

Peña C.A., Garcés G., Castañeda K., Torres K. & Sánchez, O. (2024). Causas y magnitudes de desviaciones en los cronogramas de construcción de intersecciones viales en Colombia. In *Proceedings of the IX Ibero-American Congress of Construction Management and Technology* (IX ELAGEC2024). Herrera, RF, Salazar, LA, (Editors).

CAUSAS Y MAGNITUDES DE DESVIACIONES EN LOS CRONOGRAMAS DE CONSTRUCCIÓN DE INTERSECCIONES VIALES EN COLOMBIA

Carlos A. Peña ^{1,2} - carpesol@upv.edu.es

Gonzalo Garcés ³ - gegarces@ubiobio.cl

Kevin Torres ⁴ - torreskd@javeriana.edu.co

Karen Castañeda ^{5,6} - karen2178721@correo.uis.edu.co

Omar Sánchez ⁴ - omar_sanchezr@javeriana.edu.co

¹Highway Engineering Research Group, Universitat Politècnica de València. Valencia, Spain.

²Department of Civil Engineering, Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Colombia.

³Department of Civil Engineering, Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile.

⁴Department of Civil Engineering, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C., Colombia

⁵Department of Civil Engineering, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

⁶Escuela de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile.

RESUMEN

La construcción de intersecciones viales es crucial para la eficiencia y seguridad de las redes de transporte. Estos proyectos deben cumplir con los cronogramas planificados debido a su impacto en la infraestructura. Sin embargo, tanto en países desarrollados como en vía de desarrollo, las intersecciones viales enfrentan dificultades significativas para cumplir con los plazos establecidos en las primeras etapas del proyecto. Para abordar este desafío, es fundamental identificar las causas de las desviaciones en los cronogramas. Este artículo tiene como objetivo analizar las principales causas y magnitudes de estas desviaciones en proyectos de construcción de intersecciones viales. La investigación se basa en la recolección y análisis estadístico de datos de 30 proyectos en Colombia, construidos entre 2012 y 2024. Los resultados indican que las principales causas de las desviaciones en los cronogramas se deben a deficiencias en la planificación, condiciones climáticas adversas y retrasos en la obtención de permisos. El 76.6% de los proyectos analizados experimentó desviaciones, con un promedio del 125.7%. Los hallazgos de este estudio son valiosos para los gerentes de proyectos que buscan reducir las desviaciones en los cronogramas en la construcción de infraestructura vial.

PALABRAS CLAVE

Retraso; desviación del cronograma; factores causales; causas; magnitudes de retraso; intersección vial; infraestructura vial.

INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción es un motor crucial tanto del desarrollo económico como social de cualquier país (Prieto et al., 2024). Además, proporciona la infraestructura esencial para sostener el bienestar y el progreso de la sociedad (Tayeh et al., 2019). Más allá de la construcción física de estructuras, esta industria también fomenta el crecimiento financiero, genera empleo y mejora las condiciones de vida (Suchowerska et al., 2024; Yang et al., 2024; Yılmaz & Tekin, 2024). A pesar de su importancia, la industria de la construcción enfrenta numerosos desafíos que comprometen la eficiencia y el éxito de los proyectos, incluidos los sobrecostos (Alhammadi et al., 2024), desviaciones en el cronograma (Nur Sholeh et al., 2020), litigaciones (Çevikbaş & Köksal, 2018; Jagannathan et al., 2021) y disputas (Nur Sholeh et al., 2020). Estos problemas a menudo tienen impactos negativos sustanciales en la ejecución del proyecto, lo que lleva a repercusiones económicas considerables (Durdyev, 2020; Nur Sholeh et al., 2020).

Uno de los desafíos más críticos en la industria de la construcción es la desviación en los cronogramas, que se refiere a la discrepancia entre el tiempo planificado y el tiempo real de ejecución de un proyecto (Kuinkel et al., 2023; Salih & El-Adaway, 2024). Este problema es particularmente prevalente en el sector de la construcción y puede atribuirse a una serie de factores interrelacionados, incluyendo cambios y errores en el diseño (Durdyev, 2020; Famiyeh et al., 2017; Gong & Nam, 2022; Lu et al., 2023; Sun et al., 2023), planeación inadecuada (Alhammadi et al., 2024; Hohmann, 2018), pesima estimación de costos (Mejía et al., 2020), retrasos en la ejecución (Alhammadi et al., 2024; Jalal & Shoar, 2017; Kim et al., 2018), y los problemas de comunicación (Alhammadi et al., 2024; Asiedu & Adaku, 2020; Famiyeh et al., 2017), entre otros. Estos factores incrementan los costos operativos de un proyecto (Asiedu & Ameyaw, 2021) y también amenazan su viabilidad financiera (Hohmann, 2018), potencialmente disminuyendo la confianza de inversores y partes interesadas (Nur Sholeh et al., 2020).

Las desviaciones en los cronogramas son aún más preocupantes en el contexto específico de la construcción de intersecciones viales debido a la complejidad inherente de estos proyectos (Nakazato & Mizutani, 2024). Las intersecciones viales son componentes cruciales tanto de la infraestructura urbana como rural (Purushothaman & Kumar, 2022), y su construcción implica coordinar diversas etapas y partes interesadas, desde la planificación y el diseño hasta la ejecución y el mantenimiento (Lee et al., 2020). Las desviaciones en los cronogramas de la construcción de intersecciones viales resultan en importantes interrupciones del tráfico (Jiang et al., 2023; Negrea et al., 2023), aumento de costos (Atapattu et al., 2023; Issa et al., 2023) y los retrasos en la entrega del proyecto (Issa et al., 2023), lo que afecta negativamente la movilidad local y la economía (Issa et al., 2023). Para abordar estos desafíos, es crucial entender las causas subyacentes y las magnitudes de las desviaciones en los cronogramas en la construcción de intersecciones viales. A pesar de la importancia de la entrega puntual de los proyectos, existe una falta de estudios que caractericen los principales factores causales de las desviaciones en los cronogramas y sus magnitudes. Por lo tanto, este estudio tiene como objetivos; (1)

caracterizar las magnitudes de las desviaciones en los cronogramas en los proyectos de construcción de intersecciones viales y (2) identificar las principales causas.

El estudio realiza dos contribuciones principales. En primer lugar, describe la magnitud de las desviaciones en los cronogramas que ocurren durante la construcción de proyectos de intersecciones viales. Esta descripción es esencial para entender cómo las desviaciones en los cronogramas afectan a estos proyectos específicos. Investigaciones previas se han centrado mayormente en la infraestructura vial en general (Aziz & Abdel-Hakam, 2016; Kamanga & Steyn, 2013; Mahamid et al., 2012), pasando por alto las complejidades únicas de las intersecciones viales, que son partes vitales de las redes urbanas y rurales. En segundo lugar, el estudio identifica las principales causas de las desviaciones en los cronogramas de los proyectos de intersecciones viales. Al identificar estas causas, los planificadores y profesionales del proyecto pueden comprender mejor los factores que conducen a las desviaciones en los cronogramas. Reconocer estas causas durante las primeras etapas de la planificación del proyecto es crucial para crear estrategias de mitigación efectivas. Con esta comprensión integral, los gestores de proyectos pueden desarrollar estrategias específicas para reducir las desviaciones en los cronogramas, mejorar la eficiencia del proyecto y prevenir problemas potenciales de planificación. Este enfoque proactivo aumenta la probabilidad de una entrega puntual del proyecto y mejora la viabilidad financiera y la confianza de los stakeholders en los proyectos de construcción de intersecciones viales.

ANTECEDENTES

La tríada compuesta por costo, tiempo y calidad ha demostrado ser fundamental para lograr un proyecto exitoso, y estos tres elementos están estrechamente relacionados y deben ser cuidadosamente considerados a lo largo del proceso de planificación y ejecución (Mahamid, 2017; Sanni-Anibire et al., 2022). Además, en el ámbito de la construcción, los retrasos en los plazos son una realidad común en todo el mundo y, a menudo, van acompañados de aumentos imprevistos en los costos (Dlamini & Cumberlege, 2021; Durdyev, 2021). Los retrasos y sobrecostos en los proyectos de construcción tienen un impacto negativo en todas las partes involucradas, incluidos los clientes, contratistas y consultores (Dlamini & Cumberlege, 2021; Meléndez et al., 2024). Estas situaciones pueden deteriorar las relaciones, generar desconfianza y llevar a litigios o arbitrajes. Además, causan problemas de flujo de caja y un clima de incertidumbre y miedo entre las partes (Mahamid, 2017).

Identificar la causa raíz de los retrasos en un proyecto de construcción es un aspecto crucial de una gestión de proyectos efectiva. Al comprender las causas subyacentes de estos retrasos, se pueden implementar estrategias adecuadas para minimizar su impacto, alcanzar los objetivos del proyecto y asignar responsabilidades de manera justa (Safapour et al., 2019). La gestión proactiva de los retrasos permite optimizar el uso de los recursos, reducir costos y garantizar la satisfacción de las partes involucradas (Amri & Marey-Pérez, 2020). En este sentido, los retrasos en los proyectos son uno de los obstáculos más comunes, afectando negativamente su desarrollo. Estos retrasos pueden impactar negativamente en la seguridad, aumentar los costos, extender los tiempos de ejecución y, en última instancia, comprometer la calidad final de la obra de construcción (Faridi & El-Sayegh, 2006). Por lo tanto, debería ser una prioridad para el propietario y el contratista

definir e identificar las causas más significativas de los retrasos en el proyecto para reducir el impacto de estas en la construcción y asegurar el éxito de este (Susanti, 2020). Además, el problema de los retrasos en la construcción de intersecciones viales no se limita a los países desarrollados, sino que también afecta a la mayoría de las economías en desarrollo (Rivera et al., 2020). A pesar de su importancia para la conectividad y el desarrollo económico, estas obras enfrentan dificultades significativas para cumplir con los plazos establecidos en las etapas iniciales del proyecto (Amoatey & Ankrah, 2017).

La construcción de intersecciones viales es un elemento fundamental para optimizar y proteger las redes de infraestructura de transporte. Debido a sus características y su impacto significativo, estos proyectos deben completarse dentro de los plazos establecidos. Patil et al. (2013) utilizaron encuestas para analizar las causas de los retrasos en proyectos de infraestructura de transporte en India. Se identificó que los factores más relevantes que contribuyen a estos retrasos son las dificultades en la adquisición de tierras, problemas ambientales asociados con el proyecto, complicaciones en el cierre financiero, modificaciones solicitadas por el cliente y la mala gestión y supervisión del sitio por parte del contratista. Asimismo, en Kenia, Atibu (2015) utilizó encuestas para identificar los principales obstáculos que retrasan los proyectos de construcción de carreteras y luego analizó los datos utilizando el índice de importancia relativa y la correlación de rangos de Spearman. Se determinó que las cinco principales causas de retrasos son los pagos tardíos por parte del cliente, la lentitud en la toma de decisiones y la burocracia en la organización del cliente, deficiencias en la planificación y programación, y condiciones climáticas adversas, especialmente la lluvia. Asimismo, en Jordania, Al-Hazim y Abusalem (2015) llevaron a cabo una investigación para determinar los principales factores que causan retrasos en las obras viales. Analizaron los documentos e informes finales de varios proyectos de muestra ejecutados entre 2000 y 2008. El estudio reveló que las principales causas de los excesivos tiempos y costos en estos proyectos son el tipo de terreno y las condiciones climáticas adversas. Santoso & Soeng (2016) investigaron los factores que causan retrasos en los proyectos de construcción de carreteras y su impacto en el tiempo, costo y calidad del trabajo en Camboya. Se administró una encuesta a ingenieros de empresas contratistas y consultoras para evaluar la frecuencia y gravedad de los retrasos. Los principales factores identificados son la adquisición de terrenos, la adjudicación del proyecto a través de licitación pública, el mal funcionamiento del equipo, la mala gestión y supervisión del sitio, las condiciones inesperadas del terreno y el suelo, la baja calidad de los recursos humanos del contratista, los pagos tardíos y la baja productividad laboral. Se recomienda la participación de las autoridades de servicios en la etapa inicial del proyecto para reducir los retrasos en las obras viales (Santoso & Soeng, 2016). Es esencial mantener un diálogo continuo con las autoridades durante la etapa inicial del proyecto para comprender completamente sus expectativas y asegurar que se cumplan de manera oportuna (Alsuliman, 2019).

Rivera et al. (2020) realizó un estudio que abarcó 25 países en desarrollo y determinó los principales factores que causan retrasos en los proyectos de construcción de carreteras. Entre los más relevantes se encuentran las modificaciones frecuentes en el diseño, la inexperiencia del gerente de construcción, los pagos tardíos a los contratistas, la mala comunicación entre las partes involucradas, la baja productividad laboral (asociada a factores culturales) y la escasez de materiales y equipos. Además, Kassa (2020) recopiló información de 25 proyectos viales y tres proyectos ferroviarios completados entre 2014

y 2018 en Etiopía. A través de 73 encuestas y entrevistas con 18 ingenieros, se identificaron cinco factores principales que causan retrasos en estos proyectos: mala gestión y coordinación, dificultades con el derecho de vía (ROW), estimaciones inexactas del cronograma, sesgos psicológicos y presiones políticas. Likewise, Kumar (2020) utilizó encuestas y entrevistas personales para identificar las variables críticas que causan retrasos en la construcción de autopistas y vías rápidas en la India. Según la perspectiva conjunta de contratistas y consultores, las cinco principales causas graves de retrasos son la adjudicación del proyecto al postor con el precio más bajo, la inestabilidad política, el retraso en la entrega oportuna y sin impedimentos del derecho de vía por parte del cliente, los pagos tardíos del propietario a los contratistas, y la contratación de mano de obra insuficiente e incompetente. Por lo tanto, los estudios anteriores muestran que la desviación en el tiempo de los proyectos de construcción es un problema alarmante que requiere mayor atención. Así, se vuelve esencial identificar los factores que causan estas desviaciones en los cronogramas. Por esta razón, este artículo tiene como objetivo determinar las principales causas y magnitudes de estas desviaciones a través del análisis de proyectos de construcción de intersecciones viales.

MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método propuesto para este estudio se basa en la estructura propuesta por Gomez-Cabrera et al. (2020). Así, este estudio fue estructurado en tres secciones principales: (1) selección de intersecciones viales, (2) recolección de datos, y (3) análisis estadístico (ver Figura 1).

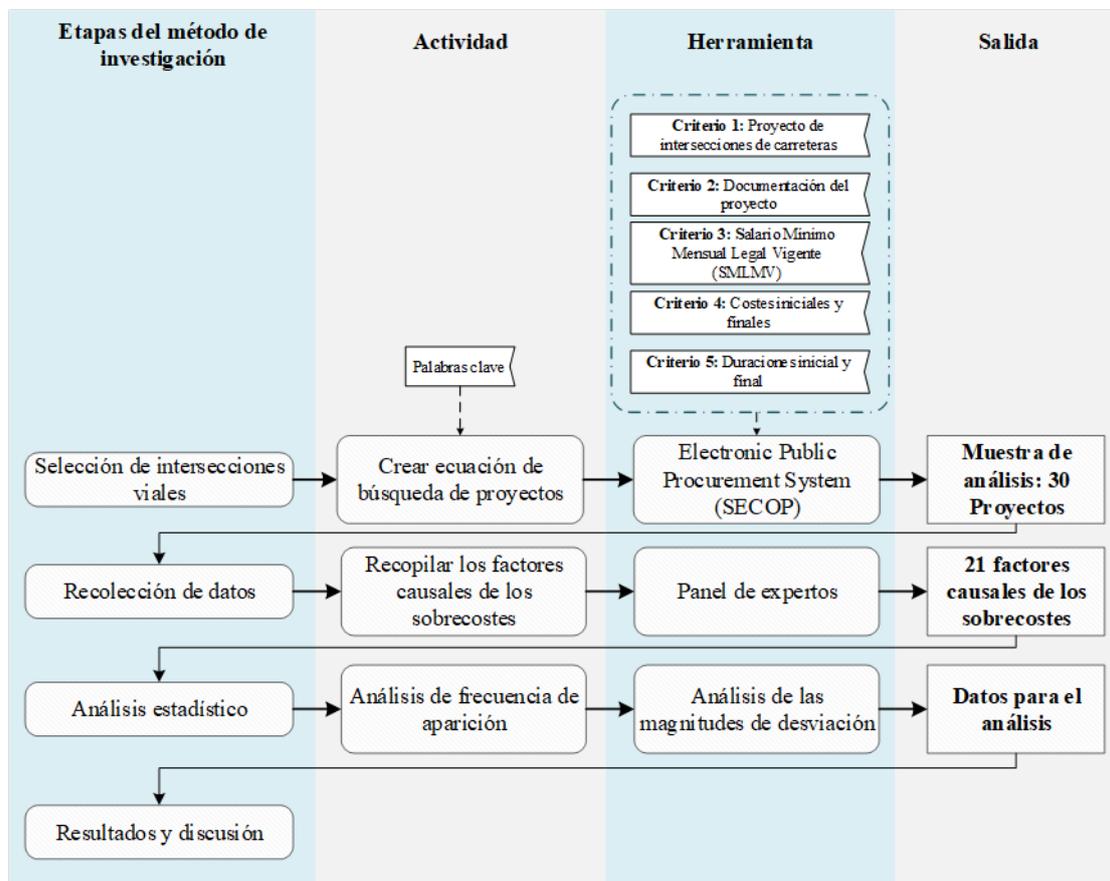


Figura 1. Etapas del método de investigación.

SELECCIÓN DE INTERSECCIONES VIALES

El Sistema Electrónico de Contratación Pública (SECOP) fue consultado para seleccionar la muestra de análisis. La selección de proyectos se basó en cinco criterios de inclusión/exclusión: (1) el proyecto debía enfocarse en la construcción de intersecciones viales, (2) la documentación del proyecto debía incluir registros de incidentes durante el desarrollo del proyecto, (3) los proyectos debían tener un presupuesto mínimo de 350 veces el Salario Mínimo Legal Mensual Vigente (SMLMV) en Colombia en el momento de la adjudicación, (4) los proyectos debían reportar tanto los costos iniciales como los finales, y (5) los proyectos debían reportar las duraciones iniciales y finales del cronograma. La selección de estos criterios de inclusión exclusión se seleccionaron con el fin de poder cumplir los objetivos de investigación de este estudio, referente a analizar las principales causas y magnitudes de desviaciones en proyectos de construcción de intersecciones viales. Por lo que, era indispensable que los proyectos estuvieran en la etapa de construcción para poder contar con los registros de obra, y así identificar las causas de desviación. Además, la necesidad de que esta documentación presentara datos iniciales y finales tanto de costo como de cronograma permite abordar el cálculo, análisis y reporte de las magnitudes de desviación de los proyectos de construcción de intersecciones viales. El motor de búsqueda de SECOP se utilizó para recuperar los proyectos, empleando palabras clave como “intersecciones,” “proyectos viales,” y “vías secundarias.” Cada resultado de búsqueda fue sometido a una revisión exhaustiva por parte de los investigadores para asegurar el cumplimiento de los criterios de inclusión/exclusión y verificar la integridad de la documentación desde el inicio hasta la finalización del desarrollo del proyecto. Después de aplicar los criterios de inclusión/exclusión, se seleccionó una muestra final de 30 proyectos para su análisis.

RECOLECCIÓN DE DATOS

Esta sección implicó una revisión detallada de los informes y registros de trabajo preparados durante el período de ejecución de cada proyecto. Esta revisión permitió la identificación de factores relacionados con la ocurrencia de retrasos durante la ejecución del proyecto. Para el proceso de recolección de datos, se crearon hojas de cálculo, donde los investigadores registraron los factores causales de sobrecostos identificados en los documentos de los 30 proyectos de intersecciones viales obtenidos del SECOP. Estas causas fueron luego discutidas por un panel de expertos, quienes presentaban experiencia en la construcción de proyectos de infraestructura vial, siendo este el único criterio de exclusión para la sección de los expertos consultados (ver Tabla I). Después de discusiones iterativas, los profesionales llegaron a un consenso y aprobaron 21 factores causales de sobrecostos de la muestra analizada.

Tabla 1. Perfiles de los expertos consultados para la validación de las causas.

Id	Profesión (grado)	País	Años de experiencia
1	Ingeniero Civil, M.Sc., Ph.D. (c).	España	>15
2	Ingeniero Civil, M.Sc., Ph.D. (c).	Chile	>10
3	Ingeniero Civil, M.Sc., Ph.D.	Colombia	>10
4	Ingeniero Civil, M.Sc., Ph.D. (c).	Chile	>8
5	Ingeniero Civil, M.Sc. (c).	Colombia	>2

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Esta sección abarca un análisis descriptivo para caracterizar las magnitudes de las desviaciones del cronograma en proyectos de construcción de intersecciones viales. Se analizaron e identificaron 21 factores causales mediante una revisión exhaustiva de los registros e informes de 30 proyectos obtenidos del Sistema Electrónico de Contratación Pública (SECOP). Se realizó un análisis de frecuencia de ocurrencia y magnitudes de desviación con fines de caracterización, para identificar las causas más frecuentes de la duración total del proyecto (ver Formulado 1). Se aplicaron técnicas estadísticas descriptivas para calcular la media y la desviación estándar. Además, se utilizaron representaciones gráficas, incluidos diagramas de caja. Se recopilaron los tiempos planificados y reales de los proyectos para calcular la desviación.

$$SV = \frac{SR_i - SP_i}{SP_i} \quad \text{Fórmula 1}$$

Donde, SV es la desviación del cronograma, SR_i es la actual duración del proyecto i , SP_i corresponde a la duración planificada del proyecto i . Donde, i varía de 1 a 30 según el número de proyectos analizados de la muestra de 30 proyectos viales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este estudio analiza 30 proyectos de intersecciones viales en Colombia, cada uno asociado con diferentes entidades y que cuenta con la documentación necesaria para analizar las magnitudes y causas de las desviaciones del cronograma (ver Figura II).

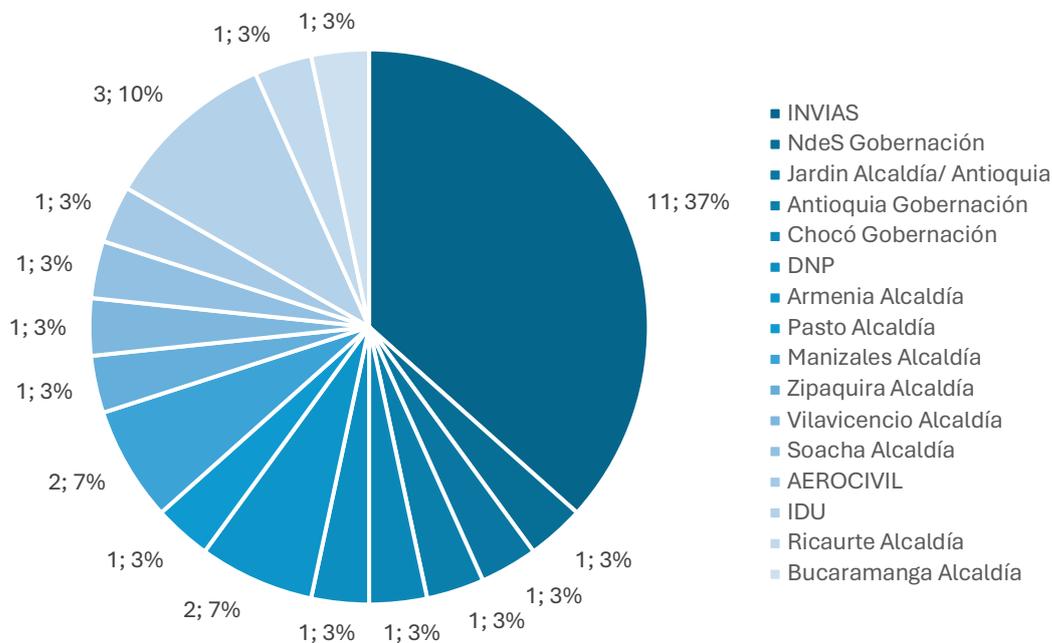


Figura 2. Porcentaje de proyectos de intersecciones viales por entidad contratante.

MAGNITUDES DE LAS DESVIACIONES DEL CRONOGRAMA

La Figura III muestra el número de proyectos de intersecciones viales ejecutados anualmente. Notablemente, hubo un aumento sustancial en la inversión en 2021, seguido de una tendencia a la baja en los años posteriores. Una de las principales causas citadas en los documentos de los proyectos fue el impacto de la pandemia de COVID-19 en 2020 sobre los proyectos en curso. A pesar de la reanudación de la mayoría de los proyectos a mediados de 2020, la implementación de estrictos protocolos de bioseguridad y otros efectos relacionados interrumpieron significativamente los cronogramas de construcción planificados.

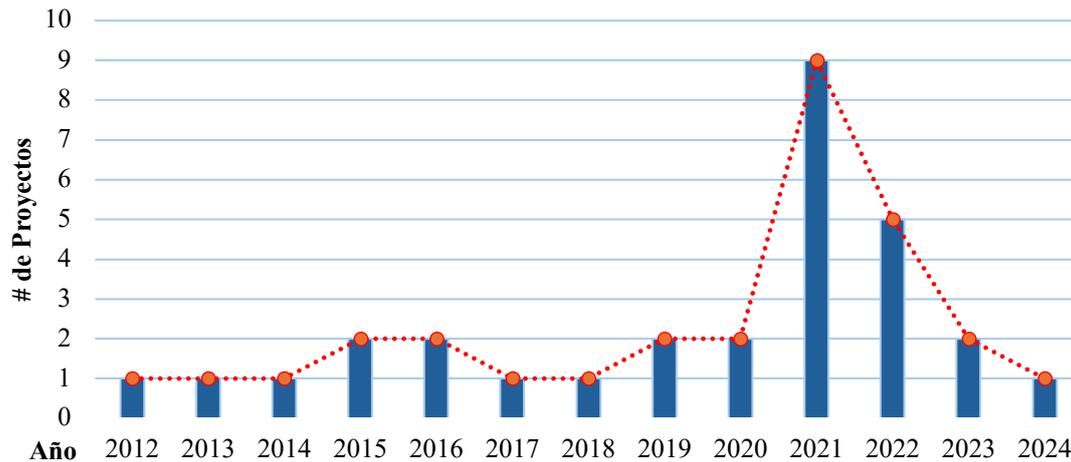


Figura 3. Cantidad de proyectos de intersecciones viales por año.

El análisis comparativo presentado en la Tabla II destaca las diferencias entre los cronogramas iniciales planificados y las duraciones reales requeridas para los 30 proyectos analizados. Se tomaron en consideración varios factores causales que influyeron durante la fase de construcción. Los proyectos se categorizaron según el tipo de contrato y el año en que fueron adjudicados. Se observó que los proyectos de corta duración generalmente cumplieron con sus cronogramas planificados. En contraste, los proyectos iniciados entre 2021 y 2024 aún están en curso y no han reportado solicitudes de prórrogas, mostrando ninguna variación. Se espera que los proyectos de larga duración puedan eventualmente experimentar desviaciones en el cronograma similares a las ya completadas. Algunos proyectos se terminaron antes de lo previsto, resultando en valores negativos debido a cambios en el diseño que redujeron el alcance o a factores sociales que impidieron la ejecución completa.

Tabla 2. Características por proyecto y diferencias en tiempos.

#	Año	Tipo	Costo (USD)	Tiempo Planificado (Meses)	Tiempo Real (Meses)	Diferencia de Tiempo (Meses)	Variación de Tiempo
1	2015	Licitación Pública	\$ 12,208,238.51	31.0	46.0	15.0	48.4%
2	2016	Licitación Pública	\$ 2,937,354.28	18.0	35.0	17.0	94.4%
3	2013	Licitación Pública	\$ 909,309.60	5.0	5.5	0.5	10.6%
4	2021	Licitación Pública	\$ 5,482,447.79	6.0	20.4	14.4	240.0%
5	2020	Licitación Pública	\$ 2,250,713.94	10.0	19.8	9.8	98.0%
6	2012	Adjudicación Directa	\$ 413,840.11	11.0	77.0	66.0	600.0%

IX ELAGEC2024, Noviembre 27 – 29, Viña del Mar, Chile

7	2016	Licitación Pública	\$	2,274,708.20	20.0	25.2	5.2	26.0%
8	2014	Licitación Pública	\$	509,101.88	4.0	16.7	12.7	317.5%
9	2017	Menor Cuantía	\$	248,767.45	2.0	3.0	1.0	50.0%
10	2023	Contrato Especial	\$	937,206.53	7.0	9.5	2.5	35.7%
11	2021	Contrato Especial	\$	1,331,733.77	4.6	9.9	5.3	116.8%
12	2015	Licitación Pública	\$	75,718,853.08	48.0	107.7	59.7	124.4%
13	2021	Contrato Especial	\$	2,366,528.35	18.0	32.7	14.7	81.7%
14	2021	Licitación Pública	\$	243,861.18	4.0	18.2	14.2	355.0%
15	2021	Licitación Pública	\$	1,529,585.54	7.0	11.5	4.5	64.3%
16	2021	Licitación Pública	\$	6,816,385.47	24.0	36.5	12.5	52.1%
17	2021	Licitación Pública	\$	907,451.07	6.0	17.2	11.2	186.7%
18	2022	Licitación Pública	\$	373,936.22	5.0	2.8	-2.2	-44.0%
19	2022	Licitación Pública	\$	698,829.99	6.0	10.5	4.5	75.0%
20	2023	Contrato Especial	\$	2,791,787.87	23.0	23.0	0.0	0.0%
21	2024	Menor Cuantía	\$	121,757.02	1.5	1.5	0.0	0.0%
22	2020	Licitación Pública	\$	16,248,664.37	16.0	24.0	8.0	50.0%
23	2022	Licitación Pública	\$	126,527,804.52	36.0	36.0	0.0	0.0%
24	2021	Licitación Pública	\$	48,917,172.29	41.0	41.0	0.0	0.0%
25	2018	Licitación Pública	\$	27,410,729.89	21.0	32.4	11.4	54.3%
26	2022	Menor Cuantía	\$	39,932.05	2.0	4.5	2.5	125.0%
27	2021	Menor Cuantía	\$	12,420.22	0.5	4.5	4.0	857.9%
28	2019	Menor Cuantía	\$	19,672.17	2.0	2.0	0.0	0.0%
29	2019	Menor Cuantía	\$	12,827.92	3.0	3.0	0.0	0.0%
30	2022	Menor Cuantía	\$	22,045.10	2.0	5.0	3.0	150.0%

*Valor de referencia según el año de consulta.

En general, la mayoría de los proyectos mostraron variaciones de tiempo que oscilaron entre -44.0% y 857.9%, con una desviación promedio del 125.7%, como se muestra en la Figura IV. Este es un valor significativamente alto que, en algunos casos, requirió ajustes de costos debido al cambio de año. El tipo de adjudicación del proyecto no mostró una relevancia significativa, ya que se observaron diferencias sustanciales en los diversos tipos, y se notó una tendencia similar al analizar las entidades contratantes.

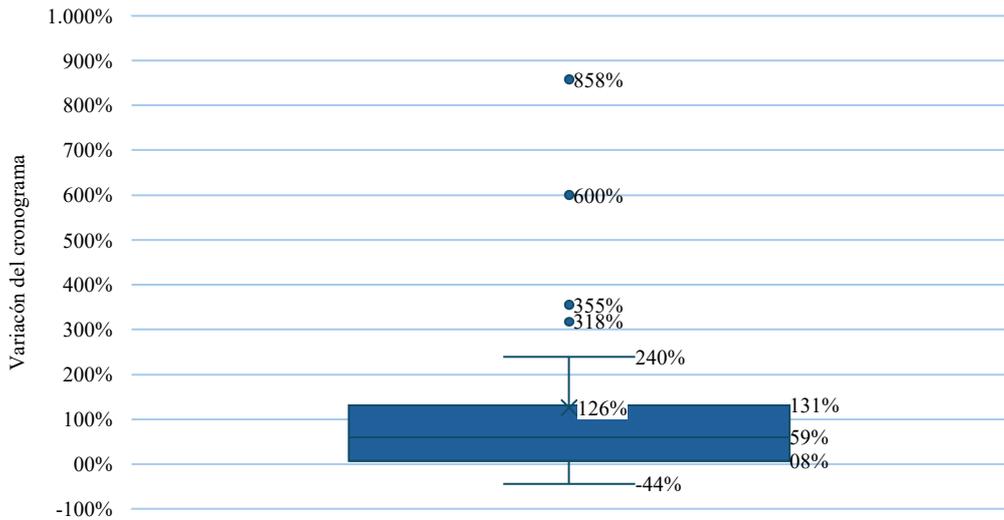


Figura 4. Diagramas de caja de los valores porcentuales significativos para los proyectos analizados.

La Figura V presenta un gráfico de barras que destaca las diferencias significativas entre los proyectos analizados. Esta visualización identifica cuáles proyectos mostraron las mayores desviaciones, permitiendo su diferenciación y posterior examen para determinar las causas subyacentes del tiempo adicional requerido. Estas causas se discutirán en detalle en la siguiente sección.

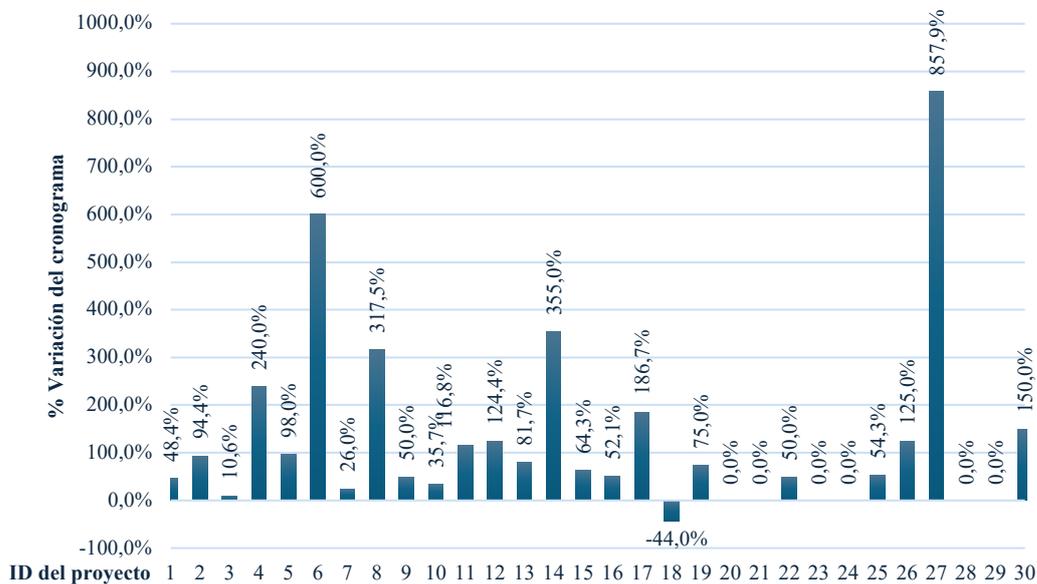


Figura 5. Porcentaje de cambio en el cronograma para cada proyecto.

CAUSAS DE DESVIACIÓN DEL CRONOGRAMA

La Tabla III presenta las principales causas de desviación del cronograma, las cuales fueron consideradas por Castañeda et al. (2024). Un análisis de los proyectos con las desviaciones de cronograma más significativas (27: 857.9%, 6: 600%, 8: 317.5%, 14: 355%) reveló varias causas comunes. Durante la fase de planificación, hubo una

subestimación constante de las cantidades de materiales. Además, la mayoría de los proyectos requirieron cambios o ajustes en los diseños iniciales, lo que llevó a extensiones incluso antes de que comenzara la construcción. Estos cambios de diseño exigieron la creación de actividades no previstas que debían ser aprobadas por comités técnicos, lo que causó retrasos administrativos adicionales. Otro factor crítico fue no considerar los días no laborables. Asimismo, la combinación de modificar el proyecto inicial y no incluir planes de señalización y gestión del tráfico en la fase de planificación resultó en más retrasos y complicaciones durante la construcción.

Las temporadas de lluvias causaron numerosos retrasos durante la fase de construcción por diversas razones. Los materiales de agregado y la producción de asfalto se vieron afectados por daños en la infraestructura de las plantas de producción. Las obstrucciones en las carreteras dificultaron el transporte a los sitios de construcción debido a deslizamientos de tierra y el colapso de vías. Las operaciones se limitaron durante los días de fuertes precipitaciones en proyectos construidos sobre cuerpos de agua.

Algunos proyectos se vieron afectados por la falta de coordinación con las compañías de servicios públicos durante la fase de planificación, lo que requirió la reubicación de redes y causó retrasos imprevistos. Durante la fase de estudio y diseño, las visitas al sitio no identificaron problemas que luego causaron retrasos. Aunque se realizaron visitas de inspección general, no se consideró el impacto de los proyectos de construcción cercanos en la movilidad y el acceso. Retrasos adicionales fueron causados por eventos atípicos como la pandemia de COVID-19 y problemas de orden público debido a la presencia de grupos armados. En casos específicos, fue imposible completar todas las actividades planificadas, lo que resultó en extensiones que finalmente llevaron a la terminación del contrato.

Tabla 3. Frecuencia de ocurrencia de las causas generadoras de retrasos en proyectos de intersecciones viales.

Id	Causas	Frecuencias	Frecuencia Relativa	Etapa
F ₁	Experiencia insuficiente del planificador	16	53.3%	Planificación
F ₂	Estimación inexacta de las cantidades de materiales	16	53.3%	Planificación
F ₃	Omisión de las señales viales en la etapa de planificación	14	46.7%	Planificación
F ₄	Definición incompleta o deficiente de los paquetes de trabajo (EDT)	14	46.7%	Planificación
F ₅	Mala coordinación con los servicios públicos	10	33.3%	Ejecución
F ₆	Evaluación inadecuada de las condiciones existentes del sitio	10	33.3%	Planificación
F ₇	Alta complejidad del proyecto de construcción	10	33.3%	Planificación
F ₈	Subestimación del tiempo requerido para obtener permisos	8	26.7%	Planificación

Id	Causas	Frecuencias	Frecuencia Relativa	Etapa
F ₉	Estimación inexacta de la mano de obra necesaria	6	20.0%	Planificación
F ₁₀	Pronóstico meteorológico deficiente	6	20.0%	Ejecución
F ₁₁	Estimación inexacta de la eficiencia de la mano de obra	5	16.7%	Ejecución
F ₁₂	Subestimación del tiempo necesario para la aprobación de documentos de construcción	5	16.7%	Planificación
F ₁₃	Solicitud de extensiones para el inicio del proyecto	4	13.3%	Ejecución
F ₁₄	Falta de planificación de áreas de almacenamiento y estacionamiento	3	10.0%	Planificación
F ₁₅	Zonificación ineficaz del proceso de construcción basada en las condiciones del tráfico	2	6.7%	Ejecución
F ₁₆	Errores en la estimación del tráfico en el sitio	2	6.7%	Planificación
F ₁₇	Mala planificación de las rutas de la maquinaria	2	6.7%	Ejecución
F ₁₈	Falta de verificación durante la preparación del cronograma	2	6.7%	Planificación
F ₁₉	Errores en la definición de relaciones entre actividades sucesoras y predecesoras	2	6.7%	Planificación
F ₂₀	Inexactitudes en la configuración del cronograma de trabajo	1	3.3%	Planificación
F ₂₁	Subestimación y no consideración de los tiempos de espera	1	3.3%	Ejecución

Las principales razones por las cuales los proyectos de construcción de intersecciones viales sufren desviaciones en su cronograma son:

- Falta de experiencia del planificador (F1): La habilidad y conocimiento del profesional encargado de elaborar el cronograma influyen directamente en su precisión. Un planificador con poca experiencia puede subestimar tareas, tiempos o recursos, lo que genera retrasos.
- Estimación errónea de materiales (F2): Calcular de manera incorrecta la cantidad de materiales necesarios puede provocar interrupciones en el flujo de trabajo. Si faltan materiales, las actividades se retrasan hasta que se consigan los insumos faltantes.

- Omisión de detalles en la planificación (F3): No considerar todos los aspectos del proyecto, incluso los más pequeños como las marcas viales, puede generar imprevistos y retrasos.
- Definición imprecisa de tareas (F4): Si las actividades no están claramente definidas y delimitadas, es difícil establecer un cronograma realista y hacer un seguimiento adecuado del avance del proyecto.
- Falta de coordinación con servicios públicos (F5): Las obras viales suelen involucrar la interacción con diversas redes de servicios públicos (agua, electricidad, gas, etc.). Si no se coordina adecuadamente con estas empresas, pueden surgir conflictos que retrasen el proyecto.

En resumen, estas cinco causas reflejan la importancia de una planificación detallada, precisa y que considere todos los aspectos del proyecto, desde la experiencia del equipo hasta la coordinación con terceros. Cualquier falla en estos puntos puede generar desviaciones significativas en el cronograma original.

Los resultados del estudio indican que las desviaciones en el cronograma son multifactoriales y que, en muchos casos, se originan en la fase de planificación del proyecto. La falta de experiencia del planificador, las estimaciones poco precisas y la falta de detalle en la definición de las actividades son factores recurrentes. Es importante destacar que la ocurrencia de una desviación en el cronograma no siempre se debe a una sola causa. Por ejemplo, una estimación deficiente de las cantidades de material puede generar retrasos que a su vez dificulten la coordinación con los servicios públicos, generando una cadena de eventos que impacta negativamente en el cronograma general del proyecto. Además, Al identificar las causas más comunes de desviación del cronograma, es posible implementar medidas preventivas para minimizar su impacto. Algunas de estas medidas podrían incluir: 1) Priorizar la experiencia y el conocimiento técnico de los profesionales a cargo de la planificación; 2) utilizar herramientas y metodologías más precisas para estimar las cantidades de materiales, los tiempos de ejecución y los costos; 3) elaborar un desglose detallado de las actividades a realizar, estableciendo claramente las relaciones de precedencia y dependencia entre ellas; 4) establecer canales de comunicación efectivos con empresas de servicios públicos y otros actores involucrados en el proyecto.

CONCLUSIONES

Este estudio ofrece dos contribuciones teóricas principales derivadas del análisis de 30 proyectos de intersecciones viales completados en Colombia: (1) Identifica los factores más frecuentes que causan desviaciones en los cronogramas de construcción de intersecciones viales en Colombia, y (2) caracteriza las magnitudes de estas desviaciones durante la fase de construcción de dichos proyectos. En primer lugar, el estudio identifica las causas recurrentes que contribuyen a estas desviaciones. Los factores causales más frecuentes son: (F₁) experiencia insuficiente del planificador, (F₂) estimación inexacta de las cantidades de materiales, (F₃) omisión de las señales viales en la etapa de planificación, (F₄) definición incompleta o deficiente de los paquetes de trabajo (EDT), y (F₅) mala coordinación con los servicios públicos. En segundo lugar, el estudio caracteriza el alcance de las desviaciones en los cronogramas de proyectos de construcción de intersecciones viales. De la muestra analizada de 30 proyectos, se

observó que el 76,6% experimentó desviaciones en los cronogramas, con una desviación promedio del 125,7%, una cifra significativa que a menudo genera problemas adicionales como sobrecostos, reclamaciones y disputas, afectando potencialmente la finalización exitosa de estos proyectos. Comprender estas causas permite a los gestores de proyectos viales priorizar estrategias de mitigación, enfocándose en los problemas más recurrentes para prevenir desviaciones en los cronogramas y asegurar la entrega exitosa de proyectos de intersecciones viales.

Conocer las causas de los retrasos y desviaciones en los cronogramas de los proyectos viales tiene un gran valor práctico para los diversos actores involucrados en la planificación, ejecución y evaluación de estas obras. A continuación, se mencionan algunos de los principales actores beneficiados: 1) Gerentes de construcción, permitiéndoles identificar y abordar proactivamente los riesgos que podrían generar retrasos, optimizando la planificación, asignación de recursos y toma de decisiones durante la ejecución del proyecto; 2) autoridades gubernamentales, quienes al contar con información precisa sobre las causas de retrasos en proyectos anteriores, pueden tomar mejores decisiones al planificar nuevas obras, considerando factores de riesgo y asignando recursos de manera más estratégica; 3) empresas contratistas, al conocer las causas de retrasos en proyectos, pueden mejorar sus estrategias de licitación, planificación y ejecución, aumentando sus posibilidades de éxito y rentabilidad; 4) consultores y expertos en gestión de proyectos, ya que al conocer las desviaciones en los cronogramas pueden ofrecer mejores servicios a sus clientes, ayudándoles a identificar y mitigar riesgos, optimizar la gestión de sus proyectos y alcanzar sus objetivos de manera más eficiente; y 5) usuarios de la red vial, ya que la reducción de retrasos en los proyectos viales se traduce en menos tiempo de viaje para los usuarios, lo que genera beneficios en términos de productividad, calidad de vida y ahorro en costos de transporte. Cabe destacar que la mejora en la conectividad vial, producto de la construcción oportuna de carreteras, tiene un impacto positivo en la productividad del país, al facilitar el transporte de bienes y servicios, reducir los tiempos de viaje y estimular el comercio y la inversión.

Este estudio presenta tres limitaciones principales. La primera limitación se refiere al tamaño de la muestra, que se limitó a 30 proyectos de intersecciones viales obtenidos de la base de datos del SECOP. Esta muestra puede no representar todos los proyectos de este tipo en diferentes contextos y regiones, lo que podría limitar la generalización de los hallazgos. La segunda limitación involucra la caracterización de las desviaciones en los cronogramas, las cuales se basaron en la información disponible en los registros y documentos de cada proyecto. La precisión y la integridad de estos datos dependen en gran medida de la calidad y exhaustividad de la documentación existente, lo que introduce posibles sesgos. La tercera limitación concierne a la validación de las desviaciones en los cronogramas causadas en la documentación del proyecto realizada por un panel de cinco expertos. Aunque esta validación añade credibilidad, también introduce subjetividad debido a las diferentes opiniones y experiencias de los expertos, sumada al reducido número de profesionales involucrados. Se proponen futuras líneas de investigación para abordar estas limitaciones. La primera vía para futuras investigaciones podría centrarse en ampliar el tamaño de la muestra e incrementar la diversidad regional, incluyendo proyectos de intersecciones viales de diferentes regiones y contextos para identificar patrones regionales específicos. La segunda línea de investigación sugerida implica un análisis comparativo de métodos de mitigación de desviaciones en los cronogramas. Este

análisis evaluaría la eficacia de diversas estrategias de gestión de proyectos, tecnologías de seguimiento y herramientas de planificación para determinar cuáles son más efectivas en minimizar las desviaciones.

REFERENCIAS

- Alhammadi, Y., Al-Mohammad, M. S., & Rahman, R. A. (2024). Modeling the Causes and Mitigation Measures for Cost Overruns in Building Construction: The Case of Higher Education Projects. *Buildings* 2024, Vol. 14, Page 487, 14(2), 487. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS14020487>
- Al-Hazim, N., & Abusalem, Z. (2015). Delay and cost overrun in road construction projects in Jordan. *International Journal of Engineering & Technology*, 4(2), 288–293. <https://doi.org/10.14419/ijet.v4i2.4409>
- Alsuliman, J. A. (2019). Causes of delay in Saudi public construction projects. *Alexandria Engineering Journal*, 58(2), 801–808. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.07.002>
- Amoatey, C. T., & Ankrah, A. N. O. (2017). Exploring critical road project delay factors in Ghana. *Journal of Facilities Management*, 15(2), 110–127. <https://doi.org/10.1108/JFM-09-2016-0036>
- Amri, T. Al, & Marey-Pérez, M. (2020). Towards a sustainable construction industry: Delays and cost overrun causes in construction projects of Oman. *Journal of Project Management*, 87–102. <https://doi.org/10.5267/j.jpm.2020.1.001>
- Asiedu, R. O., & Adaku, E. (2020). Cost overruns of public sector construction projects: a developing country perspective. *International Journal of Managing Projects in Business*, 13(1), 66–84. <https://doi.org/10.1108/IJMPB-09-2018-0177/FULL/XML>
- Asiedu, R. O., & Ameyaw, C. (2021). A system dynamics approach to conceptualise causes of cost overrun of construction projects in developing countries. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 39(5), 831–851. <https://doi.org/10.1108/IJBPA-05-2020-0043/FULL/PDF>
- Atapattu, C. N., Domingo, N., & Sutrisna, M. (2023). Significant factors affecting the New Zealand transportation infrastructure project cost – quantity surveyors' perception. *Built Environment Project and Asset Management*, 13(5), 756–777. <https://doi.org/10.1108/BEPAM-07-2022-0105/FULL/XML>
- Atibu, M. (2015). An Investigation into Factors Causing Delays in Road Construction Projects in Kenya. *American Journal of Civil Engineering*, 3(3), 51. <https://doi.org/10.11648/j.ajce.20150303.11>
- Aziz, R. F., & Abdel-Hakam, A. A. (2016). Exploring delay causes of road construction projects in Egypt. *Alexandria Engineering Journal*, 55(2), 1515–1539. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2016.03.006>
- Castañeda, K., Sánchez, O., Herrera, R. F., & Mejía, G. (2024). Causes Contributing to Deficiencies in Road Construction Scheduling. *Heliyon*, xx(x), 1–20.

- Dlamini, M., & Cumberlege, R. (2021). The impact of cost overruns and delays in the construction business. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 654(1), 012029. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/654/1/012029>
- Durdyev, S. (2020). Review of construction journals on causes of project cost overruns. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28(4), 1241–1260. <https://doi.org/10.1108/ECAM-02-2020-0137/FULL/PDF>
- Durdyev, S. (2021). Review of construction journals on causes of project cost overruns. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28(4), 1241–1260. <https://doi.org/10.1108/ECAM-02-2020-0137>
- Famiyeh, S., Amoatey, C. T., Adaku, E., & Agbenohevi, C. S. (2017). Major causes of construction time and cost overruns: A case of selected educational sector projects in Ghana. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 15(2), 181–198. <https://doi.org/10.1108/JEDT-11-2015-0075/FULL/PDF>
- Faridi, A. S., & El-Sayegh, S. M. (2006). Significant factors causing delay in the UAE construction industry. *Construction Management and Economics*, 24(11), 1167–1176. <https://doi.org/10.1080/01446190600827033>
- Gómez-Cabrera, A., Sanz-Benlloch, A., Montalban-Domingo, L., Ponz-Tienda, J. L., & Pellicer, E. (2020). Identification of factors affecting the performance of rural road projects in Colombia. *Sustainability (Switzerland)*, 12(18). <https://doi.org/10.3390/SU12187377>
- Gong, K., & Nam, J. (2022). Diachronic Changes and Factors Influencing the Exterior Design of High-Rise Apartment Buildings. *Buildings 2022, Vol. 12, Page 892*, 12(7), 892. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS12070892>
- Hohmann, R. (2018). Bauen mit Elementwänden bei drückendem Wasser. *Beton- Und Stahlbetonbau*, 113, 116–128. <https://doi.org/10.1002/BEST.201700078>
- Issa, U. H., Marouf, K. G., & Faheem, H. (2023). Analysis of risk factors affecting the main execution activities of roadways construction projects. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 35(6), 372–383. <https://doi.org/10.1016/J.JKSUES.2021.05.004>
- Jalal, M. P., & Shoar, S. (2017). A hybrid SD-DEMATEL approach to develop a delay model for construction projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 24(4), 629–651. <https://doi.org/10.1108/ECAM-02-2016-0056/FULL/PDF>
- Jiang, B., Qian, Z., Gu, D., & Pan, J. (2023). Repair concrete structures with high-early-strength engineered cementitious composites (HES-ECC): Material design and interfacial behavior. *Journal of Building Engineering*, 68, 106060. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2023.106060>
- Kamanga, M., & Steyn, W. (2013). Causes of delay in road construction projects in Malawi. *Journal of the South African Institution of Civil Engineering*, 55(3), 79–85.

- Kassa, Y. F. (2020). Determinants of infrastructure project delays and cost escalations: the cases of federal road and railway construction projects in Ethiopia. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences*, 63(1), 102–136.
- Kim, S. Y., Tuan, K. N., Lee, J. Do, Pham, H., & Luu, V. T. (2018). Cost overrun factor analysis for hospital projects in Vietnam. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 22(1), 1–11. <https://doi.org/10.1007/S12205-017-0947-5/METRICS>
- Kuinkel, M. S., Zhang, C., Felton, G., Demirkesen, S., & Li, H. (2023). Compromise or Problem Solve: Conflicts in Construction Schedule Updates. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 16(1), 04523056. <https://doi.org/10.1061/JLADAH.LADR-1048>
- Kumar, V. (2020). Delay in construction of highway and expressway projects. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 7(6), 2136–2142.
- Lee, E. B., Alleman, D., Thomas, D., & Kim, C. M. (2020). Integrating CA4PRS V.3 road widening schedule module into US highway early constructability process: California SR-91 corridor improvement program case study. *Transport*, 35(1), 1–19. <https://doi.org/10.3846/TRANSPORT.2019.11650>
- Lu, S., Lau, R., Leung, H. H., & Yan, G. (2023). Assessment of the Change in Design Strategy of Apartment Buildings in the Post-COVID-19 Pandemic Era. *Buildings* 2023, Vol. 13, Page 2949, 13(12), 2949. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS13122949>
- Mahamid, I. (2017). Analysis of schedule deviations in road construction projects and the effects of project physical characteristics. *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 22(2), 192–210. <https://doi.org/10.1108/JFMPC-07-2016-0031>
- Mahamid, I., Bruland, A., & Dmaid, N. (2012). Causes of delay in road construction projects. *Journal of Management in Engineering*, 28(3), 300–310. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000096](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000096)
- Mejía, G., Sánchez, O., Castañeda, K., & Pellicer, E. (2020). Delay causes in road infrastructure projects in developing countries. *Revistas de La Construcción*, 10(2), 221–235. <https://doi.org/10.7764/rdlc.19.2.220-234>
- Meléndez, W., Saavedra, R., & Garcés, G. (2024). Quantity Take-Off in Rough Construction of High-Rise Buildings Based on CAD and BIM Methodologies: A Case Study. *Proceedings of the 32nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC 32)*, 793–806. <https://doi.org/10.24928/2024/0236>
- Nakazato, Y., & Mizutani, D. (2024). 365-day sectional work zone schedule optimization for road networks considering economies of scale and user cost. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 39(15), 2270–2298. <https://doi.org/10.1111/MICE.13273>
- Negrea, D., Cazacu, C. E., & Conțiu, M. (2023). Innovative Solutions for the Rehabilitation of Bridges Using Flexible Galvanized Steel Structures: A Case Study.

Sustainability 2023, Vol. 15, Page 6200, 15(7), 6200.
<https://doi.org/10.3390/SU15076200>

- Nur Sholeh, M., Fauziyah, S., & Radian Khasani, R. (2020). Effect of Building Information Modeling (BIM) on reduced construction time-costs: a case study. *E3S Web of Conferences*, 202, 02012. <https://doi.org/10.1051/E3SCONF/202020202012>
- Patil, S., Gupta, A., Desai, D. B., & Sajane, A. S. (2013). Causes of delay in Indian transportation infrastructure projects. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 2(11), 71–80.
- Prieto, A., Armijos-Moya, T., & Konstantinou, T. (2024). Renovation process challenges and barriers: addressing the communication and coordination bottlenecks in the zero-energy building renovation workflow in European residential buildings. *Architectural Science Review*, 67(3), 205–217. <https://doi.org/10.1080/00038628.2023.2214520>
- Purushothaman, M. B., & Kumar, S. (2022). Environment, resources, and surroundings based dynamic project schedule model for the road construction industry in New Zealand. *Smart and Sustainable Built Environment*, 11(2), 294–312. <https://doi.org/10.1108/SASBE-08-2021-0145/FULL/XML>
- Rivera, L., Baguec, H., & Yeom, C. (2020). A Study on Causes of Delay in Road Construction Projects across 25 Developing Countries. *Infrastructures*, 5(10), 84. <https://doi.org/10.3390/infrastructures5100084>
- Safapour, E., Kermanshachi, S., Alfasi, B., & Akhavian, R. (2019). Identification of Schedule-Performance Indicators and Delay-Recovery Strategies for Low-Cost Housing Projects. *Sustainability*, 11(21), 6005. <https://doi.org/10.3390/su11216005>
- Salih, F., & El-adaway, I. H. (2024). Quantifying the Impact of Technology Utilization on Schedule and Cost Performance in Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 150(8), 04024078. <https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-14679>
- Sanni-Anibire, M. O., Mohamad Zin, R., & Olatunji, S. O. (2022). Causes of delay in the global construction industry: a meta analytical review. *International Journal of Construction Management*, 22(8), 1395–1407. <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1716132>
- Santoso, D. S., & Soeng, S. (2016). Analyzing Delays of Road Construction Projects in Cambodia: Causes and Effects. *Journal of Management in Engineering*, 32(6). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000467](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000467)
- Suchowerska, R., Loosemore, M., & Barraket, J. (2024). How employment-focused social procurement tackles health inequities: an investigation of Australia's construction industry using determinants of health theory. *Construction Management and Economics*. <https://doi.org/10.1080/01446193.2024.2364219>
- Sun, R., Geng, X., Zhao, L., Wang, Y., & Guo, R. (2023). Research on the Risk-Inducing Factors of Prefabricated Building Design Change Based on Improved DEMATEL-

ISM. *Buildings* 2023, Vol. 13, Page 3036, 13(12), 3036.
<https://doi.org/10.3390/BUILDINGS13123036>

Susanti, R. (2020). Cost overrun and time delay of construction project in Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1444(1), 012050.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1444/1/012050>

Tayeh, B. A., Alaloul, W. S., & Muhaisen, W. B. (2019). Challenges Facing Small-sized Construction Firms in the Gaza Strip. *The Open Civil Engineering Journal*, 13(1), 51–57. <https://doi.org/10.2174/1874149501913010051>

Yang, M., Liu, X., & Li, Z. (2024). 数字基础设施建设能促进劳动力就业吗?——来自“宽带中国”试点政策的证据. *系统工程理论与实践*, 44(1), 190–206.
<https://doi.org/10.12011/SETP2023-1579>

Yılmaz, İ. C., & Tekin, H. (2024). To internalize or not? Addressing key differences between Turkish migrant and native workers in construction employment. *Engineering, Construction and Architectural Management*, ahead-of-print(ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/ECAM-07-2023-0748/FULL/XML>