los métodos ELECTRE & PROMETHEE respectivamente, los cuales se pueden adaptar en los procesos de licitación pública para contemplar una visión general del riesgo, otorgando otra consideración en la matriz de calificación de contratistas para un peligro definido. Por otra

parte, el enjuiciamiento directo es una técnica fundamental para soportar la toma de decisión propuesta en la matriz establecida previamente, que tiene como finalidad contribuir otra perspectiva y complementar la toma de decisiones en la audiencia de adjudicación del contratista.

En síntesis, los diversos riesgos presentes en el proceso de licitación pública de proyectos de construcción en Colombia son factores fundamentales por considerar en una integra adjudicación contractual, los cuales pueden ser tratados mediante métodos de decisión multicriterio como el AHP, ELECTRE & PROMETHEE. En la actualidad una de las aplicaciones más comunes y destacadas de estas metodologías de sobre calificación, se encuentran en el contexto de la evaluación de impacto ambiental.

6. Recomendaciones

Es recomendable tratar los datos históricos de los procesos de licitación pública a fin de aplicar los Métodos Multiobjetivo Estocásticos, como *la Simulación de Monte Carlo* para proporcionar distribuciones de probabilidad, puesto que son formas mucho más realistas de describir el riesgo y la incertidumbre; o bien, para aquellas circunstancias de no contar con la información suficiente, se sugiere emplear las probabilidades Bayesianas con el objetivo de incorporar el riesgo en los procesos de toma de decisiones multicriterio, ya que es de trascendental importancia para evitar impactos adversos para el oferente o en su defecto, para la entidad contratante.

Referencias Bibliográficas

- Alcaldía de Bucaramanga. (2017). Manual de Contratación. Bucaramanga.
- Arenas Parra, M., Bilbao Terol, A., Pérez Gladish, B., & Rodríguez Uría, M. V. (2005). Solving a multiobjective possibilistic problem through compromise programming. *European Journal of Operational Research*, 164(3), 748–759. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2003.11.028>
- Behzadian, M., Kazemzadeh, R. B., Albadvi, A., & Aghdasi, M. (2010). PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research*, 200(1), 198–215. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2009.01.021>
- Carlos Zuffo, A. (2010). *Análise multicriterial AO planejamento de recursos hídricos Uma metodologia FUZZY para o enfoque ambiental*. Universidade Estadual de Campinas.
- Castillo Hernandez, M. (2006). *Toma de decisiones en las empresas: Entre el arte y la técnica*. Universidad de los Andes.
- Colombia compra eficiente. (2013). Manual para la Identificación y Cobertura del Riesgo en los Procesos de Contratación, 1–16. Recuperado de http://www.colombiacompra.gov.co/sites/default/files/manuales/cce_manual_riesgo_web.pdf
- Congreso de Colombia. (2012) Ley 80 De 1993, Estatuto General de Contratación de la Administración Pública, vol. 1993, 53-54.
- Congreso de la República de Colombia. (2007). Ley 1150 de 2007 del 16 de julio de 2007: Por medio de la cual se introducen medidas para la eficiencia y la transparencia en la Ley 80 de 1993 y se dictan otras disposiciones generales sobre la contratación con Recursos Públicos, 2007(46), 2010–2014.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2011) Del riesgo previsible en el marco de la política de contratación pública 3714, 1-38.
- Departamento Nacional de Planeación. (2013). Decreto 1510, Por el cual se reglamente el sistema de compras y contratación pública, 1–44.
- Departamento Nacional de Planeación. (2015). Decreto número 1082 de 2015, Por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector administrativo de planeación nacional, 1-89.
- Escuela Politécnica Nacional. (s.f.). Riesgo, Amenaza y Vulnerabilidad. Recuperado de http://epn.gov.co/elearning/distinguidos/SEGURIDAD/13_riesgo_amenaza_y_vulnera

bilidad.html

Fishburn, P. C. (1970). *Utility theory for decision making*. New York: Wiley and Sons.

Herbert, S. (1997). *Administrative Behavior: a Study of decision Making. Process in Administrative Organizations* (4th ed.). Nueva York: The Free Press.

ICONTEC. (2011). Gestión del riesgo, Principios y directrices. Norma Técnica Colombiana Ntc-Iso 31000. *Icontec*, (571), 34. Recuperado de https://sitios.ces.edu.co/Documentos/NTC-ISO31000_Gestion_del_riesgo.pdf

Jiménez Moreno, M. J. (2002). El Proceso Analítico Jerárquico (Ahp). Aplicaciones.

Kangas, A., Kangas, J., & Pykäläinen, J. (2001). Outranking Methods As Tools in Strategic Natural Resources Planning. *Silva Fennica*, 2(35), 215–227. Recuperado de <https://www.silvafennica.fi/pdf/article597.pdf>

Karen, D. C. (2015). La toma de decisiones de la empresa. In *Sistema de información para la toma de decisiones* (p. 11). Recuperado de <http://www4.ujaen.es/~cruiz/diplot-5.pdf>

Merrill, H. M., & Wood, A. J. (1991). Risk And Uncertainty In Power System Planning. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 13(2), 81–90. [https://doi.org/10.1016/0142-0615\(91\)90030-Y](https://doi.org/10.1016/0142-0615(91)90030-Y)

Ministerio de Comercio Industria y Turismo. (s.f.-a). ¿Qué es el SECOP? Recuperado de http://www.aplicaciones-mcit.gov.co/secop/que_es_secop.html

Ministerio de Comercio Industria y Turismo. (s.f.-b). Sistema Electrónico para la Contratación Pública. Recuperado de [https://www.contratos.gov.co/consultas/resultado/ListadoProcesos.jsp#](https://www.contratos.gov.co/consultas/resultado>ListadoProcesos.jsp#)

Ministerio de Relaciones Exteriores, & Ministerio de Transporte. Régimen Contractual en Colombia (2014). Recuperado de <http://www.cancilleria.gov.co/sites/default/files/DocEstrategicos/ABCContratacion.pdf>

Modarres, M. (Mohammad), Kaminskiy, M., & Krivtsov, V. (s.f.). *Reliability engineering and risk analysis : A practical guide*.

Moreno, L. (2011). *Teoría de la decisión* . Universidad nacional de Colombia, Bogotá.

Pardalos, P. M., Siskos, Y., & Zopounidis, C. (2013). Advances in multicriteria analysis. *Springer Science & Business Media (Eds.)*, 5.

Pliego Martínez, O. A. (2012). *Programación Lineal Multiobjetivo: Análisis, técnicas y casos*

de aplicación. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/5090/TE_SIS.pdf?sequence=1

Project Management Institute. (2013). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (guía del PMBOK®)*. Project Management Institute, Inc. <https://doi.org/HD69.P75G845.2013.658.4'04--dc23.2012046112>

Raigoza Loaiza, J. F. (2016). *Aplicación de Métodos Multi-criterio (MCDA) para planeamiento energético de largo plazo en la industria del cemento*. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/54265/>

Roy, B. (1981). The optimisation problem formulation: Criticism and overstepping. *Journal of the Operational Research Society*, 32(6), 427–436. <https://doi.org/10.1057/jors.1981.93>

Rueda Armengot, C., & Peris Ortiz, M. (2013). Toma de decisiones en situación de certeza, riesgo e incertidumbre. *Universidad Politécnica de Valencia*, 1–10. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10251/31618>

Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234–281. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)

Saaty, T. L., & Wiley, J. (1980). *The Analytical Hierarchical Process*. UNMSM.

Salinas, M. L., & Rodriguez, H. (2011). Toma de decisiones. *Desarrollo de Competencias Profesionales a Través de La Evaluación Participativa y La Simulación Utilizando Herramientas Web (DevalSimWeb)- ALFA III*, 1–2.

Schärlig, A. (1995). *Décider sur plusieurs critères - Panorama de l'aide à la décision multicritère*. (Presses polytechniques et universitaires romandes - PPUR, Ed.) (1st ed.). Recuperado de [http://www.ppur.org/produit/281/9782880740733/Decider sur plusieurs criteres](http://www.ppur.org/produit/281/9782880740733/Decider_sur_plusieurs_criteres)

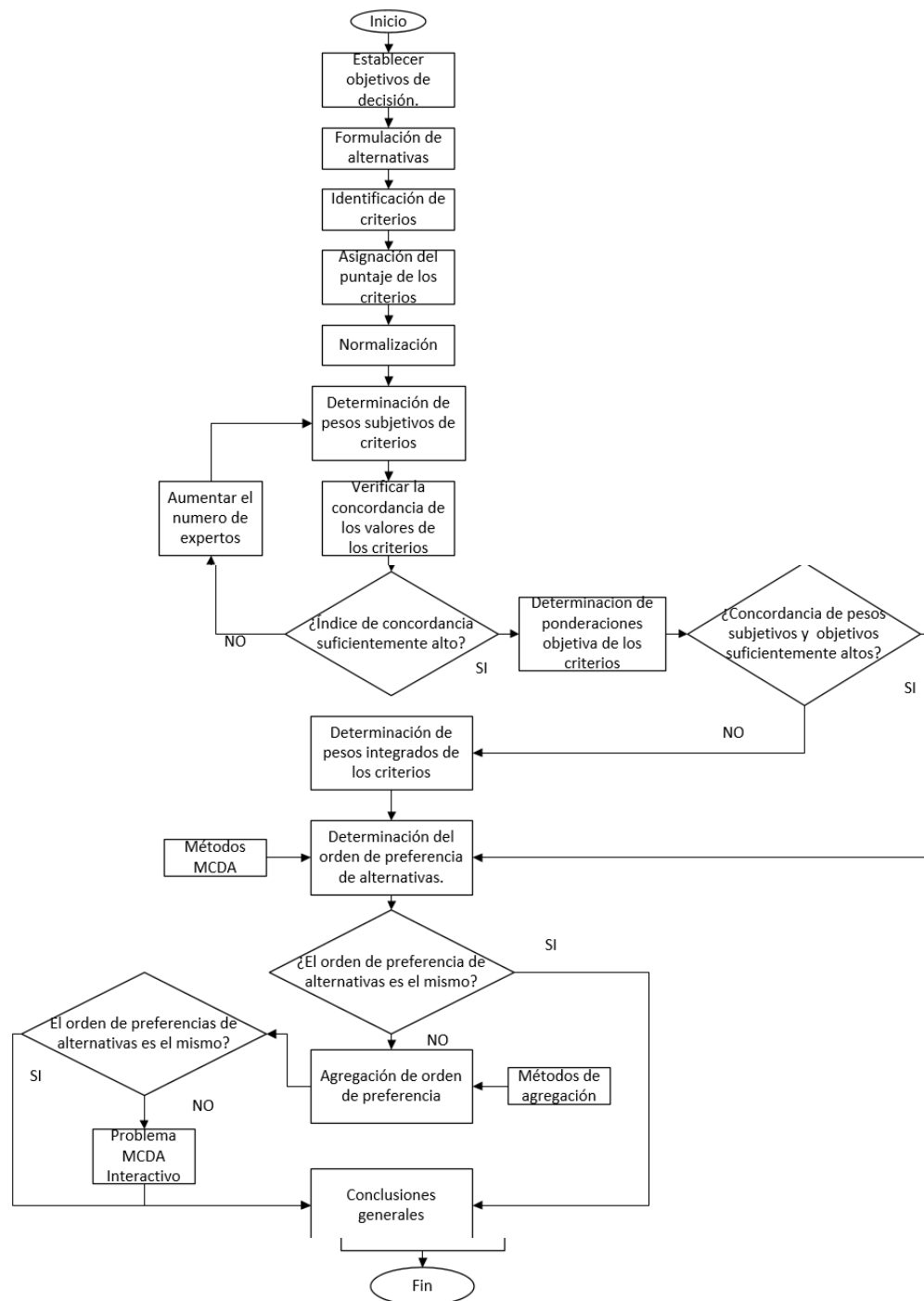
Smith Quintero, R. A., Jaramillo Álvarez, G. P., Vélez Upegui, J. I., Botero Fernández, V., & Caballero Acosta, H. (2005). Desarrollo de técnicas para el manejo de incertidumbre e imprecisión en problemas de decisión con múltiples objetivos. *Universidad Nacional de Colombia*, 318.

Szczypińska, A., & Piotrowski, E. W. (2008). Projective market model approach to AHP decision making. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 387(15), 3982–3986. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2008.01.053>

- Theodore, L., & Dupont, R. R. (2012). *Environmental health and hazard risk assessment : principles and calculations*. CRC Press.
- Toskano Hurtado, G. (2005). *El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) como Herramienta para la Toma de Decisiones en la Selección de Proveedores*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Recuperado de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/toskano_hg/toskano_hg.pdf
- Tzeng, G. H., Teng, M. H., Chen, J. J., & Opricovic, S. (2002). Multicriteria selection for a restaurant location in Taipei. *International Journal of Hospitality Management*, 21(2), 171–187. [https://doi.org/10.1016/S0278-4319\(02\)00005-1](https://doi.org/10.1016/S0278-4319(02)00005-1)
- Ustinovichius, L., Zavadskas, E. K., & Podvezko, V. (2007). Application of a quantitative multiple criteria decision making (MCDM-1) approach to the analysis of investments in construction. *Control and Cybernetics*, 36(1), 251–268.
- Vincke, P. (1992). Multicriteria decision-aid. : John Wiley & Sons Ltd. Baffins Lane. *Mathematical Social Sciences*, 25(2), 204–204. Recuperado de <https://ideas.repec.org/a/eee/matsoc/v25y1993i2p204-204.html>
- Wang, J. J., Jing, Y. Y., Zhang, C. F., Shi, G. H., & Zhang, X. T. (2008). A fuzzy multi-criteria decision-making model for trigeneration system. *Energy Policy*, 36(10), 3823–3832. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.07.002>
- Wang, J. J., Jing, Y. Y., Zhang, C. F., & Zhao, J. H. (2009). Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9), 2263–2278. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.06.021>
- Wind, Y., & Saaty, T. L. (1980). Marketing Applications of the Analytic Hierarchy Process. *Management Science*. <https://doi.org/10.1287/mnsc.26.7.641>
- Yoe, C. E. (2012). *Principles of risk analysis : decision making under uncertainty*. CRC Press.
- Zionts, S. (1992). *The state of multiple criteria decisión Making: Past, present and future*. In: Goicoechea, A.; Duckstein, L. e Zionts, S. (Eds). New York: Springer-Velag.
- Zuffo, A. C., R. dos Reis, L. F., Ferreira dos Santos, R., & Hussain Chaudhry, F. (2002). Aplicação De Métodos Multicriteriais Ao Planejamento Ambiental De Recursos Hídricos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 7, 81–102. <https://doi.org/https://doi.org/10.21168/RBRH.V7N1.P81-102>

Apéndices

Apéndice A. Proceso toma de decisiones MCDM-MCDA. Adaptado de “Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making (Wang et al., 2009)



Apéndice B. Matriz de riesgos, Adaptado de Sistema Electrónico para la Contratación Pública (Ministerio de Comercio Industria y Turismo, s.f.-b).

MATRIZ DE RIESGOS																						
Número	Clase	Fuente	Etapas	Tipo	Descripción	Consecuencia de la ocurrencia del evento	Probabilidad	Impacto	Valoración	Categoría	¿A quien se le asigna?	Tratamiento/ control a ser implementado	Impacto despues del tratamiento				¿Afecta la ejecución del contrato?	Responsable por implementar el tratamiento	Fecha estimada en que se inicia el tratamiento	Fecha estimada en que se completa el tratamiento	Monitoreo y revisión	
													Probabilidad	Impacto	Valoración	Categoría					¿Cómo se realiza el monitoreo?	Periodicidad
1	General	Externo	Selección	Operacional	Errores Cometidos por el contratista en la estimación del costo y/o cronograma de actividades del proyecto	Problemas de costos y/o cumplimiento en los plazos de ejecución del contrato.	2	3	5	Alto	Contratista	Verificar los requisitos y especificaciones del contrato y sea posible corregir el riesgo sin alterar los terminos del contrato.	1	2	3	Bajo	Si				El supervisor junto con interventoria y contratista revisar cada uno de los documentos en la oferta presentada	Una vez antes del inicio del contrato.
2	General	Externo	Selección-Ejecución	Economico-Operacional	Ofertas artificialmente bajas - Precios Por debajo del Presupuesto Oficial o de los insumos del APU del presupuesto oficial, tales como equipos, materiales, mano de obra, transportes, AIU en la propuesta del contratista. Le corresponde al oferente garantizar que con los precios ofertados cumpla las condiciones técnicas y de calidad de las actividades a desarrollar en el contrato.	Impacto económico al contratista. Se pone en riesgo el proceso de selección y cumplimiento de las obligaciones contractuales en caso de adjudicarse	2	2	4	Bajo	Contratista	Tener estudios del mercado para evitar precios artificialmente bajos, solicitar soporte que justifique los valores ofrecidos en la oferta.- Implementación de Controles en la Fase precontractual y contractual que aseguren la eficiencia del contratista en la ejecución del contrato conforme a la oferta técnica y economica presentada.	2	1	3	Bajo	Si los precios son muy bajos puede afectar	Gestores y/o Supervisores, Contratista e interventor	En la selección y ejecución del contrato	N/A	Verificación de los precios del mercado/ Revisión de las justificaciones dadas por el oferente - Control de la ejecución de los items de obra con la calidad requerida en especificaciones técnicas.	En la elaboración de los estudios previos, en la selección y ejecución del proyecto.
3	Específico	Interno	Selección	Regulatorios	Errores involuntarios que hayan quedado en la invitación a cotizar, alcances, especificaciones, estudios previos y demas documentos del procesos de selección	Diferencia en las condiciones contractuales	3	3	6	Alto	Entidad & Contratista	Generación de oportunidad para observaciones y respuestas correspondientes a los documentos precontractuales.	2	2	2	Bajo	Si	Equipo de contratación	Fecha elaboración estudios previos	acto de Ajudicación		

Apéndice C. Matriz de riesgos. Adaptado de Sistema Electrónico para la Contratación Pública (Ministerio de Comercio Industria y Turismo, s.f.-b).

MATRIZ DE RIESGOS																						
Numero	Clase	Fuente	Etapas	Tipo	Descripcion	Consecuencia de la ocurrencia del evento	Probabilidad	Impacto	Valoracion	Categoría	¿A quien se le Asigna?	Tratamiento/ control a ser implementado	Impacto despues del tratamiento				¿Afecta la ejecución del contrato?	Responsable por implementar el tratamiento	Fecha estimada en que se inicia el tratamiento	Fecha estimada en que se completa el tratamiento	Monitoreo y revisión	
													Probabilidad	Impacto	Valoracion	Categoría					¿Cómo se realiza el monitoreo?	Periodicidad
4	General	Interno	Selección	Operacional	Falta de capacidad de los funcionarios de la entidad para promover y adelantar la selección del contratista.	Realizar la escogencia del contratista que no cumpla los pliegos de condiciones	3	4	7	Alto	Entidad	Apoyo en los asesores de contratación, en la realización del informe de evaluacio.	1	2	3	Bajo	No	Comité evaluador			Revisión del documento de acuerdo a la ley y pliego de condiciones	Diariamente
5	General	Interno	Selección	Operacional	Ausencia de oferentes, o que se presenten y no cumplan con la totalidad de requisitos habilitantes o se encuentren incursos en una inhabilidad	Declaración desierta del proceso	3	3	6	Alto	Entidad	Reducir la probabilidad de ocurrencia del evento, Publicar oportunamente y los documentos que exige la ley para el proceso.	1	3	4	Bajo	No	Secretaría de planeación	Fecha de aviso convocatoria	Fecha de adjudicación	SECOP	Diariamente
6	Específico	Interno	Selección	Operacional	Riesgo de colusión por parte de los oferentes del proceso con funcionarios de la entidad.	Impedimento del normal desarrollo del proceso-Sanciones de los funcionarios implicados.	1	4	5	Alto	Entidad	Administrar la relación entre proveedores y compradores, Eliminar este riesgo a través de la selección idonea del comité evaluado.	1	2	3	Bajo	No	Comité evaluador-Secretaría de obras			Revisión de los informes de evaluación y demás documentos para identificar posibles fraudes	Etapas precontractual
7	General	Externo	Selección	Legislativo	Variación en las legislaciones.	Cambio en las reglamentaciones estipuladas inicialmente y demora en el proceso de contratacio.	3	3	6	Alto	Entidad	Solicitar soporte jurídico y actualizado de las normas en compras de las entidades estatales vigentes.	3	1	4	Bajo	No	Supervisor	Proceso pre contractual		Seguimiento a la legislación	Redacción de los documentos previos al proceso

Apéndice D. Tabla Valoración del riesgo. Adaptado de Manual de identificación y Cobertura del Riesgo en los Procesos de Contratación (Colombia compra eficiente, 2013).

		Impacto				
Clasificación Cualitativa		Obstruye la ejecución del contrato de manera intrascendente	Dificulta la ejecución del contrato de manera leve, aplicando mínimas medidas se puede lograr el objeto contractual.	Afecta la ejecución del contrato sin alterar el beneficio para las partes.	Obstruye la ejecución del contrato sustancialmente pero aun así permite la consecución del objeto contractual.	Perturba la ejecución del contrato de manera grave imposibilitando la consecución del objeto contractual.
Clasificación Monetaria		Los sobrecostos no representan más del 1% del valor del contrato.	Los sobrecostos no representan más del 5% del valor del contrato.	Genera un impacto sobre el valor del contrato entre 5-15%	Incrementa el valor del contrato entre 15-30%	Impacto sobre el valor del contrato en más del 30%
Categoría	Valoración	<i>Insignificante</i>	<i>Menor</i>	<i>Moderado</i>	<i>Mayor</i>	<i>Catastrófico</i>
		1	2	3	4	5
Probabilidad	Raro (Puede ocurrir excepcionalmente)	2	3	4	5	6
	Improbable (Puede ocurrir ocasionalmente)	3	4	5	6	7
	Posible (Puede ocurrir en cualquier momento futuro)	4	5	6	7	8
	Probable (Probablemente va a ocurrir)	5	6	7	8	9
	Casi cierto (Ocurre en la mayoría de circunstancias)	6	7	8	9	10