



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

Diagnóstico de los factores del incremento de costes de las obras civiles contratadas en el sector público de Ecuador

Presentado por

Paltín Saraguro, Galo

Para la obtención del

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil

Tutor: Catalá Alís, Joaquín

Valencia, noviembre 2019



0 PRELIMINARES

0.1 Índice general

0	PRELIMINARES.....	i
0.1	Índice general.....	i
0.2	Listado de tablas.....	iv
0.3	Listado de figuras.....	v
0.4	Resumen.....	vi
0.5	Resum.....	vii
0.6	Abstract.....	viii
0.7	Resumen ejecutivo.....	ix
0.8	Agradecimientos.....	xii
0.9	Dedicatoria.....	xii
1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Planteamiento del problema.....	1
1.2	Hipótesis.....	2
1.3	Justificación.....	2
1.4	Alcance.....	3
1.5	Objetivos.....	4
1.5.1	Objetivo general.....	4
1.5.2	Objetivos específicos.....	4
1.6	Metodología.....	4
2	MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.....	6
2.1	Marco teórico.....	6
2.1.1	Definiciones.....	6
2.1.2	Fases del ciclo de ejecución del proyecto.....	7
2.1.3	Contratación pública en el Ecuador.....	8
2.2	Estudio del estado del arte.....	9
2.2.1	Introducción.....	9
2.2.2	Sobrecostos.....	11
2.2.3	Desempeño de los costes.....	13
2.2.4	Causas y factores de los sobrecostos.....	13

2.2.5	Clasificación de las causas de sobrecostos	18
2.2.6	Mitigación de los sobrecostos.....	23
2.2.7	Efectos de los sobrecostos.....	24
2.2.8	Gestión de costes	25
3	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	26
3.1	Contexto de las obras públicas en el país.....	26
3.1.1	Concepción y planificación	26
3.1.2	Diseño e ingeniería.....	26
3.1.3	Selección del contratista.....	26
3.1.4	Ejecución y cierre	26
3.2	Diseño de la investigación.....	27
3.2.1	Introducción	27
3.2.2	Metodología	27
3.2.3	Selección de la población y representación de la muestra	28
3.2.4	Selección de proyectos y recolección de datos	29
3.2.5	Clasificación de datos.....	29
3.2.6	Factores de sobrecostos	32
3.3	Análisis estadístico de datos	33
3.3.1	Análisis de la muestra.....	33
3.3.2	Análisis descriptivo	36
3.3.3	Pruebas estadísticas utilizadas en el análisis.....	41
3.3.4	Sobrecoste por tipo de proyecto.....	44
3.3.5	Sobrecostos en las fases del proyecto	45
3.3.6	Sobrecostos por tamaño del proyecto	48
3.3.7	Duración de la fase de implementación del proyecto	50
3.3.8	Desempeño de los costes en función de la ubicación geográfica.....	53
4	CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	55
4.1	Introducción.....	55
4.2	Conclusiones.....	55
4.2.1	Contribución teórica.....	55
4.2.2	Contribución empírica.....	56
4.3	Recomendaciones.....	58
4.3.1	Recomendaciones relacionadas con las fases de construcción.....	58
4.3.2	Recomendaciones relacionadas con la estimación de costes.....	60

4.4	Limitaciones	60
4.5	Líneas de investigación futuras.....	61
5	BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS	63
5.1	Referencias bibliográficas	63
5.2	Anexos	67
5.2.1	Base de datos.....	67
5.2.2	Tabla de resultados	71
5.2.3	Causas y teorías que explican a los sobrecostos	73

0.2 Listado de tablas

Tabla 1 Factores de sobrecostes identificados por varios autores	17
Tabla 2 Teorías que explican las causas de los sobrecostes	19
Tabla 3 Estadística descriptiva de las variables de coste del análisis	30
Tabla 4 Proyectos seleccionados como muestra representativa de la población	33
Tabla 5 Ofertas ganadoras de la licitación respecto del presupuesto referencial	34
Tabla 6 Distribución de muestra por zona geográfica	34
Tabla 7 Distribución de muestra por órgano de contratación	34
Tabla 8 Distribución de muestra por tipo de proyecto	35
Tabla 9 Distribución de muestra por tamaño de proyecto	35
Tabla 10 Distribución de muestra por duración total de la construcción	35
Tabla 11 Análisis de normalidad de los datos con la prueba de Shapiro-Wilk	37
Tabla 12 Estadística descriptiva de los datos de coste	37
Tabla 13 Clasificación de los proyectos por variación de coste	40
Tabla 14 Valores de tendencia de sobrecostes por factores de proyecto	40
Tabla 15 Resultados de prueba binomial de sobrecostes por tipo de proyecto	42
Tabla 16 Resultados de prueba F de la distribución de costes en los proyectos	42
Tabla 17 Anova de sobrecostes en etapas del proyecto	43
Tabla 18 Sobrecostes promedio por tipo de proyecto	44
Tabla 19 Proyectos con sobrecoste y bajo coste	44
Tabla 20 Desempeño de los costes en las fases del proyecto	47
Tabla 21 Prueba t para medias de dos muestras emparejadas	48
Tabla 22 Clasificación por tamaño en función de la estadística de los datos	48
Tabla 23 Clasificación por tamaño en grupos iguales de proyectos	49
Tabla 24 Sobrecostes desagregados por tamaño y tipo de proyecto	49
Tabla 25 Regresión lineal de plazo y sobrecoste por tipo de proyecto	52
Tabla 26 Sobrecostes de los proyectos completados a tiempo y con retraso	52
Tabla 27 Proyectos por tipo y ubicación geográfica	53
Tabla 28 Sobrecostes por tipo de proyecto y ubicación geográfica	53
Tabla 29 Sobrecostes tipos de proyecto en cada región geográfica	54

0.3 Listado de figuras

Figura 1 Etapas de las fases de ejecución de un proyecto	7
Figura 2 Diagrama de caja de los datos de coste de los proyectos.....	38
Figura 3 Diagrama de caja de los datos de duración de los proyectos.....	38
Figura 4 Distribución de sobrecostes en proyectos de obra pública en Ecuador.....	39
Figura 5 Distribución de sobrecostes en la fase previa a la construcción.....	46
Figura 6 Distribución de sobrecostes en la fase de construcción	47
Figura 7 Duración de los proyectos y los sobrecostes	51
Figura 8 Teorías y causas desde la perspectiva técnica	73
Figura 9 Teorías y causas desde la perspectiva económica	73
Figura 10 Teorías y causas desde la perspectiva psicológica.....	74
Figura 11 Teorías y causas desde la perspectiva política	74

0.4 Resumen

Este estudio del diagnóstico de los sobrecostes de las obras públicas ecuatorianas se encuentra desarrollado en dos partes, una teórica y otra empírica. En la parte teórica se desarrolla el estudio del estado del arte, mediante la revisión de la literatura relacionada con el desempeño de los costes en los proyectos de construcción y los sobrecostes que se generan. Esta revisión proporciona las características esenciales de los costes, así como los factores, causas y teorías que intentan justificar los excesos de costes en la ejecución de las obras.

La parte empírica de la investigación se constituye en el punto de partida para el análisis del desempeño de los costes en las obras de la administración pública ecuatoriana. Se realiza un análisis estadístico de los datos de las obras ejecutadas por la administración pública durante los años 2016-2017. La base de datos fue clasificada en función de parámetros propios para cada proyecto, como: tipo de proyecto, región geográfica, órgano de contratación, coste estimado, coste adjudicado, coste final, plazo, prórroga, duración, entre otros, comprendidos por 60 proyectos de infraestructura de las diversas instituciones de gobierno de Ecuador.

Los resultados de este estudio tienen relación con otros disponibles en la literatura y se contraponen en ciertos casos. Entre los hallazgos más importantes se evidencia que los sobrecostes son más frecuentes que los bajos costes, así también que los sobrecostes relativos y absolutos sobresalen en los proyectos de infraestructura sanitaria. Así mismo, la fase en la que se genera una mayor tasa de sobrecostes es la de construcción, sin embargo, la fase previa no está exenta y se evidencia que las ofertas ganadoras generalmente optan por una “licitación por suicidio” con la finalidad de hacerse con la adjudicación, por lo que los sobrecostes empiezan más allá de la etapa de construcción.

Finalmente, hasta la fecha no se ha documentado un estudio estadístico de los excesos de costes en las obras ejecutadas por las administraciones de gobierno de Ecuador, por lo que este trabajo se puede considerar pionero en el país, constituyéndose en la línea base para dilucidar en investigaciones futuras el rendimiento de los costes en las obras, así como los factores y medidas de mitigación de los excesos.

Palabras clave

Sobrecostes, obras públicas, desempeño de costes, análisis estadístico, Ecuador.

0.5 Resum

Aquest estudi del diagnòstic dels sobrecostes de les obres públiques equatorianes es troba desenvolupat en dues parts, una teòrica i una altra empírica. En la part teòrica es desenvolupa l'estudi de l'estat de l'art, mitjançant la revisió de la literatura relacionada amb l'acompliment dels costos en els projectes de construcció i els sobrecostes que es generen. Aquesta revisió proporciona les característiques essencials dels costos, així com els factors, causes i teories que intenten justificar els excessos de costos en l'execució de les obres.

D'altra banda, es presenta la part empírica de la investigació que constitueix en el punt de partida per a l'anàlisi de l'acompliment dels costos en les obres de l'administració pública equatoriana. Aquesta anàlisi es realitza a partir de les dades de les obres executades per l'administració pública durant els anys 2016-2017. La base de dades va ser classificada en funció de paràmetres propis per a cada projecte, com: tipus de projecte, regió geogràfica, òrgan de contractació, cost estimat, cost adjudicat, cost final, termini, pròrroga, duració, entre altres, compresos per 60 projectes d'infraestructura de les diverses institucions de govern de l'Equador.

Els resultats d'aquest estudi tenen relació amb altres disponibles en la literatura i es contraposen en certs casos. Entre les troballes més importants s'evidencia que els sobrecostes són més freqüents que els baixos costos, així també que els sobrecostes relatius i absoluts sobreixen en els projectes d'infraestructura sanitària. Així mateix, la fase en la qual es genera una major taxa de sobrecostes és la de construcció, no obstant això, la fase prèvia no està exempta i s'evidencia que les ofertes guanyadores generalment opten per una "licitació per suïcidi" amb la finalitat si es fes amb l'adjudicació, per la qual cosa els sobrecostes comencen més enllà de l'etapa de construcció.

Finalment, fins hui no s'ha documentat un estudi estadístic dels excessos de costos en les obres executades per les administracions de govern de l'Equador, per la qual cosa aquest treball es pot considerar pioner al país, constituint-se en la línia base per a dilucidar en investigacions futures el rendiment dels costos en les obres, així com els factors i mesures de mitigació dels excessos.

Paraules clau

Sobrecostes, obres públiques, compliment de costos, anàlisi estadística, l'Equador.

0.6 Abstract

This study of the diagnosis of the cost overrun of Ecuadorian public projects is developed in two parts, a theoretical and an empirical one. In the first one, the research of the state of the art is developed, reviewing literature related to the performance of costs in construction projects and the cost overruns that are generated. This review provides the essential characteristics of the costs, as well as the factors, causes and theories that try to justify the excess costs in the execution of the works.

On the other hand, the empirical part of the research constitutes the starting point for the analysis of the performance of the costs in the works of the Ecuadorian public administration is presented. This analysis is carried out based on the data of the works executed by the public administration during the years 2016-2017. The database was classified according to its own parameters for each project, such as: type of project, geographical region, contracting authority, estimated cost, awarded cost, final cost, term, extension, duration, among others and it is comprised of 60 projects of infrastructure of the various government institutions of Ecuador.

The results found in this study are related to others available in the literature and in certain cases they are contrasted. Among the most important findings it is evident that the cost overruns are more frequently than the low costs, besides that relative and absolute costs overruns stand out in the projects of sanitary infrastructure. In the same way, the phase in which a higher rate of cost overruns is generated is that of construction, however, the previous phase is not exempt and it is evidenced that the winning offers generally opt for a “suicide tender” in order to be made with the award, so the cost overruns begin beyond the construction stage.

Finally, to date, an analysis of the cost overruns in the works executed by the government administrations of Ecuador has not been documented, so this study can be considered pioneer in the country, becoming it the baseline to elucidate in future investigations the performance of the costs in the works, besides the factors and measures of mitigation of the excesses.

Keywords

Cost overrun, public projects, cost performance, statistical analysis, Ecuador.

0.7 Resumen ejecutivo

<p>Título del trabajo fin de máster: Diagnóstico de los factores del incremento de costes de las obras civiles contratadas en el sector público de Ecuador</p> <p>Autor: Paltín Saraguro, Galo</p>	
1. Planteamiento del problema a resolver	<p>Existen pocos estudios acerca de los sobrecostes de las obras públicas que permiten dilucidar con amplitud esta situación. En Ecuador no existen estudios estadísticos que clarifiquen este escenario en las obras públicas ejecutadas, sin embargo, al igual que el panorama internacional existen varias publicaciones en los diarios nacionales que hacen referencia a los sobrecostes de las obras ejecutadas por las administraciones de gobierno.</p> <p>En este estudio se propone realizar el diagnóstico de los factores del incremento de costes en las obras civiles promovidas por las administraciones públicas de Ecuador, para lo cual se ha considerado aquellas ejecutadas y finalizadas durante los años 2016 y 2017.</p>
2. Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar, obtener, analizar y determinar los factores del incremento de costes de los contratos públicos de obra civil ejecutados en Ecuador durante los años 2016 a 2017. • Analizar el estado del arte del incremento de costes de la ejecución de las obras civiles. • Análisis de la situación actual de los factores del incremento de costes. • Recopilar la información de las obras civiles ejecutadas y finalizadas durante el periodo de análisis. • Identificar los costes de presupuesto, adjudicación, incrementos y de liquidación final de las obras. • Identificar y obtener los factores asociados al incremento de costes de las contrataciones de obra. • Evaluar los factores identificados mediante análisis estadístico. • Determinar los factores que influyen significativamente en el incremento de costes de las obras objeto de análisis. • Presentar conclusiones, aportes y líneas de investigación futuras.
3. Estructura organizativa	<p>Este trabajo se encuentra estructurado por capítulos, en los cuales se agrupa la información de la siguiente manera:</p> <p>Capítulo 1. Preliminares.- describe la problemática, hipótesis, alcance, objetivos y la metodología empleada en el estudio.</p> <p>Capítulo 2. Marco teórico y estado del arte.- es la parte teórica de la investigación y comprende la búsqueda de</p>

<p>Título del trabajo fin de máster: Diagnóstico de los factores del incremento de costes de las obras civiles contratadas en el sector público de Ecuador</p> <p>Autor: Paltín Saraguro, Galo</p>	
	<p>información referente al estudio del incremento de costes de las obras ejecutadas a nivel local como internacional.</p> <p>Capítulo 3. Análisis de la situación actual.- es la parte empírica de la investigación y describe la información recopilada, los factores de coste identificados y el análisis de los datos.</p> <p>Capítulo 4. Conclusiones y líneas de investigación.- se presentan las conclusiones de la investigación en función de los resultados, señalando los factores que influyen significativamente en los sobrecostes de las obras analizadas. Finalmente, se plantean las líneas de investigación futuras, acerca de estudios necesarios para profundizar en diferentes temáticas relacionadas al presente estudio.</p>
4. Método	<p>La metodología propuesta para el presente trabajo ha sido estructurada en etapas sucesivas, empieza con la parte teórica de la investigación que comprende el estudio del estado del arte, continúa con el análisis de la situación actual que aporta la base empírica del estudio, para cerrar con las conclusiones y recomendaciones resultantes.</p>
5. Cumplimiento de objetivos	<p>A lo largo de los capítulos del estudio se identifica, obtiene, analiza y determina los factores del incremento de costes de los contratos públicos de obra civil ejecutados en Ecuador durante los años 2016 a 2017.</p> <p>Capítulo 2. Marco teórico y estado del arte Análisis del estado del arte del incremento de costes.</p> <p>Capítulo 3. Análisis de la situación actual Análisis de la situación actual de los factores del incremento de costes. Incluye: recopilación de información, identificación de costes y factores de sobrecostes, análisis estadístico de datos e identificación de los factores más significativos.</p> <p>Capítulo 4. Conclusiones y líneas de investigación Se presentan las conclusiones, aportes y líneas de investigación futuras.</p>
6. Contribuciones	<ul style="list-style-type: none"> • Se demostró que los sobrecostes son más comunes que los bajos costes y la magnitud de los sobrecostes es mayor que el ahorro de costes. • Se encontró que en general los proyectos grandes tienen sobrecostes mayores con igual comportamiento en términos de sobrecostes absolutos. • El análisis de la duración de la fase de construcción de las obras evidencia que los sobrecostes se incrementan a medida que esta se prolonga.

Título del trabajo fin de máster: Diagnóstico de los factores del incremento de costes de las obras civiles contratadas en el sector público de Ecuador
Autor: Paltín Saraguro, Galo

	<ul style="list-style-type: none"> • Los resultados obtenidos muestran que no existe una diferencia significativa en los sobrecostes entre las regiones geográficas del país. • Los hallazgos permiten señalar que no solo la frecuencia y la magnitud de los sobrecostes son diferentes en los proyectos estudiados, sino que los factores que influyen también difieren.
7. Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Control de la duración de la fase de construcción, así como la gestión de la periodicidad de los comportamientos estratégicos. • Se recomienda que los planes del proyecto sean más resistentes a los cambios una vez que se ha tomado la decisión de construir el proyecto en función de administrar los cambios de alcance en la medida en que resulten en un mayor apoyo para el proyecto. • La información de las obras ejecutadas debe estar disponible mediante una aplicación informática de acceso público, con la finalidad de que este tipo de estudios puedan ejecutarse con información confiable, para encontrar alternativas que apunten a disminuir los costes de ejecución de las obras.
8. Limitaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Esta investigación se limita a los proyectos de construcción de infraestructura pública en licitados por la administración de gobierno de Ecuador. • Los resultados de este estudio se determinaron a partir de proyectos públicos licitados y administrados por las administraciones de gobierno con valores inferiores a \$ 5 millones, los cuales fueron construidos bajo la modalidad de precios unitarios. • Todos los proyectos de la muestra están integrados únicamente por proyectos nuevos, descartando los de reconstrucción.

0.8 Agradecimientos

La culminación de esta meta es un esfuerzo personal que no hubiese sido posible sin el aporte de personas e instituciones vinculadas de manera directa e indirecta a este proyecto, todos ellos fueron parte de esta experiencia tanto en España como en Ecuador.

A los directivos y personal docente de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Valencia, en especial para quienes compartieron su vasta experiencia en los diversos temas abordados en el máster.

A los directivos de la Corporación Eléctrica del Ecuador, quienes me facilitaron el periodo para cursar los estudios presenciales. También a mis compañeros/amigos de trabajo, quienes estuvieron pendientes de mi estancia y situaciones de trabajo.

Al profesor Joaquín Catalá Alís, por su aporte desde el aula y posteriormente en la tutela de este trabajo cuyas sugerencias, observaciones y motivación, cristalizaron el tema abordado y permitieron finalizar exitosamente este estudio.

A las personas con las que compartí experiencias de convivencia durante mi residencia en España y que ahora forman parte de la historia de mi vida.

Finalmente, un agradecimiento especial a mi familia por el apoyo incondicional y la motivación que día a día me impartieron durante este tiempo.

0.9 Dedicatoria

A mi esposa

Diana

A mis hijos

Santiago y Camilo

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Las obras públicas promovidas por las diferentes administraciones de gobierno apuntan a generar servicios y/o productos que beneficien a la comunidad. Al ser financiadas con recursos públicos su ejecución es sin fines de lucro, pues su objetivo es mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

Sin embargo, a pesar del carácter “altruista” con el que se desarrollan, no están exentas de polémica. Es común leer publicaciones en los diarios en donde se hace referencia a las obras públicas, pero aquellas que más lectores convoca son las que relatan conflictos en las que se encuentran inmersas y sobresalen los reportes acerca de los sobrecostes incurridos durante su ejecución.

Los costes incurridos y el plazo al finalizar una obra generan especial atención e incertidumbre cuando surge un proyecto y más aún cuando se va a ejecutar. Escenarios recurrentes como infraestructuras que no se concluyen por excederse del presupuesto, instalaciones públicas sin entrar en servicio, con fechas de inauguración desplazadas una y otra vez, se han vuelto comunes en las obras de la administración pública.

Los proyectos de construcción, históricamente, han finalizado con un coste mayor respecto de la estimación inicial. Esta situación genera incertidumbre en los promotores en vista de que el presupuesto asignado inicialmente resulta insuficiente para cubrir los excesos que surgen en el transcurso de su ejecución. Las consecuencias que trae consigo son paralizaciones, extensiones de plazo o inclusive asignación de recursos de otros proyectos.

Es aún mayor la preocupación de proyectos que se ejecutan con fondos públicos que sobrepasan los presupuestos, generalmente los medios de comunicación son los primeros en alertar los excesos y a partir de ahí se convierten en un grupo de presión que genera más incertidumbre en los contribuyentes.

En contexto, algunos autores señalan que los sobrecostes en los proyectos generan diversos problemas (Flyvbjerg, 2007). Considerando la teoría de Pareto, conducen a una asignación de recursos ineficiente, por lo que generan desperdicio. Es frecuente que los pronósticos de costes sean inexactos, sin embargo, las grandes desviaciones estándar muestran que el margen por el cual los costes son erróneos difiere entre los proyectos. Por lo tanto, la clasificación de los proyectos se ve afectada directamente y los tomadores de decisiones probablemente priorizarán otros proyectos, debido a que cuando los proyectos se vuelven más caros respecto de la estimación inicial, se requiere un presupuesto adicional a medida que estos se incrementan. Con lo cual, el presupuesto para otros proyectos puede verse afectado, particularmente porque el presupuesto total para inversiones en infraestructura pública frecuentemente se determina cada período fiscal. Con todo ello, los excesos de costes resultan en pérdidas de dinero, que trae consigo la realización de menos proyectos de infraestructura de lo planeado.

El problema de los sobrecostos puede estar relacionado con el plazo de ejecución del proyecto. Cuando los sobrecostos se presentan durante la ejecución de los proyectos, es necesario la gestión de recursos adicionales y por lo tanto se deben renegociar o volver a aprobar. Esto inevitablemente extiende la duración y los excesos de costes aumentan con cada periodo adicional de plazo para su finalización (Flyvbjerg, Skamris Holm, & Buhl, 2004).

Los sobrecostos desestabilizan la política, la planificación, la implementación y la puesta en marcha de los proyectos; generando una continua modificación de la planificación del proyecto. El problema es cada vez mayor más aún cuando es recurrente el incremento del alcance de los proyectos. Los sobrecostos pueden tener consecuencias financieras considerables si el presupuesto de un proyecto es significativo, incluso pueden desestabilizar las finanzas de todo un país o región.

Los sobrecostos parecen ser un fenómeno mundial y ocurren en diferentes tipos de proyectos, pero es aún más preocupante que estos incrementos no hayan disminuido en los últimos 70 años (Flyvbjerg, Skamris holm, & Buhl, 2003).

Según las proyecciones del Banco Mundial se prevé que la inversión en infraestructura pública en el continente americano sea de alrededor de trece billones de dólares en la siguiente década. En Ecuador, según la proforma del Plan Plurianual 2017-2020 del Gobierno Nacional, se prevé una inversión anual en proyectos de infraestructura de alrededor de cinco mil millones de dólares.

Por lo tanto, no es difícil identificar la necesidad de emprender acciones que apunte a una mejor estimación de los costes en todas las etapas de un proyecto y brindar una mayor seguridad para que se cumplan las expectativas de lo estimado.

1.2 Hipótesis

Las obras promovidas por la administración de gobierno de Ecuador presentan sobrecostos debidos a diferentes factores que influyen en mayor o menor medida.

1.3 Justificación

Existen pocos estudios acerca de los sobrecostos de las obras públicas que permitan dilucidar con amplitud esta situación. Uno de los primeros estudios estadísticamente documentado (Flyvbjerg, Bruzelius, & Rothengatter, 2003), señala que la estimación inicial de los costes de las obras influye significativamente y atribuye esta subestimación a la tergiversación estratégica, antes que por error.

Un análisis de los sobrecostos de las obras ejecutadas por el Ministerio de Fomento español en el año 1994 señala que el 77% de las obras presentan sobrecostos en mayor o menor medida y por lo menos un tercio de estas presentaban un incremento cercano al 20%. Concluye que las causas de los sobrecostos son por las mejoras o correcciones del proyecto inicial, situación común en cerca del 70% de las obras analizadas (Ganuza, 1998).

Otro estudio realizado en Reino Unido, en el que entrevistaron a 250 empresas entre consultoras y constructoras (Olawale & Sun, 2010), concluyó que entre 10%

y 40% de las obras en general presentan sobrecostes. Señala que los principales factores corresponden a cambios del proyecto inicial, riesgos, inexactitud de los plazos, rendimiento y complejidad de las obras.

Posiblemente hay muchos países con incógnitas similares con respecto al desempeño de los proyectos de obras públicas. En términos generales, se desconoce en qué medida los resultados del estudio internacional de Flyvbjerg et al. (2003) podrían usarse como referencia para evaluar el desempeño de proyectos en países puntuales. Aunque este estudio se considera como una investigación líder con una cobertura mundial, el uso de los resultados para otros países corre el riesgo de caer en la falacia ecológica que se refiere a la tendencia a hacer inferencias sobre casos individuales (países o proyectos individuales) a partir de otros resultados. No siempre es posible adaptar unos resultados puntuales a otros países, por ejemplo, las conclusiones para Europa no se aplican necesariamente a cada país europeo.

Existen pocos estudios de sobrecostes con grandes muestras y estos se centran en la frecuencia y distribución del exceso, incluida su magnitud. Además, se han llevado a cabo pocas investigaciones con énfasis en la fase en la cual un proyecto es más propenso a sobrecostes, lo que arrojaría más luces sobre este fenómeno. Por ejemplo, si los mayores incrementos de costes ocurren en las fases iniciales, los excesos de costes parecen ser un problema de planificación, mientras que, si ocurren principalmente en las fases finales, parece ser un problema de gestión del proyecto. Si se identifica la fase en la que ocurren los mayores incrementos de costes, el alcance de la investigación con respecto al problema de los sobrecostes podría reducirse a esta fase específica. Esto aumentaría la probabilidad de encontrar sus causas y proporcionar posibles soluciones. Sin embargo, se sabe poco acerca de si los costes aumentan marginalmente a lo largo de los años o severamente en ciertos períodos de ejecución del proyecto.

En síntesis, las obras de infraestructura frecuentemente se encuentran envueltas en sobrecostes y la magnitud de este incremento parece ser específico para cada país. En Ecuador no existen datos del desempeño de las obras públicas ejecutadas como tampoco estudios publicados que clarifiquen este escenario, peor aún del mejor o peor desempeño que en otros países, sin embargo, al igual que en el panorama internacional existen varias publicaciones en los diarios nacionales que hacen referencia a los sobrecostes de las obras ejecutadas por las instituciones de la administración pública.

1.4 Alcance

El presente trabajo comprende el estudio del estado del arte y el análisis de la situación actual mediante la recopilación de la documentación, análisis estadístico de la información, identificación, así como la obtención de los factores del incremento de costes en las obras civiles promovidas por las administraciones de gobierno de Ecuador que fueron licitadas durante los años 2016 a 2017 y a la fecha de cierre del presente estudio se encuentran liquidadas; finalmente determinar los factores preponderantes que influyen en los costes finales de estas obras. Se

consideran únicamente los proyectos de infraestructura que disponen de la liquidación económica. Además, forman parte de este estudio las obras adjudicadas en concurso público en donde se ha evaluado tanto la oferta técnica como la económica. Se excluyen los costes de obras ejecutadas bajo la figura de asociación público-privada (PPP) y concesiones.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Identificar, obtener, analizar y determinar los factores del incremento de costes de los contratos públicos de obra civil ejecutados en Ecuador durante los años 2016 a 2017.

1.5.2 Objetivos específicos

1. Estudio del estado del arte del incremento de costes de la ejecución de las obras civiles con base en la información disponible.
2. Análisis de la situación actual de los factores del incremento de costes.
 - 2.1. Recopilar la información de las obras civiles ejecutadas y finalizadas durante el periodo de análisis.
 - 2.2. Identificar los costes de presupuesto, adjudicación, incrementos y de liquidación final de las obras.
 - 2.3. Identificar y obtener los factores asociados al incremento de costes de las contrataciones de obra.
 - 2.4. Evaluar los factores identificados mediante análisis estadístico.
 - 2.5. Determinar los factores que influyen significativamente en el incremento de costes de las obras objeto de análisis.
3. Conclusiones y líneas de investigación futuras.
 - 3.1. Conclusiones generales de la investigación.
 - 3.2. Identificar futuras líneas de investigación.

1.6 Metodología

La metodología propuesta para el presente trabajo ha sido estructurada en etapas sucesivas, la cuales se desarrollan por capítulos, empieza con la parte teórica de la investigación que comprende el estudio del estado del arte, continúa con el análisis de la situación actual que aporta la base empírica del estudio, para cerrar con las conclusiones y recomendaciones resultantes.

Objetivo 1. Estudio del estado del arte

El desarrollo de este objetivo comprenderá la búsqueda de información referente al incremento de costes de las obras ejecutadas por diferentes instituciones a nivel local como internacional. Se realizará en bases de datos bibliográficas, utilizando diversas estrategias de búsqueda, mediante la selección de palabras clave inherentes al tema en estudio.

Objetivo 2. Análisis de la situación actual

Recopilación de información, referente a las obras públicas licitadas durante los años 2016 y 2017 en Ecuador. Se obtendrá de la base de datos publicada en línea por el Sistema Oficial de Contratación Pública del Ecuador (SOCE), mediante la búsqueda de los procesos finalizados en el periodo de análisis y de cada uno se obtendrá el expediente de contratación y ejecución del contrato con énfasis en: pliegos, resolución de adjudicación, contrato de obra, certificaciones y acta de liquidación.

Elaboración de base de datos, con los proyectos identificados y la documentación recopilada se obtendrá la información como presupuesto de licitación, valor de adjudicación, incrementos de costes y coste final de la obra. Así mismo, el tipo de proyecto, plazo de licitación, prórrogas, ubicación geográfica, órgano de contratación.

Identificación de los factores de sobrecostes, de la base de datos elaborada se identificarán todos los factores preponderantes en los cuales se encuentran inmersos los incrementos de costes y se obtendrá un listado común representativo de las obras objeto del estudio.

Análisis de los datos, con la información almacenada en la base de datos se realizará un análisis estadístico descriptivo de las variables identificadas para valorar y determinar los factores más influyentes en el incremento de costes de las obras.

Objetivo 3. Conclusiones y líneas de investigación

Con los resultados obtenidos se presentarán las conclusiones de la investigación, para lo cual se realizará un análisis y comparación con la información recopilada en el estado del arte, además, se prevé señalar los sectores con mayor incidencia y los factores que influyen significativamente en los sobrecostes de estas obras.

Finalmente, se plantearán líneas de investigación futuras, acerca de estudios necesarios para profundizar en diferentes temáticas relacionadas al presente estudio.

2 MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

2.1 Marco teórico

Este numeral comprende los conceptos fundamentales inherentes a los costes de las obras, así como aquellos temas complementarios que ayudan a la comprensión del tema en estudio.

2.1.1 Definiciones

Los costes de las obras y su incremento durante su ejecución es un fenómeno mundial, es un tema que genera debate, tanto en los medios como en la academia, sin embargo persisten las divergencias sobre su definición, las causas y la forma de evitarlos (Flyvbjerg et al., 2018), por lo que para comprender el tema abordado es necesario puntualizar algunos conceptos.

2.1.1.1 Costes

Cuando se habla de costes en una obra se refiere a la cantidad de recursos monetarios utilizados para su ejecución (Boquera Pérez, 2015). En este contexto, se pueden clasificar en costes directos y costes indirectos.

2.1.1.1.1 Costes directos

Los costes directos son identificados de manera específica de acuerdo con la naturaleza de la obra y corresponden a los equipos, materiales y mano de obra directamente involucrados en la construcción física de las obras permanentes del proyecto. Estos incluyen, costes directos de mano de obra que cubren los gastos netos de adquisición, mantenimiento y salarios de todas las categorías de trabajadores empleados en el lugar para la ejecución de un ítem del proyecto. También, otros gastos directos que corresponden a todos los demás gastos por servicios prestados, que se pueden atribuir directamente e identificar claramente con la ejecución de una actividad o elemento de trabajo.

2.1.1.1.2 Costes indirectos

Los costes indirectos se refieren a todos los costes que no se convierten en parte final de la instalación y no están identificados específicamente, sin embargo, se requieren para su ejecución sistemática. Incluye, pero no se limita a: administración de campo, supervisión directa, herramientas de capital, algunos costes iniciales, honorarios del contratista, seguros de la obra, impuestos, entre otros. En síntesis, todos los costes que no sean costes directos están cubiertos por costes indirectos.

2.1.1.2 Sobrecostes

Se habla de sobrecoste, incremento de costes o presupuesto excedido en las obras, cuando el coste final de ejecución del proyecto excede el fijado en las adjudicaciones de los contratos, estos están referidos en moneda local, considerando precios constantes y una línea base consistente. Pueden ser medidos en porcentaje del coste estimado; un valor positivo indica un sobrecoste y un valor negativo indica bajo coste (Flyvbjerg et al., 2018). Otros investigadores se refieren a los sobrecostes como la extralimitación del presupuesto, que corresponde a costes inesperados en exceso de los valores presupuestados debido a una

subestimación de los costes reales durante la elaboración del presupuesto (Jadhav, Desai, & Gupta, 2016).

2.1.1.3 Sobrecostes en las obras

Los costes excesivos en las obras de construcción son un fenómeno mundial. El coste de construcción excedido se define como la diferencia entre los costes de construcción pronosticados con la adjudicación del contrato y los reales obtenidos al finalizar el proyecto (Jadhav et al., 2016).

También se mide como un porcentaje de los costes reales sobre los costes estimados del proyecto (C. C. Cantarelli, Molin, Van Wee, & Flyvbjerg, 2012), de acuerdo con la relación que se presenta en la Ecuación 1.

$$\text{Sobrecoste} = \frac{\text{Costo real} - \text{Costo estimado}}{\text{Costo estimado}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Los costes reales se definen a aquellos generados durante la construcción y son contabilizados en el momento de la finalización del proyecto. Los costes estimados se definen como costes de construcción presupuestados o pronosticados determinados al inicio de los proyectos (C. C. Cantarelli, Molin, et al., 2012).

2.1.2 Fases del ciclo de ejecución del proyecto

Existen varios enfoques del ciclo de vida del proyecto en función del modelo, por ejemplo, orientado al control, a la calidad, al riesgo, también, un enfoque fragmentado del ciclo, así como algunos ciclos propios establecidos en cada institución. El número de fases dentro de cada uno de estos enfoques difiere, así como los nombres utilizados para describir las fases. Debido a la naturaleza compleja y la diversidad de tipos de proyectos, industrias o incluso compañías dentro del mismo sector industrial, no se puede llegar a un acuerdo sobre las fases del ciclo de vida de un proyecto (Kerzner, 2017).

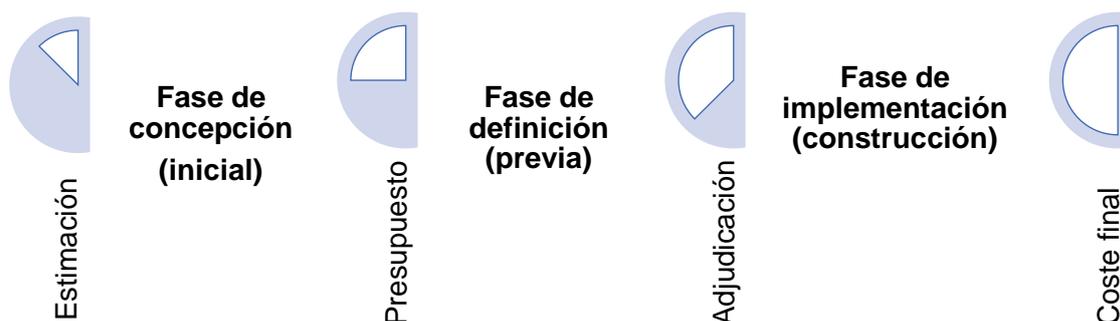


Figura 1 Etapas de las fases de ejecución de un proyecto

En la Figura 1 Etapas de las fases de ejecución de un proyecto, se presenta un esquema que divide el ciclo de ejecución del proyecto en tres etapas secuenciales. En la etapa inicial, el alcance del proyecto está comprendido por ideas, esquemas y diagramas conceptuales, con escasa información para una estimación confiable de costes. Esta etapa en algunos casos puede abarcar varios años antes de la licitación y la posterior construcción. Por lo general, una estimación puede ser tan buena como la información en la que se basa, de modo que el nivel de precisión de

las estimaciones producidas también aumenta a medida que hay más información disponible. La estimación en esta etapa conlleva varios detalles e información, en gran parte porque muchos de estos aún no están disponibles o son inciertos.

Sin embargo, es en la fase de concepción en la cual los promotores del proyecto toman la decisión de llevarlo a cabo y buscar el financiamiento. Podría decirse que quizás en esta etapa los efectos de la incertidumbre, la falta de información, el sesgo de optimismo y la tergiversación estratégica podrían ser particularmente intensificados, para mantener el coste en un nivel bajo y más atractivo para asegurar la aprobación del proyecto. El crecimiento significativo de los costes generalmente ocurre poco después de la aprobación del proyecto, cuando se toma la decisión de la construcción del proyecto que en ocasiones implica una modificación en el alcance y los costes del proyecto.

Algunos autores señalan que la diferencia entre el coste estimado al inicio del proyecto y el coste estimado al final de la etapa de definición del proyecto se conoce como subestimación del coste (Ahiaga-Dagbui & Smith, 2014). Los principales factores que afectan a la subestimación de costes en esta etapa pueden ser la falta de información, cambios significativos en el alcance, error de estimación, tergiversación estratégica o sesgo de optimismo. Por otro lado, describen a los sobrecostes como la diferencia entre el coste al finalizar el proyecto y la etapa de definición del proyecto (Ahiaga-Dagbui & Smith, 2014). Estos pueden ser generados por cambios adicionales en el alcance, retrabajo, condiciones del terreno, dificultades técnicas y de gestión, cambios en el precio de los materiales o error de estimación.

2.1.3 Contratación pública en el Ecuador

Los procesos de compras públicas en el Ecuador se realizan bajo el amparo de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública (LOSNCPP), mediante la cual se estableció el Sistema Nacional de Contratación Pública (SNCP) para regular los procedimientos de contratación de las instituciones públicas. Con base en la LOSNCPP y para realizar la gestión de los procesos de contratación, se creó el Servicio Nacional de Contratación Pública (SERCOP) que administra los procesos de contratación a través del Portal de Compras Públicas.

2.1.3.1 Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública

Establece los principios y normas que regulan los procedimientos de contratación pública para la adquisición o arrendamiento de bienes, ejecución de obras y prestación de servicios requeridos por las instituciones públicas.

2.1.3.2 Servicio Nacional de Contratación Pública

Se trata de una institución pública independiente para monitorear y regular los procesos de contratación pública con la finalidad de que estos sean efectivos y transparentes, cuenta con personería jurídica y manejo autónomo en el ámbito técnico, administrativo y financiero. Las principales tareas que ejecuta son las siguientes:

- Registrar a entidades contratantes del estado y proveedores.

- Categorizar los productos y servicios ofrecidos.
- Expedir los modelos de pliegos para la presentación y calificación de ofertas.
- Administrar los procesos de contratación en la fase precontractual.
- Publicar los procesos a los proveedores para que puedan participar en éstos.

En contexto, el SERCOP garantiza la contratación objetiva y estandarizada, constituyéndose en un vínculo entre las entidades contratantes del estado y los proveedores, por lo que todos los interesados en contratar con la administración pública deben estar registrados y habilitados en esta institución.

2.1.3.3 Portal de Compras Públicas

Es un sitio web administrado por el SERCOP denominado Sistema Oficial de Contratación Pública (SOCE) y se constituye en el único medio por el cual los proveedores pueden participar en procesos de contratación pública. Es una especie de mercado virtual, en el que coinciden entidades públicas con el rol de compradores y personas naturales como jurídicas ofertando productos y servicios. La información que proporciona este portal, entre otra, comprende:

- Registro Único de Proveedores (RUP)
- Listado de las instituciones y contratistas del SNCP
- Listado de procesos de contratación publicados
- Información sobre el estado de las contrataciones públicas en todas sus fases
- Clasificador central de productos
- Planes de compras de entidades contratantes
- Proveedores incumplidos

En contexto, el SOCE proporciona el espacio virtual común en el cual confluyen proveedores y entidades contratantes para participar en todo proceso de compra convocado por la administración pública.

2.2 Estudio del estado del arte

2.2.1 Introducción

La construcción se ha convertido en un factor importante en la economía de muchos países, especialmente los países desarrollados. Esta industria contribuye al PIB y a la tasa de empleo de muchas naciones y por esta razón se considera vital para el desarrollo económico de estas. Además, las actividades de construcción se han convertido en un mercado importante porque esta industria adquiere productos y materiales de otras empresas en diferentes sectores. Cuantos más recursos, ingeniería, mano de obra, materiales, equipo, capital e intercambio de mercado se proporcionan dentro de la economía nacional, mayor es el factor de la extensión de la autosuficiencia. La creciente complejidad de los proyectos de infraestructura y el entorno en el que se construyen genera una mayor exigencia a los gerentes de construcción para entregar los proyectos a tiempo, dentro del presupuesto planificado y con alta calidad.

Uno de los problemas más importantes en la industria de la construcción es el tiempo y los sobrecostos. Estos excesos ocurren en cada proyecto de construcción, cuya magnitud varía considerablemente de un proyecto a otro. Por lo tanto, es esencial definir las causas reales del exceso de tiempo y coste para minimizar y/o evitar los retrasos, así como el aumento del coste en cualquier proyecto de construcción.

Durante siglos, ha habido sobrecostos en los proyectos de alto perfil, desde la remodelación de Haussmann en París y la construcción de los ferrocarriles transcontinentales estadounidenses en el siglo XIX, hasta la construcción de la Ópera de Sídney y el Eurotúnel en el siglo XX. Los sobrecostos frecuentes han provocado la ira de los patrocinadores políticos y de la industria de los proyectos y han confundido a los responsables de la gestión y ejecución de proyectos. Los medios de comunicación han hecho que el problema de los sobrecostos se convierta en un tema de interés público, al informar sobre los costes de los proyectos que fulminan el presupuesto (Siemiatycki, 2009). Los sobrecostos son, por lo tanto, una preocupación importante de la política pública porque cargan a sus patrocinadores públicos y privados con costes adicionales inesperados muy significativos, ponen en riesgo la viabilidad financiera de los principales proyectos y pueden ser políticamente controversiales para todos los involucrados en el proyecto (Flyvbjerg, Bruzelius, et al., 2003).

Durante más de cuatro décadas, los sobrecostos en proyectos de todo tipo han sido un tema frecuente de estudio académico. A lo largo de los años, un creciente cuerpo de artículos académicos, libros e informes han tratado de medir la frecuencia, magnitud, causas y curas de sobrecostos en los proyectos (Siemiatycki, 2018).

Las metodologías y las fuentes de datos empleadas en estos estudios respaldaron el énfasis en las explicaciones técnicas para los sobrecostos dentro del conocimiento producido a partir de las perspectivas disciplinarias de ingeniería y gestión de proyectos. Las investigaciones usualmente usaron encuestas y entrevistas con profesionales relacionados con la entrega de proyectos, así como estudios de casos de tamaño de muestra relativamente pequeño de proyectos que experimentaron grandes sobrecostos. Los estudios de caso a menudo se centraban en el exceso de costes en una sola ciudad o país. Y en varios casos, los investigadores realizaron estudios en colaboración o financiados por organizaciones responsables de megaproyectos, brindando una perspectiva privilegiada sobre las causas internas de los sobrecostos. Por lo tanto, las principales disciplinas académicas interesadas en la gestión de megaproyectos han tendido a enfatizar que, cuando ocurren, los excesos en los costes del proyecto son causados por errores honestos en la estimación y entrega (Siemiatycki, 2018).

La investigación científica normal realizada dentro de este paradigma se centró en identificar mejor las causas específicas de la escalada de sobrecostos en los megaproyectos que son inherentes al proceso de planificación y la organización para la culminación del proyecto (Jahren & Ashe, 2007).

Este paradigma académico es consistente con la perspectiva general de los profesionales vinculados a los proyectos y sus organizaciones comerciales hacia

los sobrecostos. Para ellos, los sobrecostos se ven comúnmente como acontecimientos inesperados en grandes proyectos complejos que son causados por la mala suerte, a pesar de la habilidad profesional del equipo involucrado en el proyecto (Flyvbjerg, 2012).

Por lo tanto, a comienzos del siglo XXI, la literatura sobre sobrecostos de proyectos sufrió dos anomalías clave (Hedesan & Tendler, 2017), que eran fuentes potenciales de una ruptura en el paradigma dominante. Primero, los desafíos para recopilar datos sobre el desempeño de una gran muestra de proyectos crearon limitaciones metodológicas que dificultaron concluir con contundencia estadística si los sobrecostos son en realidad un problema sistémico, o el producto de la memoria selectiva y una muestra sesgada. Dentro de este vacío de la investigación por el gran tamaño de la muestra, abundaron los hallazgos en conflicto (Siemiatycki, 2009). En segundo lugar, ha sido difícil para los académicos recopilar gran parte de la información primaria que se requeriría para probar las causas de los sobrecostos para una muestra representativa de proyectos por el acceso a:

- Planos de diseños originales y las estimaciones de costes a medida que el proyecto evoluciona con el tiempo.
- Documentos de las órdenes de cambio.
- Desglose detallado de los precios de oferta del contratista.
- Personal y comunicaciones entre los planificadores de proyectos y contratistas, consultores y patrocinadores.
- Buró de la política y reuniones de planificación.
- Entrevistas en el registro con profesionales del sector público y privado que participan en la planificación y ejecución del proyecto.

En el presente estudio del arte se realiza un análisis del avance del conocimiento en los últimos diez años, incluyendo aquellos estudios pioneros en el tema, para lo cual se obtiene la información que reposa en diversas bases de datos bibliográficas. Esta información se clasifica, organiza y compara en diferentes temas de tal manera que se evidencien las áreas no exploradas y el estado actual del tema investigado. En contexto, se aborda la problemática de los sobrecostos, con énfasis en la información generada sobre este tema.

2.2.2 Sobrecostos

El coste es una de las principales consideraciones a lo largo del ciclo de vida de un proyecto. Desafortunadamente, la mayoría de los proyectos no logran completar el proyecto con el coste estimado. Además de los retrasos, los sobrecostos son un problema serio en la industria de la construcción. Este es un problema importante tanto en los países desarrollados como en los países en vías de desarrollo. La tendencia es más severa en los países en desarrollo donde estos excesos superan a veces el 100% del coste previsto del proyecto (Niazi & Painting, 2017). La historia de las obras de construcción en todo el mundo está llena de proyectos que se completaron con una cantidad significativa de sobrecostos. A pesar de la amplia disponibilidad y el uso de diferentes métodos de administración de proyectos y paquetes de software, muchos proyectos de construcción se ven afectados por los sobrecostos (Olawale & Sun, 2010).

Los países desarrollados también tienen lecciones que aprender, pues se estima que los sobrecostes en la industria de la construcción son un fenómeno mundial. Aproximadamente el 90% de los proyectos en todo el mundo han superado los costes que van desde el 50% hasta el 100% del coste del proyecto (Flyvbjerg, Skamris holm, et al., 2003).

El exceso de costes se ha convertido en un fenómeno global y rara vez los proyectos se completan dentro del coste presupuestado. Mientras que, lograr el cumplimiento dentro del coste presupuestado es el requisito fundamental de cualquier proyecto de construcción (Olawale & Sun, 2010). El sobrecoste normalmente se experimenta en proyectos de construcción. Sin embargo, la magnitud de estos costes excedidos varía considerablemente de un proyecto a otro y están sujetos a varias causas.

Un estudio realizado en proyectos de construcción públicos muestra que el cronograma, el presupuesto y el nivel de calidad de los proyectos de construcción se ven afectados de manera significativamente diferente por factores críticos de éxito. Por esta razón, no se puede esperar que el director de proyecto maneje los problemas creados por estos factores al enfocarse solo en temas relacionados con el cronograma o el presupuesto; ni puede asumir que el tiempo, el coste y la calidad se vean afectados por ellos por igual. Además, la organización del proyecto debe gestionar los factores lo antes posible, ya que los cinco factores principales que afectan el tiempo, el coste y la calidad son tareas de consultoría, que deben completarse en la etapa de diseño antes de la licitación o la construcción. Por lo tanto, el gerente del proyecto debe considerar y ajustar el manejo del impacto de cada factor individualmente (Larsen, Geoffrey, Shen, Søren, & Ditlev Brunoe, 2015).

Los proyectos de construcción financiados con fondos públicos tienen que ver con el tiempo, coste y calidad, los cuales son considerados como el “triángulo de hierro” para el éxito de cualquier proyecto (Atkinson, 1999). Larsen señala que es posible contrarrestar el impacto de un factor en estos elementos antes de que afecte a un proyecto. Además, los resultados indican cómo un factor dado afectará estos elementos, por lo que, aspiran a que estos resultados se apliquen en la entidades de construcción públicas para comprender los desafíos que enfrentan los directores de proyectos con la finalidad de reducir los factores y generar un mayor efecto en el resultado del proyecto (Larsen et al., 2015).

El panorama mundial de los sobrecostes en los proyectos de construcción según un estudio realizado sobre 258 proyectos en 20 países, evidencia estadísticamente la frecuencia y su magnitud de los costes en exceso (Flyvbjerg, Bruzelius, et al., 2003), señalando que:

- Los costes de construcción están subestimados en el 90% de los proyectos estudiados. El coste promedio excedido es 28% superior al coste estimado del proyecto. La subestimación de costes es mucho más frecuente que la sobreestimación de costes, y el tamaño de las subestimaciones es mucho mayor que cuando se sobreestiman los costes.
- El tipo de proyecto tiene un impacto estadísticamente significativo en el tamaño de los sobrecostes. Todos los tipos de proyectos experimentan

sistemáticamente sobrecostes, pero los proyectos ferroviarios (44,7%) experimentaron los mayores costes, seguidos de puentes y túneles de enlace fijo (33,8%) y luego carreteras (20,4%).

- El tamaño de los sobrecostes varía según la ubicación geográfica del proyecto. En particular, la escalada de costes es significativamente mayor para los proyectos realizados en el Sur Global en comparación con el Norte.
- Los excesos de costes han desafiado la entrega de megaproyectos de manera consistente durante los últimos 70 años. Las estimaciones de costes del proyecto no se han vuelto más precisas con el tiempo.

2.2.3 Desempeño de los costes

El éxito de cualquier proyecto puede medirse mediante diversas formas como: el desempeño del plazo y de los costes, los estándares de calidad, los resultados en seguridad y salud, entre otros. Por lo tanto, el desempeño de costes es el indicador más importante del éxito del proyecto (Olawale & Sun, 2010). Presenta no solo la rentabilidad de la empresa, sino también la productividad de las organizaciones en cualquier momento durante los procesos de construcción. Esto se puede evidenciar fácilmente en el estado financiero del proyecto y siempre se usa para medir el desempeño del proyecto contra el objetivo estimado.

Desafortunadamente, la industria de la construcción ha experimentado un bajo rendimiento de costes vinculado con la incapacidad para completar proyectos dentro del presupuesto. Este problema crónico se experimenta en todo el mundo y cada vez es más crítico, según lo revelado en el informe del Banco Mundial en 1990. El informe señaló que el 63% de los 1778 proyectos de construcción financiados tuvieron un desempeño deficiente con un exceso en el presupuesto a un promedio del 40% según lo citado por Ameh et al. (Ameh, Soyngbe, & Odusami, 2010). Para el escenario mundial, Flyvbjerg había estudiado 258 proyectos en 20 países, lo que representaba un valor aproximado de US \$ 90 mil millones, con un tamaño oscilaba entre US \$ 1,5 millones y US \$ 8,5 mil millones (Flyvbjerg, Bruzelius, et al., 2003). Encontraron que los sobrecostes ocurrieron en casi 9 de cada 10 proyectos con un promedio de 28% más alto que los costes previstos. El estudio concluyó que el desempeño de los costes no ha mejorado con el tiempo y su magnitud no ha cambiado en los últimos 70 años. Otro estudio realizado por Odeck muestra que el coste promedio excedido fue bastante pequeño con aproximadamente el 7.9% del coste del proyecto (Odeck, 2004).

2.2.4 Causas y factores de los sobrecostes

Los factores que afectan los costes de un proyecto han sido una preocupación a lo largo del tiempo, en particular, los incrementos de costes en grandes proyectos de obra pública parecen ser un fenómeno global. Se han identificado un sinnúmero de causas que afectan los costes de las obras, sin embargo, estas aún se encuentran en debate.

En la revisión bibliográfica realizada se han identificado varias causas de sobrecostes, entre las cuales se incluyen: diseño, implementación deficiente del proyecto, financiación inadecuada de los proyectos, burocracia, deficiente

coordinación entre empresas, inflación, estimaciones inexactas, cambios en los proyectos, tamaño del proyecto, tipo de proyecto, región geográfica, período de construcción e implementación (Odeck, 2004), (Morris, 2005), (Flyvbjerg et al., 2004), (van Wee, 2007), (Flyvbjerg, 2007). Sin embargo, se ha observado que no todos estos estudios alcanzan las mismas conclusiones. Por ejemplo, Odeck señala que los proyectos más pequeños tienen sobrecostos relativamente mayores en comparación con los más grandes (Odeck, 2004), mientras que de manera contraria Flyvbjerg concluye que los excesos de costes son grandes para todos los tamaños de proyecto (Flyvbjerg et al., 2004). En consecuencia, se puede inferir que las causas posibles de los sobrecostos en Ecuador también podrían ser diversas, por lo que, si la falacia ecológica juega un papel, es imposible sacar conclusiones sobre las causas de los sobrecostos en países puntuales a partir de resultados agregados.

Algunos estudios indican que los factores técnicos conducen en mayor medida a sobrecostos (Love, Smith, Simpson, Regan, & Olatunji, 2015), en estos se incluye: falta de experiencia, tamaño del proyecto, errores del diseño, fluctuaciones generales de los precios y las estimaciones inexactas (Polat, Okay, & Eray, 2014).

Flyvbjerg señala que, según la ciencia del comportamiento, la causa raíz de los sobrecostos es el sesgo humano, psicológico y político. Concluye que, los cambios en el alcance, la complejidad, la geología, la arqueología, el mal tiempo, los ciclos económicos, etc., son causas, pero no causas raíz (Flyvbjerg et al., 2018).

El paradigma prevaleciente en los campos de estudio más estrechamente relacionados con la teoría y la práctica de entregar proyectos (ingeniería, gestión de proyectos y gestión de la construcción) señala que cuando se producen sobrecostos, se deben principalmente a una demanda de desafíos técnicos en la entrega de estos (Siemiatycki, 2018). Estas causas técnicas de los sobrecostos se pueden resumir de la siguiente manera:

- La predicción de los costes está plagada de incertidumbres, metodologías de pronóstico deficientes y datos inexactos o incompletos.
- Los proyectos pueden iniciar antes de que se completen los estudios técnicos debido a la aceleración de plazos, lo que lleva a un aumento de los costes a medida que se confirman más detalles sobre el proyecto.
- El alcance del proyecto a menudo aumenta a mitad del ciclo, lo que agrega costes al presupuesto.
- Los desafíos de coordinación entre el diseñador y los múltiples contratistas en un lugar de trabajo pueden generar errores y disputas sobre las órdenes de cambio que agregan costes.
- El uso de modelos de adquisición "tradicionales" de diseño-oferta-construcción crea incentivos débiles para que las empresas entreguen proyectos dentro del presupuesto.
- La identificación y el manejo deficientes de los riesgos dan lugar a eventos imprevistos, como condiciones del suelo o contaminantes inesperados, servicios públicos no documentados que deben trasladarse o accidentes de construcción. Estos eventos inesperados agregan costes al proyecto.

- Variación en los costes de materiales, mano de obra y financiamiento, que generalmente ocurre cuando los proyectos se construyen durante períodos de fuerte crecimiento económico y empleo apretado.
- Retrasos en los proyectos a factores como: huelgas, desafíos en el suministro de materiales o disputas de contratistas que afectan los plazos de los proyectos.
- Informes de proyectos deficientes y escasos monitoreo de la medición del desempeño del contratista a medida que el trabajo avanza.

Un estudio realizado para investigar los factores que contribuyen al aumento en el presupuesto programado de grandes proyectos de construcción en Malasia, fue dirigido por Rahman. A partir de investigaciones iniciales, fue diseñado un cuestionario con 35 causas comunes de sobrecostes. El formulario se dirigió a tres grupos: clientes, consultores y contratistas vinculados con grandes proyectos de construcción. Los resultados de la encuesta revelaron los factores clave de los sobrecostes en estos proyectos, que comprenden: variación del coste de la materia prima, administración y supervisión ineficaz por parte del contratista, experiencia acumulada por el contratista en el manejo de grandes proyectos de construcción, errores en la construcción, demoras en el cronograma, planificación y programación inadecuadas, subcontratistas no calificados, errores en el diseño, variaciones regulares en el diseño, dificultades financieras enfrentadas por el propietario, control financiero deficiente sobre la no disponibilidad de materiales de construcción, estimación de costes inexacta y subestimación de la duración del proyecto (Rahman, Memon, & Karim, 2013). Mediante el uso de un método estadístico para identificar las causas, concluyen que los factores de administración del sitio son de gran importancia y, por lo tanto, sugieren que una mejor administración y supervisión de los contratistas en el sitio puede controlar los sobrecostes. Sin embargo, la mayoría de otros estudios señalan que factores adicionales son más importantes y que la mayoría de los sobrecostes ocurren en la etapa de diseño y planificación (Lind & Bruner, 2015).

En un análisis de causa raíz de sobrecostes en la construcción, Rosenfeld determinó 15 causas raíz. Realizó una etapa adicional de priorización por clasificación, utilizando los resultados de una encuesta transversal desde una perspectiva local, atribuyendo como causa principal a los documentos preliminares de licitación, luego a los excesivos cambios en los requisitos o definiciones de los propietarios y finalmente a los precios demasiado bajos al ganar la licitación denominándola "licitación por suicidio". Por otro lado, aplicando un diagrama de espina de pescado divide estas causas raíz en tres categorías principales según su posición jerárquica, dentro del proceso de construcción, identificando causas de tipo: sistémicas, organizacionales y relacionadas con el proyecto. De estas causas la más influyente es la relacionada con el proyecto con un 42.5% de importancia, seguidamente categoriza a las causas sistémicas con un 37.1% de importancia y finalmente a las causas organizativas como las menos influyentes con un 19.4% (Rosenfeld, 2013).

Doloi mediante un análisis estadístico similar al realizado en el estudio efectuado en Malasia (Rahman et al., 2013), señala que los resultados de la investigación proveen un nuevo énfasis en las habilidades técnicas bien desarrolladas como la

clave para controlar los sobrecostes en los proyectos modernos. Por lo tanto, las medidas que se centran en el desarrollo de competencias deberían ser restituidas (Doloi, 2012).

También, otros autores (Love, Wang, Sing, & Tiong, 2013) abogan por un enfoque similar e intentan ajustar una distribución estadística a un conjunto de proyectos reales con diferentes características que luego se pueden usar para predecir sobrecostes. Sin embargo, los resultados son desalentadores, concluyen que no existen diferencias significativas en los sobrecostes de los proyectos entre el método de adquisición, el tipo de proyecto y el tamaño del contrato.

Por otro lado, un estudio realizado en proyectos de infraestructura de transporte señala que los sobrecostes varían según la ubicación, concluye que en los Países Bajos estos sobrecostes son inferiores en comparación con el resto del mundo. En el caso de los proyectos ferroviarios, tienen un desempeño considerablemente mejor, ya que los proyectos tienen un porcentaje de sobrecoste significativamente menor en términos reales (11%), en comparación con los proyectos en otros países del noroeste de Europa (27%) y en otras áreas geográficas (44%). Mientras que en los proyectos de puentes los sobrecostes también son considerablemente menores: 7% en los Países Bajos en comparación con 45% en otros países del noroeste de Europa y 27% en otras áreas geográficas (C.C. Cantarelli, Flyvbjerg, & Buhl, 2012). Según Cantarelli, los factores que modifican el coste de los proyectos de construcción a través del tiempo son: mala gestión de proyectos, cambios de diseño, condiciones inesperadas del terreno, inflación, escasez de materiales, variación de las tasas de cambio, contratistas inadecuados, problemas de financiamiento, entre otros (C. C. Cantarelli, Flyvbjerg, van Wee, & Molin, 2010).

Algunos estudios se centran directamente en métodos para predecir costes y riesgos mediante el análisis estadístico de proyectos ejecutados. Así, desarrollaron una combinación de pronóstico por clase de referencia y análisis mediante árbol de decisión, donde se incluyen alternativas más o menos riesgosas. Las probabilidades en el análisis del árbol de decisión se derivan de un conjunto de proyectos observados. Concluyen que el riesgo de sobrecostes puede, y debe, incorporarse en la evaluación de proyectos de transporte y la toma de decisiones (Berechman & Chen, 2011).

Otros autores (Olawale & Sun, 2010) han identificado que las principales causas de los sobrecostes se refieren a los cambios del diseño, riesgo e incertidumbre asociada al proyecto, evaluación inexacta del tiempo / duración de los proyectos, incumplimiento de subcontratistas y proveedores, así como la complejidad de las obras.

Un estudio acerca de los sobrecostes, realizado por Odeck, utiliza el análisis estadístico para definir los sobrecostes promedio e identificar los factores que influyen. El exceso de costes promedio encontrado en este estudio es bastante pequeño, alrededor del 7,9%. Una característica llamativa es la desviación estándar (29.2%) que indica una gran dispersión alrededor de este promedio entre los proyectos individuales. Sorprendentemente, el porcentaje de sobrecostes parece ser mayor para proyectos más pequeños en comparación con proyectos más

grandes. Con respecto a los factores que influyen en los excesos de costes, concluye que la duración de la construcción y la región geográfica influyen en los excesos de costes, mientras que el tipo de proyecto y la mano de obra no tienen un impacto. Este autor argumenta que los proyectos más grandes están probablemente bajo una gestión mucho mejor en comparación con los más pequeños y esta es la razón por la cual los excesos son menos predominantes entre los proyectos más grandes. Como una posible explicación de la tendencia a que los sobrecostes sean más altos cuanto más corto sea el tiempo de finalización, argumenta que cuanto más corto sea el tiempo que se espera que tome la construcción, más difícil será predecir los costes. Esto implicaría que las incertidumbres disminuyen con el tiempo (Odeck, 2004).

Flyvbjerg realizó una de las investigaciones pioneras en el campo de los sobrecostes (Flyvbjerg, Bruzelius, et al., 2003). Este estudio analizó 258 proyectos en todo el mundo, y su investigación identificó sobrecostes para varios proyectos de infraestructura de transporte. Encuentran que los sobrecostes son más grandes para los proyectos ferroviarios, con un sobrecoste promedio de 45%, seguido de enlaces fijos (34%) y proyectos de carreteras (20%). Las justificaciones de los sobrecostes de estos autores se agrupan en cuatro categorías (Flyvbjerg, Holm, & Buhl, 2002), (Flyvbjerg, 2007). Primero, se presentan explicaciones técnicas, que son errores de pronóstico en términos técnicos, incluidos datos inadecuados y falta de experiencia. En segundo lugar, hay explicaciones económicas que describen la subestimación de costes como deliberada y económicamente racional. En tercer lugar, se proporcionan explicaciones psicológicas, incluidos los conceptos de falacia de planificación y sesgo de optimismo. Cuarto, las explicaciones políticas también podrían explicar los sobrecostes. También hace referencia a la tergiversación estratégica como un concepto importante en la toma de decisiones desde el punto de vista político.

Otro estudio realizado en Turquía, reporta que las fuentes más importantes de sobrecostes eran las presiones por la inflación, aumentos en los precios de los materiales y salarios de los trabajadores, dificultades en la obtención de materiales de construcción, retrasos en la construcción, deficiencias en la estimación de costes preparadas por los organismos públicos y las condiciones inesperadas del subsuelo (Arditi, Akan, & Gurdamar, 1985).

Tabla 1 Factores de sobrecostes identificados por varios autores

Ítem	Factor de sobrecoste	Referencia
1	Experiencia del contratista	(Polat et al., 2014) (Rahman et al., 2013) (Olawale & Sun, 2010)
2	Tamaño y tipo de proyecto	(Polat et al., 2014) (Flyvbjerg et al., 2018) (Rahman et al., 2013) (C.C. Cantarelli et al., 2012) (Olawale & Sun, 2010)
3	Errores del diseño	(Polat et al., 2014) (Rahman et al., 2013) (Olawale & Sun, 2010) (C. C. Cantarelli et al., 2010)
4	Errores en la construcción	(Rahman et al., 2013)

Ítem	Factor de sobrecoste	Referencia
5	Fluctuaciones generales de los precios (materiales, mano de obra)	(Polat et al., 2014) (Flyvbjerg et al., 2018) (Siemiatycki, 2018) (Rahman et al., 2013) (C. C. Cantarelli et al., 2010) (Arditi et al., 1985)
6	Estimación inexacta de la duración, tiempo y coste	(Siemiatycki, 2018) (Polat et al., 2014) (Rahman et al., 2013) (Olawale & Sun, 2010) (Arditi et al., 1985)
7	Cambios en el alcance	(Flyvbjerg et al., 2018) (Siemiatycki, 2018) (Rahman et al., 2013) (Rosenfeld, 2013) (Olawale & Sun, 2010) (C. C. Cantarelli et al., 2010)
8	Información insuficiente de las condiciones de sitio (geología, arqueología, contaminantes)	(Flyvbjerg et al., 2018) (Siemiatycki, 2018) (Rosenfeld, 2013) (Olawale & Sun, 2010) (C. C. Cantarelli et al., 2010) (Arditi et al., 1985)
9	Documentos de licitación prematuros (planos, cantidades, especificaciones, contratos y documentos legales)	(Siemiatycki, 2018) (Rosenfeld, 2013)
10	Administración y supervisión ineficaz (desafíos de coordinación entre las partes de la construcción, control deficiente, incumplimiento de subcontratistas)	(Siemiatycki, 2018) (Rahman et al., 2013) (Rosenfeld, 2013) (Cantarelli et al., 2010)
11	Tipo de contrato	(Siemiatycki, 2018)
12	Financiamiento y pago de las obras terminadas	(Rahman et al., 2013) (C. C. Cantarelli et al., 2010)
13	Dificultades financieras del contratista	(Rahman et al., 2013)
14	Retraso en las actividades planificadas (desafíos en el suministro de materiales o disputas de contratistas que afectan los plazos de los proyectos)	(Siemiatycki, 2018) (Rahman et al., 2013) (Arditi et al., 1985)
15	Falta de mano de obra, mano de obra poco calificada y contratistas inadecuados	(Rahman et al., 2013) (C. C. Cantarelli et al., 2010)
16	Escasez de materiales de construcción	(Rahman et al., 2013) (C. C. Cantarelli et al., 2010) (Arditi et al., 1985)
17	Presupuesto de diseño reducido	(Rosenfeld, 2013)
18	Identificación y manejo deficiente de riesgos (huelgas, clima, cambios de regulación, servicios públicos no documentados accidentes, etc.)	(Flyvbjerg et al., 2018) (Siemiatycki, 2018) (Olawale & Sun, 2010)
19	Precios de licitación poco realistas (licitación por suicidio)	(Rosenfeld, 2013)
20	Términos poco claros, ambiguos y contradictorios en los documentos de licitación	(Rosenfeld, 2013)

En síntesis, algunos estudios sobre sobrecostes se han centrado en áreas geográficas específicas, sin embargo, este acápite se centra en identificar los factores que generan los sobrecostes. La Tabla 1 Factores de sobrecostes identificados por varios autores, ofrece una visión general de los estudios realizados.

2.2.5 Clasificación de las causas de sobrecostes

Flyvbjerg et al. (2002) postula cuatro tipos de explicaciones para identificar la desviación de costes. Entendiendo que las causas no se constituyen en la

explicación del resultado, por cuanto las causas se refieren a las variables o factores que influyen en los sobrecostos, como el periodo de construcción, tamaño del proyecto entre otras. Por lo tanto, las explicaciones son generalidades que pueden contener varias causas (Flyvbjerg et al., 2004).

Con base en las causas y justificaciones de los sobrecostos encontrados en la revisión bibliográfica y las categorías propuestas por Flyvbjerg, Bruzelius, et al., 2003, se agrupan con las teorías que la literatura sugiere para mejorar la exactitud del pronóstico de los costos (Chantal C. Cantarelli, Flyvbjerg, Molin, & van Wee, 2010). En función de ello se consideran los siguientes tipos de justificaciones: técnicas, económicas, psicológicas y políticas.

Tabla 2 Teorías que explican las causas de los sobrecostos

Perspectiva técnica	Perspectiva económica	Perspectiva psicológica	Perspectiva política
<ul style="list-style-type: none"> •Pronósticos •Toma de decisiones •Planificación 	<ul style="list-style-type: none"> •Economía neoclásica •Elección racional 	<ul style="list-style-type: none"> •Falacia de la planificación y sesgo de optimismo •Perspectiva •Elección racional 	<ul style="list-style-type: none"> •Maquiavelismo •Ética •Agencia (agente-principal)

Tanto el sesgo de optimismo y como la tergiversación estratégica son engaños, pero esta última es intencional por lo que se constituye en mentira, mientras que el sesgo de optimismo es un autoengaño. También es común una tricotomía de explicaciones, en la que aquellas de tipo económicas y políticas se combinan en una sola categoría denominada «político-económica» (Flyvbjerg, 2007).

2.2.5.1 Perspectiva técnica

En la literatura generalmente se encuentran justificaciones de tipo técnicas referentes a los sobrecostos. Los incrementos de precios, el diseño e implementación deficiente de los proyectos y las estimaciones inexactas se consideran causas de sobrecostos. Estas se consideran variables que influyen en los excesos de costos, más no los explican, pues la causa es parte de una explicación técnica. Los cambios en el alcance, la incertidumbre, la estructura organizativa inapropiada, los procesos inadecuados de toma de decisiones y los procesos de planificación deficiente se consideran explicaciones técnicas de los excesos de costos. Se relacionan principalmente con dificultades para predecir el futuro y se consideran como errores de buena fe. Los cambios en el alcance inciden en el diseño debido a situaciones no previstas, las cuales implican costos adicionales. Por lo tanto, la estructura organizativa incorrecta, el proceso de toma de decisiones y planificación inadecuado conllevan a generar costos más altos de lo esperado.

Tres teorías respaldan estas explicaciones técnicas, estas son: teoría de pronósticos, teoría de la planificación y teoría de la decisión. La teoría de pronósticos estudia las estimaciones en situaciones futuras inciertas, mediante la

comprensión del proceso de pronóstico en general, tiene como objetivo aclarar cómo y por qué surgen los diversos éxitos y fracasos. Las deficiencias en las estimaciones pueden surgir como resultado del enfoque cognitivo en el proceso de pronóstico. Los modelos de pronóstico se utilizan para comprender mejor los problemas y los errores en las técnicas de estimación, así como los enfoques inapropiados que conducen a estimaciones de costes deficientes. La teoría de la planificación examina cómo se establecen los proyectos y las políticas. Estos conceptos se utilizan para referirse al proceso de planificación inadecuado de los proyectos y al diseño e implementación deficientes como una justificación principal de los sobrecostes. Por último, la teoría de la decisión considera a las diferentes acciones tomadas por personas e instituciones que deciden en función de sus intereses y las circunstancias bajo las cuales funcionan. Esto se evidencia cuando se hace referencia a acuerdos institucionales inapropiados y que contribuyen al incremento de los costes. Las tres teorías son bastante diferentes y pueden ser útiles para abordar diferentes partes de la justificación (Chantal C. Cantarelli et al., 2010).

2.2.5.2 Perspectiva económica

La falta de incentivos y recursos, un estricto proceso de financiación y la planificación ineficiente de los resultados se consideran causas económicas, porque influyen en los sobrecostes, pero no proporcionan una explicación de su aparición. Los planificadores frecuentemente carecen de medios para obtener estimaciones precisas y terminan subestimando los costes. Debido a la falta de recursos los tomadores de decisiones tienden a priorizar los proyectos, por lo que los promotores subestiman deliberadamente los costes para hacer que estos se vean más atractivos y, por lo tanto, aumentar la posibilidad de ser seleccionados. El uso ineficiente de los recursos también puede ocasionar un sobrecoste, pues se implementan proyectos de consolación y se invierten recursos que no se pueden recuperar. Por otro lado, un rígido proceso de financiamiento también tiene como resultado sobrecostes. Los costes de los proyectos se subestiman deliberadamente para aumentar las posibilidades de conseguir, en el mejor de los casos, parte de la financiación. El comportamiento estratégico es una explicación económica sólida de los sobrecostes, pues subestimar los costes aumenta las posibilidades de implementar el proyecto.

Las justificaciones económicas se basan principalmente en la economía neoclásica y la teoría de la elección racional. La economía neoclásica es un marco de referencia para comprender la escasa asignación de recursos entre varias alternativas. Señala que los incentivos y los costes juegan un papel importante en la toma de decisiones. El sistema rígido de financiamiento genera pocos incentivos para presentar cifras precisas porque estas disminuyen la posibilidad de recibir parte del financiamiento (Pickrell, 1992). Las premisas de la economía neoclásica también se utilizan para encontrar una explicación a la tendencia a tergiversar deliberadamente la información y esto se explica por la falta de incentivos para que los planificadores defiendan su trabajo. La teoría de la elección racional tiene como objetivo comprender el comportamiento social y económico. Supone que las acciones de los individuos son fundamentalmente racionales y las personas

calculan los costes y beneficios, analizando sus preferencias y las limitaciones que enfrentan antes de tomar una decisión. Esta teoría se utiliza para respaldar la explicación de que es económicamente racional subestimar los costes porque aumenta la probabilidad de ingresos y ganancias. Así, la teoría de la elección racional tiene un potencial considerable para explicar sobrecostes, no solo desde el punto de vista económico sino también para el ámbito psicológico y político; supone que los individuos eligen la mejor solución de acuerdo con sus preferencias y las restricciones que enfrentan. Al tomar una decisión, el responsable busca la mejor solución de acuerdo con sus preferencias, teniendo en cuenta los intereses del patrocinador, por lo que esto puede generar conflictos en torno a las estimaciones de costes (Chantal C. Cantarelli et al., 2010).

2.2.5.3 Perspectiva psicológica

Se basa en los conceptos relacionados con la falacia de la planificación y el sesgo de optimismo, generado por el prejuicio cognitivo de las personas y sus actitudes cautelosas hacia los riesgos al tomar decisiones. Cuando las decisiones tienen indicios de riesgo, las personas tienden a ser renuentes al riesgo, centrando su atención en un solo caso para resolver un problema. Esto trae consigo que se tome una decisión sin observar otras opciones, ni se consideren las oportunidades de mejora futuras (Lovallo & Kahneman, 2003). La predisposición cognitiva conduce a estimaciones optimistas que resultan en sobrecostes en la fase previa de los proyectos también denominadas subestimaciones (Ahiaga-Dagbui & Smith, 2014). Y debido a la actitud cautelosa hacia los riesgos, las personas conducen a un resultado que maximiza la utilidad. A medida que los costes estimados del proyecto son más bajos, tiene mayor probabilidad de ser seleccionado para su implementación, sin embargo, esto conduce a la subestimación.

Las justificaciones psicológicas pasan inadvertidas, prueba de ello son los escasos estudios en este tema, sin embargo, estos análisis se fundamentan en los conceptos de la falacia de la planificación, el sesgo de optimismo, la teoría perspectiva y teoría de la elección racional. La falacia de la planificación es la tendencia a subestimar el tiempo, los costes y los riesgos, pero, sobrestimar los beneficios de las mismas acciones. Los prejuicios cognitivos de los promotores, el pensamiento de escenarios, las estimaciones de maniobra y la proyección de las tendencias actuales dan como resultado un sesgo de optimismo, por lo tanto, la tendencia sistemática a ser demasiado optimista. La teoría perspectiva se utiliza para explicar que los pronósticos optimistas son el resultado de la toma de decisiones que implican incertidumbres y riesgos (Kahneman & Tversky, 1979). La justificación de los sobrecostes basados en riesgos también puede fundamentarse en la teoría de la elección racional que asume que las personas consideran los riesgos en su objetivo de maximizar la utilidad.

Los conceptos de falacia de la planificación y el sesgo de optimismo están estrechamente relacionados, pero debido a que los excesos de costes están más vinculados con el sesgo de optimismo, este elemento es preponderante para justificar el aspecto psicológico. La teoría perspectiva va más allá porque provee un modelo más completo para estas justificaciones que incorpora incertidumbre y riesgos además de los pronósticos optimistas. Finalmente, la teoría de la elección

racional permite comprender los sobrecostos al integrar tanto los elementos económicos, políticos y psicológicos del fenómeno (Chantal C. Cantarelli et al., 2010).

2.2.5.4 Perspectiva política

Para explicar los sobrecostos, la literatura recurre principalmente a justificaciones de carácter político. Por otro lado, también se hace referencia a la subestimación deliberada de costes y la manipulación de pronósticos. En ocasiones los costes se subestiman deliberadamente con fines de aceptación del proyecto, por lo tanto las predicciones de costes se manipulan en función de la promoción en lugar de la objetividad (Wachs, 1985). Así mismo, la literatura describe diferentes causas de sobrecostos por tergiversación estratégica, que incluyen: aprendizaje, falta de coordinación, falta de compromiso a largo plazo, falta de disciplina, presión organizativa y política e información asimétrica. El aprendizaje implica concientizar a los tomadores de decisión para seleccionar proyectos con pronósticos favorables para mitigar el comportamiento estratégico y tergiversación de las estimaciones. Además, la falta de coordinación, la carencia de compromiso a largo plazo y la ausencia de disciplina traen consigo el comportamiento estratégico debido a que no se han implementado medidas que prohíban este tipo de comportamiento. Por otro lado, las presiones organizacionales y políticas provocan tergiversaciones estratégicas porque las previsiones se ajustan para obtener los resultados más atractivos. Finalmente, la información asimétrica es una causa importante de subestimación deliberada o tergiversación estratégica. En este caso, quienes tienen que decidir tienen poca información y dependen de la proporcionada en las estimaciones, por lo que los planificadores tienen la libertad de tergiversar la información (Chantal C. Cantarelli et al., 2010).

Para respaldar las justificaciones políticas subyacen tres teorías: el concepto de maquiavelismo, la teoría de la agencia (problema del agente-principal) y la teoría de la ética. La tergiversación estratégica es el tema principal para sustentar las explicaciones políticas pero el concepto de maquiavelismo también aporta de manera significativa. Este concepto se refiere a la tendencia de la persona a engañar y manipular a otros para beneficio personal y se utiliza para explicar los sobrecostos por la competencia entre las partes por financiamiento del gobierno o para poner en marcha proyectos (Flyvbjerg, 2005). De este modo, los sobrecostos pueden considerarse el resultado del proceso de toma de decisiones que involucra a muchos actores con diferentes intereses que actúan estratégicamente que conducen a resultados desfavorables. La teoría de la ética también considera una noción de manipulación y estudia el comportamiento de las personas en función de sus valores, costumbres y responsabilidad. Los costes se subestiman debido a la falta de lealtad o responsabilidad hacia el patrocinador o la falta de valores en el planificador para establecer los costes. La teoría de la agencia también se usa para abordar el comportamiento estratégico en las explicaciones políticas, esta supone que las personas actúan sin reservas en su propio interés con astucia y engaño, de ser necesario. Este comportamiento se explica con el concepto de información asimétrica, esto hace posible que una persona aproveche estratégicamente la

configuración del proceso de financiación para subestimar deliberadamente sus proyectos a fin de verlos realizados.

2.2.6 Mitigación de los sobrecostos

De la mano con la identificación de las causas de los sobrecostos, algunos autores han presentado varias propuestas para mitigar sus efectos, encaminados a incrementar el nivel de responsabilidad de los integrantes del proyecto (Pickrell, 1992), (Bruzelius, Flyvbjerg, & Rothengatter, 2002).

Bruzelius et al., sostienen que no es solo una cuestión de mejor información y métodos para la toma de decisiones, sino también apuntar a la rendición de cuentas de las instituciones, para lo cual proponen cuatro instrumentos básicos (Bruzelius et al., 2002):

- **Transparencia:** como principal medio para hacer cumplir la rendición de cuentas en el sector público la información debe ponerse a libre acceso de los ciudadanos.
- **Especificación del objetivo:** cambiar el enfoque de la toma de decisiones de uno técnico a uno basado en objetivos que apunte hacia especificar los requisitos generales antes de considerar los requisitos técnicos.
- **Reglas claras:** abarca varias normas para garantizar un uso racional del proyecto.
- **Gestión del capital de riesgo:** selección y eliminación de riesgos políticos antes de la toma de decisiones.

Flyvbjerg se refieren a la necesidad de implementar la cultura de menos engaño y más honestidad en la estimación de costes de proyectos. Señalando que en este caso se presentan dos situaciones (Flyvbjerg, 2007):

- Los planificadores consideran importante hacer las estimaciones correctas y se proponen mejores métodos de previsión como solución para la imprecisión del pronóstico.
- Los planificadores no consideran importante hacer pronósticos correctos porque las previsiones optimistas son vistas como un medio necesario para iniciar un proyecto.

Por otro lado también indica que los sobrecostos pueden evitarse al (a) obtener una buena inversión de capital, incluyendo el uso de pronósticos por clase de referencia o métodos similares para establecer estimaciones confiables y sin sesgo de costes que se ajusten al rango de riesgo del cliente, (b) establecer una estructura de incentivo que motive a todos los involucrados a mantenerse dentro del presupuesto, y (c) contratar proveedores con un historial comprobado para el tipo específico de inversión de capital en cuestión (Flyvbjerg et al., 2018).

Olawe y Sun identificaron 90 medidas para mitigar el efecto de los cinco principales inhibidores del control de tiempo y coste de un proyecto, con ello clasificó en medidas preventivas, predictivas, correctivas y organizativas. Llegaron a la conclusión de que, aunque los factores externos son generalmente difíciles de controlar o incluso más allá de la gestión de los directores de proyecto, la frecuencia

de su ocurrencia es generalmente baja. Por otro lado, los factores internos son persistentes y requieren un control constante (Olawale & Sun, 2010).

Según el estudio, se puede remediar o evitar que se superen los costes a través de una estimación consciente, mediante doble verificación, que incluya los precios del proveedor y de algunos contratistas. Además, un chequeo triple por un especialista, preferiblemente un director de proyecto es necesario para prevenir errores evitables y revisar las estimaciones realizadas. Señalan que la comparación de costes por cualquier medida de unidad es una práctica apropiada.

Otra forma de evitar el exceso de costes es mediante el uso de una orden de cambio. Sin embargo, puede ser difícil cuando las condiciones desconocidas para el contratista carecen de la documentación adecuada. La practicidad de un cliente puede ayudar a determinar otorgar una orden de cambio o no (Olawale & Sun, 2010).

De igual manera, se puede evitar sobrecostes programando el alquiler de equipos de manera eficiente para evitar el desperdicio (Doloi, 2012). Por lo que, no se debe permitir que las herramientas y equipos de alquiler permanezcan en un proyecto si no se están utilizando. La verificación adecuada de las facturas es otra forma de evitar que se produzcan sobrecostes. Las facturas requieren ser verificadas contra la orden de compra y los recibos de entrega y retiro.

Los expertos creen que el uso adecuado de las herramientas y técnicas de gestión de proyectos también puede evitar que se produzcan sobrecostes. Además, no subestimar la importancia de una comunicación eficiente entre las partes interesadas. Así como, las brechas de comunicación entre el cliente, los profesionales, el contratista y el resto de los miembros del equipo del proyecto durante la entrega del proyecto (Olawale & Sun, 2010).

2.2.7 Efectos de los sobrecostes

Los sobrecostes tienen efectos obvios para las partes interesadas clave, y en la industria de la construcción en general. Para el cliente, los sobrecostes implican valores adicionales por encima de los inicialmente acordados, lo que resulta en menos rendimiento de la inversión. Para el usuario final, los costes adicionales se transfieren como costes o precios de alquiler más altos. Para los profesionales, el exceso de costes implica la incapacidad de ofrecer una buena relación calidad-precio y podría afectar su reputación, por lo tanto, resultar en una pérdida de confianza de los clientes. Para el contratista, esto implica la pérdida de ganancias por la no finalización y la maledicencia que podría poner en peligro sus posibilidades de ganar más trabajos. Para la industria en su conjunto, los sobrecostes podrían provocar el abandono del proyecto y una caída en las actividades de construcción, mala reputación e incapacidad para asegurar la financiación del proyecto o asegurarla a costes más altos debido a los riesgos adicionales.

Según Arditi y otros, señalan que los efectos de los sobrecostes no se limitan a la industria de la construcción, sino que se reflejan en el estado de la economía general de un país (Arditi et al., 1985). Afirman que las demoras y los costes

excesivos en los proyectos de construcción impiden que se produzca el aumento planificado en la producción de propiedades y servicios, y este fenómeno a su vez afecta, de manera negativa, la tasa de crecimiento nacional. Los excesos en los costes del proyecto pueden causar un flujo de caja lento y reducir el retorno de la inversión del cliente o del propietario del proyecto.

2.2.8 Gestión de costes

La confiabilidad y precisión de la estimación de costes en proyectos de construcción continúa recibiendo mucha atención tanto de la industria como de la academia. La industria se enfrenta a una compleja red de causas que se pueden clasificar en dos categorías distintas pero a menudo combinadas: la subestimación y sobreestimación de costes (Ahiaga-Dagbui & Smith, 2014).

2.2.8.1 Subestimación

- Sesgo de optimismo que es una propensión para creer y actuar sobre la noción de que todo irá bien, lo que lleva a subestimar el papel de la incertidumbre en los resultados.
- Teoría prospectiva en la toma de decisiones basadas en ganancias y pérdidas probables en lugar del resultado real de la decisión.
- Tergiversación estratégica que corresponde a mentira descarada y en otros casos corrupción.
- Efecto Dunning-Kruger que es la curva para sobreestimar la competencia o la precisión en el criterio y la incapacidad de ver más allá de nuestros propios errores.
- Concurso para ganar proyectos.

2.2.8.2 Sobreestimación

- Cambios en el alcance, según lo exijan las circunstancias o lo solicite el cliente.
- Dificultades gerenciales y técnicas.
- Riesgo e incertidumbre.
- Condiciones del terreno, cambios de precios, entre otros

3 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1 Contexto de las obras públicas en el país

Previo a ilustrar el enfoque metodológico seguido para el análisis propuesto en este estudio, es necesario aclarar las especificidades del contexto ecuatoriano de las obras públicas. En síntesis, la ejecución de los proyectos de obra pública en el país comprende las siguientes fases:

3.1.1 Concepción y planificación

A partir de la concepción del proyecto y la planificación administrativa, se examina la idea de un proyecto para determinar si satisface o no las necesidades de la comunidad. Específicamente, las diversas instituciones que conforman la administración pública reconocen y verifican las necesidades de la sociedad, planifican la realización del trabajo y lo insertan en la agenda de los futuros programas de obras públicas.

3.1.2 Diseño e ingeniería

En esta etapa se definen los diseños e ingeniería del proyecto, incluyendo la estimación de los costes expresado como el presupuesto referencial de la obra. Toda esta información se constituye en un requisito previo al proceso de licitación de la obra.

3.1.3 Selección del contratista

En la fase de licitación el objetivo de la entidad contratante es seleccionar el mejor contratista, que generalmente es el que presenta la oferta más baja en el proceso de contratación. Un problema de selección adversa puede surgir debido a la asimetría de la información entre la contratante y el contratista, por cuanto esto depende del tipo de procedimiento de selección.

En un procedimiento de negociación, se comparte más información, lo que reduce esta asimetría, dejando menos espacio para el comportamiento oportunista del contratista, evitando así la posible renegociación posterior del contrato, lo que podría generar costes adicionales.

Cuando el mecanismo de selección es una subasta, la asimetría de información entre los agentes es mayor. En este caso, el contratista seleccionado puede ocultar su intención real y actuar de manera deliberada ofertando el precio más bajo para ganar la licitación, bajo la expectativa de explotar el incumplimiento del contrato y buscar una renegociación posterior. Como consecuencia, es probable que se produzcan demoras en la ejecución del trabajo y costes adicionales.

3.1.4 Ejecución y cierre

En la fase de ejecución, el oferente ganador debe ejecutar la construcción de la obra y emplear al personal calificado para llevar a cabo las tareas previstas en el diseño. En teoría, el contratista tiene el conocimiento y la capacidad para cumplir con el tiempo acordado, sin embargo, la oferta ganadora con el precio más bajo

puede presentar incumplimientos con la finalidad de renegociar los trabajos. Además, bajo este tipo de contratación tradicional las partidas o rubros son valorados por unidades de obra y los riesgos de construcción son asumidos por la entidad contratante, con incrementos de las cantidades de obra y/o la generación de órdenes de cambio.

3.2 Diseño de la investigación

3.2.1 Introducción

La presente investigación se basa en el análisis de las obras públicas ejecutadas durante los años 2016 y 2017 en Ecuador, las cuales se encuentra publicadas en la página web del Sistema Oficial de Contratación Pública del Ecuador (SOCE). Todos los proyectos fueron contratados siguiendo el proceso de contratación pública tradicional por licitación. Esto significa que la administración pública ha seleccionado una empresa privada mediante un proceso de licitación para construir la infraestructura. Después de esa etapa, esta administración asumió la gestión y operación del activo. Por lo tanto, en la muestra utilizada para este análisis no se consideran contratos de concesión, ni otros tipos de contratos de asociación público-privada (PPP).

Con esta información recopilada se seleccionan los factores de sobrecostes referidos en el análisis de la bibliografía y con la revisión de los expedientes de los proyectos ejecutados se extrae la información para el análisis.

3.2.2 Metodología

Las variables de datos más importantes en esta investigación son los costes estimados o presupuestados, los de adjudicación y los finales. Los sobrecostes se miden como los costes de construcción reales menos los costes adjudicados expresados como un porcentaje de los costes adjudicados. Los costes finales se definen como costes de construcción reales y contabilizados, determinados al momento de la liquidación de la obra. Los costes estimados son los valores estimados y presupuestados en los planes de contratación de las instituciones previo al inicio del proceso de licitación de la obra. Los costes adjudicados se definen como costes de construcción contratados en el momento de la decisión formal para la construcción, esto corresponden a la oferta ganadora durante el proceso de licitación. En contraste con algunos autores (Flyvbjerg, Skamris holm, et al., 2003), (Flyvbjerg, Bruzelius, et al., 2003) y (C. C. Cantarelli et al., 2010), en este estudio se consideró los costes de adjudicación además de los costes presupuestados, en vista que los proyectos seleccionados presentan ofertas ganadoras con bajas promedio de alrededor de 9% lo que hace inferir que la “licitación por suicidio” juega un papel importante (Rosenfeld, 2013). Por lo tanto, este análisis va más allá de la denominada “fecha de decisión o momento de la decisión de proceder” como refieren algunos autores (Flyvbjerg, Bruzelius, et al., 2003).

Se incluyen todos los proyectos licitados en el año 2016 a 2017, para los cuales en la fecha de cierre de este estudio el SOCE reporta como estado finalizado. Por lo

tanto, en términos generales, se prevé que los proyectos son representativos para la población de interés. Así mismo, se evita el sesgo de la información que puede generarse al recopilar la información mediante entrevistas con los directores de los proyectos.

En definitiva, la base de datos resultante incluye todos los proyectos que cumplen la característica planteada en el objeto de este estudio. Sin embargo, en contraste con investigaciones internacionales previas en este campo que incluyeron solo proyectos para los cuales había información disponible (C. C. Cantarelli et al., 2010), en este estudio la base de datos se trata como una población de la cual se extrae una muestra representativa.

3.2.3 Selección de la población y representación de la muestra

Cuando se estudia los sobrecostos en proyectos de construcción generalmente se utiliza una muestra de una población de proyectos de interés, que debe reflejar adecuadamente la población a la que representa.

Para evitar la principal fuente de error en el pronóstico debido a la tendencia predominante a infra ponderar o ignorar la información de distribución disponible, algunos autores recomiendan incluir todos los proyectos para los cuales se dispone datos válidos y confiables (Flyvbjerg et al., 2018), (Kahneman, 2011), (Lovallo & Kahneman, 2003).

Para determinar la muestra se utilizó la base de datos del SOCE, que dispone del registro de los procesos de contratación licitados para el periodo de diagnóstico. De esta búsqueda se encontró que durante el año 2016 se licitó 169 obras y durante el año 2017 fueron 199 obras, en total 368 licitaciones de obras. Al cierre de este estudio, del total de estas licitaciones 66 obras han sido finalizadas con la liquidación correspondiente y 302 aún se encuentran en ejecución.

Para determinar el tamaño de la muestra representativa se utiliza el modelo de distribución normal (Ecuación 2), en el cual los valores se distribuyen en torno a un valor central que coincide con el valor medio de la distribución formando una campana llamada de Gauss.

$$n = \frac{N \cdot z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{(N - 1) \cdot e^2 + z^2 \cdot p \cdot (1 - p)} \quad \text{Ecuación 2}$$

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población

z = nivel de confianza (distribución normal de Gauss)

e = error muestral

p = proporción esperada del parámetro a evaluar

Con base en los datos encontrados, considerando que el objetivo y alcance del presente estudio son las obras licitadas durante los años 2016 a 2017 y que se encuentran finalizadas, se dispone de una población finita (66 obras licitadas y finalizadas), un nivel de confianza del 95% con $z = 1.96$, una proporción esperada del parámetro a evaluar del 50%, una $q = 50\%$ que complementa la prevalencia esperada ($q = 1 - p$) y un error aceptable del 5%.

Con los valores de la población obtenidos en esta investigación, para obtener una muestra representativa con el 5% de error, se necesita el análisis de los expedientes de 56 proyectos. Sin embargo, con la finalidad de enmarcar el problema de diagnóstico y utilizar toda la información de distribución posible (Kahneman, 2011) se realiza este análisis a 60 proyectos, con lo cual para el nivel de confianza planteado (95%), el error muestral de la población en análisis corresponde a 3.84%.

3.2.4 Selección de proyectos y recolección de datos

El conjunto de datos empleados en este análisis proviene de los documentos digitales de las obras ejecutadas por las administraciones de gobierno del Ecuador. Fueron obtenidos de la base de información que reposa en la página web del SOCE, en la cual se encuentran clasificados de acuerdo con un método propio de la institución para registrar los datos de los proyectos de construcción. Este registro lo generan las instituciones contratantes cuando se completa la obra y el contratista firma un acta de recepción final, lo que significa que la liquidación económica se ha resuelto.

Para recopilar los datos de cada proyecto, se requiere la revisión de la información detallada en los documentos de ejecución de la obra. Estos documentos son de libre acceso y pueden ser consultados de diferente manera, mediante el número del proceso de licitación, fecha de publicación, entidad contratante, entre otras variables. También, se pueden consultar los procesos de contratación publicados durante un periodo y establecer filtros de búsqueda en función del tipo de contratación, tipo de compra y el estado del proceso.

La información recopilada de la base de datos corresponde al presupuesto referencial contenido en los pliegos del proceso, el valor adjudicado de la licitación de acuerdo con la resolución de adjudicación, el coste final de la obra y los costes por diversos cambios según lo descrito en el documento de liquidación de la obra; también se recopiló el tiempo de construcción ofertado y el tiempo de construcción final, fecha de inicio de los trabajos, fecha de finalización contractual y demás parámetros expuestos en la Tabla 3.

Varias investigaciones realizadas referentes a los sobrecostes de las obras consideran costes sin incluir el IVA (C. C. Cantarelli, Molin, et al., 2012), por lo que en la presente investigación también se excluye este impuesto.

3.2.5 Clasificación de datos

Con la documentación recopilada y los datos obtenidos, cada proyecto fue clasificado bajo diferentes consideraciones, en función de la información disponible

y la revisión bibliográfica realizada. En resumen, estas variables son: tipo de proyecto, región geográfica, órgano de contratación, coste del proyecto, duración del proyecto, entre otros. Esta clasificación se encuentra detallada en la Tabla 3 Estadística descriptiva de las variables de coste del análisis.

Tabla 3 Estadística descriptiva de las variables de coste del análisis

No.	Código	Variable	Tipo de escala	Descripción
1	A_Reg	Región geográfica	Nominal	Costa, sierra, oriente, insular
2	B_Org	Órgano de contratación	Nominal	Administración central, gobierno autónomo provincial, gobierno autónomo municipal, gobierno autónomo parroquial, otros
3	C_Tip	Tipo de proyecto	Nominal	Transporte, hidráulicas, sanitarias, portuarias y edificaciones
4	D_Pest	Presupuesto estimado	Ratio	Coste estimado del proyecto desarrollado en la fase de diseño y publicado como referencial para el proceso de licitación
5	E_Cadj	Coste adjudicado	Ratio	Coste del proyecto contratado según la oferta ganadora
6	F_Ocam	Ordenes de cambio	Ratio	Coste de las órdenes de cambio emitidas durante la ejecución del proyecto
7	G_Cfin	Coste final	Ratio	Coste real del proyecto para su finalización
8	H_Scos	Sobrecoste	Intervalo	Diferencia entre el coste real y el coste adjudicado dividido por el coste adjudicado (%)
9	I_Aadj	Año adjudicación	Intervalo	Año de adjudicación del proyecto
10	J_Pla	Plazo	Ratio	Días totales contemplados en la adjudicación para completar el proyecto
11	K_Pro	Prorroga	Ratio	Días añadidos para completar el proyecto
12	L_Ret	Retraso	Intervalo	Diferencia entre días reales y días adjudicados divididos por días adjudicados (%)
13	M_Fini	Fecha de inicio	Intervalo	Fecha de inicio de la construcción (NTP)
14	N_Ffin	Fecha de finalización	Intervalo	Fecha de finalización real de la construcción
15	O_Dtot	Duración total	Ratio	Duración del proyecto, medida por la variable duración real para la finalización
16	P_Afin	Año finalización	Intervalo	Año de finalización del proyecto, medido por la variable fecha de finalización real del proyecto

Los proyectos utilizados para este estudio fueron ejecutados dentro de un periodo de dos años continuos (2016-2017) y se clasificaron en categorías: obras de transporte, obras hidráulicas, obras sanitarias, obras portuarias y obras de edificaciones. Estas categorías incluían una variedad de proyectos, tanto en el

alcance del trabajo como en la cantidad de inversión, que eran representativos en los presupuestos anuales de los órganos de contratación. Las magnitudes de los excesos de costes y cronogramas se compararon en función de los tipos de proyecto, el tamaño de los proyectos, del coste y la duración de la construcción, y los años de finalización del proyecto. En los siguientes acápites, se describen las características de los proyectos considerados para este estudio, así como los hallazgos de investigaciones anteriores relacionadas con estos factores.

3.2.5.1 Tipo de proyecto

Los proyectos se subdividieron en cinco tipos en función del objeto del contrato y el alcance de los trabajos realizados como obras de: transporte, hidráulicas, sanitarias, portuarias y edificaciones. Investigaciones anteriores determinaron que los sobrecostes se correlacionaban con los tipos de proyectos (Lee, 2008). Sin embargo, Odeck no encontró ninguna relación entre estas dos variables (Odeck, 2004).

El criterio utilizado y el alcance de la clasificación de cada grupo se definen en los párrafos siguientes:

- Obras de transporte, este grupo abarca a carreteras, puentes, vías férreas con sus puentes y túneles; aeropuertos con sus pistas, calles de rodaje, plataformas de aviación comercial y de aviación general, hangares, zonas de combustible, terminales de pasajeros, torres de control y sus instalaciones eléctricas y electrónicas para la seguridad de operaciones de los aviones; y, finalmente, helipuertos (de rescate emergencia para uso industrial y público).
- Obras hidráulicas corresponden a presas de almacenamiento, hidroeléctricas y derivadoras, en las cuales se capta agua para generar energía eléctrica, o para abastecer a la población y se distribuye en áreas de cultivo, en especial a distritos de riego.
- Obras sanitarias se refiere a los sistemas de conducción y almacenamiento de agua potable (tanques superficiales y tanques elevados), plantas potabilizadoras y de tratamiento de aguas residuales, sistemas de alcantarillado (drenaje profundo de la ciudad), drenajes industriales y pluviales, así como rellenos sanitarios (control de la basura).
- Obras portuarias comprenden puertos marítimos y pluviales, con sus obras de protección (rompeolas, escolleras, y espigones), muelles, terminales de diversa índole: industriales, pesqueras, agrícolas, turísticas (para la atención de yates), de pasajeros (cruceros) y de comercio.
- Obras de edificaciones que abarcan conjuntos habitacionales, edificios de condominios, oficinas, usos múltiples para negocios, plazas, centros comerciales y recreativos, cines, teatros, centros culturales, auditorios, estadios deportivos, centrales de abasto, parques industriales y otras edificaciones con diversos tipos de servicios.

3.2.5.2 Región geográfica

También se consideró a la región geográfica de localización de la obra, como parámetro de análisis. En esta categoría se consideran las regiones naturales del

país y que se encuentran marcadas por la influencia directa como la salida al océano Pacífico, la Amazonía, la cordillera de los Andes y las islas Galápagos.

3.2.5.3 Institución contratante

En este parámetro se definió las categorías en función de la forma de gobierno que rige actualmente en el país y se trata de una república presidencialista con administraciones descentralizadas. En este sentido, se agrupó a las instituciones que corresponden a la administración central, gobierno autónomo provincial, gobierno autónomo municipal, gobierno autónomo parroquial y otros.

3.2.5.4 Tamaño de proyecto

Se utilizó el coste final de construcción para dividir los proyectos en diferentes tamaños. El tamaño del proyecto se dividió en tres categorías:

- Proyectos pequeños con costes menores a \$ 1 millón.
- Proyectos medianos comprendidos entre \$ 1 millón y \$ 3 millones.
- Proyectos grandes con valores finales mayores a \$ 3 millones.

Odeck determinó que el sobrecoste estaba correlacionado inversamente con el tamaño del proyecto (Odeck, 2004). Sin embargo, otros estudios señalan exactamente lo contrario (Jahren & Ashe, 2007).

3.2.5.5 Duración de la construcción del proyecto

Para todos los proyectos se obtuvo el tiempo total empleado en la construcción del proyecto. Se dividieron en dos grupos según la duración de la construcción, un grupo de proyectos que tuvo una duración de construcción de menos de un año (365 días calendario) y otro grupo de proyectos que tuvo una duración de construcción de más de un año.

Odeck (2004) encontró que los sobrecostes aumentaron a medida que la duración de la finalización aumentó hasta cierto tiempo (200 semanas); después de eso, los sobrecostes comenzaron a disminuir.

3.2.5.6 Año de licitación

Además, los proyectos se clasificaron en función del año de licitación y se subdividieron en dos grupos. Un grupo de proyectos que se licitó en 2016, y el otro grupo de proyectos que se licitó en el año 2017.

Estas y las demás variables de clasificación de la información se describen de manera amplia en la columna de descripción de la Tabla 3 Estadística descriptiva de las variables de coste del análisis. Así mismo los datos recopilados se encuentran descritos en la sección 5.2.1 Base de datos.

3.2.6 Factores de sobrecostes

Varios investigadores han determinado sobrecostes en diferentes países a través de diferentes estudios con metodologías diferentes: encuestas por cuestionario, entrevistas con expertos, consultores o contratistas y también por análisis del expediente de contratación del proyecto. En función de ello han determinado una gran cantidad de factores que podrían ser responsables de los sobrecostes. Algunos de estos factores se refieren al incremento de precios de las materias

primas, el alto coste de la mano de obra, disputas en la liquidación de facturas, retraso en las actividades planificadas, entre otros. En función de la recopilación de la información descrita en el estado de arte, se identificaron 20 factores de sobrecoste los cuales se encuentran resumidos en la Tabla 1 Factores de sobrecostes identificados por varios autores, junto con detalles de sus referencias. Algunos de los factores pueden parecer insignificantes en un proyecto, sin embargo, pueden resultar significativos en otro. Estos se constituyen en la línea base para evaluación y validación de los hallazgos de la presente investigación.

3.3 Análisis estadístico de datos

Las métricas de desempeño analizadas en este estudio fueron los costes de construcción en diferentes etapas del proyecto y los plazos correspondientes. Las ecuaciones siguientes se utilizaron para calcular el sobrecoste de construcción y la prórroga de plazo en cada proyecto, respectivamente.

Para determinar los sobrecostes se calcula la diferencia del coste final con el coste inicial, entre el coste final (Ecuación 3), cuando se compara con el coste en el momento de la decisión de construir el coste final corresponde al presupuestado (fase previa), mientras que cuando se compara con el del inicio de la construcción el coste de referencia es el adjudicado (fase de construcción).

$$\text{Sobrecoste } (H_{Scos}) = \frac{G_{Cfin} - E_C}{E_C} \times 100\% \quad \text{Ecuación 3}$$

De la misma manera para comparar el plazo extendido en cada proyecto se determina con la diferencia del plazo final y el plazo del contrato entre el plazo del contrato (Ecuación 4).

$$\text{Retraso } (L_{Ret}) = \frac{O_{Dtot} - J_{Pla}}{J_{Pla}} \times 100\% \quad \text{Ecuación 4}$$

3.3.1 Análisis de la muestra

De la muestra seleccionada de 60 proyectos que alcanzan más de 100 millones de dólares en inversión en los años de referencia, se evidencia en Tabla 4 Proyectos seleccionados como muestra representativa de la población que se registran 39 proyectos en el año 2016 y 21 restantes en el año 2017. Si bien se adjudicó el 65% de los proyectos en el año 2016, sin embargo, estos representan alrededor del 70% de los costes de inversión en este mismo año.

Tabla 4 Proyectos seleccionados como muestra representativa de la población

Año	Proyectos	Presupuesto (\$)	Coste adjudicado (\$)	Coste final (\$)
2016	39	74,283,693.00	67,408,591.97	77,425,784.25
2017	21	28,953,419.42	26,905,108.69	27,413,415.19
Total	60	103,237,112.42	94,313,700.66	104,839,199.44

Otra particularidad observada en la Tabla 5 Ofertas ganadoras de la licitación respecto del presupuesto referencial es que el coste adjudicado promedio es menor

al presupuestado, esto pone en evidencia a los precios poco realistas de las ofertas ganadoras en las licitaciones. De los 60 proyectos de la muestra, un total de 55 presentan un promedio de 9% de baja en sus ofertas ganadoras, mientras que únicamente 4 proyectos presentaron un incremento de 3% en su oferta ganadora.

Tabla 5 Ofertas ganadoras de la licitación respecto del presupuesto referencial

Oferta	Proyectos	Presupuesto promedio (\$)	Adjudicado promedio (\$)	Dif. Promedio (%)
Alza	4	1,321,901.87	1,358,216.91	-2.60%
Baja	55	1,762,459.67	1,597,574.73	9.28%
Igual	1	1,014,223.08	1,014,223.08	0.00%
Total	60	1,720,618.54	1,571,895.01	8.34%

En la Tabla 6 Distribución de muestra por zona geográfica, se presentan algunas estadísticas descriptivas de los proyectos clasificados por la región de ejecución de la obra. Específicamente, se muestran tanto el coste de adjudicación como el coste de ejecución final del trabajo. Dos elementos son merecedores de resaltar, primero, en la muestra la relación coste final versus coste adjudicado es mayor en la sierra que en las otras regiones. En segundo lugar, el mayor número de obras públicas de la muestra se encuentran en la costa y sierra del país.

Tabla 6 Distribución de muestra por zona geográfica

Zona Geográfica	Proyectos	Coste adjudicado (\$)	Coste final (\$)	Dif. Promedio (%)
Costa	38	55,217,813.23	60,256,510.75	8.08%
Oriente	1	3,697,619.55	3,269,890.92	-12.00%
Sierra	21	35,398,267.88	41,312,797.77	18.48%
Total	60	94,313,700.66	104,839,199.44	11.38%

En la Tabla 7 Distribución de muestra por órgano de contratación, las estadísticas se presentan por tipo de autoridad contratante. La mayoría de los órganos adjudicadores son los municipios, seguidos de las provincias. Las categorías menos numerosas de los organismos de adjudicación se encuentran los organismos públicos con especial autonomía presupuestaria, empresas de propiedad pública y entidades adscritas al gobierno central. La tabla muestra diferencias marcadas tanto en los costes de construcción como en los costes finales totales entre los entes adjudicadores.

Tabla 7 Distribución de muestra por órgano de contratación

Órgano de contratación	Proyectos	Coste adjudicado (\$)	Coste final (\$)	Dif. Promedio (%)
Municipal	46	68,925,406.54	77,124,674.31	11.63%
Otros	3	2,964,592.56	3,451,785.38	16.00%
Provincial	11	22,423,701.56	24,262,739.75	9.09%
Total	60	94,313,700.66	104,839,199.44	11.38%

En función de lo mostrado en la Tabla 8 Distribución de muestra por tipo de proyecto, se puede ver que la tasa de sobrecoste tiene variaciones significativas

para los diferentes tipos de proyectos de construcción de obras. Se evidencia que los proyectos de construcción de obras sanitarias, que representan un total de 11 proyectos en la muestra, tienen la tasa promedio más alta de sobrecoste y la más baja (sin considerar el grupo de obras hidráulicas) se registra en las obras de transporte con un total de 35 proyectos; esto significa que estos proyectos requirieron un coste adicional para culminar la obra. Tanto en las obras de tipo hidráulicas como portuarias se encuentra agrupado un proyecto en cada grupo.

Tabla 8 Distribución de muestra por tipo de proyecto

Tipo de proyectos	Proyectos	Coste adjudicado (\$)	Coste final (\$)	Dif. Promedio (%)
Edificaciones	12	15,465,912.09	17,119,417.10	9.75%
Hidráulicas	1	1,190,437.54	1,173,080.23	-1.00%
Portuarias	1	975,958.46	1,163,135.54	19.00%
Sanitarias	11	20,552,516.89	23,997,138.54	21.64%
Transporte	35	56,128,875.68	61,386,428.03	8.86%
Total	60	94,313,700.66	104,839,199.44	11.38%

Por otro lado, se evidenció que a medida que incrementa el tamaño del proyecto se incrementa el sobrecoste conforme lo señalan algunos estudios (Jahren & Ashe, 2007) y en contraste con los hallazgos en otros (Odeck, 2004). Los datos analizados en este estudio evidencia que los proyectos con inversión menor a \$ 1 millón registran una tasa promedio de sobrecoste negativa comparado con aquellos de una inversión mayor cuyos valores promedio excedidos es superior a 13%, conforme se encuentra en descrito en Tabla 9 Distribución de muestra por tamaño de proyecto.

Tabla 9 Distribución de muestra por tamaño de proyecto

Tamaño	Proyectos	Adjudicado promedio (\$)	Final promedio (\$)	Dif. Promedio (%)
Grande	8	3,120,766.49	3,590,138.77	17.13%
Mediano	42	1,424,191.82	1,590,723.02	13.38%
Pequeño	10	953,151.22	930,772.25	-1.60%
Total	60	1,571,895.01	1,747,319.99	11.38%

Así mismo, en la Tabla 10 Distribución de muestra por duración total de la construcción se evidencia que el sobrecoste de los proyectos es directamente proporcional con la duración y se incrementa a medida que esta duración total es mayor a un año.

Tabla 10 Distribución de muestra por duración total de la construcción

Duración	Proyectos	Coste adjudicado (\$)	Coste final (\$)	Dif. Promedio (%)
Mayor a 1 año	27	50,983,590.42	59,699,213.24	20.04%
Menor a 1 año	33	43,330,110.24	45,139,986.20	4.30%
Total	60	94,313,700.66	104,839,199.44	11.38%

3.3.2 Análisis descriptivo

En este acápite se detalla la estadística descriptiva de las variables dependientes, se describen los datos, valores y resultados de cálculos obtenidos en cada variable, además, si las medias muestrales de varios grupos son estadísticamente diferentes. Todo ello se realiza mediante distribuciones de frecuencia, medidas de tendencia central, entre otras.

3.3.2.1 Análisis de normalidad

Los errores estadísticos son comunes en la literatura científica, y aproximadamente el 50% de los artículos publicados tienen al menos un error (Curran-Everett & Benos, 2004). Muchos procedimientos estadísticos, que incluyen correlación, regresión, pruebas t y análisis de varianza, pruebas paramétricas, entre otros, se basan en el supuesto de que los datos siguen una distribución normal o una distribución gaussiana (según Johann Karl Gauss, 1777-1855).

Algunos autores señalan que con tamaños de muestra suficientemente grandes (> 30 o 40), la trasgresión del supuesto de normalidad no debería causar problemas importantes (Altman & Bland, 1995). Esto implica que se utiliza procedimientos paramétricos incluso cuando los datos no se distribuyen normalmente.

La inspección visual de la distribución puede usarse para evaluar la normalidad, aunque este enfoque generalmente es poco confiable y no garantiza que la distribución sea normal. Sin embargo, cuando los datos se presentan visualmente, los lectores pueden juzgar el supuesto de distribución por sí mismos (Altman & Bland, 1995).

Por otro lado, las pruebas de normalidad son complementarias a la evaluación gráfica (Öztuna, Elhan, & Tüccar, 2006). Las principales pruebas para la evaluación de la normalidad son la prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S), prueba de Shapiro-Wilk, prueba de KS corregida de Lilliefors, prueba de Anderson-Darling, prueba de Cramer-von Mises, prueba de asimetría D'Agostino, prueba de curtosis Anscombe-Glynn, entre otras.

El presente estudio se basa como base la prueba de Shapiro-Wilk para el análisis de normalidad de la muestra, esta consiste en la correlación entre los datos y las puntuaciones normales correspondientes y proporciona una mejor potencia que la prueba K-S. La potencia es la medida más frecuente del valor de una prueba de normalidad y tiene la capacidad de detectar si una muestra proviene de una distribución no normal. Algunos investigadores recomiendan la prueba de Shapiro-Wilk como la mejor opción para evaluar la normalidad de los datos (Ghasemi & Zahediasl, 2012).

La hipótesis nula, H_0 , de la prueba de Shapiro-Wilk considera que los datos siguen una distribución normal con un nivel de significancia (α) determinado. En este caso se considera que si $p\text{-valor} > 0.05$ aceptamos H_0 (hipótesis nula) y la distribución normal de los datos, mientras que si $p\text{-valor} < 0.05$ rechazamos H_0 (hipótesis nula).

Tabla 11 Análisis de normalidad de los datos con la prueba de Shapiro-Wilk

Parámetro	Presupuestado	Adjudicado	Coste final	Plazo	Duración total
W-stat	0.84	0.84	0.82	0.92	0.97
p-valor	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18
alpha	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
normal	no	no	no	no	si

La Figura 4 Distribución de sobrecostes en proyectos de obra pública en Ecuador, muestra los resultados de las distribuciones correspondientes de las variables dependientes e independientes. Esta distribución de sobrecostes exhibe una asimetría positiva y también una media positiva, lo que sugiere una desviación de la distribución normal.

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk confirma que los costes ni el plazo adjudicado de las obras siguen una distribución normal (valor $p = 0.00$), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula H_0 . Sin embargo, los datos de la duración total presentan un p-valor mayor a la significancia establecida ($\alpha=0.05$), por lo tanto, para esta variable se puede aceptar la hipótesis nula H_0 .

Así mismo, con el conjunto de datos de coste recolectados para los proyectos se realiza el análisis de diferentes parámetros estadísticos que permite observar en términos generales la muestra seleccionada, los resultados se presentan en la Tabla 12 Estadística descriptiva de los datos de coste.

Tabla 12 Estadística descriptiva de los datos de coste

Parámetro	Presupuestado	Coste adjudicado	Coste final
Media	1,720,618.54	1,571,895.01	1,747,319.99
Error típico	104,061.29	97,896.79	116,340.52
Mediana	1,414,754.38	1,313,436.19	1,385,782.54
Moda	-	-	-
Desviación estándar	806,055.28	758,305.28	901,169.79
Varianza de la muestra	6.49725E+11	5.75027E+11	8.12107E+11
Curtosis	0.594	1.632	2.741
Coficiente de asimetría	1.209	1.458	1.608
Rango	3,174,224.17	3,210,561.91	4,452,274.85
Mínimo	932,775.83	787,523.37	787,526.54
Máximo	4,107,000.00	3,998,085.28	5,239,801.39
Suma	103,237,112.42	94,313,700.66	104,839,199.44
Cuenta	60	60	60
Media geométrica	1,568,984.49	1,430,879.67	1,573,150.29
Media armónica	1,451,737.08	1,323,561.07	1,444,174.77
Desviación media	655,404.61	589,279.62	701,943.80
Desviación absoluta media	368,822.51	365,728.69	366,097.08
IQR	1,095,654.51	827,889.85	1,112,492.43
Nivel de confianza (95.0%)	208,226.16	195,891.03	232,796.84

Por otro lado, el diagrama de caja de la Figura 2 Diagrama de caja de los datos de coste, evidencia la distribución asimétrica de estos datos, así también tanto el coste adjudicado como el coste final presentan dos y un valor atípico (outliers), respectivamente.

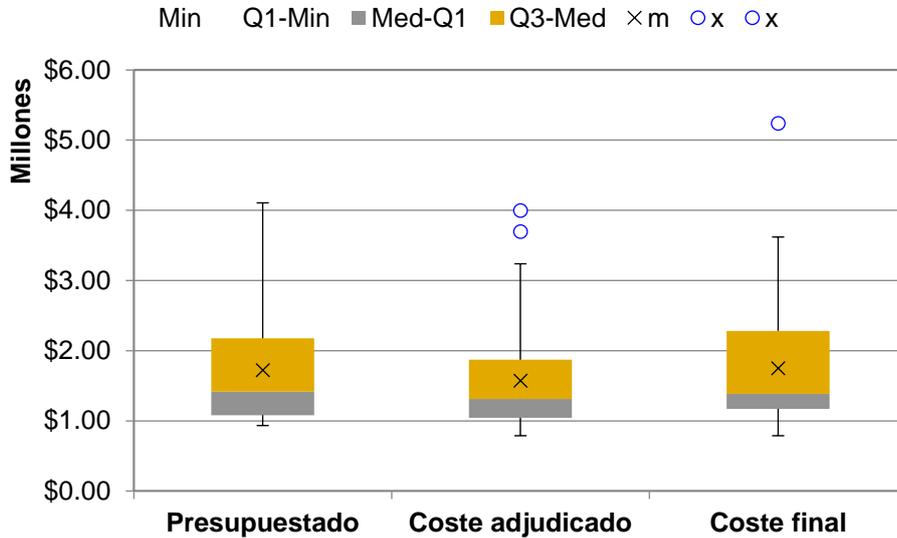


Figura 2 Diagrama de caja de los datos de coste de los proyectos

Así mismo, los datos del plazo contemplado en la adjudicación y el tiempo total utilizado para finalizar la obra confirman los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk, en donde los datos de plazo final muestran simetría y siguen una distribución normal ($p=0.05$, $\alpha=0.18$).

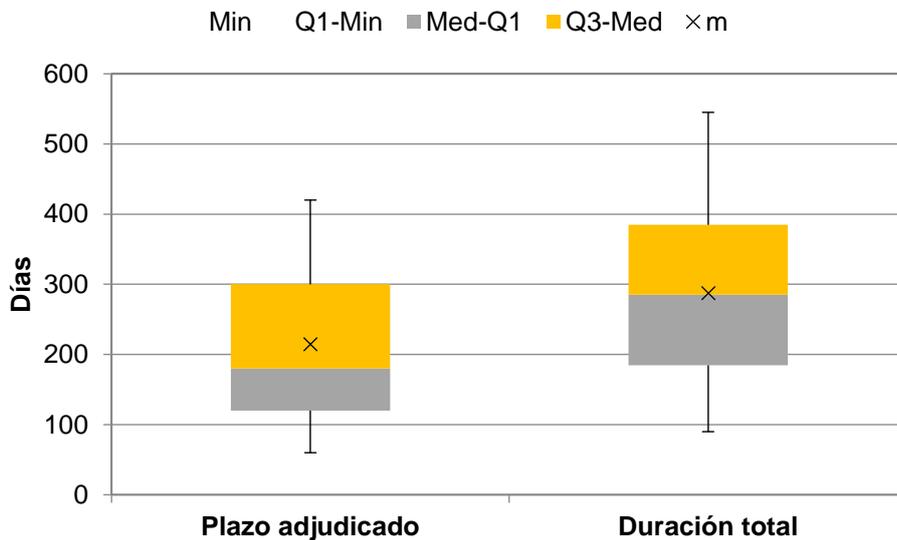


Figura 3 Diagrama de caja de los datos de duración de los proyectos

Según los resultados, tanto de la mediana como por la asimetría, se realizan más proyectos con sobrecostes que con bajos costes, en este estudio específicamente 42 de 60 que corresponde al 70% de los proyectos excedieron del presupuesto.

Estos resultados preliminares muestran que los sobrecostos son la norma y no la excepción.

3.3.2.2 Magnitud y frecuencia

La magnitud y frecuencia de los datos de sobrecostos de los proyectos de la muestra se presenta en la Figura 4 Distribución de sobrecostos en proyectos de obra pública en Ecuador, la gran extensión alrededor de cero observada en el histograma da cuenta de la variación en el pronóstico de los costes. Además, considerando la distribución asimétrica alrededor de cero, se puede concluir que los errores en la sobreestimación de los costes son diferentes en tamaño respecto de los errores en la subestimación de los costes.

Las estadísticas específicas son las siguientes (cifras redondeadas a un decimal):

- El rango de sobrecostos es -22.4% a 64.1%
- El sobrecoste promedio es de 11.3%.
- La desviación estándar es 18.7, lo que indica una variación significativa de los valores individuales de sobrecostos alrededor de la media.

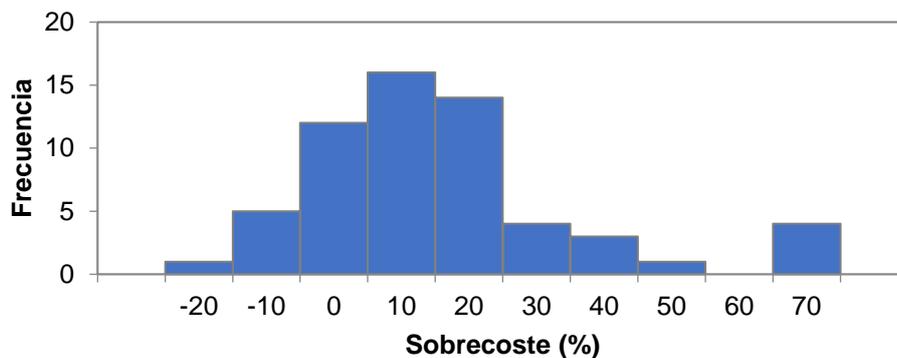


Figura 4 Distribución de sobrecostos en proyectos de obra pública en Ecuador

La Figura 4 Distribución de sobrecostos en proyectos de obra pública en Ecuador, presenta una característica llamativa en los sobrecostos. Una gran cantidad de proyectos (30%) tienen costes inferiores en la categoría -20% a 0%. Considerando este grupo de proyectos para un análisis a mayor detalle, se encontró que los proyectos de transporte son los más significativos en este grupo. Del número total de proyectos con costes menores (18), el 72% son obras de infraestructura de transporte (13), el 16% son obras de edificaciones (3) y el restante 12% se completa con obras sanitarias e hidráulicas en partes iguales. Sin embargo, en los proyectos que presentan sobrecostos también sobresalen los de transporte. Del número total de proyectos que presentan sobrecostos (42), el 52% son proyectos de transporte, el 24% son obras sanitarias, el 21% son obras de edificaciones y el 2% restante son obras portuarias.

En cuanto al tamaño del proyecto en términos de costes estimados en línea con la convención estándar, los proyectos con sobrecostos entre -20% y 0% sobresalen considerablemente los medianos con 66% y un presupuesto promedio de \$1.4 millones.

Tabla 13 Clasificación de los proyectos por variación de coste

Tipo de variación	Proyectos	Sobrecoste promedio	Desviación promedio
Igual	1	0.0%	-
Sobrecoste	42	18.8%	17.2%
Subestimado	17	-6.4%	6.5%
Total	60	11.3%	18.7%

Los principales hallazgos con respecto a la frecuencia de sobrecostes son los siguientes:

- En el 70% de los proyectos (42), los costes reales son mayores en comparación con los costes adjudicados en la licitación (resultando exceso de costes), mientras que en el 30% de los proyectos, los costes reales son más bajos o iguales en comparación con los costes adjudicados (resultando subestimación de costes).
- Los proyectos con sobrecostes son tan comunes como los proyectos con bajos costes.
- Los proyectos con sobrecostes tienen un exceso promedio de 18.8% (SD = 17.2), mientras que los proyectos con costes bajos tienen un promedio de 6.4% (SD = 6.5). En función de los resultados de las pruebas estadísticas, se puede inferir que se trata de una diferencia significativa (U = 0.000, p = 0.000, prueba de Mann-Whitney).

3.3.2.3 Análisis de media, mediana y desviación típica

La evaluación de los datos mediante las medidas de tendencia central media y mediana representan el valor típico del conjunto de datos, así mismo, la desviación típica (SD) indica la dispersión de los datos de la muestra en la escala de medición correspondiente.

Tabla 14 Valores de tendencia de sobrecostes por factores de proyecto

Factores de proyecto	Categoría	Proyectos	Sobrecostes (%)		
			Media	Mediana	SD
Región geográfica	Costa	38	8.0%	6.9%	16.2%
Región geográfica	Oriente	1	-11.6%	-11.6%	0.0%
Región geográfica	Sierra	21	18.4%	11.3%	21.1%
Órgano de contratación	Municipal	46	11.6%	7.1%	20.5%
Órgano de contratación	Otros	3	16.1%	19.2%	5.4%
Órgano de contratación	Provincial	11	9.1%	8.7%	12.6%
Tipo de proyecto	Edificaciones	12	9.8%	8.3%	9.0%
Tipo de proyecto	Hidráulicas	1	-1.5%	-1.5%	0.0%
Tipo de proyecto	Portuarias	1	19.2%	19.2%	0.0%
Tipo de proyecto	Sanitarias	11	21.6%	6.4%	27.9%
Tipo de proyecto	Transporte	35	8.8%	7.3%	17.5%
Tamaño de proyecto	Grande	8	17.1%	10.3%	22.6%
Tamaño de proyecto	Mediano	42	13.3%	9.0%	18.4%
Tamaño de proyecto	Pequeño	10	-1.6%	0.9%	11.3%

Factores de proyecto	Categoría	Proyectos	Sobrecostos (%)		
			Media	Mediana	SD
Duración del proyecto	Mayor a 1 año	27	20.0%	11.8%	22.6%
Duración del proyecto	Menor a 1 año	33	4.2%	6.3%	10.7%

SD: Desviación estándar

La Tabla 14 Valores de tendencia de sobrecostos por factores de proyecto, presenta las estadísticas descriptivas de los sobrecostos de construcción por factores del proyecto. El coste de construcción promedio excedido para los proyectos de estudio es de 11.3%. El coste medio de construcción en exceso para todos los proyectos es de 7%. La desviación estándar promedio para todos los proyectos es 18.7%.

El análisis muestra que, en función de la ubicación de los proyectos, aquellos que fueron ejecutados en la sierra presentan el mayor porcentaje de sobrecostos (19.0%). Además, las obras sanitarias representan la mayor desviación (27.8%) en la categoría tipo de proyecto. Así mismo, los proyectos con una inversión menor a \$1 millón (considerados pequeños en el estudio) presenta una tasa promedio de sobrecoste negativa. Finalmente, todos los factores presentan desviaciones estándar altas, apuntando hacia la elevada dispersión de los datos respecto de la media.

3.3.3 Pruebas estadísticas utilizadas en el análisis

Para determinar las relaciones entre variables independientes y sobrecostos, se aplican métodos y pruebas estadísticas, así como parámetros de probabilidad, en estos se incluye la prueba binomial, la prueba U de Mann-Whitney, la prueba de Fisher (prueba F), análisis de varianza de un factor (ANOVA), entre otras.

3.3.3.1 Prueba binomial

La prueba binomial es una prueba de la significancia estadística de la desviación de una distribución teóricamente esperada de observaciones en dos categorías, por lo que prueba la hipótesis nula de la probabilidad de ocurrencia entre dos categorías. En este estudio, la prueba binomial se aplica para evaluar si los proyectos con sobrecostos y los proyectos con bajos costes tienen la misma probabilidad de ocurrir.

Los datos binomiales identifican dos categorías como A y B, así la probabilidad asociada con cada categoría se denota como p y q. Esta prueba binomial utiliza los datos de la muestra para evaluar hipótesis sobre los valores de p y q. La hipótesis nula especifica valores para p y q en la población, generalmente valores que reflejan la distribución que ocurriría simplemente por casualidad.

Los supuestos de la prueba binomial son:

- Las n muestras son mutuamente independientes,
- La probabilidad de un resultado dado es la misma para todas las n muestras.
- La única fuente de variación es aleatoria simple y binomial.

Por ejemplo, en la Tabla 15 Resultados de prueba binomial de sobrecostes por tipo de proyecto, se presente la comparación entre los sobrecostes y bajos costes para cada tipo de proyecto, la cual denota que en las obras de transporte son más frecuentes los sobrecostes que los bajos costes ($p=0.175$).

Tabla 15 Resultados de prueba binomial de sobrecostes por tipo de proyecto

Tipo de proyecto		N	Proporción observada	Proporción de prueba	Significancia p-valor
Edificaciones	CO 1	9	0.82	0.50	0.065
	CU 2	2	0.18		
Transporte	CO 1	22	0.63	0.50	0.175
	CU 2	13	0.37		
Sanitarias	CO 1	10	0.91	0.50	0.012
	CU 2	1	0.09		
General	CO 1	42	0.71	0.50	0.002
	CU 2	17	0.29		

CO: Sobrecostes, CU: Bajo coste, N: Proyectos.

3.3.3.2 Prueba de Fisher

La prueba F se aplica para probar modelos de regresión lineal que describen la relación entre el año de la decisión de construir y sobrecostes, el tamaño del proyecto y los sobrecostes, la duración de la construcción y los sobrecostes.

En la prueba de Fisher, supone una hipótesis direccional y está basada en la prueba de una cola. En otras palabras, la hipótesis direccional asumida es tal que predice una asociación positiva o negativa, pero no ambas. Se supone que el valor de la primera persona o la unidad de elementos que se muestrea no se ve afectado por el valor de la segunda persona o la otra unidad de elementos que se muestrea. Esta suposición de la prueba de Fisher fallará si los datos se agrupan o unen.

Tabla 16 Resultados de prueba F de la distribución de costes en los proyectos

Estadístico	Sobrecoste	Subestimado
Media	0.188	-0.06
Varianza	0.03	0.004
Observaciones	42	17
Grados de libertad	41	16
F	6.974	
P($F \leq f$) una cola	6E-05	
Valor crítico para F (una cola)	2.147	

3.3.3.3 Análisis de varianza de un solo factor (ANOVA)

Los datos fueron analizados mediante pruebas de análisis de varianza de un factor (ANOVA) para comparar las medias de la muestra y determinar los principales efectos de los factores sobre el coste de construcción. Por lo tanto, se utiliza la prueba ANOVA para comparar los valores medios de sobrecostes para diferentes tipos de infraestructura y sobrecostes para proyectos en diferentes ubicaciones geográficas. Los factores considerados son variables agrupadas por categorías, por lo tanto, la prueba ANOVA determina el efecto de estas variables. El nivel de confianza seleccionado para el análisis se estableció en 95%, porque el análisis

estadístico realizado dentro de este rango se considera aceptable en el ámbito de la construcción. Se asume una hipótesis nula (μ), suponiendo que las medias de las diferentes variables de los proyectos son estadísticamente iguales ($\mu_1, \mu_2, \mu_3 = x$). Para que la hipótesis nula sea falsa, el valor p debe ser menor o igual a 0.05. Si la hipótesis nula es cierta, el valor representa la probabilidad de observar una muestra aleatoria que sea al menos tan grande como la muestra observada. Si el valor de p es inferior a 0.05, la diferencia en las medias se considera estadísticamente significativa.

La hipótesis nula formulada para esta prueba considera que las muestras tienen varianzas iguales, por lo que la hipótesis nula es rechazada si el nivel de significancia de esta prueba es inferior a 0.05.

En la Tabla 17 Anova de sobrecostes en etapas del proyecto, se realizó el análisis con los datos de sobrecostes de todos los proyectos tanto en la etapa previa como en la de construcción. Los resultados de la prueba muestran que los sobrecostes en las etapas de construcción del proyecto tienen un nivel de significancia bajo ($p=0$), por lo tanto, las diferencias entre las medias son significativas.

Tabla 17 Anova de sobrecostes en etapas del proyecto

Variable	Media	F-valor	p-valor	F-crítico
Fase previa	-8.3%	54.08	0.00	3.92
Fase construcción	11.4%			

3.3.3.4 Prueba U de Mann-Whitney

Esta prueba es el equivalente no paramétrico de la prueba t de dos muestras, también conocida como prueba de suma de rango de Wilcoxon, evalúa las diferencias entre dos grupos en una sola variable ordinal sin distribución específica (Mann y Whitney, 1947; Wilcoxon, 1945), es decir, compara las medias de dos muestras de la misma población para examinar su igualdad. Esta prueba se utiliza para comparar el valor medio de proyectos con sobrecostes y con costes bajos.

3.3.3.5 Prueba t

La prueba t es una prueba paramétrica y se utiliza para evaluar la relación entre dos grupos diferentes. Determina si existe una diferencia significativa entre las medias de dos grupos no relacionados. En este estudio, la prueba t se utiliza para identificar los factores más influyentes que afectan el incremento de los costes de construcción, mediante la evaluación de la significancia entre los grupos. Si el valor p es mayor que 0.05, indica similitudes entre dos grupos no apareados, mientras que un valor menor que 0.05 muestra diferencias significativas.

En el caso de grupos independientes significa que estos no están relacionados y cualquier muestra en un grupo no puede existir en el otro grupo. El valor principal que se utiliza para evaluar los grupos es el valor de significancia (p -valor). Si este valor es mayor que 0.05, la varianza del grupo puede tratarse como tal y por lo tanto no existe una diferencia significativa. Sin embargo, si el valor es menor que 0.05, entonces existe una diferencia significativa.

3.3.4 Sobrecoste por tipo de proyecto

En esta sección se presenta información sobre los sobrecostes para cada tipo de proyecto, incluyendo la tasa promedio y la frecuencia con la que ocurren, específicamente en dos fases diferentes del proyecto (fase previa a la construcción y fase de construcción).

3.3.4.1 Promedio de los sobrecostes por tipo de proyecto

Un análisis de los sobrecostes promedios en función de la variable tipo de proyecto se presenta en Tabla 18 Sobrecostes promedio por tipo de proyecto.

Tabla 18 Sobrecostes promedio por tipo de proyecto

Tipo de proyecto	Proyectos	Sobrecoste medio	Desviación Estándar
Edificaciones	12	9.8%	9.0
Hidráulicas	1	-1.5%	-
Portuarias	1	19.2%	-
Sanitarias	11	21.6%	27.9
Transporte	35	8.8%	17.5
Total	60	11.3%	18.7

Los proyectos de construcción de obras sanitarias tienen un coste promedio más alto de 21.6% (SD=27.9%), seguidos de las obras de edificaciones con 9.8% (SD=9.0%) y las obras de infraestructura de transporte con el 8.8% (SD=17.5%). El número de proyectos clasificado como obras portuarias es poco significativo para señalar el sobrecoste medio como representativo de esta categoría.

3.3.4.2 Frecuencia de los sobrecostes por tipo de proyecto

En la base de datos del presente estudio se han identificado 59 proyectos con variación en los costes, de los 60 proyectos considerados. En estos, los sobrecostes tienen una frecuencia de ocurrencia de 71% sin embargo el grado de significancia es reducido ($p=0.02$ prueba binomial), mientras que la frecuencia restante la completan los bajos costes. Se evidencia que los sobrecostes son más comunes que los bajos costes en las obras de transporte ($p=0.175$ prueba binomial) en comparación con los tipos de proyectos restantes, seguido de las obras de edificaciones ($p=0.065$), conforme se evidencia en los datos presentados en la Tabla 19 Proyectos con sobrecoste y bajo coste.

Tabla 19 Proyectos con sobrecoste y bajo coste

Tipo de proyecto	Proyectos sobrecoste		Proyectos bajo coste		Sobrecoste		Bajo coste		p-valor
	N	%	N	%	M	SD	M	SD	
Edificaciones	9	81.8	2	18.2%	13.3%	7.5%	0.9%	1.0%	0.065
Hidráulicas	0	0.0	1	100.0	-	-	1.5%	-	-
Portuarias	1	100.0	0	0.0	19.2%	-	-	-	-
Sanitarias	10	90.9	1	9.1	25.0%	26.9%	12.4%	-	0.012
Transporte	22	62.9	13	37.1	18.2%	14.8%	7.1%	6.8%	0.175
Total	42	71.2	17	28.8	18.8%	17.2%	6.4%	6.5%	0.020

SD: Desviación estándar, M: Media aritmética, N: Proyectos, %: Frecuencia en porcentaje

La magnitud de los sobrecostos (18.8%) es mayor que la de los bajos costes (6.4%) ($p=0.000$, prueba U de Mann-Whitney). Esta frecuencia también se aplica a los proyectos de edificaciones ($p=0.019$), las obras sanitarias ($p=0.000$) y las de infraestructura de transporte ($p=0.000$) (prueba U de Mann-Whitney). El bajo coste promedio es similar entre los tipos de proyectos con una reducción de aproximadamente 6.4% ($p = 0.428$, ANOVA). El exceso de costes promedio es similar entre los proyectos de transporte y las obras portuarias, pero difieren de los proyectos de edificaciones con 5 puntos porcentuales y con los proyectos de obras sanitarias en 7 puntos porcentuales, sin embargo, los promedios entre los tipos de proyectos no son estadísticamente significativos ($p=0.539$, ANOVA). Finalmente, las obras de infraestructura de transporte tienen la frecuencia más baja de sobrecostos, pero el sobrecoste promedio es cercano a la media de todos los proyectos.

3.3.5 Sobrecostos en las fases del proyecto

En esta sección se analiza los sobrecostos durante el desarrollo del proyecto. En este caso se distinguen dos fases del proyecto: la fase previa a la construcción y la fase de construcción.

La fase previa a la construcción es el período entre la decisión formal de construir y el inicio de la construcción. La fase de construcción es el período entre el inicio de la construcción y la fecha de finalización. Todos los proyectos considerados en la base de datos de este estudio disponen de la información necesaria para este análisis.

Para identificar los excesos de costes durante las diferentes fases, se utilizó los datos de los 60 proyectos de la base, por lo que no existe un sesgo sistemático en estos proyectos con respecto a los sobrecostos ($t = 0.483$, $p = 0.630$, prueba t de muestras independientes).

El exceso de costes en la fase previa a la construcción se mide como los costes en la adjudicación, previo al inicio de la construcción, menos los costes estimados expresados como un porcentaje de los costes estimados. El coste excedido en la fase de construcción se mide como los costes de producción reales menos los costes estimados al comienzo de la construcción expresados como un porcentaje de los costes estimados al comienzo de la construcción. Para ambas fases, se examinan la distribución, el promedio y la frecuencia del exceso.

El exceso de costes en la fase previa a la construcción se mide como los costes adjudicados (E_Cadj) en la licitación menos los costes estimados (D_Pest) expresados como un porcentaje de los costes estimados en el momento de la decisión de construir. El coste excedido en la fase de construcción se mide como los costes de producción reales (G_Cfin) menos los costes adjudicados expresados como un porcentaje de los costes adjudicados. Para ambas fases, se examinan la distribución, el promedio y la frecuencia de los sobrecostos.

3.3.5.1 Sobrecostos en la fase previa a la construcción

Los resultados del análisis presentado en la Figura 5 Distribución de sobrecostos en la fase previa a la construcción, dan cuenta de la magnitud de los sobrecostos

en esta fase, considerando que se está comparando el presupuesto estimado con los costes adjudicados en la licitación se puede interpretar como magnitud de la baja realizada por la oferta ganadora del proyecto en el caso de resultados negativos, caso contrario se interpreta como sobrecoste.

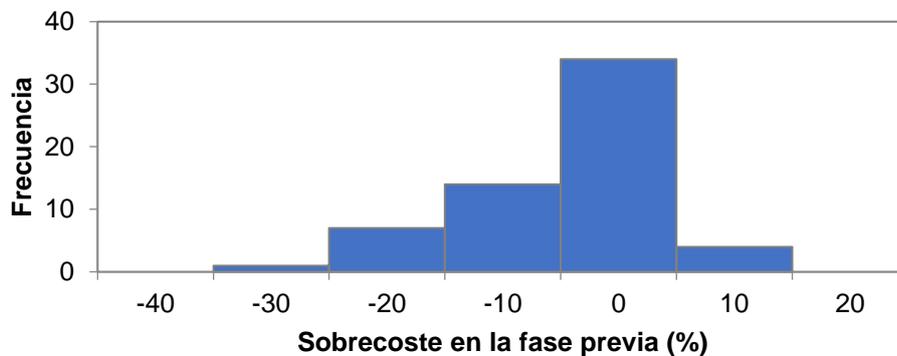


Figura 5 Distribución de sobrecostes en la fase previa a la construcción

El histograma muestra una distribución asimétrica alrededor de cero con una gran cantidad de proyectos con sobrecoste negativo (baja) que evidencia que la mayoría de los proyectos considerados en el estudio presentaron bajas en su oferta. Las estadísticas de esta fase son las siguientes:

- El rango de sobrecostes es -31.9% a 4.5%
- El sobrecoste promedio es de -8.3%.
- La desviación estándar es 9%.

La oferta ganadora de un proyecto registra una baja importante en esta fase con 31.9% respecto del presupuesto estimado. En este y todos los proyectos bajo cero (55) en el histograma no tienen problemas aparentes de sobrecoste en esta fase, sin embargo, ponen en evidencia a la oferta ganadora (oferta temeraria o licitación por suicidio). La mayoría de los proyectos cuyas ofertas ganadoras presentaron bajas se enfrentaron a prórrogas de plazo con un incremento promedio de 42.8%, esto significa que de las 55 ofertas que presentaron bajas, 41 finalizaron con extensiones de plazo, lo que aumentó la duración de la fase de la construcción y posiblemente los costes. Sobrecostes negativos (bajas) en la fase previa a la construcción sugieren que las ofertas ganadoras presentaron bajas sustanciales para adjudicarse el proyecto, inclusive al borde de una oferta temeraria.

Los principales hallazgos con respecto a la frecuencia de sobrecostes en la fase previa a la construcción son los siguientes:

- En el 8% de los proyectos los costes estimados aumentaron, mientras que en el 92% restante, los costes estimados permanecieron iguales o disminuyeron ($p = 0.000$, prueba binominal).
- Para los proyectos con sobrecostes la tasa es 2.6% (SD = 35.7) y los proyectos con subestimaciones la tasa promedio es de 9.3% (SD = 42.8) ($p = 0.000$, prueba U de Mann-Whitney).

En esta fase los sobrecostes aparentemente son menos frecuentes que los bajos costes, por lo que los costes en esta fase indican que las ofertas ganadoras subestimaron los costes de construcción para hacerse con la licitación.

3.3.5.2 Sobrecostes en la fase de construcción

El histograma de la fase de construcción muestra una distribución diferente de los sobrecostes que en la fase previa a la construcción. Es más simétrico, pero no alrededor de cero, lo que indica una diferencia entre los proyectos con sobrecostes y con subestimaciones, conforme lo presentado en la Figura 6 Distribución de sobrecostes en la fase de construcción.

Tabla 20 Desempeño de los costes en las fases del proyecto

Tipo de proyecto	Proyectos sobrecoste		Proyectos bajo coste		Sobrecoste		Bajo coste		p-valor
	N	%	N	%	M	SD	M	SD	
Edificaciones	9	81.8	2	18.2%	13.3%	7.5%	0.9%	1.0%	0.065
Hidráulicas	0	0.0	1	100.0	-	-	1.5%	-	-
Portuarias	1	100.0	0	0.0	19.2%	-	-	-	-
Sanitarias	10	90.9	1	9.1	25.0%	26.9%	12.4%	-	0.012
Transporte	22	62.9	13	37.1	18.2%	14.8%	7.1%	6.8%	0.175
Total	42	71.2	17	28.8	18.8%	17.2%	6.4%	6.5%	0.020

SD: Desviación estándar, M: Media aritmética, N: Proyectos, %: Frecuencia en porcentaje

Los principales hallazgos con respecto a la frecuencia de sobrecostes en la fase de construcción y presentadas en la Tabla 20 Desempeño de los costes en las fases del proyecto, se enumeran a continuación:

- En el 71% de los proyectos (42) se producen sobrecostes, mientras que en el 29% restante (17) se producen subestimaciones o permanecen sin variación ($p = 0.002$, prueba binominal).
- Para los proyectos con sobrecostes la tasa es 18.8% (SD = 17.2) y los proyectos con subestimaciones la tasa promedio es de 6.4% (SD = 6.5) ($p = 0.000$, prueba U de Mann-Whitney).

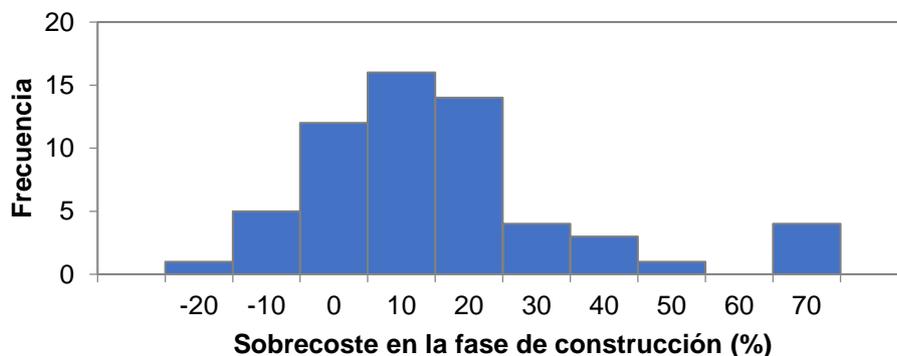


Figura 6 Distribución de sobrecostes en la fase de construcción

Se puede concluir que el problema principal con los sobrecostes tiene lugar antes de que comience la construcción, pues las ofertas ganadoras registran bajas significativas. Por lo que la frecuencia de los excesos de costes, así como el exceso

promedio es mayor en la fase de construcción. El coste promedio excedido en la fase previa a la construcción es significativamente menor comparado con el de la fase de construcción ($t = -13.364$ $p = 0.000$, prueba t de muestras pareadas).

Tabla 21 Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

Estadístico	Fase previa	Fase construcción
Media	-0.083	0.113
Varianza	0.008	0.035
Observaciones	60	60
Coefficiente de correlación de Pearson	-0.258	
Diferencia hipotética de las medias	0.196	
Grados de libertad	59	
Estadístico t	-13.364	
P(T<=t) una cola	8.427E-20	
Valor crítico de t (una cola)	1.671	
P(T<=t) dos colas	1.685E-19	
Valor crítico de t (dos colas)	2.001	

3.3.6 Sobrecostes por tamaño del proyecto

El análisis de los datos según el tamaño del proyecto se realiza de dos formas, como una variable ordinal y de escala. En primer lugar, se considera como variable ordinal a los proyectos con una clasificación definida como: pequeños, medianos y grandes, para los cuales se determinan las diferencias en el porcentaje de sobrecoste promedio. En segundo lugar, se trata como una variable de escala para analizar la influencia del tamaño del proyecto en la magnitud de los sobrecostes y cómo se puede describir y justificar este efecto.

La clasificación de los proyectos se realiza en función de límites de coste definidos en función de los parámetros estadísticos de los datos. Los resultados de la media y los valores de dispersión registrados en la desviación estándar de cada grupo proporcionan el límite inferior de coste en alrededor de 1 M\$ (proyectos pequeños) y límite superior cerca de 3M\$ (proyectos grandes), por lo cual los proyectos medianos se encuentran entre 1M\$ y 3M\$, conforme el detalle de Tabla 22 Clasificación por tamaño en función de la estadística de los datos.

Tabla 22 Clasificación por tamaño en función de la estadística de los datos

Tamaño	Clasificación A	Proyectos
Grande	> \$ 3 millones	8
Mediano	1 – 3 millones	42
Pequeño	< \$ 1 millón	10

Esta clasificación genera diferencias en la frecuencia de los proyectos agrupados, por lo que con la finalidad de enmarcar el problema de diagnóstico y mitigar el error de pronóstico (Kahneman, 2011), se realiza una reclasificación dividiendo en grupos con igual número de proyectos en cada uno. Esto se realiza ordenando los proyectos en función de su coste final y se divide en tres partes, donde un tercio de los proyectos cuyo coste final es más bajo se asigna al grupo de pequeños. Los

dos tercios restantes, cuyos costes finales son intermedios y más elevados, se clasifican en medianos y grandes, respectivamente. Con esta clasificación cada grupo contiene 20 proyectos de características similares, conforme lo señalado en la Tabla 23 Clasificación por tamaño en grupos iguales.

Tabla 23 Clasificación por tamaño en grupos iguales de proyectos

Tamaño	Clasificación B	Proyectos
Grande	> \$ 1.67 millones	20
Mediano	1.67 – 1.25 millones	20
Pequeño	< \$ 1.25 millón	20

La Tabla 24 Sobrecostes desagregados por tamaño y tipo de proyecto, presenta para ambas categorizaciones, las estadísticas de los sobrecostes desglosadas por tamaño y tipo de proyecto. Incluye el número de proyectos, el porcentaje de proyectos, el porcentaje promedio excedido, la desviación estándar y el exceso total neto en porcentaje (sobrecoste absoluto). Este sobrecoste absoluto es el exceso en millones de dólares expresado como un porcentaje del exceso total, también en millones de dólares.

Tabla 24 Sobrecostes desagregados por tamaño y tipo de proyecto¹

Tamaño	Tipo	Categorización A					Categorización B				
		N	%	M	SD	%CO	N	%	M	SD	%CO
Grande	E	1	1.7	20.6	-	3.0	1	1.7	20.6	-	3.0
	S	4	6.7	13.7	11.9	8.1	4	6.7	13.7	11.9	8.1
	T	3	5.0	20.4	39.2	9.0	15	25.0	17.0	20.1	37.5
Subtotal Grande		8	13.3	17.1	22.6	20.1	20	33.3	16.5	18.0	48.6
Mediano	E	8	13.3	11.1	8.7	13.0	5	8.3	10.5	9.2	7.7
	H	1	1.7	-1.5	-	-0.2	0	0	0	0	0
	P	1	1.7	19.2	-	2.8	0	0	0	0	0
	S	6	10.0	30.1	35.4	26.5	5	8.3	36.0	36.2	26.4
	T	26	43.3	10.5	13.9	40.1	10	16.7	5.0	11.5	7.4
Subtotal Mediano		42	70.0	13.3	18.4	82.2	20	33.3	14.1	23.0	41.5
Pequeño	E	3	5.0	2.8	6.2	1.2	6	10.0	7.4	8.8	6.5
	H	0	0	0	0	0	1	1.7	-1.5	-	-0.2
	P	0	0	0	0	0	1	1.7	19.2	-	2.8
	S	1	1.7	1.8	-	0.3	2	3.3	1.3	0.7	0.4
	T	6	10.0	-4.3	13.8	-3.8	10	16.7	0.3	13.4	0.4
Subtotal Pequeño		10	16.7	-1.6	11.3	-2.3	20	33.3	3.4	11.4	9.9
Total		60	100.0	11.3	18.7	100.0	60	100.0	11.3	18.7	100.0

3.3.6.1 Sobrecostes y tamaño del proyecto

En la categorización A, la mayoría de los proyectos se clasifican como proyectos medianos con costes promedio iguales o menores a \$ 1.6 millones. Estos proyectos

¹ En la tabla se considera esta nomenclatura. N: número de proyectos, %: porcentaje de proyectos en la categoría, M: porcentaje promedio de sobrecostes en la categoría (media aritmética), SD: desviación estándar, %CO: sobrecoste absoluto.

representan aproximadamente el 70% de todos los proyectos y tienen un porcentaje de sobrecoste de 13.3% ($F = 3.230$, $p = 0.047$, análisis de varianza de un factor), sin embargo, los proyectos grandes registran la mayor tasa de sobrecoste (17.1%). En términos del exceso neto total expresado en porcentaje, los proyectos medianos son responsables de la mayor parte (82.2%) de los sobrecostes absolutos, mientras que los proyectos pequeños registran un coste bajo de 2.3%.

Por otro lado, para la categorización en función de un número igual de proyectos en cada grupo, los grandes también resultaron como la categoría con el mayor porcentaje de sobrecoste con un 16.5% ($F = 3.000$, $p = 0.058$, análisis de un factor). Así mismo, en términos del sobrecoste absoluto expresado en porcentaje, estos poseen la mayor proporción del exceso (48.6%), aunque no tan distantes los proyectos medianos comprenden el 41.5% de los sobrecostes.

Independientemente de la categorización analizada, el sobrecoste promedio expresado en porcentaje es mayor para la categoría de proyectos grandes, así mismo tienen el mismo comportamiento los sobrecostes absolutos. Además, el porcentaje de sobrecoste promedio para estos proyectos en la segunda categorización (incluye más proyectos) es menor que el de la primera categorización, lo que sugiere que los excesos de costes relativos disminuyen cuando se incrementa el tamaño del proyecto.

3.3.6.2 Sobrecostes y tamaño del proyecto para diferentes tipos de proyectos

En contraste con los hallazgos generales descritos para todos los proyectos, en los proyectos medianos agrupados en la categoría A, las obras sanitarias destacan con un promedio mayor de sobrecostes (30.1%). Cuando se considera la categoría B basada en un número de proyectos iguales en cada grupo, nuevamente el mismo tipo de proyecto de obras sanitarias registra el mayor porcentaje de sobrecostes (36.0%). Considerando los tipos de proyectos con más sobrecoste no se puede afirmar que los proyectos grandes tienen el mayor valor promedio de sobrecoste.

Por otro lado, el exceso total neto expresado en porcentaje (sobrecoste absoluto), el grupo de proyectos con el mayor valor en la categoría A corresponde a los medianos (82.2%), en contraste con el grupo de la categoría B que resaltan los proyectos grandes (48.6%).

En síntesis, los proyectos grandes tienen sobrecostes relativamente mayores, mientras que los sobrecostes absolutos son diferentes para las dos categorías, en donde sobresalen los proyectos medianos en la categorización A y los proyectos grandes en la categorización B. Sin embargo, los sobrecostes individuales generan incertidumbre en todos los tipos de proyectos clasificados según su tamaño.

3.3.7 Duración de la fase de implementación del proyecto

Uno de los principales predictores de sobrecostes a nivel mundial es la duración de la fase de implementación (C. C. Cantarelli et al., 2010). Con base en análisis de regresión, se analiza si este comportamiento también es aplicable en el caso de los proyectos objeto del estudio.

Los análisis previos evidencian que los sobrecostos son más frecuentes en la fase de construcción, mientras que en la fase previa se registran bajas con una frecuencia considerable. Por lo tanto, también se realiza el análisis de estas fases y su relación con los sobrecostos por separado.

También se determina que los proyectos de obras sanitarias tienen el mayor sobrecoste promedio y los proyectos de transporte registran el menor promedio. Sin embargo, resulta sorprendente que la duración total promedio de la fase de implementación también es mayor para los proyectos de obras sanitarias (366 días, SD = 94) seguidos por proyectos de edificaciones (284 días, SD = 133) y los proyectos de transporte (259 días, SD = 108). No se consideran los resultados de los proyectos de obras hidráulicas ni portuarias, debido a que la frecuencia de estos en la muestra analizada es poco representativa (1 proyecto por cada tipo). La duración de la fase de implementación es estadísticamente diferente entre los tres tipos de proyectos ($p = 0.000$, ANOVA). Teniendo en cuenta estos hallazgos, se espera una relación positiva entre la fase de implementación y los sobrecostos, para lo cual se estudia con más detalle mediante un análisis de regresión. En función de lo señalado en la literatura, en algunos casos se asume una relación cuadrática (Odeck, 2004), mientras que en otros se realiza con una relación lineal (C. C. Cantarelli, Van Wee, Molin, & Flyvbjerg, 2012), por lo tanto, en este estudio se analiza tanto el modelo lineal como el no lineal. Sin embargo, la relación cuadrática resultó en un ajuste ligeramente mejor ($R^2=0.200$ frente a $R^2=0.107$) pero el coeficiente del componente cuadrático no fue estadísticamente significativo ($p = 0.002$); por lo tanto, se prefiere la relación lineal para el análisis de los datos del estudio.

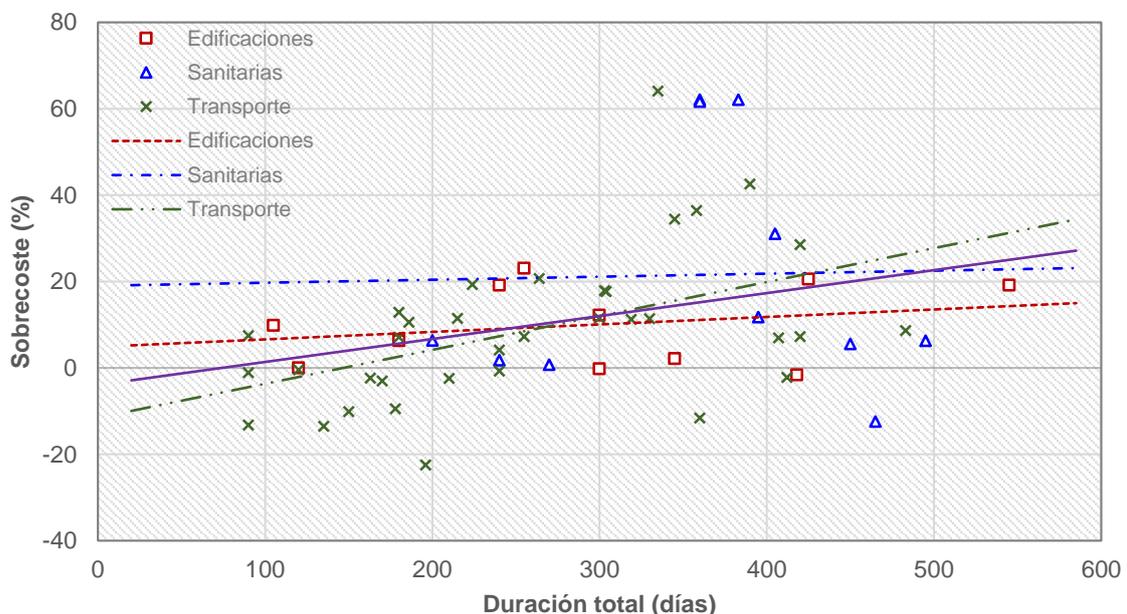


Figura 7 Duración de los proyectos y los sobrecostos

En la Figura 7 Duración de los proyectos y los sobrecostos, se muestran los datos del plazo empleado para la terminación de los diferentes proyectos (duración) frente a los sobrecostos incurridos durante la ejecución. La línea continua representa los

datos de todos los proyectos, mientras que en las líneas punteadas se presentan los proyectos de obras de edificaciones, sanitarias y de transporte.

El análisis de regresión efectuado presenta la línea $\Delta C = 0.0531 * T - 3.9419$, donde C es el sobrecoste y T es la duración de la fase de implementación del proyecto. Esta estimación indica que, por cada mes que se prórroga el plazo en la construcción, los sobrecostes se incrementan en 0.0531%, esto corresponde a 0.64% por cada año de retraso ($t = 2.7058$, $p = 0.009$), sin embargo, la varianza de la regresión en relación con la varianza de la variable explicada de los sobrecostes es baja con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.097$.

Así mismo, se realiza el análisis de regresión lineal de manera individual para los tipos de proyectos. Conforme se observa en la Figura 7 Duración de los proyectos y los sobrecostes, todos los tipos de proyectos tienen una relación positiva entre la duración de la fase de implementación y los sobrecostes relativos. Para cada tipo de proyecto se determina la expresión de la línea de regresión y se determina que los proyectos de edificaciones tienen un coeficiente de correlación bajo.

Tabla 25 Regresión lineal de plazo y sobrecoste por tipo de proyecto

Tipo de proyecto	Ecuación de regresión	p-valor	R ²
Edificaciones	$\Delta C_e = 0.0173 * T + 4.8682$	0.421	0.066
Sanitarias	$\Delta C_s = 0.007 * T + 19.012$	0.945	0.001
Transporte	$\Delta C_t = 0.0785 * T - 11.5286$	0.003	0.236

La duración total de la fase de construcción es una variable importante en la predicción de los sobrecostes, de manera especial en los proyectos de transporte, estos registran un valor de pendiente positivo más elevado y por tanto el mayor incremento de costes en función del plazo, con una mayor variación explicada ($R^2 = 0.236$). Los valores atípicos pueden influir en los resultados de la regresión, sin embargo, la Figura 7 Duración de los proyectos y los sobrecostes muestra que la mayor parte de los datos se concentran alrededor de la línea.

Tabla 26 Sobrecostes de los proyectos completados a tiempo y con retraso

Tipo de proyecto	A tiempo				Retraso			
	N	%	M	Duración	N	%	M	Duración
Edificaciones	3	5.0%	7.4%	175	9	15.0%	10.6%	321
Hidráulicas					1	1.7%	-1.5%	498
Portuarias					1	1.7%	19.2%	260
Sanitarias	3	5.0%	41.9%	320	8	13.3%	14.0%	383
Transporte	8	13.3%	0.5%	184	27	45.0%	11.3%	281
Total	14	23.3%	10.8%	211	46	76.7%	11.5%	311

N: Proyectos, %: Frecuencia en porcentaje, M: porcentaje promedio de sobrecostes

Este análisis evidencia que la fase de construcción de los proyectos incluye demoras, además, este retraso preliminarmente es una variable importante para predecir los sobrecostes; por lo que se prevé que esta demora influya en los sobrecostes, debido a que la fase de construcción se ve afectada directamente con los retrasos y los sobrecostes se incrementan a medida que la fase de construcción

es mayor. La duración promedio de la fase de construcción para proyectos con retraso es mayor (311 días) que la duración promedio para proyectos que se completaron a tiempo (211 días, $t = -2.969$, $p = 0.007$, prueba t de muestras independientes). Los sobrecostos promedio para proyectos con retrasos es ligeramente mayor (11.5% frente a 10.8%) pero la diferencia no es estadísticamente significativa ($t = -0.098$, $p = 2.101$, prueba t de muestras independientes).

3.3.8 Desempeño de los costes en función de la ubicación geográfica

La base de datos recopilada también se clasifica en función de la ubicación geográfica (acápites 313.2.5.2 y Tabla 6 Distribución de muestra por zona geográfica), por lo tanto los 60 proyectos se clasifican en 5 tipos distribuidos en cuatro regiones geográficas.

Tabla 27 Proyectos por tipo y ubicación geográfica

Tipo de proyecto	Costa	Oriente	Sierra	Total	%
Edificaciones	9		3	12	20%
Hidráulicas			1	1	2%
Portuarias	1			1	2%
Sanitarias	2		9	11	18%
Transporte	26	1	8	35	58%
Total	38	1	21	60	100%

En este estudio se identificó proyectos para todas las regiones, excepto la región insular, con una mayor frecuencia en la región costa (63%) y la sierra (35%). Esta distribución se contrasta con la población en la cual se concentra cerca de 49% de habitantes en la costa y 45% en la sierra.

En este acápite se desarrolla el análisis del desempeño de los costes en estas regiones en función de los tipos de proyectos identificados. La Tabla 28 Sobrecostos por tipo de proyecto y frecuencia por ubicación geográfica proporciona una visión general de las características de los proyectos de infraestructura en estudio con respecto al número de proyectos y los sobrecostos promedio por región geográfica, así como por tipo de proyecto.

Tabla 28 Sobrecostos por tipo de proyecto y frecuencia por ubicación geográfica

Tipo de proyecto	Costa	Oriente	Sierra	Total	%	M	SD
Edificaciones	9	-	3	12	20%	9.8%	9.0%
Hidráulicas	-	-	1	1	2%	-1.5%	-
Portuarias	1	-	-	1	2%	19.2%	-
Sanitarias	2	-	9	11	18%	21.6%	27.9%
Transporte	26	1	8	35	58%	8.8%	17.5%
Total	38	1	21	60	100%	11.3%	18.7%
Sobrecoste promedio (M)	8.0%	-11.6%	18.4%	-	-	-	-
Desviación típica (SD)	16.2%	-	21.1%	-	-	-	-

/: Frecuencia en porcentaje, M: Porcentaje promedio de sobrecostos, SD: Desviación estándar

La tasa mayor de sobrecostos promedio se evidencia en la sierra (18.4%, SD=21.1), seguido de los proyectos de la costa (8%, SD=16.2) y se descarta la comparación con la región oriental debido a que se encuentra con un solo proyecto. En general, los sobrecostos promedio no son diferentes entre regiones ($F = 3.032$, $p = 0.056$, análisis univariante de varianza).

Tabla 29 Sobrecostos por tipo de proyecto en cada región geográfica

Tipo de proyecto	Costa	Oriente	Sierra	Total
Edificaciones	9.1%	-	11.8%	9.8%
Hidráulicas	-	-	-1.5%	-1.5%
Portuarias	19.2%	-	-	19.2%
Sanitarias	9.1%	-	24.4%	21.6%
Transporte	7.2%	-11.6%	16.7%	8.8%
Total	8.0%	-11.6%	18.4%	11.3%

Excluyendo los proyectos de obras hidráulicas y portuarias, el mayor sobrecoste promedio por tipo de proyecto se presenta en la región sierra en las obras sanitarias (24.4%). Sin embargo, la diferencia en los promedios de los tipos de proyectos no es estadísticamente significativa ($F=0.765$, $p=0.599$). Así mismo, la diferencia en los promedios entre los cuatro tipos de proyectos tampoco es estadísticamente significativa ($F = 0.937$, $p = 0.427$). Con esto, se prevé que el tipo de proyecto en cada región influya en el alcance del sobrecoste. Con base en una prueba de Anova de dos factores, se evidencia que no hay diferencia en el sobrecoste causado por el efecto de interacción de la región y el tipo de proyecto ($F = 3.386$, $p = 0.086$).

Flyvbjerg y col. (2002) revelaron que había una diferencia significativa entre los excesos de costes medios para diferentes tipos de proyectos, pero no para la ubicación geográfica. Sin embargo, a la inversa, Odeck (2004) observó que el tipo de proyecto no influía en el nivel de sobrecostos incurridos, pero sí por la ubicación geográfica.

4 CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

4.1 Introducción

Este trabajo de fin de máster estudió el fenómeno de los sobrecostes en los proyectos de construcción de obras civiles contratadas por la administración pública de Ecuador, para lo cual se recolectó y analizó 60 proyectos de obras civiles licitados y ejecutados durante los años 2016 a 2017, posteriormente se clasificaron en términos de coste, duración de la construcción, tipo de proyecto, entre otros. Para el estudio en general, se formuló objetivos con orientación teórica y empírica.

La parte teórica de esta investigación tuvo como objetivo realizar el estudio del arte mediante la exploración de las causas y justificaciones de los sobrecostes desde esta perspectiva. Con base en una revisión de las referencias bibliográficas, se generó una visión general sistemática de las principales causas de los sobrecostes, justificaciones, efectos y medidas de mitigación.

Por otro lado, la parte empírica de este trabajo tuvo como objetivo proporcionar más información sobre el desempeño de las obras construidas por las administraciones públicas en el Ecuador.

Mediante el análisis estadístico, se determinó la frecuencia y la magnitud de los sobrecostes, así como los impactos que las diferentes variables tienen en los excesos observados. Así, de la misma manera que los estudios revisados en la literatura, se identificó que el exceso de costes es más predominante en comparación con el ahorro de costes, así mismo estos son más elevados en los proyectos grandes. También, como resultado de la evaluación del plazo de ejecución de los proyectos se encontró que los costes se incrementan a medida que este se prorroga. Finalmente, no se encontró indicios significativos de la magnitud de los sobrecostes en función de la ubicación geográfica de las obras.

En contexto, en este capítulo se presentan los resultados obtenidos en este trabajo luego del análisis exhaustivo realizado a la información recopilada, así como la comparación de estos resultados con diversos autores referidos en el estado del arte. Además, se plantean líneas de investigación futuras, acerca de estudios necesarios para profundizar en diferentes temáticas relacionadas con la temática abordada, así como las limitaciones propias resultantes en el desarrollo de este trabajo.

4.2 Conclusiones

4.2.1 Contribución teórica

4.2.1.1 Referente al estudio del estado del arte del incremento de costes

La revisión de la literatura presenta una visión general de la magnitud del problema de los sobrecostes de construcción como un fenómeno global en relación con el tamaño del proyecto en construcción, la ubicación geográfica, la duración, el tipo de proyecto. Los hallazgos en diferentes estudios reconocen la presencia de

sobrecostes en la construcción de obras, sin embargo, hay acuerdo evidente en las causas y justificaciones de estos. Además, las teorías que pretenden justificar estos excesos apenas han sido abordadas, pero se prevé que estas pueden contribuir significativamente a la comprensión de los sobrecostes. Los argumentos contemporáneos para justificar los sobrecostes se fundamentan desde diversas perspectivas, que comprenden explicaciones de tipo técnico, económico, psicológico y estratégico (política), estas a su vez son sustentadas con diferentes teorías. Estos puntos de vista son críticos para comprender y abordar el problema del incremento de costes de manera integral, por lo tanto, deben verse como complementarias, antes que opuestas. Por lo tanto, no se puede enfrentar el problema de los sobrecostes considerando solo una de estas perspectivas, siendo imprescindible encontrar métodos efectivos para evitar la subestimación intencional y el optimismo injustificable en la etapa de planificación del proyecto cuya consecuencia son los costes poco realistas.

Con este estudio se concluye que no existe una única teoría que pueda explicar de mejor manera los sobrecostes, pues éstas son complementarias. Por lo que, dependiendo de las causas se puede elegir una teoría para comprender mejor el motivo del aumento de costes.

4.2.2 Contribución empírica

4.2.2.1 Referente al desempeño de los costes de las obras públicas en Ecuador

En función de los objetivos referentes a la orientación empírica del estudio, se analizó los proyectos de construcción recopilados y se determina que los sobrecostes son más frecuentes que los bajos costes.

Este estudio mostró que en los proyectos de obra pública de Ecuador el exceso promedio es de 11.3% (SD = 18.7) con un rango de -22.4% a 64.1%. Los sobrecostes estuvieron presentes en el 70% de los proyectos, por lo que la magnitud de los excesos es mayor a la del ahorro de costes. Así mismo, las pruebas estadísticas muestran indicios de que los proyectos de construcción son más propensos a sobrecostes en la fase de construcción, sin embargo, se encontró que este fenómeno también está presente en la fase previa y se puede decir que varias ofertas ganadoras subestimaron los costes de construcción. La mayoría de los proyectos (92%) cuyas ofertas ganadoras presentaron bajas se enfrentaron a prórrogas de plazo y el 75% de estas finalizaron con extensiones de plazo, lo que aumentó la duración de la fase de la construcción. Los sobrecostes negativos (bajas) en la fase previa a la construcción sugieren que las ofertas ganadoras presentaron bajas sustanciales para adjudicarse el proyecto, inclusive al borde de una oferta temeraria.

La frecuencia y el exceso promedio de costes en las obras ecuatorianas fueron significativamente diferentes a los hallazgos en otras zonas geográficas, lo que respalda el peligro de la falacia ecológica, por lo tanto, no se puede estimar la magnitud de los sobrecostes de un país en particular a partir de otros estudios.

Por otro lado, la comparación de los costes entre la fecha de inicio de la construcción de la obra y la de finalización no mostraron una relación con los excesos de costes, por lo tanto, se infiere que las estimaciones de costes no habían mejorado con el tiempo.

Finalmente, este estudio demostró que los sobrecostes son más comunes que los bajos costes y la magnitud de los sobrecostes es mayor que el ahorro de costes. En contraste, la fase previa a la construcción es todo lo contrario. Por lo tanto, si bien el problema de los sobrecostes se evidencia de forma significativa en la fase de construcción, este empieza en la fase previa y pone de manifiesto que la mayor parte de las ofertas ganadoras optaron por una la licitación por suicidio para adjudicarse el proyecto de construcción.

4.2.2.2 Referente a los resultados y factores de los sobrecostes de las obras

Anteriormente, con el análisis global de los costes se concluyó que la frecuencia y la magnitud de los sobrecostes en las obras ecuatorianas difieren de los hallazgos en otros países, sin embargo, con la finalidad de concluir en forma contundente esta hipótesis fue contrastada con los factores o determinantes que inciden en ellos. Por lo tanto, en este estudio se analizó los proyectos con más detalle al considerar tres determinantes diferentes de sobrecostes: tipo de proyecto, tamaño del proyecto y fase de implementación; cuyo objetivo fue investigar si estos factores también eran relevantes en la variación de los costes de los proyectos de infraestructura pública ecuatorianos.

En estos proyectos de construcción las obras sanitarias tuvieron el mayor coste promedio y las obras de transporte los más pequeños. Los proyectos de construcción de obras sanitarias tienen un coste promedio de 21.6% (SD=27.9%), en contraste con las obras de infraestructura de transporte que registran un 8.8% (SD=17.5) de excesos.

En función del tamaño del proyecto, el estudio encontró que en general los proyectos grandes tienen sobrecostes mayores con igual comportamiento en términos de sobrecostes absolutos. Cuando el tamaño del proyecto se consideró como una variable continua, resultó que los sobrecostes para los proyectos de obras sanitarias aumentaron con el tamaño del proyecto. Sin embargo, los sobrecostes solo dependían ligeramente del tamaño del proyecto en función de la pequeña pendiente y la baja varianza explicada.

El análisis de la duración de la fase de construcción de las obras evidencia que los sobrecostes se incrementan a medida que esta se prolonga. Además, la influencia de la duración de la fase de construcción es más significativa en los proyectos de obras sanitarias.

También se analizó los datos para determinar la influencia de la ubicación geográfica en los sobrecostes de los proyectos, en vista de que los sobrecostes encontrados difieren de los hallazgos de estudios realizados en otros países, lo cual generó la inquietud sobre la incidencia de este factor. Por lo tanto, en este estudio se abordó este tema para dilucidar en qué medida los sobrecostes difieren entre

regiones geográficas. Los resultados obtenidos muestran que no existe una diferencia significativa en los sobrecostos entre las regiones geográficas del país.

Estos hallazgos permiten señalar que no solo la frecuencia y la magnitud de los sobrecostos son diferentes en los proyectos estudiados, sino que los factores que influyen también difieren.

4.3 Recomendaciones

Esta sección proporciona recomendaciones que se derivan de los resultados de esta investigación. La primera parte proporciona recomendaciones sobre las fases de los proyectos de construcción de obra pública, seguido de una segunda ofrece recomendaciones sobre la estimación de costes. Las recomendaciones formuladas en este trabajo no solo se aplican a los proyectos de Ecuador, sino que son de interés para todos los países que enfrentan estimaciones imprecisas de los costes de los proyectos.

Estas recomendaciones, quizá tienen en su alcance profundas implicaciones con respecto a las políticas públicas que son necesarias al emprender grandes planes de desarrollo de infraestructura y al estimar su coste potencial, incluidos los excesos. Por lo tanto, es fundamental comprender cuál es la dinámica de los costes, así como actuar para mejorar el entorno legal general, principalmente las leyes de contratación pública y en particular la gobernanza respecto a la eficiencia de las administraciones de gobierno, la corrupción y el estado de derecho en general.

4.3.1 Recomendaciones relacionadas con las fases de construcción

Los factores con alta incidencia en el incremento de los costes son la duración de la fase de implementación y la previa a la construcción. Sin embargo, esto no garantiza una reducción de costes significativa cuando esta duración disminuye. Existen factores subyacentes que interactúan e influyen también en el alcance de los sobrecostos. Por ejemplo, los sobrecostos también son causados por la subestimación deliberada de los costes, y mientras se mantenga este comportamiento estratégico, estos vendrán añadidos. Por lo tanto, los sobrecostos solo disminuirán si se maneja este comportamiento estratégico, que apunte a una reducción en la duración de la fase de construcción. Entonces, se recomienda el control de la duración de la fase de construcción, así como la gestión de la periodicidad de estos comportamientos estratégicos.

Otro determinante para los sobrecostos es el tamaño del proyecto, pues se identificó que para los proyectos de obra pública ecuatorianos los excesos de costes relativos son mayores en los proyectos grandes. En concordancia con los hallazgos de otros estudios, muestran que los sobrecostos son altos para todos los tamaños de proyectos, por lo que la formulación de Odeck (2004) es recomendable y apunta a que la estimación de costes tanto para proyectos pequeños como grandes sea minuciosa. Así, por ejemplo, los proyectos deben estar sujetos a un análisis de coste-beneficio y debe tenerse en cuenta que los beneficios que se obtienen con esta valoración (sobrecostos menores) deben compensar los costes

adicionales de llevar a cabo estos análisis. Por lo tanto, los procedimientos de toma de decisiones deben ser minuciosos tanto para los proyectos grandes como para los pequeños, siempre que los beneficios de dicho análisis superen los costes generados.

Los costes del proyecto generalmente resultan más altos de lo estimado porque con el tiempo se realizan cambios que implican costes más altos. Estos llamados cambios en el alcance tienen lugar principalmente en el proceso de toma de decisiones y en la fase de la construcción. A veces, estos cambios en el alcance son el resultado de estrategias políticas coyunturales (Flyvbjerg et al., 2002). Este comportamiento se caracteriza por incrementar poco a poco el alcance después de que se haya tomado la decisión de construir el proyecto. Por lo general, el comportamiento intencional de los proponentes del proyecto es mantener sus costes bajos y aumentar las posibilidades de que su propuesta sea aceptada. Sin embargo, no todos los cambios en el alcance son deliberados y algunos cambios son necesarios para aumentar la aceptación del proyecto. Por lo tanto, es necesario administrar los cambios de alcance en la medida en que resulten en un mayor apoyo para el proyecto. Inclusive, es importante que los planes del proyecto incluyan cierta flexibilidad con los cambios para mejorar su eficiencia y desempeño, pero el alcance de esta flexibilidad debe depender de la fase en la que se encuentra el proyecto.

En la fase de planificación, el proyecto aún no se ha decidido y la flexibilidad es más amplia con espacio para diseños innovadores y eficientes. Sin embargo, para desalentar las estrategias políticas se recomienda que los planes del proyecto sean más resistentes a los cambios una vez que se ha tomado la decisión de construir el proyecto. Con lo cual, los promotores deben dar a conocer su interés antes de la decisión de construir y, por lo tanto, la decisión se basará en un diseño más preciso del proyecto. Cabe señalar que una regulación más estricta de los cambios del proyecto después de tomar la decisión formal de construir podría reducir la subestimación de costes como consecuencia del comportamiento estratégico, pero podría, al mismo tiempo, respaldar otros tipos de estrategias. Los costes podrían convertirse en un valor tan importante que el proyecto se realice dentro del presupuesto, pero a expensas de otros valores del proyecto, por ejemplo, la calidad. Otra posibilidad es hacer que los planes del proyecto estén sujetos a un mayor control, por ejemplo, incluir el rango dentro del cual se puede cambiar el alcance del proyecto, incluir posibles medidas que se pueden tomar para reducir el coste del proyecto si se producen cambios en el alcance o establecer un comité técnico para revisar los planes.

Finalmente, la recopilación de datos de proyectos objeto de este estudio evidencia que la información está disponible mediante una aplicación informática pública, en contraste con lo reportado por otros estudios, en los cuales se indica que la información no está bien almacenada o peor aún, se desconoce su disponibilidad. Por lo tanto, más que una recomendación, es un punto que resaltar en los proyectos licitados por las administraciones de gobierno de Ecuador, puesto que, en esta base de datos digital de libre acceso, reposan todos los documentos del proceso de licitación y de la fase de construcción.

4.3.2 Recomendaciones relacionadas con la estimación de costes

La mayoría de las evaluaciones ex ante de proyectos (por ejemplo, análisis de coste-beneficio) se centran en los beneficios, por lo que los costes reciben menos atención. Teniendo en cuenta los grandes sobrecostes que están involucrados en proyectos de infraestructura pública, es de suma importancia el enfoque en los costes. La estimación de costes se vuelve compleja debido a las incertidumbres en el entorno de la planificación, que incluye: el entorno natural, los factores sociales y políticos de la toma de decisiones. Estos conducen frecuentemente a estimaciones de costes inexactas o cambios en el alcance. Estos factores que generan incertidumbre apenas se toman en cuenta en los análisis de coste-beneficio. Por lo tanto, se recomienda la introducción de niveles de incertidumbre junto con la estimación de costes, indicando, por ejemplo, la medida en que el proyecto está sujeto a cambios en el alcance o los costes.

Otra posibilidad para mejorar la evaluación ex ante de los proyectos es la aplicación de pronósticos por clase de referencia, enfocado específicamente a mejorar la precisión de las estimaciones de costes, con lo cual se extienda el espectro de análisis pasando desde un análisis interno tradicional a uno externo. Esta visión externa se basa en el conocimiento sobre el rendimiento real de proyectos previos comparables que sirvan como referencia de los nuevos (Flyvbjerg et al., 2018), ajustando las clases de referencia a las características únicas del proyecto de interés. Generalmente, el coste promedio de estos proyectos en la clase de referencia suele ser más alto que las estimaciones de costes iniciales del proyecto en análisis, por lo tanto, los costes estimados podrían ajustarse adecuadamente a estas referencias reales y mitigar los denominados incrementos por sesgo de optimismo.

4.4 Limitaciones

Esta investigación se limita a los proyectos de construcción de infraestructura pública en licitados por la administración de gobierno de Ecuador. Por lo tanto, los resultados y las recomendaciones de esta investigación son más adecuados para proyectos de construcción del sector público de este país. Por lo cual, no es procedente utilizar los datos ni los hallazgos de este estudio para proyectos privados o aquellos con una figura de asociación público-privada o concesión, pues los factores de sobrecoste pueden diferir.

Cabe señalar que se debe tener cuidado al extrapolar los resultados de este estudio a otros tipos de proyectos y organizaciones debido a la homogeneidad de los proyectos, la forma en que operan las instituciones del sector público y los proyectos construidos en ubicaciones geográficas remotas. Los resultados de este estudio se determinaron a partir de proyectos públicos licitados y administrados por las administraciones de gobierno con valores inferiores a \$ 5 millones, los cuales fueron construidos bajo la modalidad de precios unitarios. Todos los proyectos de la muestra están integrados únicamente por proyectos nuevos, descartando los de reconstrucción.

4.5 Líneas de investigación futuras

Los resultados obtenidos en este trabajo de fin de máster plantean varias posibilidades para futuras investigaciones. Es interesante analizar las razones detrás de los hallazgos que se presentan en esta investigación. Se puede prestar especial atención a la fase previa y la construcción, para determinar por qué los costes se incrementan en la una y disminuyen en la inicial, cómo la reducción de la duración de la fase afectaría el desempeño de los costes. Además, sería importante desglosar los sobrecostes en los diferentes tipos de costes.

Las explicaciones para los sobrecostes son diversas y hay una gran cantidad de teorías que pueden usarse para subrayar estas teorías. Esto hace que sea difícil encontrar una teoría general que capture la comprensión total de los sobrecostes. La investigación adicional podría centrarse en la conveniencia de una teoría general y cómo podría aparecer esta teoría.

También, los sobrecostes podrían considerarse desde la perspectiva cultural en la que se encuentra inmersa la toma de decisiones, así como el sistema de gobierno. Pues, se espera que la forma en que se toman las decisiones influya en el rendimiento de los costes de los proyectos. Una primera distinción posible podría ser sistemas de gobierno democráticos versus no democráticos, pero otras distinciones también pueden ser adecuadas.

Futuros estudios pueden incluir el análisis de determinantes externos similares en diferentes países. Además, se debería abordar el tema del cambio climático, dado que la creciente ocurrencia de eventos climáticos extremos podría tener un impacto en los proyectos de infraestructura que se llevan a cabo en años fuera de pronóstico.

Además de estas recomendaciones y con la finalidad de que los hallazgos sean ampliamente aplicables en la práctica, se presentan las siguientes recomendaciones para investigaciones futuras con respecto a análisis de datos:

En primer lugar, vale la pena investigar con más detalle los factores en términos de si una reducción en la duración del proyecto reduce los sobrecostes. Un posible estudio al respecto sería comparar el coste promedio de los proyectos después de que se tomen medidas para reducir la duración de la construcción o la fase previa a la construcción, con el coste promedio de los proyectos antes de implementar estas acciones.

En segundo lugar, hay varias características del proyecto que no se han abordado en relación con los sobrecostes o lo han hecho de manera insuficiente. Una de estas características es la propiedad de los proyectos. Se espera que los proyectos con participación privada tengan un mejor rendimiento de costes que los proyectos con solo participación pública. Algunos autores (Flyvbjerg et al., 2004) hicieron un primer intento de investigar la relación entre la propiedad del proyecto y los excesos de costes, pero no pudieron llegar a conclusiones firmes debido a la insignificancia estadística. Considerando los millones que el estado invierte en infraestructura, sería particularmente interesante averiguar si los gobiernos deben continuar atrayendo la participación privada o no. Además, los acuerdos financieros podrían

investigarse más a fondo, por ejemplo, los diferentes tipos de contrato. En la última década, ha habido una tendencia a contratos integrados, pero falta evidencia de que estos proyectos funcionen mejor que los proyectos con un contrato de diseño y construcción estándar. Se recomienda realizar más investigaciones sobre la propiedad del proyecto y la financiación de proyectos (incluidas las asociaciones público-privadas) en relación con los sobrecostos.

En tercer lugar, la investigación mostró que la geografía mundial es importante en el desempeño de los costes. Esto plantea preguntas sobre las razones detrás de las diferencias en el rendimiento de costes en función de la ubicación geográfica. Es posible que los entornos institucionales de toma de decisiones jueguen un papel preponderante. La investigación adicional a este respecto podría centrarse en las dimensiones institucionales, el tipo de política, el sistema de administración y similares.

Finalmente, dado que el tipo de construcción, infraestructura nueva o de reconstrucción, puede hacer una diferencia en el rendimiento de los costes, se recomienda una investigación adicional sobre esta variable (Cantarelli, Van Wee, et al., 2012).

5 BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

5.1 Referencias bibliográficas

- Ahiaga-Dagbui, D. D., & Smith, S. D. (2014). Rethinking construction cost overruns: cognition, learning and estimation. *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 19(1), 38-54. <https://doi.org/10.1108/JFMPC-06-2013-0027>
- Altman, D. G., & Bland, J. M. (1995). Statistics notes: The Normal distribution. *BMJ*. <https://doi.org/10.1136/bmj.310.6975.298>
- Ameh, O. J., Soyngbe, A. A., & Odusami, K. T. (2010). *Significant Factors Causing Cost Overruns in Telecommunication Projects in Nigeria*. *Journal of Construction in Developing Countries* (Vol. 15). Recuperado de [http://eprints.covenantuniversity.edu.ng/3197/1/Ameh et al.pdf](http://eprints.covenantuniversity.edu.ng/3197/1/Ameh%20et%20al.pdf)
- Arditi, D., Akan, G. T., & Gurdamar, S. (1985). Cost overruns in public projects. *International Journal of Project Management*, 3(4), 218-224. [https://doi.org/10.1016/0263-7863\(85\)90053-5](https://doi.org/10.1016/0263-7863(85)90053-5)
- Atkinson, R. (1999). Project management: Cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria. *International Journal of Project Management*. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(98\)00069-6](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(98)00069-6)
- Berechman, J., & Chen, L. (2011). Incorporating risk of cost overruns into transportation capital projects decision-making. *Journal of Transport Economics and Policy*.
- Boquera Pérez, P. (2015). *Gestión de empresas de la construcción, una pincelada*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Bruzelius, N., Flyvbjerg, B., & Rothengatter, W. (2002). Big decisions, big risks. Improving accountability in mega projects. *Transport Policy*. [https://doi.org/10.1016/S0967-070X\(02\)00014-8](https://doi.org/10.1016/S0967-070X(02)00014-8)
- Cantarelli, C. C., Flyvbjerg, B., van Wee, B., & Molin, E. J. E. (2010). Lock-in and its influence on the project performance of large-scale transportation infrastructure projects: Investigating the way in which lock-in can emerge and affect cost overruns. *Environment and Planning B: Planning and Design*. <https://doi.org/10.1068/b36017>
- Cantarelli, C. C., Molin, E. J. E., Van Wee, B., & Flyvbjerg, B. (2012). Characteristics of cost overruns for Dutch transport infrastructure projects and the importance of the decision to build and project phases. *Transport Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.04.001>
- Cantarelli, C. C., Van Wee, B., Molin, E. J. E., & Flyvbjerg, B. (2012). Different cost performance: Different determinants?. The case of cost overruns in Dutch transport infrastructure projects. *Transport Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.04.002>
- Cantarelli, C.C., Flyvbjerg, B., & Buhl, S. L. (2012). Geographical variation in project

- cost performance: the Netherlands versus worldwide. *Journal of Transport Geography*, 24, 324-331. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.03.014>
- Cantarelli, Chantal C., Flyvbjerg, B., Molin, E. J. E., & van Wee, B. (2010). Cost overruns in large-scale transportation infrastructure projects: Explanations and their theoretical embeddedness. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 10(1), 5-18.
- Curran-Everett, D., & Benos, D. J. (2004). Guidelines for reporting statistics in journals published by the American Physiological Society. *Physiological Genomics*. <https://doi.org/10.1152/physiolgenomics.00155.2004>
- Doloi, H. (2012). Cost Overruns and Failure in Project Management: Understanding the Roles of Key Stakeholders in Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000621](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000621)
- Flyvbjerg, B. (2005). Machiavellian megaprojects. *Antipode*. <https://doi.org/10.1111/j.0066-4812.2005.00471.x>
- Flyvbjerg, B. (2007). Policy and planning for large-infrastructure projects: Problems, causes, cures. *Environment and Planning B: Planning and Design*. <https://doi.org/10.1068/b32111>
- Flyvbjerg, B. (2012). Why Mass Media Matter to Planning Research: The Case of Megaprojects. *Journal of Planning Education and Research*. <https://doi.org/10.1177/0739456X12441950>
- Flyvbjerg, B., Ansar, A., Budzier, A., Buhl, S., Cantarelli, C., Garbuio, M., ... van Wee, B. (2018). Five things you should know about cost overrun. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 118, 174-190. <https://doi.org/10.1016/J.TRA.2018.07.013>
- Flyvbjerg, B., Bruzelius, N., & Rothengatter, W. (2003). *Megaprojects and risk: An anatomy of ambition*. *Megaprojects and Risk: An Anatomy of Ambition*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107050891>
- Flyvbjerg, B., Holm, M. S., & Buhl, S. (2002). Underestimating costs in public works projects: Error or lie? *Journal of the American Planning Association*, 68(3), 279-295. <https://doi.org/10.1080/01944360208976273>
- Flyvbjerg, B., Skamris holm, M. K., & Buhl, S. L. (2003). How common and how large are cost overruns in transport infrastructure projects? *Transport Reviews*, 23(1), 71-88. <https://doi.org/10.1080/01441640309904>
- Flyvbjerg, B., Skamris Holm, M. K., & Buhl, S. L. (2004). What causes cost overrun in transport infrastructure projects? *Transport Reviews*. <https://doi.org/10.1080/0144164032000080494a>
- Ganuzá, J. (1998). Los Sobrecostes en las obras Públicas. Un análisis económico del caso español. *Revista de Economía Industrial*, 318, 111-122.
- Ghasemi, A., & Zahediasl, S. (2012). Normality tests for statistical analysis: A guide for non-statisticians. *International Journal of Endocrinology and Metabolism*. <https://doi.org/10.5812/ijem.3505>

- Hedesan, J., & Tendler, J. (2017). *The structure of scientific revolutions. The Structure of Scientific Revolutions*. <https://doi.org/10.4324/9781912281589>
- Jadhav, P., Desai, D., & Gupta, A. (2016). Analysis of Construction Cost Overrun Causes-Contractor's View. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR)*, 2(8). Recuperado de <https://www.onlinejournal.in/IJIRV2I8/150.pdf>
- Jahren, C. T., & Ashe, A. M. (2007). Predictors of Cost-Overrun Rates. *Journal of Construction Engineering and Management*. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9364\(1990\)116:3\(548\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9364(1990)116:3(548))
- Kahneman, D. (2011). *Thinking, fast and slow. Thinking, fast and slow*. New York, NY, US: Farrar, Straus and Giroux.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*. <https://doi.org/10.2307/1914185>
- Kerzner, H. (2017). *A systems approach to planning scheduling and controlling. New York*. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2010.11.015>
- Larsen, J. K., Geoffrey, ;, Shen, Q., Søren, ;, & Ditlev Brunoe, T. (2015). Factors Affecting Schedule Delay, Cost Overrun, and Quality Level in Public Construction Projects. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000391](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000391)
- Lee, J. K. (2008). Cost overrun and cause in Korean social overhead capital projects: Roads, rails, airports, and ports. *Journal of Urban Planning and Development*. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9488\(2008\)134:2\(59\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9488(2008)134:2(59))
- Lind, H., & Brunes, F. (2015). Explaining cost overruns in infrastructure projects: A new framework with applications to Sweden. *Construction Management and Economics*, 33(7). <https://doi.org/10.1080/01446193.2015.1064983>
- Lovalló, D., & Kahneman, D. (2003). Delusions of Success: How Optimism Undermines Executives' Decisions. *Harvard Business Review*.
- Love, P. E. D., Smith, J., Simpson, I., Regan, M., & Olatunji, O. (2015). Understanding the landscape of overruns in transport infrastructure projects. *Environment and Planning B: Planning and Design*. <https://doi.org/10.1068/b130102p>
- Love, P. E. D., Wang, X., Sing, C., & Tiong, R. L. K. (2013). Determining the Probability of Project Cost Overruns. *Journal of Construction Engineering and Management*. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000575](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000575)
- Morris, S. (2005). Cost and Time Overruns in Public Sector Projects. *Economic and Political Weekly*, 25(47). Recuperado de https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=655103
- Niazi, G. A., & Painting, N. (2017). Significant Factors Causing Cost Overruns in the Construction Industry in Afghanistan. *Procedia Engineering*, 182, 510-517. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.145>
- Odeck, J. (2004). Cost overruns in road construction - what are their sizes and determinants? *Transport Policy*. [https://doi.org/10.1016/S0967-070X\(03\)00017-9](https://doi.org/10.1016/S0967-070X(03)00017-9)
- Olawale, Y. A., & Sun, M. (2010). Cost and time control of construction projects:

- Inhibiting factors and mitigating measures in practice. *Construction Management and Economics*, 28(5), 509-526. <https://doi.org/10.1080/01446191003674519>
- Öztuna, D., Elhan, A. H., & Tüccar, E. (2006). Investigation of four different normality tests in terms of type 1 error rate and power under different distributions. *Turkish Journal of Medical Sciences*.
- Pickrell, D. H. (1992). A desire named streetcar fantasy and fact in rail transit planning. *Journal of the American Planning Association*. <https://doi.org/10.1080/01944369208975791>
- Polat, G., Okay, F., & Eray, E. (2014). Factors affecting cost overruns in micro-scaled construction companies. En *Procedia Engineering* (Vol. 85). <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.569>
- Rahman, I. A., Memon, A. H., & Karim, A. T. A. (2013). Significant factors causing cost overruns in large construction projects in Malaysia. *Journal of Applied Sciences*. <https://doi.org/10.3923/jas.2013.286.293>
- Rosenfeld, Y. (2013). Root-Cause Analysis of Construction-Cost Overruns. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(1), 04013039. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000789](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000789)
- Siemiatycki, M. (2009). Academics and auditors: Comparing perspectives on transportation project cost overruns. *Journal of Planning Education and Research*. <https://doi.org/10.1177/0739456X09348798>
- Siemiatycki, M. (2018). The making and impacts of a classic text in megaproject management: The case of cost overrun research. *International Journal of Project Management*, 36(2), 362-371. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.07.003>
- van Wee, B. (2007). Large infrastructure projects: A review of the quality of demand forecasts and cost estimations. *Environment and Planning B: Planning and Design*. <https://doi.org/10.1068/b32110>
- Wachs, M. (1985). Planning, organizations and decision-making: A research agenda. *Transportation Research Part A: General*, 19(5-6), 521-531. [https://doi.org/10.1016/0191-2607\(85\)90058-5](https://doi.org/10.1016/0191-2607(85)90058-5)

5.2 Anexos

5.2.1 Base de datos

Variables recopiladas en el estudio (Columnas A hasta H...)								
No.	A_Reg	B_Org	C_Tip	D_Pest	E_Cadj	F_Ocam	G_Cfin	H_Scos
1	Sierra	Provincial	Transporte	1,403,508.76	1,389,808.85	344,445.25	1,550,422.36	12%
2	Costa	Municipal	Transporte	2,262,808.49	1,885,117.00	135,427.08	1,840,985.51	-2%
3	Costa	Municipal	Transporte	1,284,130.85	1,257,974.21	89,842.75	1,347,816.96	7%
4	Sierra	Provincial	Transporte	2,412,191.90	2,026,295.62	362,704.98	2,389,000.60	18%
5	Sierra	Provincial	Transporte	2,585,689.24	2,167,082.95	384,583.06	2,551,666.01	18%
6	Costa	Municipal	Sanitarias	3,374,830.27	3,238,123.12	113,958.20	3,620,101.82	12%
7	Costa	Municipal	Edificaciones	1,220,144.90	1,159,004.75	109,821.63	1,235,670.97	7%
8	Costa	Municipal	Transporte	1,499,935.39	1,497,695.21	-	1,491,830.12	0%
9	Sierra	Otros	Edificaciones	1,187,779.79	1,100,432.88	211,757.80	1,312,190.68	19%
10	Costa	Municipal	Transporte	1,539,436.98	1,362,950.46	470,071.60	1,833,022.06	35%
11	Costa	Municipal	Transporte	1,185,737.62	1,158,259.51	133,287.97	1,291,547.48	12%
12	Costa	Municipal	Edificaciones	2,897,395.15	2,827,833.27	779,343.80	3,409,136.79	21%
13	Sierra	Municipal	Transporte	2,936,245.12	2,329,220.56	766,844.66	2,575,172.08	11%
14	Costa	Municipal	Sanitarias	1,372,332.64	1,349,098.24	85,468.96	1,434,526.88	6%
15	Costa	Municipal	Transporte	1,013,142.57	910,020.81	69,976.04	977,908.40	8%
16	Sierra	Municipal	Transporte	2,380,192.40	2,134,022.30	441,389.05	2,575,411.35	21%
17	Sierra	Municipal	Sanitarias	2,112,398.05	1,437,548.68	1,211.10	1,258,692.97	-12%
18	Sierra	Municipal	Sanitarias	4,107,000.00	3,998,085.28	1,183,269.16	5,239,801.39	31%
19	Costa	Municipal	Edificaciones	1,260,309.45	1,259,007.53	241,729.36	1,500,736.89	19%
20	Costa	Municipal	Edificaciones	1,785,776.58	1,514,171.10	168,327.77	1,510,868.99	0%
21	Costa	Municipal	Transporte	1,189,230.78	1,060,755.20	303,609.05	1,364,364.26	29%
22	Costa	Municipal	Transporte	1,918,962.16	1,814,791.09	485,784.99	2,587,046.27	43%
23	Sierra	Municipal	Sanitarias	1,051,600.49	815,391.23	506,546.66	1,321,937.89	62%
24	Costa	Municipal	Transporte	1,141,603.50	1,052,943.00	63,299.53	1,027,946.72	-2%
25	Costa	Provincial	Transporte	3,060,381.71	3,060,196.56	265,410.53	3,325,609.11	9%
26	Costa	Provincial	Transporte	959,227.38	912,445.79	27,556.00	951,195.05	4%
27	Sierra	Provincial	Sanitarias	3,342,907.99	2,867,492.36	641,252.17	3,049,843.36	6%
28	Oriente	Provincial	Transporte	3,729,791.20	3,697,619.55	-	3,269,890.92	-12%
29	Costa	Otros	Portuarias	947,616.44	975,958.46	187,177.08	1,163,135.54	19%
30	Costa	Municipal	Transporte	1,759,313.65	1,837,945.11	163,917.88	1,666,085.71	-9%
31	Sierra	Provincial	Transporte	2,471,587.12	1,852,741.53	675,692.93	2,528,434.46	37%
32	Sierra	Provincial	Transporte	2,527,822.43	2,019,881.85	227,899.93	2,247,781.78	11%
33	Sierra	Municipal	Sanitarias	1,079,997.64	866,472.84	323,023.26	1,404,229.93	62%
34	Sierra	Municipal	Sanitarias	1,064,999.62	787,523.37	290,273.50	1,273,311.13	62%
35	Costa	Municipal	Transporte	1,427,572.77	1,449,229.74	53,222.81	1,406,123.18	-3%
36	Costa	Municipal	Transporte	1,153,104.60	1,169,734.31	85,178.31	1,254,912.62	7%
37	Sierra	Provincial	Hidráulicas	1,426,000.00	1,190,437.54	10,407.42	1,173,080.23	-2%
38	Costa	Municipal	Transporte	2,061,941.83	1,866,498.16	136,734.57	2,003,232.73	7%
39	Costa	Municipal	Edificaciones	932,775.83	900,138.67	208,344.83	1,108,483.50	23%

Variables recopiladas en el estudio (Columnas A hasta H...)								
No.	A_Reg	B_Org	C_Tip	D_Pest	E_Cadj	F_Ocam	G_Cfin	H_Scos
40	Costa	Provincial	Transporte	1,240,360.76	1,239,698.96	-	1,225,815.87	-1%
41	Costa	Municipal	Transporte	975,837.83	838,235.30	82,603.59	933,982.05	11%
42	Sierra	Municipal	Edificaciones	1,154,715.69	1,057,072.92	50,008.62	1,123,334.08	6%
43	Sierra	Municipal	Sanitarias	3,334,600.00	3,167,999.79	513,045.32	3,345,613.71	6%
44	Costa	Municipal	Transporte	957,460.42	946,399.69	122,570.27	1,068,824.47	13%
45	Costa	Municipal	Transporte	1,467,799.64	1,437,400.59	35,663.68	1,292,669.25	-10%
46	Costa	Municipal	Transporte	1,809,335.20	1,772,250.02	199,155.26	1,760,140.88	-1%
47	Costa	Municipal	Transporte	1,076,322.52	1,075,000.00	-	930,122.87	-14%
48	Costa	Municipal	Transporte	987,530.08	987,072.84	190,416.11	1,177,488.95	19%
49	Costa	Municipal	Edificaciones	1,593,399.92	1,435,924.35	215,708.14	1,467,454.01	2%
50	Costa	Municipal	Edificaciones	1,364,791.44	1,362,879.99	243,240.07	1,529,665.61	12%
51	Costa	Municipal	Transporte	2,495,530.26	2,444,310.73	147,933.58	2,391,710.05	-2%
52	Sierra	Municipal	Sanitarias	1,199,100.42	857,641.52	15,377.38	872,818.79	2%
53	Costa	Municipal	Edificaciones	1,077,676.06	1,012,230.10	118,704.93	996,401.11	-2%
54	Sierra	Municipal	Transporte	1,489,915.76	1,277,774.13	141,860.46	1,367,335.14	7%
55	Costa	Municipal	Transporte	1,014,223.08	1,014,223.08	-	787,526.54	-22%
56	Costa	Municipal	Transporte	2,149,045.54	2,108,781.95	1,778,137.48	3,461,113.05	64%
57	Sierra	Municipal	Sanitarias	1,651,469.81	1,167,140.46	156,201.93	1,176,260.67	1%
58	Costa	Municipal	Transporte	1,082,443.14	1,074,499.02	92,279.51	932,293.17	-13%
59	Sierra	Otros	Edificaciones	1,048,131.57	888,201.22	88,257.94	976,459.16	10%
60	Costa	Municipal	Edificaciones	999,999.99	949,015.31	-	949,015.31	0%

Variables recopiladas en el estudio (...Columnas I hasta P)								
No.	I_Aadj	J_Pla	K_Pro	L_Ret	M_Fini	N_Ffin	O_Dtot	P_Afin
1	2016	300	0	0%	09/11/2016	05/09/2017	300	2017
2	2016	150	13	9%	15/03/2017	25/08/2017	163	2017
3	2016	180	0	0%	18/04/2016	14/10/2016	180	2016
4	2016	180	123	68%	06/05/2016	05/03/2017	303	2017
5	2016	180	124	69%	06/05/2016	06/03/2017	304	2017
6	2016	365	30	8%	02/05/2016	31/05/2017	395	2017
7	2016	120	60	50%	10/10/2016	07/04/2017	180	2017
8	2016	120	0	0%	05/10/2016	02/02/2017	120	2017
9	2016	210	30	14%	24/11/2016	21/07/2017	240	2017
10	2016	300	45	15%	05/07/2016	15/06/2017	345	2017
11	2016	60	155	258%	11/11/2016	13/06/2017	215	2017
12	2016	210	215	102%	07/10/2016	06/12/2017	425	2017
13	2016	91	95	104%	17/06/2016	28/10/2017	186	2017
14	2016	240	255	106%	26/01/2017	05/06/2018	495	2018
15	2016	90	0	0%	28/10/2016	21/06/2017	90	2017
16	2016	210	54	26%	17/01/2017	11/01/2018	264	2018
17	2016	420	45	11%	18/11/2016	14/03/2018	465	2018
18	2016	365	40	11%	03/02/2017	18/04/2018	405	2018
19	2016	365	180	49%	15/07/2016	10/01/2018	545	2018
20	2016	120	180	150%	23/12/2016	02/12/2017	300	2017
21	2016	270	150	56%	24/08/2016	17/10/2017	420	2017
22	2016	330	60	18%	25/05/2016	18/06/2017	390	2017
23	2016	360	0	0%	07/12/2016	01/12/2017	360	2017
24	2016	180	30	17%	18/08/2016	18/04/2017	210	2017
25	2016	360	123	34%	03/05/2016	29/08/2017	483	2017
26	2016	240	0	0%	03/08/2016	28/06/2017	240	2017
27	2016	120	80	67%	08/07/2016	23/01/2017	200	2017
28	2016	360	0	0%	05/12/2016	07/12/2017	360	2017
29	2016	180	80	44%	19/10/2016	18/08/2017	260	2017
30	2016	155	23	15%	13/03/2017	05/09/2017	178	2017
31	2016	180	178	99%	17/12/2016	09/12/2017	358	2017
32	2016	180	139	77%	30/12/2016	16/11/2017	319	2017
33	2016	360	23	6%	31/10/2016	17/11/2017	383	2017
34	2016	360	0	0%	07/12/2016	30/11/2017	360	2017
35	2016	150	20	13%	19/01/2017	07/07/2017	170	2017
36	2016	150	105	70%	25/01/2017	06/10/2017	255	2017
37	2016	300	198	66%	20/05/2016	29/09/2017	498	2017
38	2016	180	240	133%	24/11/2016	17/01/2018	420	2018
39	2017	180	75	42%	15/03/2017	27/12/2017	255	2017
40	2017	90	0	0%	25/01/2017	25/04/2017	90	2017
41	2017	300	30	10%	21/06/2017	16/05/2018	330	2018
42	2017	150	30	20%	02/01/2018	01/07/2018	180	2018
43	2017	360	90	25%	09/05/2017	31/07/2018	450	2018

Variables recopiladas en el estudio (...Columnas I hasta P)								
No.	I_Aadj	J_Pla	K_Pro	L_Ret	M_Fini	N_Ffin	O_Dtot	P_Afin
44	2017	150	30	20%	02/05/2017	29/10/2017	180	2017
45	2017	120	30	25%	24/05/2017	21/11/2017	150	2017
46	2017	120	120	100%	06/06/2017	30/01/2018	240	2018
47	2017	120	15	13%	10/10/2017	21/05/2018	135	2018
48	2017	120	104	87%	14/02/2017	15/12/2017	224	2017
49	2017	285	60	21%	01/06/2017	08/07/2018	345	2018
50	2017	300	0	0%	25/01/2018	12/12/2018	300	2018
51	2017	210	202	96%	21/06/2017	05/09/2018	412	2018
52	2017	240	0	0%	23/10/2017	19/06/2018	240	2018
53	2017	330	88	27%	06/03/2017	19/10/2018	418	2018
54	2017	270	137	51%	06/03/2017	17/04/2018	407	2018
55	2017	180	16	9%	20/07/2017	08/04/2018	196	2018
56	2016	120	215	179%	28/11/2016	02/04/2018	335	2018
57	2017	240	30	13%	30/08/2017	27/05/2018	270	2018
58	2017	90	0	0%	03/02/2018	28/10/2018	90	2018
59	2017	105	0	0%	06/02/2018	22/05/2018	105	2018
60	2017	120	0	0%	15/02/2018	15/06/2018	120	2018

5.2.2 Tabla de resultados

No.	Tamaño Cat. A	Tamaño Cat. B	Sobrecoste Abs.	CO Const.	Oferta ganadora	Baja	CO Previa	Fase construcción	Fase previa	Plazo
1	Mediano	Mediano	1.7%	12%	Baja	1%	-1%	Sobrecoste	Subestimado	A tiempo
2	Mediano	Grande	-0.3%	-2%	Baja	17%	-17%	Subestimado	Subestimado	Retraso
3	Mediano	Mediano	1.0%	7%	Baja	2%	-2%	Sobrecoste	Subestimado	A tiempo
4	Mediano	Grande	2.6%	18%	Baja	16%	-16%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
5	Mediano	Grande	2.6%	18%	Baja	16%	-16%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
6	Grande	Grande	1.7%	12%	Baja	4%	-4%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
7	Mediano	Pequeño	1.0%	7%	Baja	5%	-5%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
8	Mediano	Mediano	-0.1%	0%	Baja	0%	0%	Subestimado	Subestimado	A tiempo
9	Mediano	Mediano	2.8%	19%	Baja	7%	-7%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
10	Mediano	Grande	5.1%	35%	Baja	11%	-11%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
11	Mediano	Mediano	1.7%	12%	Baja	2%	-2%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
12	Grande	Grande	3.0%	21%	Baja	2%	-2%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
13	Mediano	Grande	1.6%	11%	Baja	21%	-21%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
14	Mediano	Mediano	0.9%	6%	Baja	2%	-2%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
15	Pequeño	Pequeño	1.1%	8%	Baja	10%	-10%	Sobrecoste	Subestimado	A tiempo
16	Mediano	Grande	3.0%	21%	Baja	10%	-10%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
17	Mediano	Mediano	-1.8%	-12%	Baja	32%	-32%	Subestimado	Subestimado	Retraso
18	Grande	Grande	4.6%	31%	Baja	3%	-3%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
19	Mediano	Mediano	2.8%	19%	Baja	0%	0%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
20	Mediano	Mediano	0.0%	0%	Baja	15%	-15%	Subestimado	Subestimado	Retraso
21	Mediano	Mediano	4.2%	29%	Baja	11%	-11%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
22	Mediano	Grande	6.3%	43%	Baja	5%	-5%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
23	Mediano	Mediano	9.1%	62%	Baja	22%	-22%	Sobrecoste	Subestimado	A tiempo
24	Mediano	Pequeño	-0.4%	-2%	Baja	8%	-8%	Subestimado	Subestimado	Retraso
25	Grande	Grande	1.3%	9%	Baja	0%	0%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
26	Pequeño	Pequeño	0.6%	4%	Baja	5%	-5%	Sobrecoste	Subestimado	A tiempo
27	Grande	Grande	0.9%	6%	Baja	14%	-14%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
28	Grande	Grande	-1.7%	-12%	Baja	1%	-1%	Subestimado	Subestimado	A tiempo
29	Mediano	Pequeño	2.8%	19%	Alza	-3%	3%	Sobrecoste	Sobrecoste	Retraso
30	Mediano	Mediano	-1.4%	-9%	Alza	-4%	4%	Subestimado	Sobrecoste	Retraso
31	Mediano	Grande	5.4%	37%	Baja	25%	-25%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
32	Mediano	Grande	1.7%	11%	Baja	20%	-20%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
33	Mediano	Mediano	9.1%	62%	Baja	20%	-20%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
34	Mediano	Mediano	9.1%	62%	Baja	26%	-26%	Sobrecoste	Subestimado	A tiempo
35	Mediano	Mediano	-0.4%	-3%	Alza	-2%	2%	Subestimado	Sobrecoste	Retraso
36	Mediano	Mediano	1.1%	7%	Alza	-1%	1%	Sobrecoste	Sobrecoste	Retraso
37	Mediano	Pequeño	-0.2%	-2%	Baja	17%	-17%	Subestimado	Subestimado	Retraso
38	Mediano	Grande	1.1%	7%	Baja	9%	-9%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
39	Mediano	Pequeño	3.4%	23%	Baja	3%	-3%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
40	Mediano	Pequeño	-0.2%	-1%	Baja	0%	0%	Subestimado	Subestimado	A tiempo
41	Pequeño	Pequeño	1.7%	11%	Baja	14%	-14%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
42	Mediano	Pequeño	0.9%	6%	Baja	8%	-8%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso

No.	Tamaño Cat. A	Tamaño Cat. B	Sobrecoste Abs.	CO Const.	Oferta ganadora	Baja	CO Previa	Fase construcción	Fase previa	Plazo
43	Grande	Grande	0.8%	6%	Baja	5%	-5%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
44	Mediano	Pequeño	1.9%	13%	Baja	1%	-1%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
45	Mediano	Mediano	-1.5%	-10%	Baja	2%	-2%	Subestimado	Subestimado	Retraso
46	Mediano	Grande	-0.1%	-1%	Baja	2%	-2%	Subestimado	Subestimado	Retraso
47	Pequeño	Pequeño	-2.0%	-14%	Baja	0%	0%	Subestimado	Subestimado	Retraso
48	Mediano	Pequeño	2.8%	19%	Baja	0%	0%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
49	Mediano	Mediano	0.3%	2%	Baja	10%	-10%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
50	Mediano	Mediano	1.8%	12%	Baja	0%	0%	Sobrecoste	Subestimado	A tiempo
51	Mediano	Grande	-0.3%	-2%	Baja	2%	-2%	Subestimado	Subestimado	Retraso
52	Pequeño	Pequeño	0.3%	2%	Baja	28%	-28%	Sobrecoste	Subestimado	A tiempo
53	Pequeño	Pequeño	-0.2%	-2%	Baja	6%	-6%	Subestimado	Subestimado	Retraso
54	Mediano	Mediano	1.0%	7%	Baja	14%	-14%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
55	Pequeño	Pequeño	-3.3%	-22%	Igual	0%	0%	Subestimado	Igual	Retraso
56	Grande	Grande	9.4%	64%	Baja	2%	-2%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
57	Mediano	Pequeño	0.1%	1%	Baja	29%	-29%	Sobrecoste	Subestimado	Retraso
58	Pequeño	Pequeño	-1.9%	-13%	Baja	1%	-1%	Subestimado	Subestimado	A tiempo
59	Pequeño	Pequeño	1.5%	10%	Baja	15%	-15%	Sobrecoste	Subestimado	A tiempo
60	Pequeño	Pequeño	0.0%	0%	Baja	5%	-5%	Igual	Subestimado	A tiempo

5.2.3 Causas y teorías que explican a los sobrecostos

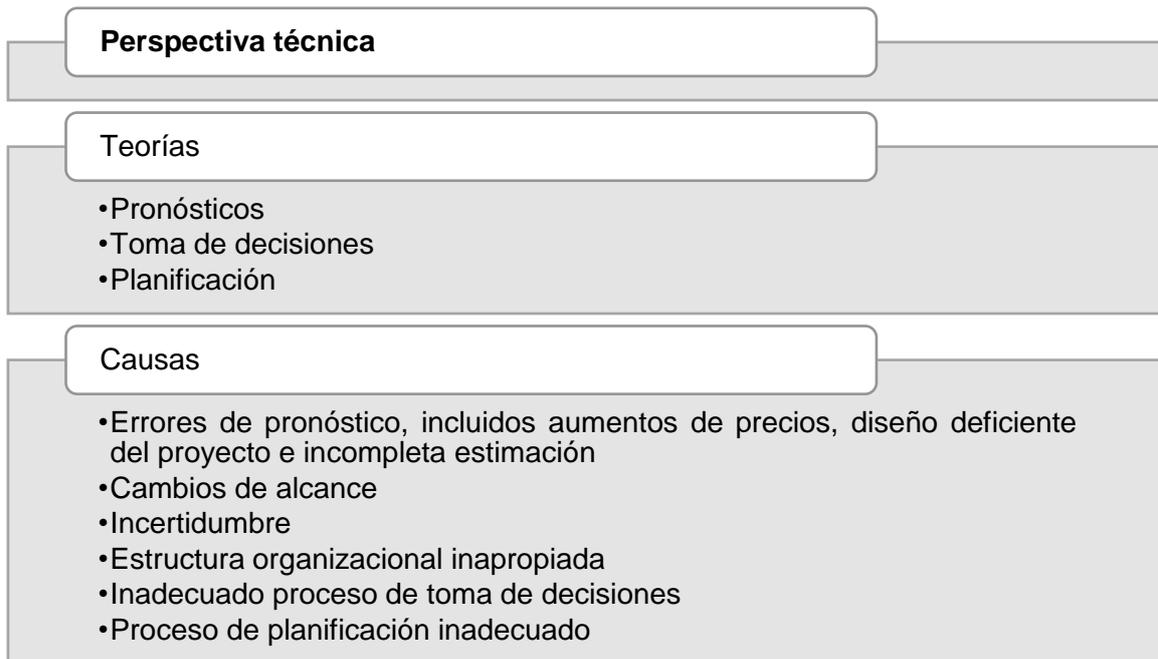


Figura 8 Teorías y causas desde la perspectiva técnica

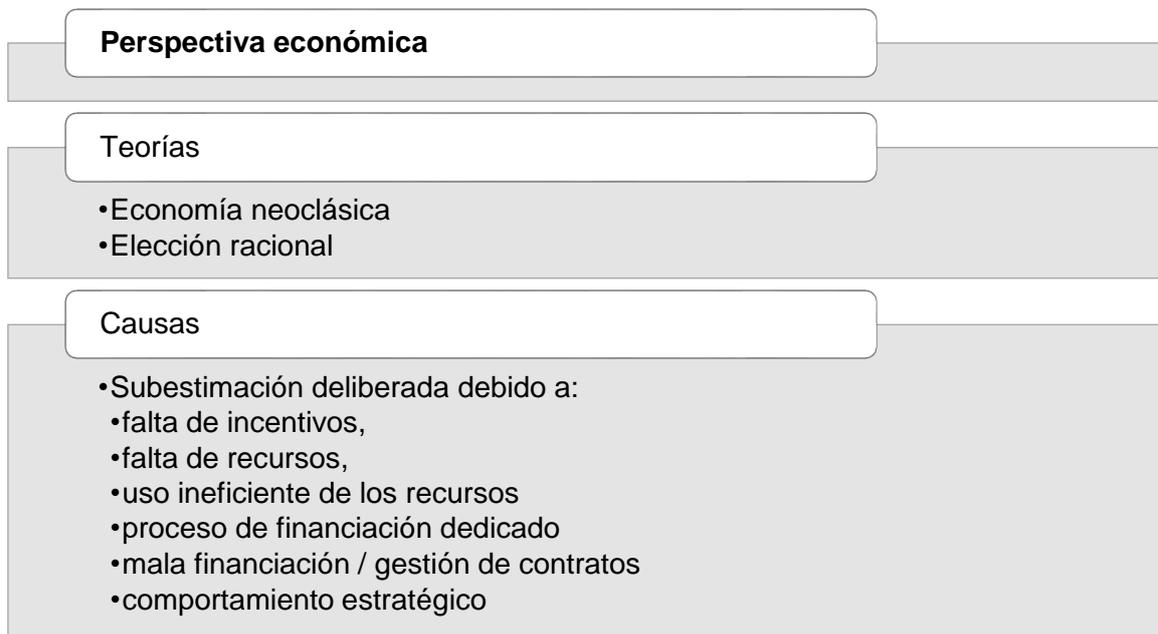


Figura 9 Teorías y causas desde la perspectiva económica

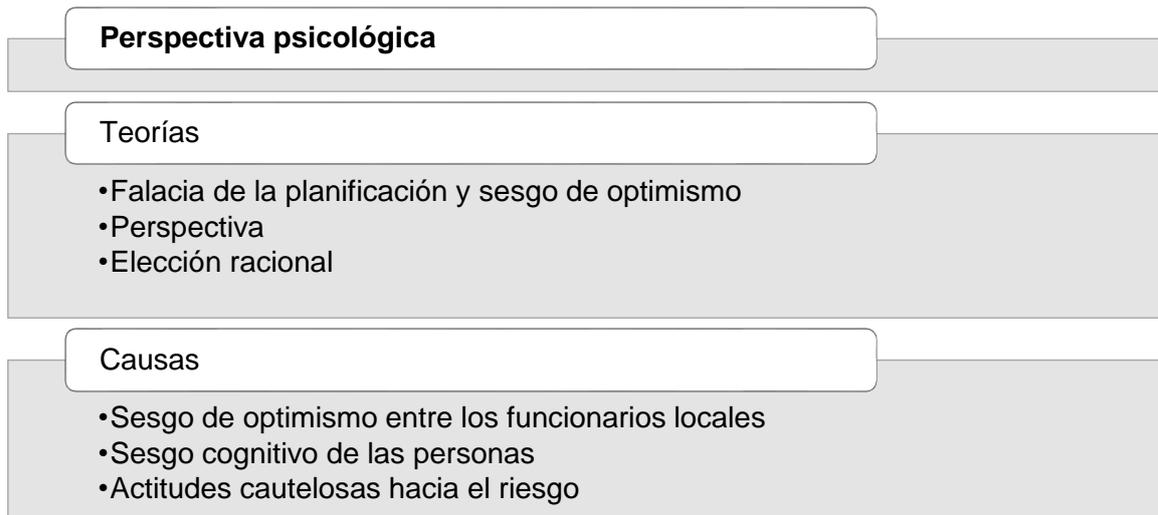


Figura 10 Teorías y causas desde la perspectiva psicológica

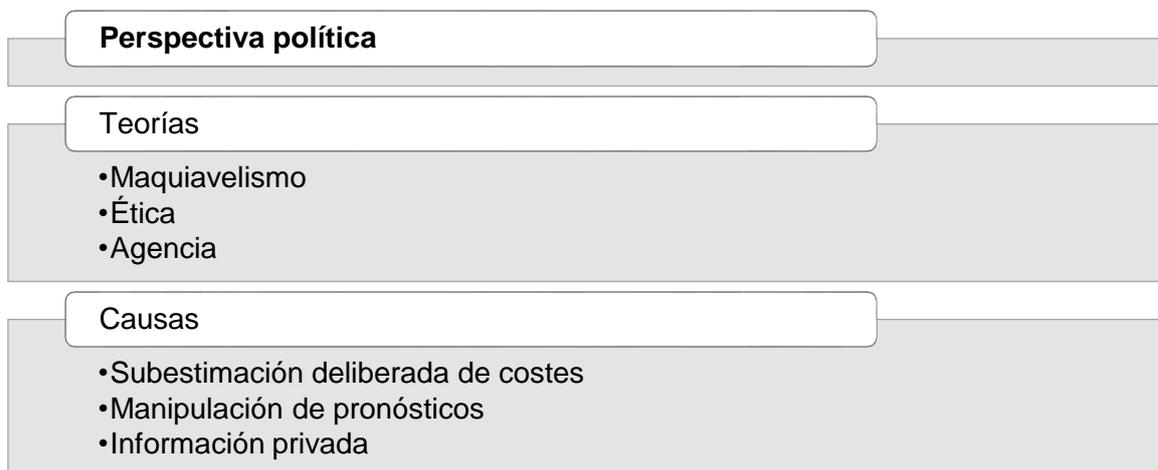


Figura 11 Teorías y causas desde la perspectiva política