Análisis de la etapa precontractual en contratos de infraestructura educativa en Colombia: Estudio de caso del Fondo de Financiamiento de la Infraestructura Educativa (FFIE) – Mota-Engil Colombia

Juan Manuel González Munar

Facultad de Ingeniería Industrial, Fundación Universitaria Agraria de Colombia

Diplomado Contratación Estatal

Bogotá D.C. mayo – 2026

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN 4

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 6

3. OBJETIVO GENERAL 7

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 7

4. MARCO TEORICO 8

4.1 Normativo 8

4.2 Proceso Precontractual 10

4.3 Procesos 13

4.4 Gestión de Proyectos 14

4.5 Gestión de Riesgos 15

5 METODOLOGÍA 16

5.1 Enfoque y Tipo de Investigación 16

5.2 Unidad de Análisis 16

5.3 Fuentes de Información 17

5.4 Variables de Análisis 19

5.5 Alcance y Limitaciones 20

6 ANÁLISIS DE RESULTADOS 21

6.1 Análisis Sistémico de la Etapa Precontractual 22

6.2 Modelo SIPOC 23

6.2.1 Relación entre Hallazgos y Fallas en el proceso de prefactibilidad y factibilidad del proyecto (Etapa Precontractual) 27

6.2.2 Análisis de Variables 29

6.2.3 Variable Costo 30

6.2.4 Variable Riesgo 30

6.2.5 Variable Alcance 31

6.3 Evaluación de los Puntos Críticos de Control (PCC) 31

6.3.1 Evaluación de Escenarios 32

6.4 Síntesis del Análisis 33

7 CONCLUSIONES 34

7.1 Conclusión estructural del estudio 34

7.2 Conclusión desde la Metodología Aplicada 35

7.3 Conclusión sobre la Gestión del Riesgo Precontractual 36

7.4 Conclusión sobre la Interdependencia de Variables Industriales 36

7.5 Conclusión sobre la Planeación como Variable Estratégica 37

9. GLOSARIO TECNICO 39

8. REFERENCIAS 41

1. INTRODUCCIÓN

La contratación estatal constituye uno de los mecanismos fundamentales con el que el Estado colombiano materializa sus fines sociales y garantiza la provisión de bienes y servicios públicos. En el caso de la infraestructura educativa, dichos procesos adquieren una especial relevancia, dado que su adecuada planeación y ejecución impactan directamente el acceso y la calidad del servicio educativo y el desarrollo social y territorial del País

De acuerdo con el informe final de auditoría al Fondo de Financiamiento de la Infraestructura Educativa (FFIE) del año 2020, se evidenció que cerca del 70 % de los proyectos presentaban retrasos superiores a seis meses, más del 50 % registraban modificaciones contractuales y una proporción significativa se encontraba en condición de riesgo medio-alto y alto. Estos hallazgos muestran que los problemas de sobrecostos, retrasos y ajustes contractuales no son casos aislados, sino una tendencia recurrente en la infraestructura pública. Tradicionalmente, estas dificultades se atribuyen a deficiencias en la planeación y ejecución; sin embargo, un análisis estructural permite identificar que gran parte de ellas se originan en fases anteriores, específicamente en la etapa precontractual.

Desde la perspectiva de la Ingeniería Industrial, la etapa precontractual no debe entenderse únicamente como un cumplimiento formal de requisitos normativos, sino como un sistema integrado de transformación, en coherencia con los lineamientos de planeación contractual establecidos por Colombia Compra Eficiente (2022). Este sistema puede analizarse bajo el enfoque de la Teoría General de Sistemas, la cual plantea que todo proceso organizacional se compone de entradas, procesos y salidas interrelacionadas (Bertalanffy, 1976). En este contexto, las entradas corresponden a las necesidades públicas, recursos presupuestales y lineamientos técnicos y jurídicos; los procesos al desarrollo de estudios previos, evaluación de mercado, asignación de riesgos y definición del alcance; y las salidas a la estructuración de contratos técnicamente sólidos. Cuando dicho sistema carece de

controles adecuados, análisis integral y modelamiento preventivo del riesgo, la probabilidad de fallas en la planeación y ejecución contractual se incrementa considerablemente (Colombia Compra Eficiente, 2022; ISO, 2018).

El informe final de auditoría al Fondo de Financiamiento de la Infraestructura Educativa (FFIE) del año 2020 evidenció una alta concentración contractual, proyectos clasificados con niveles de riesgo medio-alto y alto, así como retrasos significativos en la ejecución de obras, incluyendo aquellas asociadas al consorcio liderado por Mota-Engil. Estos hallazgos constituyen un insumo base para analizar si las causas del desempeño observado pueden vincularse con debilidades estructurales presentes en la etapa precontractual.

En este contexto, el presente trabajo tiene como propósito analizar, desde un enfoque sistémico propio de la Ingeniería Industrial, las causas y factores estructurales que incidieron en el comportamiento contractual del caso de Mota-Engil Colombia, identificando fallas en la planeación, estructuración técnica y gestión del riesgo, y proponiendo estrategias preventivas orientadas al fortalecimiento del proceso precontractual en la contratación pública.

El aporte académico de esta investigación radica en la aplicación de herramientas de gestión de procesos, modelamiento sistémico y análisis de riesgos a un problema tradicionalmente abordado desde el ámbito jurídico y administrativo. De esta manera, se busca contribuir a la construcción de un enfoque preventivo, técnico y estructurado que permita mejorar la sostenibilidad de los proyectos de infraestructura pública y optimizar el uso de los recursos estatales.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cuáles fueron las fallas presentes en la etapa precontractual del caso correspondiente al Fondo de Financiamiento de la Infraestructura Educativa (FFIE) y la compañía Mota-Engil que incidieron en la ejecución de los proyectos y qué estrategias, desde la perspectiva de la Ingeniería Industrial pueden implementarse en el proceso de contratación pública para asegurar una ejecución adecuada y eficiente de los contratos?

3. OBJETIVO GENERAL

Analizar las causas que originan el fracaso en la fase de prefactibilidad en la contratación estatal en Colombia, a partir del estudio del contrato suscrito entre el Fondo de Financiamiento de la Infraestructura Educativa (FFIE) y la empresa Mota-Engil Colombia y proponer herramientas que fortalezcan el proceso precontractual basado en herramientas de gestión de procesos.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las fallas estructurales presentes en procesos de contratación estatal, estableciendo la relación entre las debilidades precontractuales y los resultados observados en la ejecución de los proyectos.
- Evaluar la gestión del riesgo aplicada en la etapa precontractual, analizando la estructuración integral de los proyectos, mitigación riesgos desde un enfoque metodológico propio de la Ingeniería Industrial.
- Proponer un modelo de fortalecimiento del proceso precontractual, basado en herramientas de gestión de procesos, análisis multivariable e indicadores de control preventivo.

4. MARCO TEORICO

4.1 Normativo

La contratación estatal constituye el mecanismo jurídico a través del cual las entidades públicas celebran acuerdos con particulares o con otras entidades, con el propósito de cumplir los fines del Estado. Dichos procesos están regulados por el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública, conformado por la Ley 80 de 1993, la Ley 1150 de 2007 y el Decreto 1082 de 2015, los cuales establecen el marco normativo aplicable a las etapas de planeación, selección, celebración y ejecución contractual, con el propósito de garantizar que los recursos públicos se administren de manera eficiente y que las necesidades de la comunidad sean efectivamente atendidas. (Congreso de la República de Colombia, 1993; Congreso de la República de Colombia, 2007; Departamento Administrativo de la Función Pública, 2015).

De acuerdo con el artículo 32 de la Ley 80 de 1993, partimos de la definición de los distintos tipos de contratos que pueden celebrarse, tales como los contratos de obra, consultoría, interventoría y prestación de servicios, entre otros actos jurídicos que generan obligaciones para las partes contratantes. Este proceso refleja la aplicación del principio de función administrativa y tiene como finalidad asegurar la eficiencia reflejada en la planeación donde asegura que todo proyecto esté precedido de los estudios de orden técnico, financiero y jurídico requeridos para determinar su viabilidad económica y técnica y así poder establecer la conveniencia o no del objeto por contratar. Así mismo la responsabilidad actúa como garante del cumplimiento de los deberes de los servidores públicos que intervienen en la actividad contractual según artículo 26 de la ley 80 de 1993, norma que define cómo deben actuar las personas que gestionan recursos públicos, especificando que los funcionarios responden, civil, penal y disciplinariamente por sus actuaciones, lo que implica la obligación de cumplir con los fines de la contratación estatal, supervisar la correcta ejecución del contrato y velar

por la protección de los derechos tanto de la entidad como del contratista. En este sentido, deberán asumir las consecuencias de sus acciones u omisiones e indemnizar los daños que se deriven de ellas. Por otro lado, los principios de transparencia y selección objetiva, establecidos en los artículos 24 y 29 de la Ley 80 de 1993, donde garantizan que los procesos se desarrollen con imparcialidad, transparencia, igualdad, moralidad y objetividad, promoviendo así la confianza en la gestión pública

El proceso de contratación estatal en Colombia según el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública se desarrolla a través de un conjunto de etapas interrelacionada cada una con objetivos, procedimientos y responsabilidades específicas, según el manual de contratación y supervisión elaborado por la Agencia Nacional de Defensa Jurídica del Estado GC-M-01 versión 6, la primera etapa es la precontractual donde el enfoque principal es la planeación de la actividad contractual, el proceso inicia con la identificación de las necesidades de contratación de bienes, servicios u obras requeridos por la entidad, estas necesidades deben ser incluidas en el Plan Anual de Adquisiciones de la Agencia Nacional de Defensa Jurídica del Estado, mediante su incorporación en el listado de bienes, obras y servicios que se pretenden adquirir durante la vigencia fiscal correspondiente, y su publicación debe realizarse conforme a los lineamientos establecidos por Colombia Compra Eficiente. Posteriormente, se debe proceder a la elaboración de los estudios previos, el análisis del sector y la matriz de riesgos necesaria en atención a la normatividad vigente, así como a la naturaleza, complejidad y cuantía de la contratación, asegurando que dichos documentos contengan todos los elementos exigidos por la ley que los rige.

El principio de planeación, desarrollado por la jurisprudencia y la doctrina administrativa, implica que el contrato debe estructurarse con base en estudios técnicos suficientes y análisis previos rigurosos que reduzcan la incertidumbre. Cuando este principio no se materializa adecuadamente, se incrementa la probabilidad de desviaciones en tiempo, costo y calidad durante la ejecución contractual.

No obstante, la aproximación tradicional al análisis contractual ha sido predominantemente jurídica. En contraste, la Ingeniería Industrial permite reinterpretar la etapa precontractual como un sistema de transformación sujeto a variables medibles y controlables.

4.2 Proceso Precontractual

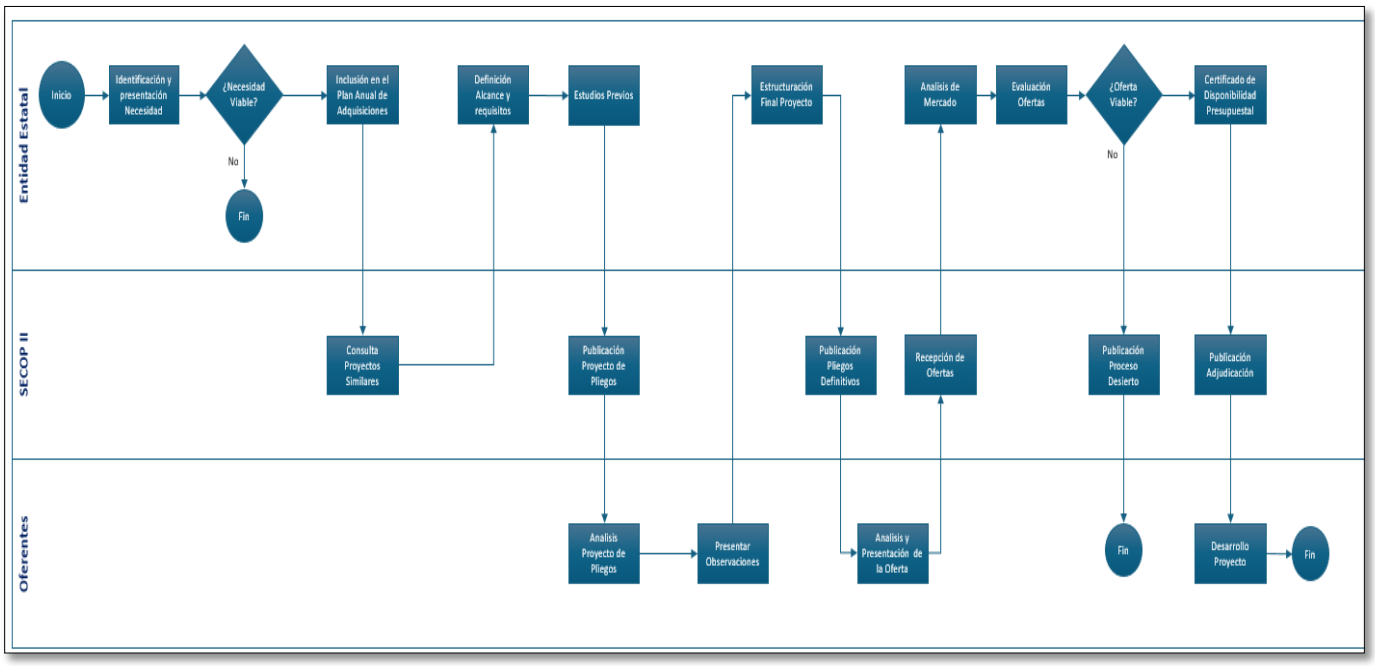


Figura 1. Flujo del proceso de contratación pública en Colombia [Diagrama]. Elaboración propia El flujo del proceso precontractual, debido a su extensión, se presenta también a través del siguiente enlace:

https://canva.link/figura1procesodecontratacion

En la primera fase del proceso precontractual se realiza la programación estratégica de las actividades contractuales, en la cual las entidades públicas determinan las necesidades y objetivos que buscan satisfacer a través de la contratación. Esta etapa debe estar ligada con los planes institucionales, los recursos presupuestales disponibles y las metas establecidas para el periodo fiscal correspondiente.

Posteriormente, se lleva a cabo la solicitud y consolidación de las necesidades de adquisición de bienes, servicios y obras, proceso mediante el cual las distintas dependencias de la entidad remiten la información

de sus requerimientos. Dicha información debe incluir los aspectos técnicos, la justificación de la contratación y la estimación de los costos.

Seguidamente, se verifica que la información suministrada cumpla con los requisitos mínimos exigidos. En caso de que no cumpla, se devuelve al área solicitante para realizar los ajustes necesarios. Una vez validada la información, se procede con la aprobación correspondiente Con esta verificación se da paso a la aprobación y publicación del Plan Anual de Adquisiciones, documento que consolida todas las contrataciones previstas por la entidad y que debe publicarse en el Sistema Electrónico para la Contratación Pública (SECOP), garantizando la planeación, transparencia y eficiencia en el uso de los recursos públicos

Una vez elaborados y ajustados los estudios y documentos previos, se procede con la elaboración del Proyecto de Pliego de Condiciones y la publicación del proceso en la plataforma SECOP II. Este pliego contiene las reglas, requisitos y condiciones bajo las cuales se desarrollará el proceso de selección, garantizando igualdad de oportunidades para los posibles oferentes y transparencia en la contratación pública. Posteriormente se abre la etapa de recepción de observaciones a los documentos previos, proyectos de pliegos e invitación pública. En esta fase, los interesados pueden presentar sus comentarios o sugerencias con el fin de mejorar la claridad y pertinencia de los documentos del proceso. La entidad debe analizar dichas observaciones y dar respuesta dentro de los plazos establecidos por la normativa vigente, esta etapa es clavee pues garantiza la transparencia, participación y legalidad en la contratación estatal, pues permite corregir errores técnicos, requisitos injustificados o condiciones que limiten la competencia, las observaciones presentados por los interesados fortalece la igualdad de oportunidades pues todos pueden contribuir a que el proceso sea claro y equitativo y un punto de suma importancia es que previene conflictos posteriores, ya que se corrigen dudas y errores desde el inicio reduciendo de esta manera posibles reclamaciones y/o demandas durante o después del proceso.

Previamente se desarrolla la audiencia de asignación de riesgos y resolución de aclaraciones al pliego, espacio participativo en el que la entidad y los posibles proponentes discuten la distribución de riesgos contractuales y se aclaran aspectos técnicos o jurídicos del pliego de condiciones.

Con posterioridad, se efectúa el cierre del proceso y la evaluación de las ofertas, fase en la que se reciben oficialmente las propuestas de los oferentes y se adelanta su análisis técnico, jurídico, financiero y económico, con el propósito de identificar aquella que cumpla con los requisitos exigidos y presente las condiciones más favorables para la entidad estatal.

Para culminar la etapa precontractual, se procede a gestionar las observaciones presentadas al informe de evaluación, etapa en la cual los proponentes tienen la oportunidad de manifestar su inconformidad o realizar aclaraciones respecto a los resultados obtenidos. La entidad contratante debe analizar dichas observaciones y, de considerarlo necesario, efectuar los ajustes pertinentes antes de emitir la decisión definitiva. Este proceso busca garantizar la transparencia, la objetividad y el derecho al debido proceso dentro de la selección del contratista.

Una vez analizadas las observaciones, la entidad expide la resolución de adjudicación o, en su defecto, la declaratoria de desierto del proceso. La resolución de adjudicación constituye el acto administrativo mediante el cual se asigna formalmente el contrato al proponente que haya presentado la oferta más favorable a los intereses del Estado. En caso contrario, si no se presentan ofertas válidas o las propuestas no cumplen con los requisitos exigidos, la entidad podrá declarar desierto el proceso, garantizando así la legalidad y la correcta aplicación de los principios de selección objetiva y responsabilidad.

Cuando el proceso es adjudicado, se da inicio a la elaboración del contrato, documento que formaliza la relación jurídica entre la entidad pública y el contratista seleccionado. En esta etapa se definen los derechos y obligaciones de las partes, las garantías exigidas, los plazos de ejecución y las condiciones para

el cumplimiento del objeto contractual. Con la suscripción del contrato concluye la fase precontractual y se da paso a la etapa contractual, en la cual se materializa la ejecución del acuerdo celebrado.

4.3 Procesos

La Teoría General de Sistemas, formulada por Ludwig von Bertalanffy, plantea que cualquier organización o proceso puede analizarse como un conjunto de elementos interrelacionados que interactúan entre sí para alcanzar un objetivo común. Un sistema se compone de entradas, procesos, salidas y mecanismos de retroalimentación. ((Bertalanffy)1976

Aplicado a la etapa precontractual, el sistema puede modelarse de la siguiente manera:

- Entradas: necesidades institucionales, presupuesto, lineamientos normativos, información técnica preliminar.
- Procesos: estudios previos, análisis de mercado, asignación de riesgos, estructuración del pliego.
- Salidas: contrato adjudicado con alcance, costo, cronograma y riesgos definidos.
- Retroalimentación: observaciones, ajustes, control previo.

Desde este enfoque, la calidad de las salidas depende directamente de la calidad de las entradas y de la robustez del proceso de transformación. Si los insumos son incompletos o el proceso carece de controles intermedios, el sistema generará resultados inestables.

En consecuencia, los problemas observados en ejecución pueden entenderse como la manifestación de fallas sistémicas originadas en etapas tempranas.

La Ingeniería Industrial concibe las organizaciones como sistemas de procesos interconectados. Un proceso es un conjunto estructurado de actividades que transforma entradas en salidas con valor agregado. Para que un proceso sea eficiente, debe contar con:

- Actividades claramente definidas
- Responsables asignados
- Puntos críticos de control
- Indicadores de desempeño
- Mecanismos de mejora continua

En la etapa precontractual, la ausencia de validación técnica independiente, revisión cruzada entre áreas o indicadores de alerta temprana genera variabilidad no controlada en el sistema. Esta variabilidad se traduce en incertidumbre contractual.

Herramientas como el mapa de procesos y la identificación de cuellos de botella permiten estructurar y estandarizar el flujo precontractual, reduciendo la probabilidad de errores estructurales.

La falta de estandarización y control preventivo convierte el proceso en una sucesión de trámites, en lugar de un sistema optimizado de toma de decisiones.

4.4 Gestión de Proyectos

El Project Management Body of Knowledge (PMBOK) establece que el ciclo de vida de un proyecto se divide en fases que incluyen iniciación, planificación, ejecución, monitoreo y cierre. Dentro de este esquema, la planificación tiene un impacto determinante sobre el costo total del proyecto. ((Project Management Institute [PMI])

Se reconoce ampliamente que la capacidad de influir sobre el costo y el alcance es mayor en las fases iniciales. Las decisiones adoptadas en la etapa de planificación (definición de alcance, cronograma, presupuesto y gestión del riesgo) condicionan el desempeño futuro del proyecto.

En este sentido, la etapa precontractual en la contratación estatal equivale, desde la óptica del PMBOK, a la fase de planificación estructural. Una definición imprecisa del alcance o una estimación presupuestal optimista incrementan exponencialmente la probabilidad de ajustes y modificaciones posteriores o incumplimiento del contrato.

El enfoque de gestión de proyectos introduce además conceptos como la ruta crítica, el análisis de restricciones y la gestión integrada del cambio, los cuales son fundamentales para comprender las desviaciones observadas en proyectos públicos.

4.5 Gestión de Riesgos

La gestión del riesgo, según la norma ISO 31000, es un proceso estructurado que comprende:

1. Identificación del riesgo.
2. Análisis del riesgo.
3. Evaluación del riesgo.
4. Tratamiento del riesgo.
5. Monitoreo y revisión.

En la contratación pública, la asignación de riesgos entre entidad contratante y contratista es un elemento esencial de la estructuración contractual. Una matriz de riesgos incompleta, superficial o no cuantificada puede generar desequilibrios contractuales y litigios en ejecución. (International Organization for Standardization [ISO])

Desde la Ingeniería Industrial, la gestión del riesgo no debe ser meramente descriptiva, sino apoyarse en análisis cuantitativos, modelamiento probabilístico y evaluación de impacto económico. La omisión de estos elementos reduce la capacidad predictiva del sistema precontractual.

5 METODOLOGÍA

5.1 Enfoque y Tipo de Investigación

El presente estudio se desarrolla bajo un enfoque cualitativo de carácter descriptivo-analítico, mediante la modalidad de estudio de caso, ((Contraloría General de la República) centrado en el contrato de obras para infraestructura educativa celebrado en el marco del Fondo de Financiamiento de la Infraestructura Educativa (FFIE), con participación del consorcio liderado por Mota-Engil Colombia.

La investigación busca analizar la etapa precontractual desde una perspectiva de Ingeniería Industrial, identificando posibles relaciones entre su estructuración y los resultados observados en la ejecución contractual, con base en documentación oficial.

El estudio tiene un carácter analítico-aplicado, dado que emplea herramientas conceptuales propias de la Ingeniería Industrial para interpretar los hallazgos identificados.

5.2 Unidad de Análisis

La unidad de análisis corresponde a la etapa precontractual del contrato objeto de estudio, específicamente en lo relacionado con:

- Estudios previos y estructuración técnica inicial
- Definición del alcance contractual
- Estimación presupuestal preliminar
- Asignación y gestión de riesgos
- Criterios de evaluación y selección contractual

El trabajo no tiene como propósito establecer responsabilidades jurídicas ni analizar aspectos disciplinarios, sino examinar el proceso desde un enfoque técnico y sistémico.

5.3 Fuentes de Información

- **Fuente Principal**

Informe Final de Auditoría Integral Externa al Fondo de Financiamiento de la Infraestructura Educativa (2020): Este documento constituye la base empírica del análisis, particularmente en lo relacionado con hallazgos sobre clasificación de riesgo, retrasos y concentración contractual.

- **Fuentes Secundarias**

- Normatividad contractual vigente en Colombia.
- Teoría General de Sistemas.
- Lineamientos del PMBOK en gestión de proyectos.
- Norma ISO 31000 sobre gestión del riesgo.
- Literatura académica en gestión de procesos y control preventivo.

- **Técnicas de Análisis**

Para el desarrollo del estudio se emplearon las siguientes técnicas y herramientas metodológicas:

a) Análisis documental

Se realizó una revisión sistemática del informe de auditoría con el fin de identificar hallazgos relacionados con desempeño en tiempo, costo y riesgo, y evaluar su posible relación con la etapa precontractual.

b) Modelamiento del proceso

La etapa precontractual fue representada mediante herramientas de Ingeniería Industrial tales como:

- Modelo SIPOC
- Mapa de proceso con identificación de puntos críticos de control
- Diagramas de flujo del proceso

El propósito es analizar la etapa precontractual como un sistema de transformación, permitiendo identificar posibles debilidades estructurales.

c) Matriz de causalidad

Se elaboró una matriz que relaciona:

- Hallazgos identificados en el informe de auditoría
- Posibles fallas estructurales en la etapa precontractual
- Variables industriales afectadas
- Efectos observados en la ejecución

Esta matriz constituye el principal instrumento de articulación entre el marco teórico y el análisis del caso.

d) Análisis comparativo de escenarios

Se realizó un análisis conceptual comparando un escenario de planeación débil con un escenario de planeación robusta, con el fin de ilustrar el impacto potencial de la calidad de la etapa precontractual sobre el desempeño en ejecución.

Este análisis tiene carácter ilustrativo y no corresponde a una simulación estadística formal.

5.4 Variables de Análisis

Para estructurar el análisis desde la perspectiva de la Ingeniería Industrial, se definieron cuatro variables centrales de desempeño:

a) Tiempo

Relacionada con el cumplimiento del cronograma inicial y los retrasos evidenciados en la ejecución.

b) Costo

Asociada a desviaciones presupuestales y modificaciones contractuales que pudieron estar vinculadas con estimaciones preliminares insuficientes.

c) Riesgo

Referida al nivel de exposición identificado en la estructuración contractual, particularmente en la asignación y clasificación de riesgos.

d) Alcance

Relacionada con la definición técnica inicial del proyecto y la claridad en la delimitación de actividades y responsabilidades.

Estas variables fueron utilizadas como categorías analíticas para organizar la interpretación de los hallazgos y estructurar la matriz de causalidad.

5.5 Alcance y Limitaciones

El estudio se limita al análisis documental de un caso específico y no incluye trabajo de campo, entrevistas ni levantamiento de información primaria adicional.

Sus principales limitaciones son:

1. Dependencia de información pública disponible.
2. Restricciones en el acceso a documentación técnica completa del proceso contractual.
3. Carácter cualitativo del análisis, que no permite cuantificar con exactitud impactos financieros.

No obstante, el uso de herramientas de modelamiento sistémico y análisis de procesos permite realizar una interpretación técnica coherente con los objetivos planteados.

6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Cronología

Año / Fecha	Hito	Descripción
2015	Creación del FFIE y lanzamiento del programa de infraestructura educativa	El Gobierno Nacional implementa un plan de construcción de nuevas instalaciones educativas para apoyar la jornada única escolar y mejorar la cobertura.
2016	Adjudicación de contratos marco a Mota-Engil Colombia	La empresa Mota-Engil Colombia. recibe más de 200 acuerdos de obra derivados bajo contratos marco para construir megacolegios y ambientes escolares en varias regiones del país.
2016 Segundo semestre	Inicio formal de actividades de diseño y estudios	Comienza la fase I (estudios y diseños). Se presentan los primeros retrasos en la aprobación técnica y estructuración contractual.
2017	Retrasos en obras y advertencias institucionales	Se reportan dificultades en la ejecución por falta de avance en estudios, problemas prediales y trámites de licencia. Las interventorías empiezan a documentar incumplimientos.
2018	Comunidades y autoridades locales reportan obras paralizadas	Gobernaciones y alcaldías denuncian falta de avance y obras abandonadas en municipios. Aumentan las alertas públicas.

2019	Mota-Engil presenta demanda arbitral contra el Estado	La empresa alega incumplimientos estatales y solicita reparaciones, mientras el Estado atribuye retrasos a la falta de capacidad operativa y técnica del contratista.
2020	Informe oficial evidencia fallas estructurales del proyecto	El FFIE publica conclusiones internas sobre retrasos, fallas de planeación, estudios incompletos y ausencia de gestión de riesgos.
2021 – 2022	Reasignación progresiva de contratos	Diversas obras inicialmente adjudicadas a Mota-Engil son cedidas a otros contratistas para garantizar su terminación.
2023 – 2024	Avances parciales y procesos de cierre y liquidación	Algunos proyectos logran finalizarse con nuevos contratistas, pero persisten obras inconclusas y procesos de responsabilidad contractual y fiscal.

6.1 Análisis Sistémico de la Etapa Precontractual

A partir del modelamiento realizado mediante el SIPOC y el mapa de proceso, la etapa precontractual del contrato analizado puede entenderse como un sistema de transformación donde múltiples insumos técnicos, financieros y jurídicos convergen para estructurar el contrato.

Desde esta perspectiva, se identifica que la calidad del resultado contractual depende directamente de:

- La suficiencia de los estudios previos.
- La claridad en la definición del alcance.

- La robustez de la estimación presupuestal.
- La adecuada asignación y tratamiento del riesgo.

La representación gráfica del proceso permitió evidenciar que los puntos críticos de control se concentran en fases tempranas del ciclo contractual. Esto confirma que las decisiones adoptadas en la planeación tienen una influencia determinante sobre el desempeño futuro del proyecto.

El modelamiento se desarrolló mediante tres representaciones complementarias: Modelo SIPOC, mapa de proceso con puntos críticos de control y diagrama de flujo del proceso.

6.2 Modelo SIPOC

El modelo SIPOC (Supplier – Input – Process – Output – Customer) permite representar la etapa precontractual como un sistema de transformación, identificando los proveedores del proceso, las entradas requeridas, las actividades centrales de estructuración contractual, las salidas generadas y los grupos interesados impactados.

Esta herramienta permite evidenciar que la calidad de las salidas contractuales depende directamente del rigor aplicado en la etapa de prefactibilidad y factibilidad, identificados en el proceso contratación como los estudios previos, la estimación presupuestal y la asignación de riesgos.

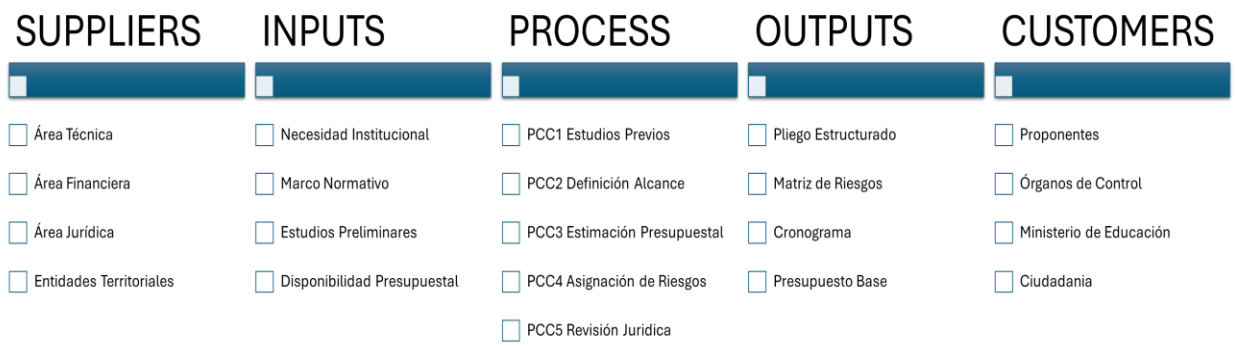


Figura 2. Modelo SIPOC con Puntos Críticos de Control (PCC) – Caso FFIE



Figura 3. Mapa de Proceso con Identificación de Puntos Críticos de Control

El mapa de proceso permitió desagregar la etapa precontractual o de prefactibilidad y factibilidad del proyecto en sus principales actividades secuenciales, identificando momentos donde el sistema requiere validaciones técnicas para evitar desviaciones posteriores.

Los puntos críticos de control (PCC) identificados fueron:

- PCC1: Validación técnica independiente en estudios previos
- PCC2: Revisión interdisciplinaria en definición de alcance
- PCC3: Análisis de sensibilidad en estimación presupuestal
- PCC4: Evaluación estructurada de riesgos
- PCC5: Revisión jurídica integral antes de publicación de pliego

Estos puntos constituyen mecanismos preventivos cuya ausencia puede incrementar la probabilidad de desviaciones contractuales.

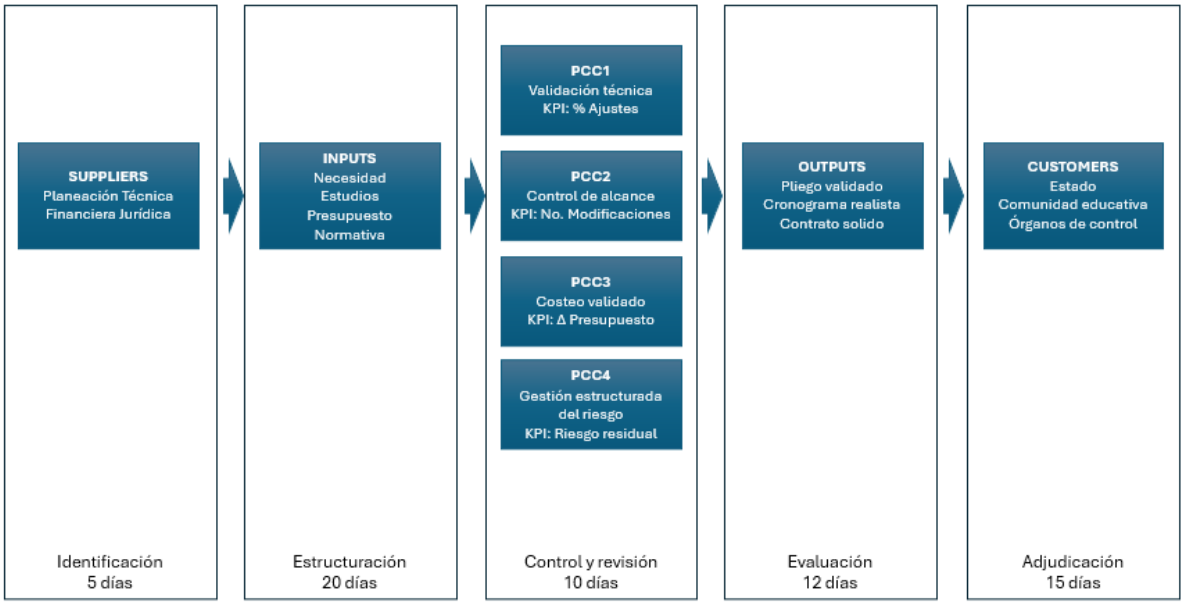


Figura 5. Modelo Integrado del Proceso Precontractual

Este instrumento facilita:

- Identificar dependencias entre actividades
- Visualizar posibles cuellos de botella
- Evidenciar la concentración de decisiones críticas en fases tempranas
- Relacionar la estructura del proceso con las variables de análisis (tiempo, costo y riesgo)

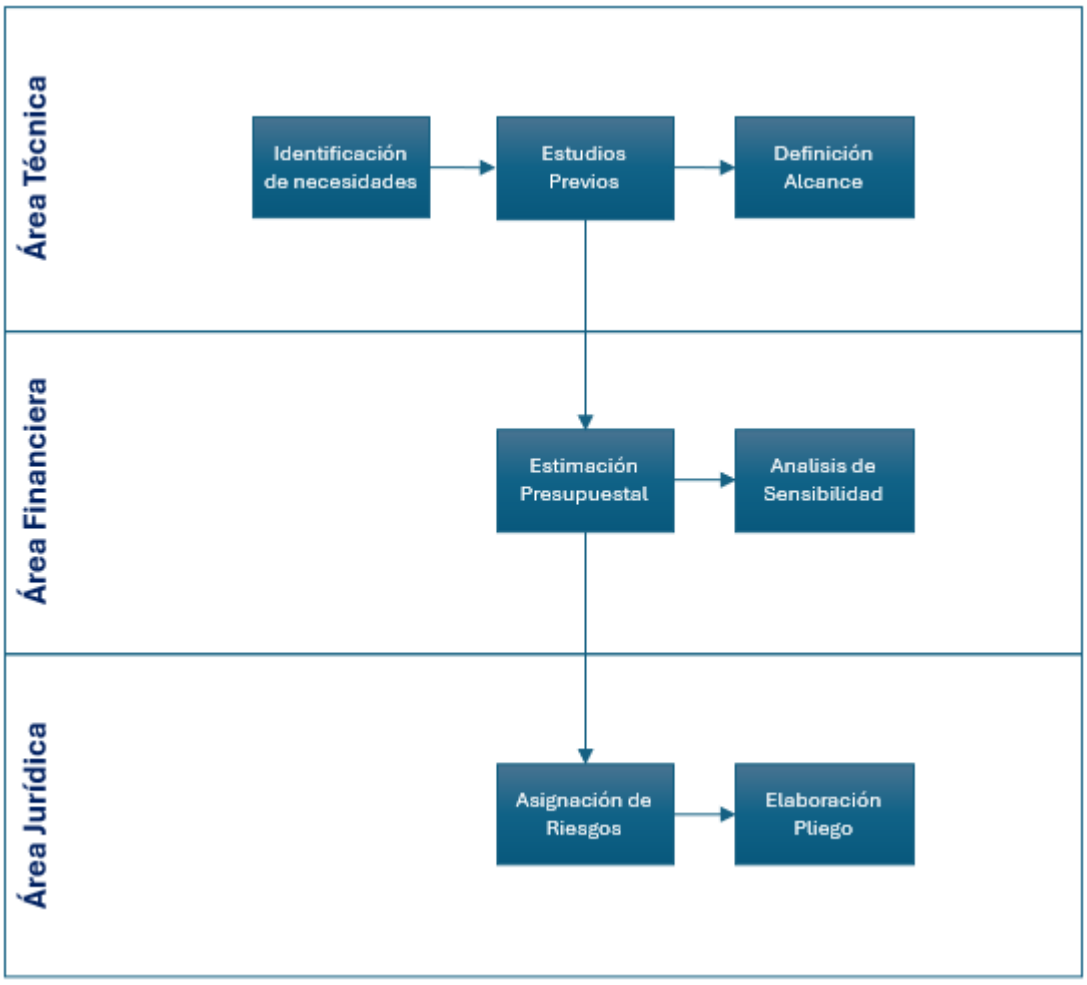


Figura 6. Diagrama de Flujo del Proceso Precontractual

El uso conjunto de estas herramientas permitió:

- Modelar la etapa precontractual (prefactibilidad y factibilidad del proyecto) como sistema
- Identificar debilidades estructurales
- Relacionar los hallazgos del informe de auditoría con posibles fallas en planeación
- Sustentar técnicamente la matriz de causalidad presentada en el capítulo siguiente.

De esta manera, el modelamiento no se utilizó únicamente como representación gráfica, sino como instrumento analítico para interpretar el desempeño contractual desde la Ingeniería Industrial.

6.2.1 Relación entre Hallazgos y Fallas en el proceso de prefactibilidad y factibilidad del proyecto (Etapa Precontractual)

El análisis documental del informe de auditoría permitió identificar:

No.	Hallazgo del Informe de Auditoría	Falla Precontractual Asociada	Variable Industrial Afectada	Efecto Observado en Ejecución	Nivel de Criticidad
1	Clasificación de proyectos con riesgo medio-alto y alto	Identificación y tratamiento insuficiente de riesgos en etapa precontractual	Riesgo	Incremento en probabilidad de incumplimientos y contingencias	Alta
2	Retrasos significativos en cronogramas	Estimación optimista de tiempos y ausencia de análisis de restricciones	Tiempo	Desviaciones frente al cronograma inicial	Alta

3	Modificaciones contractuales recurrentes	Definición imprecisa del alcance en estudios previos	Alcance	Reprocesos y ajustes contractuales	Media
4	Sobrecostos o ajustes presupuestales	Estimación presupuestal sin análisis de sensibilidad	Costo	Incremento del valor contractual durante ejecución	Alta
5	Concentración contractual en determinados ejecutores	Evaluación sin análisis de capacidad operativa acumulada	Riesgo / Capacidad	Saturación operativa y disminución del desempeño	Media

Nota: El nivel de criticidad fue asignado considerando el impacto potencial sobre las variables tiempo, costo y riesgo dentro del sistema contractual.

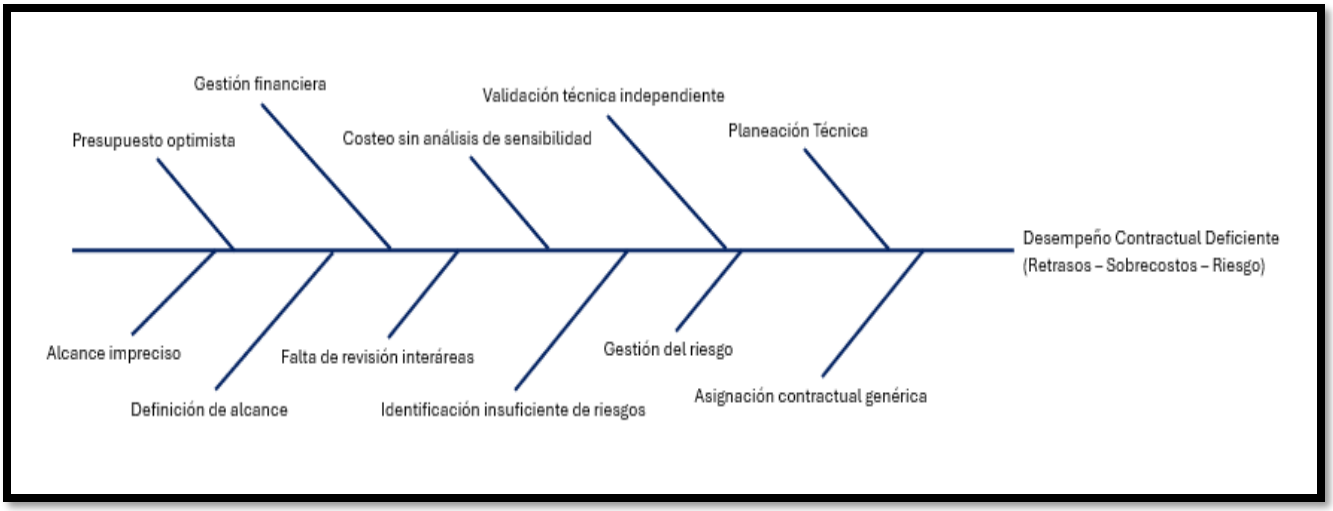


Figura 7. Matriz de casualidad entre hallazgos identificados.

La matriz de causalidad permite estructurar la relación entre los hallazgos identificados en el informe de auditoría y posibles fallas presentes en la etapa precontractual, evidenciando que la materialización de desviaciones en ejecución puede estar asociada con deficiencias en la planeación, estructuración técnica y gestión del riesgo.

6.2.2 Análisis de Variables

6.2.2.1 Variable Tiempo

El informe evidencia retrasos relevantes en la ejecución. Desde el enfoque de proyectos, esto puede asociarse con:

- Cronogramas optimistas
- Ausencia de análisis de restricciones técnicas
- Subestimación de dependencias entre actividades

La falta de margen de tiempo y la evaluación estructurada de la ruta crítica en etapa precontractual incrementa la probabilidad de desviaciones temporales en la ejecución del proyecto.

6.2.3 Variable Costo

Los ajustes presupuestales y modificaciones contractuales evidencian posibles debilidades en el costeo preliminar.

La estimación presupuestal debe incorporar:

- Análisis de sensibilidad
- Evaluación de variabilidad
- Identificación de riesgos asociados a precios y disponibilidad de recursos

La ausencia de estos elementos reduce la confiabilidad del presupuesto base.

6.2.4 Variable Riesgo

La clasificación de proyectos en niveles medio-alto y alto sugiere que el riesgo residual no fue mitigado suficientemente en la etapa de estructuración del proyecto.

El análisis indica posibles debilidades en:

- Identificación detallada de riesgos.
- Valoración estructurada de impacto y probabilidad.
- Tratamiento preventivo antes de adjudicación.

Esto incrementa la probabilidad de materialización de contingencias durante la ejecución.

6.2.5 Variable Alcance

Las modificaciones contractuales recurrentes pueden estar vinculadas con definiciones iniciales imprecisas del alcance.

Desde el enfoque de gestión de proyectos, una definición ambigua genera:

- Reprocesos
- Ajustes técnicos
- Reequilibrios contractuales

El alcance constituye una variable crítica en la estabilidad del contrato.

6.3 Evaluación de los Puntos Críticos de Control (PCC)

El modelamiento permite identificar cinco PCC estratégicos:

1. Validación técnica de estudios previos
2. Control interdisciplinario del alcance
3. Análisis de sensibilidad presupuestal
4. Evaluación estructurada de riesgos
5. Revisión jurídica integral

El análisis sugiere que el fortalecimiento de estos puntos podría reducir significativamente la probabilidad de desviaciones futuras.

Los PCC representan mecanismos preventivos que de aplicarse con mayor rigor, pueden transformar la prefactibilidad y factibilidad del proyecto (etapa precontractual) en una fase de control efectivo y no únicamente de estructuración formal.

6.3.1 Evaluación de Escenarios

El análisis comparativo planteó dos escenarios conceptuales:

Escenario A – Planeación Débil	**Escenario B – Planeación Robusta**
Estudios preliminares limitados. Costeo sin análisis de variabilidad. Gestión superficial del riesgo. Cronograma optimista.	Validaciones técnicas independientes. Análisis presupuestal estructurado. Matriz de riesgos cuantitativa. Programación con margen de contingencia.
Consecuencia probable	
Mayor probabilidad de retrasos y ajustes presupuestales.	Reducción de desviaciones y mayor estabilidad contractual.

Este ejercicio ilustra que la calidad de la etapa precontractual tiene un impacto estructural sobre el desempeño final del proyecto.

6.4 Síntesis del Análisis

El análisis integrado permite concluir que:

- Los hallazgos del informe pueden asociarse con debilidades estructurales en la planeación del proyecto en el proceso de prefactibilidad y factibilidad (etapa precontractual).
- Las variables más afectadas fueron tiempo, costo y riesgo.
- La etapa precontractual no evidenció un enfoque plenamente sistémico ni mecanismos preventivos robustos.
- El modelamiento del proyecto permite identificar oportunidades concretas de fortalecimiento.

7 CONCLUSIONES

7.1 Conclusión estructural del estudio

El presente estudio permitió demostrar que la etapa precontractual en contratación estatal constituye un sistema de diseño organizacional y técnico cuyo nivel de madurez impacta estructuralmente el desempeño contractual posterior.

Contrario a la percepción tradicional que la concibe como fase meramente normativa o procedimental, el análisis desarrollado confirma que esta etapa funciona como un mecanismo estructurador del riesgo, del equilibrio económico del contrato y de la estabilidad operativa del proyecto.

Desde el enfoque metodológico adoptado —estudio de caso con análisis documental, modelamiento de procesos, identificación de puntos críticos de control y construcción de matriz de causalidad— fue posible establecer una relación funcional entre la calidad de planeación (QP) y el desempeño contractual (DC), formalizada mediante la expresión conceptual:

$$DC = f(QP)$$

Esta relación no debe entenderse como una ecuación matemática determinista, sino como un modelo funcional que expresa dependencia estructural. Es decir, el desempeño contractual no es un fenómeno aislado de la ejecución, sino la consecuencia sistémica del diseño precontractual.

Los hallazgos asociados a retrasos, modificaciones contractuales, ajustes presupuestales y clasificación de riesgo medio-alto y alto pueden ser interpretados, desde la Ingeniería Industrial, como manifestaciones de vulnerabilidades previas en el diseño del sistema contractual.

7.2 Conclusión desde la Metodología Aplicada

Uno de los principales aportes del trabajo reside en el uso integrado de herramientas propias de la Ingeniería Industrial para transformar información descriptiva en análisis estructural.

La aplicación del modelo SIPOC permitió visualizar la etapa precontractual como sistema de transformación, identificando claramente:

- Entradas (necesidad institucional, información técnica y financiera).
- Procesos (estudios previos, definición de alcance, estimación presupuestal, gestión de riesgo).
- Salida (contrato estructurado).

Este enfoque permitió superar la lectura lineal del informe de auditoría y comprender la fase precontractual como arquitectura de diseño organizacional.

El modelamiento BPMN con carriles evidenció la interacción entre áreas técnica, financiera y jurídica, mostrando que las posibles debilidades no pueden atribuirse a un único componente, sino que emergen de la interacción sistémica entre funciones.

La matriz de causalidad permitió vincular hallazgos con fallas potenciales en la etapa precontractual, relacionándolos con variables industriales críticas: tiempo, costo, riesgo y alcance.

El análisis comparativo de escenarios permitió introducir una lógica prospectiva, mostrando cómo distintos niveles de calidad de planeación producen configuraciones diferentes de desempeño contractual.

En conjunto, la metodología adoptada confirmó que los fenómenos contractuales pueden ser modelados, analizados y estructurados mediante herramientas de ingeniería, ampliando el campo de aplicación disciplinar hacia la gestión pública.

7.3 Conclusión sobre la Gestión del Riesgo Precontractual

El modelo construido con base en ISO 31000 permitió evidenciar que la gestión del riesgo en la etapa precontractual debe operar como sistema preventivo estructurado y no como formalidad documental.

La expresión:

Riesgo residual = Riesgo identificado – Nivel de mitigación aplicado

permite comprender que cuando la identificación de riesgos es incompleta, su análisis carece de rigurosidad o el tratamiento es insuficiente, el riesgo residual permanece elevado y su probabilidad de materialización aumenta en la fase de ejecución.

Desde este marco, la clasificación de proyectos en niveles medio-alto y alto puede interpretarse como resultado de un proceso de mitigación que no logró reducir suficientemente la exposición estructural.

Esto confirma que la gestión del riesgo no debe limitarse a la asignación contractual, sino que debe operar como mecanismo dinámico de anticipación técnica.

7.4 Conclusión sobre la Interdependencia de Variables Industriales

El análisis sistémico permitió confirmar que las variables industriales no operan de manera aislada, sino como sistema interdependiente.

Se evidenció que:

- Una definición imprecisa de alcance genera reprocesos y ajustes.
- Los ajustes impactan el cronograma.
- La extensión del cronograma incrementa costos indirectos.
- El incremento de costos aumenta exposición al riesgo financiero.
- El aumento del riesgo afecta estabilidad contractual.

Este patrón de interdependencia refuerza la necesidad de adoptar un enfoque sistémico en la estructuración contractual, integrando las variables desde el diseño inicial.

La gestión fragmentada de tiempo, costo, riesgo y alcance resulta insuficiente para garantizar estabilidad contractual.

7.5 Conclusión sobre la Planeación como Variable Estratégica

La planeación precontractual emerge como variable estratégica de control estructural.

Cuando la calidad de planeación disminuye:

- Se incrementa la probabilidad de desviaciones en tiempo (ΔT).
- Se incrementan ajustes presupuestales (ΔC).
- Aumenta el riesgo residual (R).
- Se debilita la estabilidad operativa del contrato.

El análisis comparativo de escenarios demostró que una planeación robusta no elimina completamente el riesgo, pero sí reduce significativamente la probabilidad y severidad de desviaciones.

En términos sistémicos, la planeación constituye el punto de mayor influencia preventiva dentro del ciclo contractual.

7.1.6 Conclusión sobre el Aporte de la Ingeniería Industrial al Sector Público

El estudio evidencia que la Ingeniería Industrial ofrece herramientas estructurales aplicables a la contratación estatal, particularmente en:

- Modelamiento sistémico de procesos.
- Diseño preventivo de riesgo.
- Integración de variables críticas.
- Evaluación estructurada de escenarios.
- Identificación de puntos críticos de control.

Este trabajo amplía el campo de aplicación disciplinar hacia entornos regulatorios complejos, demostrando que los principios de optimización, análisis sistémico y gestión de procesos son transferibles al ámbito público.

La Ingeniería Industrial no se limita a entornos productivos, sino que aporta metodologías estructurales para la mejora de sistemas institucionales.

9. GLOSARIO TECNICO

- **Análisis de riesgos:** Proceso de identificación y evaluación de eventos que pueden afectar los objetivos del proyecto (ISO, 2018).
- **Colombia Compra Eficiente:** Agencia nacional encargada de regular y orientar la contratación pública en Colombia, mediante lineamientos, manuales y guías de planeación contractual.
- **Contratación estatal:** Proceso mediante el cual el Estado celebra contratos bajo principios de planeación y transparencia (Ley 80 de 1993).
- **Cronograma:** Secuencia de actividades del proyecto con duración y dependencias (PMI, 2021).
- **Desempeño contractual:** Grado de cumplimiento del contrato en tiempo, costo, alcance y riesgo (PMI, 2021).
- **Estudios Previos:** Documentos técnicos, jurídicos y financieros que sustentan la necesidad de contratación y permiten evaluar la viabilidad del proyecto antes de su adjudicación.
- **Etapa precontractual:** Fase donde se realizan estudios previos, análisis de mercado y asignación de riesgos (Decreto 1082 de 2015).
- **FFIE (Fondo de Financiamiento de la Infraestructura Educativa):** Entidad creada por el Gobierno Nacional para gestionar recursos destinados a la construcción y mejoramiento de colegios públicos en Colombia.
- **Gestión de proyectos:** Aplicación de conocimientos y herramientas para cumplir objetivos del proyecto (PMI, 2021).
- **Gestión de Riesgos**: Proceso de identificación, análisis, evaluación y tratamiento de riesgos en la contratación pública, regulado por la norma ISO 31000, que busca prevenir desviaciones en costo, tiempo y calidad.
- **Gestión del riesgo:** Proceso para identificar, analizar y tratar los riesgos (ISO, 2018).

- **Ingeniería Industrial:** Disciplina que optimiza sistemas productivos y organizacionales (Bertalanffy, 1976).
- **Matriz de riesgos:** Herramienta que clasifica riesgos según probabilidad e impacto (ISO, 2018).
- **Modelamiento de procesos:** Representación de actividades para analizar su eficiencia (Bertalanffy, 1976).
- **Mota-Engil:** Empresa constructora multinacional portuguesa, contratista principal del FFIE en Colombia para proyectos de infraestructura educativa.
- **Planeación Contractual:** Principio fundamental de la contratación estatal que exige que todo contrato esté precedido de estudios técnicos, financieros y jurídicos suficientes para garantizar su viabilidad y eficiencia.
- **PMBOK (Project Management Body of Knowledge):** Estándar internacional de gestión de proyectos que define fases como iniciación, planificación, ejecución, monitoreo y cierre, aplicable a la contratación pública.
- **Proceso:** Conjunto de actividades que transforman entradas en salidas (Bertalanffy, 1976).
- **Puntos Críticos de Control:** Etapas donde se aplican controles para evitar fallas (PMI, 2021).
- **Riesgo:** Evento incierto que afecta el proyecto (ISO, 2018).
- **Riesgo residual:** Riesgo que permanece después de aplicar controles (ISO, 2018).
- **SECOP II (Sistema Electrónico para la Contratación Pública):** Plataforma oficial de Colombia Compra Eficiente donde se publican los procesos de contratación estatal, garantizando transparencia y acceso a la información.
- **SIPOC:** Herramienta que describe proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes (PMI, 2021).
- **Sistema de transformación:** Conversión de entradas en salidas mediante procesos.
- **Sobrecosto:** Incremento no planificado del presupuesto (Contraloría, 2020).
- **Variables de desempeño:** Indicadores de tiempo, costo, riesgo y alcance (PMI, 2021).

8. REFERENCIAS

Contraloría General de la República. (2020). *Informe de auditoría integral externa al Fondo de Financiamiento de la Infraestructura Educativa (FFIE)*. Contraloría General de la República.

Congreso de la República de Colombia. (1993). *Ley 80 de 1993 por la cual se expide el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública*. Diario Oficial No. 41.094.

Congreso de la República de Colombia. (2007). *Ley 1150 de 2007 por medio de la cual se introducen medidas para la eficiencia y la transparencia en la Ley 80 de 1993*. Diario Oficial No. 46.691.

Departamento Administrativo de la Función Pública. (2015). *Decreto 1082 de 2015 por medio del cual se reglamenta el sistema de compras y contratación pública*. Diario Oficial No. 49.523.

International Organization for Standardization. (2018). *ISO 31000: Risk management – Guidelines*. ISO.

Project Management Institute. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)* (7th ed.). PMI.

Bertalanffy, L. von. (1976). *Teoría general de los sistemas*. Fondo de Cultura Económica.

Agencia Nacional de Defensa Jurídica del Estado. (2023). *Manual de contratación y supervisión GC-M-01 (Versión 6)*. ANDJE.

Colombia Compra Eficiente. (2022). *Guía para la gestión de riesgos en la contratación estatal*. CCE.