

Identificación de factores que generan diferencias de tiempo y costos en proyectos de construcción en Colombia

Sara Lozano Serna¹, Ivonne Patiño Galindo², Adriana Gómez-Cabrera³ y Andrés Torres⁴

Recepción: 18-07-2017 | Aceptación: 15-12-2017 | En línea: 15-06-2018

MSC: 62P30

doi:10.17230/ingciencia.14.27.6

Resumen

Los retrasos y sobrecostos en proyectos de construcción son objeto de constante preocupación por parte de los desarrolladores de proyectos, ya que incluso pueden afectar la viabilidad de estos. Por esto, es necesario estudiar las causas, especialmente en Colombia donde las causas generadoras de este tipo de desviaciones no han sido analizadas a profundidad. Esta investigación, realizó inicialmente una revisión de la literatura para identificar causas generadoras de desviaciones en tiempos y costos a nivel mundial. Posteriormente, se realizó una encuesta dirigida a profesionales dedicados al desarrollo de proyectos de construcción en Colombia, para poder conocer en su concepto los factores significativos en la generación de desviaciones en tiempos y costos. Finalmente, se ejecutó un análisis de significancia basado en los factores influyentes, estableciendo las correlaciones entre estos

¹ Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana, sara.lozano@javeriana.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-5095-8984>, Bogotá, Colombia.

² Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana, patinoi@javeriana.edu.co, Bogotá, Colombia.

³ Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana, adrianagomez@javeriana.edu.co, Bogotá, Colombia.

⁴ Facultad de Ingeniería. Pontificia Universidad Javeriana, andres.torres@javeriana.edu.co, Bogotá, Colombia.

y aspectos como magnitud, tipo de proyecto, tamaño de las empresas, entre otros, implementando herramientas estadísticas y computacionales. El estudio arrojó la inadecuada planeación y falta de integración entre profesionales como uno de los factores más influyentes en la fluctuación de costos y tiempos en el país.

Palabras clave: Proyectos de construcción en Colombia; retrasos en la construcción; sobrecostos en la construcción; análisis estadístico.

Identifying Factors Causing Delays and Cost Overruns in Construction Projects in Colombia

Abstract

Construction project delays and cost overruns represent a source of concern for project developers, potentially affecting project feasibility. Thus, it is important to determine the causes of these issues, especially in Colombia where such causes are not well understood. In this research, a literature review was performed to identify causes of time delays and cost overruns around the globe. Subsequently, a survey of project-development professionals in Colombia was carried out in order to ascertain, in their opinion, the significant factors leading to time and cost deviations. Lastly, a statistical significance analysis was reported using the influential factors determined in the previous two steps, in order to establish correlations among these and other aspects, including scale and project type, business size, among others, implementing statistical and computational tools. This paper demonstrates that inadequate planning and lack of integration among professionals are the most significant factors contributing to construction delays and cost overruns in Colombia.

Keywords: Construction projects in Colombia; construction delays; construction cost overruns; statistical analysis.

1 Introducción

Los proyectos de construcción permanentemente se ven enfrentados a dificultades relacionadas con diferencias de tiempos y costos, respecto a la línea base establecida en la etapa de planeación, dos temas fundamentales que constantemente inquietan a los profesionales, y en general a los desarrolladores de proyectos. Aunque es difícil controlar el buen desempeño de las obras civiles debido a la gran cantidad de variables que éstas involucran [1], un previo conocimiento de los factores que más influyen en los cambios de tiempo y costos es de gran ayuda para que los constructores,

o entes encargados de desarrollar proyectos puedan tomar buenas decisiones. Así mismo, para poder determinar acciones pertinentes que permitan minimizar los múltiples efectos negativos que genera esta situación, es determinante estudiar los factores generadores de sobrecostos y retrasos y fortalecer la investigación en este campo [2],[3].

A nivel internacional, la literatura reporta que las desviaciones en tiempos y costos son un factor común tanto en países desarrollados como en vía de desarrollo [4]. Por ejemplo En India [5], Egipto [6],[7], Turquía [8] y Arabia Saudita [9] se reportan excesivas desviaciones en tiempo, mientras que en Malasia se reportan sobrecostos en más del 50 % de los proyectos y múltiples desviaciones en tiempo [10]. En Indonesia se condujo una investigación sobre los factores que representaban retrasos en grandes proyectos de construcción y dentro de los resultados encontrados se obtuvo que los incrementos en tiempo son causados principalmente por cambios en los diseños, baja productividad laboral, planeación inadecuada y escases de recursos [9]. Por su parte, países desarrollados como el Reino Unido, que cuentan con la disponibilidad de múltiples técnicas para el control de proyectos y software avanzado, reportan que muchos proyectos aún no cumplen con las expectativas respecto a tiempo y costo [11]. Se reporta una mayor frecuencia de desviaciones en costos y tiempos en países en vía de desarrollo [12],[13]. Analizando específicamente el tema de desviaciones en tiempos, un factor muy importante reconocido como causa es el error en los diseños [14]. En la Tabla 1 se presenta un resumen detallado de los principales factores que influyen de manera significativa en retrasos de acuerdo con las investigaciones consultadas como referencia del estado del arte en diferentes países.

Respecto a cambios en los costos evaluados en la etapa de planeación con respecto a lo realmente invertido hasta la etapa de entrega de los proyectos, existen múltiples factores que influyen significativamente. Algunos corresponden a factores relacionados con la organización y gestión interna de los proyectos, y otros a factores relacionados con el entorno sociocultural, es decir, el ámbito económico, tecnológico y político dentro de los cuales las organizaciones operan. Una de las investigaciones arrojó como parte de las conclusiones que los países en vía de desarrollo experimentan sobrecostos considerablemente más elevados en comparación con los países desarrollados [15].

Tabla 1: Principales factores que afectan tiempos en proyectos de construcción.

Factor	Artículos
Incumplimiento y problemas en general con subcontratistas	[2],[7],[16],[15][17]
Calamidades climáticas	[16],[18],[19]
Condiciones gubernamentales	[16]
Cambios en el alcance del contrato por parte del dueño	[5],[7],[9],[18],[20]
Escasez de trabajadores	[9],[18],[21]
Mano de obra no calificada	[1],[7],[9],[18],[19],[20]
Mala planeación y programación por parte del contratista	[2],[3],[5],[6],[7],[9],[11],[12],[17],[20],[22]
Falta de comunicación entre las diferentes partes involucradas en los proyectos.	[5],[17]
Fluctuaciones de la moneda	[1]
Cambios en los diseños	[11],[12],[18],[19],[23]
Conflictos laborales y huelgas	[17],[18]

En India, por ejemplo, se encontró que en promedio, entre una muestra de 290 proyectos, existía una excedencia en costos del 73 % [5]. Además, aproximadamente el 40 % de los proyectos reportaban deficiencias en su desempeño. En Nigeria, el 55 % de 137 proyectos presentaron sobrecostos entre rangos de 5 % y 808 % sobre el costo estimado original [24]. En Malasia, la categoría más significativa de los factores que afectan los costos es la inadecuada gestión de obra del contratista, entre las que se incluyen: mala administración y supervisión de obra, trabajo con subcontratistas poco preparados, retrasos en el cronograma, inadecuada planeación de actividades y horarios, falta de experiencia e inadecuada estimación de tiempos y costos [15]. En el Reino Unido, los cinco aspectos más influyentes en el control de tiempos y costos son: cambios en los diseños, riesgos e incertidumbres, inadecuada evaluación de la duración/tiempo del proyecto, complejidad de los trabajos e incumplimiento de los subcontratistas [11]. En Egipto, las causas más recurrentes son problemas relacionados con el contratante o propietario, así como problemas con el contratista, inconvenientes ligados a la parte consultora, manejo de equipos o maquinaria, problemas laborales y percances con los materiales de construcción [7]. En India, las razones de los problemas se identificaron desde adquisición de tierras, inadecuada planificación, mala coordinación, desajuste en el cálculo del presupuesto y falta de seguimiento en los proyectos [25]. En Ghana, un estudio permitió iden-

tificar que no solo los proyectos de infraestructura presentan sobrecostos y retrasos, sino que proyectos relacionado con agua subterránea atraviesan las mismas dificultades y las atribuyen principalmente a la mala planeación de los proyectos [26]. Entre otros aspectos encontrados, se encuentran clima, condiciones impuestas por el gobierno, condiciones del sitio de trabajo, pago incumplido a los trabajadores, inconsistencias en el flujo de caja y lentitud en la toma de decisiones [7]. En la Tabla 2 se muestra un resumen de las principales causas que influyen en costo.

Tabla 2: Principales factores que afectan costos en proyectos de construcción.

Factor	Artículos
Fluctuaciones de la moneda	[16],[15],[18],[18]
Condiciones gubernamentales	[13],[18]
Pago incumplido por parte del dueño del proyecto	[15],[26]
Inadecuada supervisión y dirección del proyecto	[15],[13]
Mala planeación en presupuesto	[11]
Baja productividad de trabajadores	[15],[26]
Incumplimiento de subcontratistas	[15]
Cambios en los diseños	[11],[15],[21]
Falta de comunicación entre las diferentes partes involucradas involucradas en los proyectos.	[15],[25]
Cambios en el alcance del contrato por parte del dueño	[13],[15],[18],[21]

Esta investigación se realizó teniendo en cuenta que las diferencias en tiempos y costos en proyectos de construcción se presentan constantemente en el país, lo que constituye una constante preocupación por parte de los desarrolladores de proyectos. Así mismo, en el país es escasa la literatura reportada que analice el tema, por lo que contar con información que permita identificar los factores más relevantes que generan diferencias de tiempos y costos en proyectos de construcción y poder así determinar acciones de mejora.

2 Materiales y métodos

En la Figura 1 se presenta en resumen una secuencia de la metodología implementada y las herramientas utilizadas durante la investigación.

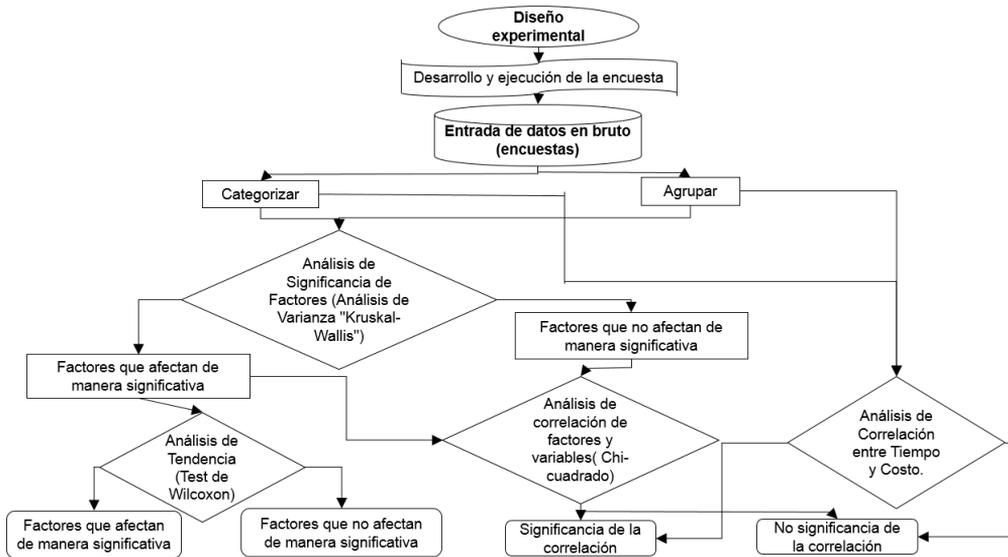


Figura 1: Secuencia metodológica de la investigación.

2.1 Protocolo y recolección de información

Después de haber obtenido una clasificación de los factores a nivel mundial, las dos variables de interés en este estudio se organizaron en tres categorías principales globales (Tabla 3).

Cumplido este paso, se formuló una encuesta que fue dividida en tres secciones. En la primera sección se incluía el perfil de los encuestados y los datos del proyecto. En la siguiente, se indagó sobre la influencia de los factores nombrados en los tres grandes grupos anteriormente especificados (planeación, partes involucradas, agentes externos). En la última, se indagó sobre las variaciones de tiempos y costos en cada proyecto. Imágenes de la encuesta se incluyen en la sección Anexos 1.

Tabla 3: Categorías principales y factores correspondientes.

Planeación	Partes Involucradas	Agentes Externos
Cambios en los diseños una vez son aprobados	Integración de los profesionales en la fase de planeación	Condiciones climáticas
Disponibilidad de materiales a tiempo en obra	Cumplimiento por parte sub-contratistas	Condiciones gubernamentales
Disponibilidad de maquinaria y equipos necesarios a tiempo	Comunicación efectiva entre partes involucradas	Prácticas fraudulentas, corrupción o sobornos
Correcta planeación o estimación del presupuesto	Administración de los recursos monetarios	Fluctuaciones de la moneda
Correcta planeación o estimación del cronograma de actividades	Administración de los materiales disponibles	Catástrofes naturales
Contemplación de riesgos e incertidumbres dentro del margen de imprevistos	Productividad laboral	
Veracidad y confianza de estudios técnicos en caso de haberlos		
Estabilidad del alcance de contratos firmados inicialmente		

2.2 Herramientas estadísticas y computacionales

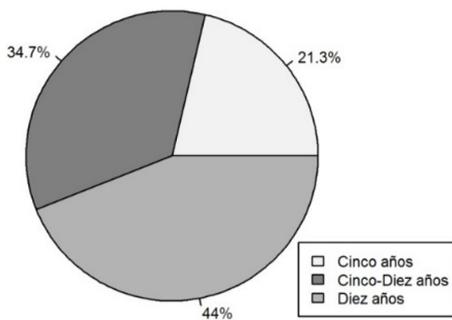
Las preguntas que guiaron el experimento fueron las siguientes: (i) ¿Qué factores globales y/o aspectos afectan de manera significativa la variación de tiempo?; (ii) ¿Qué factores globales y/o aspectos afectan de manera significativa la variación de costo?; (iii) Dentro de estos grandes grupos, ¿qué factores son significativos o explican en mayor medida los cambios en tiempos de los proyectos?; (iv) Dentro de los tres grandes grupos, ¿qué factores son significativos o explican en mayor medida los cambios en costos en los proyectos? Con el objetivo de responder estas preguntas, se seleccionaron los métodos estadísticos listados a continuación, cuya aplicación se realizó mediante el programa R:¹ (i) Prueba de Kruskal-Wallis: es el equivalente no paramétrico del análisis de varianza ANOVA, que puede usarse para determinar la influencia de factores sobre la variabilidad de una variable respuesta [27]; (ii) Prueba de Wilcoxon: es una prueba no paramétrica, equivalente a T-test, el cual se utiliza para establecer si existen diferencias estadísticamente significativas entre las muestras [28]; (iii) Prueba de correlación de Spearman: es una prueba no paramétrica, equivalente a la prueba

¹Disponible en línea: <http://www.r-project.org>

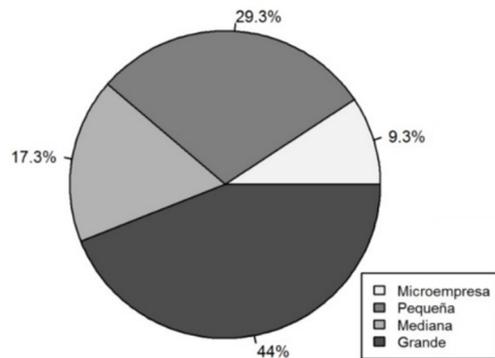
de correlación de Pearson, que se utiliza para establecer el nivel de asociación lineal entre dos variables [29]; (iv) Prueba chi-cuadrado de Pearson: es una prueba no paramétrica que se utiliza para estimar la bondad de ajuste para variables categóricas [30]. Adicionalmente, el diseño experimental se realizó con la técnica de bloques balanceados incompletos aleatorios [31].

3 Resultados

El diseño experimental por bloques incompletos balanceados aleatorios arrojó que se debía obtener información por parte de ocho empresas como mínimo, cada una con 7 proyectos, siendo necesarios al menos 56 proyectos en total para poder desarrollar los métodos estadísticos. En total, fueron enviadas 100 encuestas a empresas y entidades estatales, de las cuales se obtuvo una muestra real de 75 proyectos; con este número de encuestas, se logró superar el mínimo establecido en el diseño experimental. El perfil de los encuestados, empresas y proyectos, se presenta a continuación (Figuras 2a - 2f):



(a) Años de experiencia en el sector de la construcción.



(b) Tamaño de la empresa ejecutora.

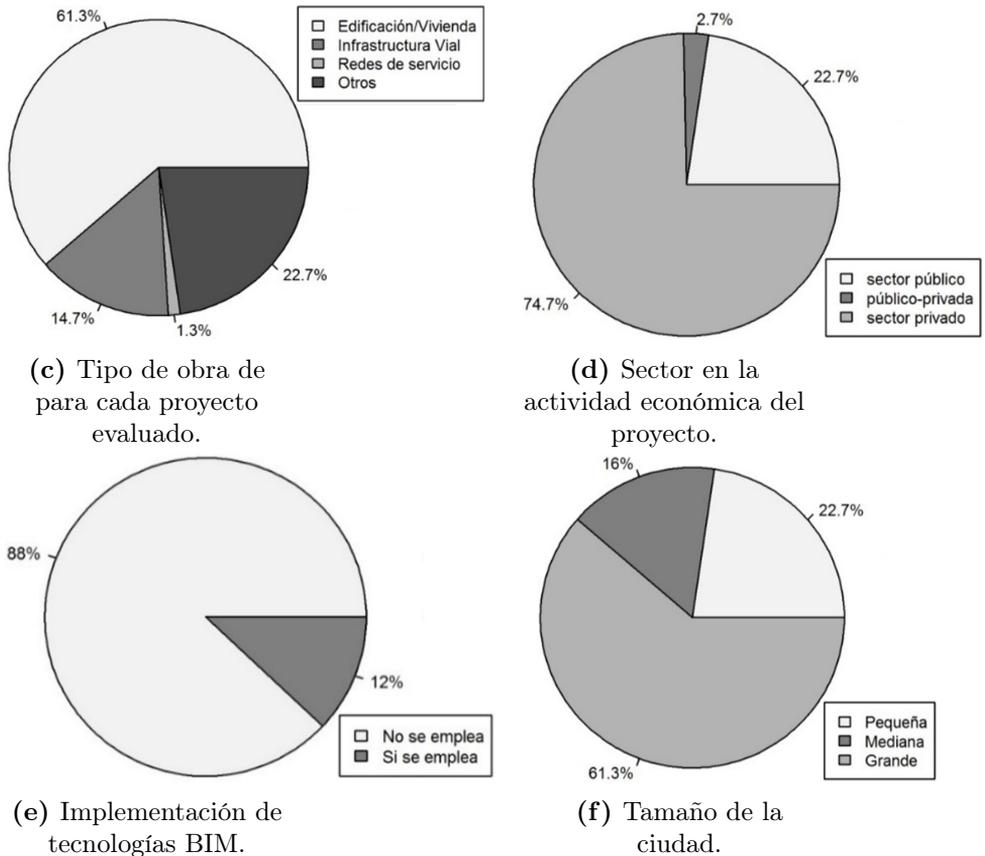


Figura 2: Perfil de los encuestados, empresas y proyectos.

3.1 Análisis de varianza para la variable respuesta tiempo

Por medio del método de análisis de varianza de Kruskal-Wallis, se obtuvo el dato del p-value (que indica significancia de cada factor en caso de ser menor a 0.05) para los factores globales y los datos de los proyectos, los entrevistados y las empresas con las cuales desarrollaron la obra. Además, se obtuvo el porcentaje de varianza explicada para cada factor y para los residuales (Tabla 4).

Tabla 4: Resultados del análisis de Kruskal-Wallis para tiempos. Análisis de grupos globales y aspectos del proyecto y del entrevistado.

Factor	P-value	% de varianza
Planeación	<0.01	58 %
Partes involucradas	0.02	9 %
Agentes externos	0.18	4 %
Experiencia del entrevistado	0.12	5 %
Sector en la actividad económica	0.01	10 %
Tamaño de la ciudad en la que fue ejecutada la obra	0.56	1 %
Tamaño de la empresa	0.70	1 %
Tipo de obra	0.09	4 %
Conocimiento de BIM	0.15	5 %
Clima de la ciudad en la que fue desarrollada la obra	0.65	1 %
Residuales		2 %

Para la variable tiempo, se encontró que planeación, partes involucradas y sector en la actividad económica afectan de manera significativa (valores en color rojo representados en la Tabla 4) las variaciones de tiempo. Sin embargo, todos los factores, excepto el tamaño de la ciudad, clima y tamaño de las empresas, explican la varianza en mayor medida que los residuales, lo que indica que la mayoría de factores tenidos en cuenta en el análisis son adecuados y que no existen otros factores que podrían influir en mayor medida y que no hayan sido tenidos en cuenta. Los factores tenidos en cuenta explican en conjunto cerca del 98 % de la variabilidad del tiempo y hay otros factores no tenidos en cuenta que tan sólo explicarían cerca del 2 % de la varianza (residuales). Podría decirse que como factor general o global, los agentes externos realmente no tienen gran incidencia en los retrasos de las obras.

Con respecto a las características de los proyectos, el sector en la actividad económica se divide en proyectos públicos o privados. Para ambos casos existen múltiples aspectos que generan desviaciones en el cronograma. En proyectos públicos, la competencia en procesos licitatorios genera

que las propuestas no sean debidamente elaboradas, dejando pasar detalles importantes en el cronograma de actividades, así como se afirma en [15], para países en vía de desarrollo. En proyectos privados, los entrevistados mencionan que se presentan inconvenientes en los trámites legales, y de licencias ambientales, así como en la adquisición de tierras, lo cual representa un atraso en el inicio y/o ejecución de los proyectos, coincidiendo con lo reflejado en los estudios de [15] y [3].

Al realizar el análisis de tendencia por el método de Wilcoxon, se encontró que el único factor cuya tendencia puede ser extraída fue la planeación (Figura 3).

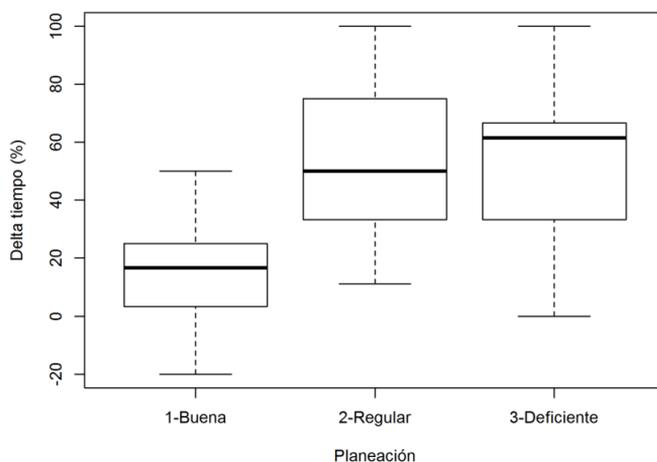


Figura 3: Box plot-Delta de tiempo en porcentaje *vs.* Planeación (buena, regular o deficiente).

De acuerdo con los resultados, cuando la planeación es buena se presentan variaciones de tiempo significativamente menores (Wilcoxon: p -value < 0.05). Sin embargo, no se encuentran diferencias significativas cuando se comparan los casos en los que se tienen una planeación regular con una deficiente, lo cual coincide con lo encontrado en [9],[3],[7],[17] y [20]. En efecto, estos autores reportan que una de las causas más importantes por las que se presentan retrasos es la mala planeación por parte de los contratistas.

Por otro lado, para las partes involucradas y el sector dentro la actividad económica, a pesar de haber resultado significativos según el análisis

de varianza, no fue posible encontrar una tendencia o sentido pues esta vez su p-value fue mayor a 0.05, entonces no podría decirse que en caso de haber buena integración entre las partes se afecte más el tiempo que en caso contrario, pues una buena integración y desempeño por parte de los involucrados puede influir de manera positiva reflejando poca variabilidad en los tiempos finales de los proyectos; pero en otras ocasiones, a pesar de haber buena integración entre las partes involucradas se presenta mucho más tiempo del proyectado inicialmente en las obras. El sector en la actividad económica, por su parte, tampoco presenta una tendencia por lo cual no podría decirse que en proyectos públicos o privados se obtienen tiempos con mayor o menor coincidencia con respecto a los estimados. Al realizar un primer análisis de significancia para los factores de los 3 grupos globales y un segundo análisis incluyendo las características de los proyectos, se encontró que el segundo análisis reiteraba las respuestas del primero y además disminuía el porcentaje de los valores residuales. Para el análisis de los factores que hacen parte de la planeación, las partes involucradas y los agentes externos, la varianza explicada por los residuales fue de 1.5 %, mientras que el análisis de los mismos factores, más las variables de la información de los proyectos arrojó un valor de varianza explicada por los residuales de 0.8 %. Se optó entonces por conservar el segundo análisis, del cual se presentan los resultados en la Tabla 5.

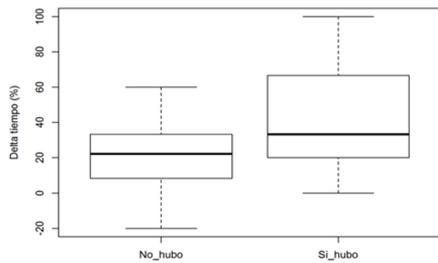
Los factores que influyen de manera significativa en diferencias de tiempo son: cambios en los diseños, falta de materiales y maquinaria, planeación deficiente del cronograma de actividades y presupuesto, y el no contemplar adecuadamente los riesgos. Del mismo modo, los factores significativos dentro de las partes involucradas son: falta de integración de los profesionales involucrados e incumplimiento por parte de subcontratistas. Para los agentes externos, solo las fluctuaciones de la moneda son un factor significativo.

Tabla 5: Resultados del análisis de Kruskal-Wallis para tiempos. Análisis con todos los factores individuales y aspectos del proyecto y del entrevistado.

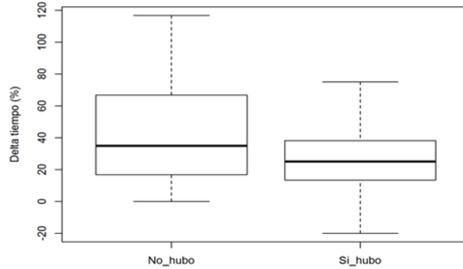
Grupo	Factor	P-value	% de Varianza
Planeación	Cambios en diseños	<0.01	9 %
	Falta de materiales	0.01	5 %
	Falta de maquinaria	<0.01	14 %
	Planeación de presupuesto inadecuada	0.02	5 %
	Planeación de cronograma inadecuada	<0.01	21 %
	Riesgos e incertidumbres no contemplados	0.03	4 %
	Estudios técnicos inapropiados	0.91	<1 %
	Cambios en el alcance del contrato	0.14	2 %
Partes involucradas	Falta de integración de los profesionales	0.04	3 %
	Incumplimiento de subcontratistas	0.02	5 %
	Inefectiva comunicación entre las partes	0.38	<1 %
	Incorrecta administración de recursos monetarios	0.02	5 %
	Incorrecta administración de materiales disponibles	0.90	<1 %
	Productividad laboral inadecuada	0.98	<1 %
Agentes externos	Condiciones climáticas no propicias	0.89	<1 %
	Afectación por condiciones gubernamentales	0.32	<1 %
	Prácticas fraudulentas, corrupción o soborno	0.13	2 %
	Fluctuaciones de la moneda	<0.01	6 %
	Catástrofes naturales	0.49	<1 %
Otros Aspectos	Experiencia del entrevistado	<0.01	4 %
	Sector en la actividad económica	<0.01	6 %
	Tamaño de la ciudad	0.39	<1 %
	Tamaño de la empresa	0.48	<1 %
	Tipo de Proyecto	0.02	2 %
	Conocimiento de BIM	0.11	2 %
	Clima de la ciudad	0.44	<1 %
Residuales			<1 %

De las otras variables evaluadas, resultó significativa la influencia de la experiencia del entrevistado, el sector de la actividad económica y finalmente el tipo de proyecto. Implementado nuevamente el método de Wilcoxon, se observó que en el factor global de planeación, para todos los

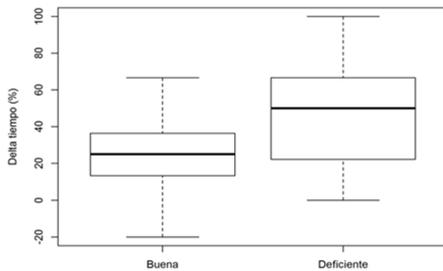
factores internos significativos obtenidos mediante el análisis de varianza de Kruskal-Wallis fue posible extraer tendencias (Figura 4).



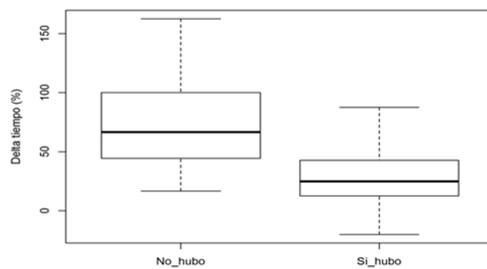
(a) Cambios en los diseños.



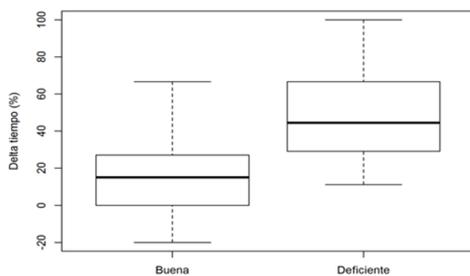
(b) Materiales disponibles.



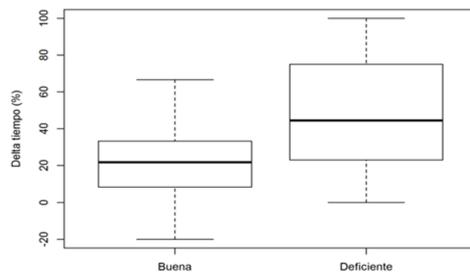
(c) Planeación de presupuesto.



(d) Maquinaria adecuada a tiempo.



(e) Planeación de cronograma.



(f) Contemplación de riesgos dentro del margen de imprevistos.

Figura 4: Perfil de los encuestados, empresas y proyectos.

Para los casos de proyectos en los que se presentaron cambios en los diseños, deficiente planeación del cronograma y presupuesto, escasez de materiales y maquinaria y ausencia de identificación de riesgos, se obtienen diferencias mayores (Wilcoxon: $p\text{-value} < 0.05$). Estos resultados coinciden con lo encontrado en diferentes investigaciones, como por ejemplo el realizado en [18] para proyectos de infraestructura vial en Zambia, y [9] en su estudio. Además, [21] y [18] encuentran la falta de materiales necesarios en obra como otra de las razones que generan tiempos extras, a diferencia de los resultados del análisis en [7], donde la falta de materiales es de los factores menos influyentes en la variación del tiempo de ejecución de un proyecto.

Por otro lado, la significancia del factor de subestimación de riesgos, ratifica los hallazgos del estudio en [11], en el cual este es un aspecto importante que inhibe el cumplimiento de los objetivos propuestos en los proyectos. Dentro de los factores que explican la significancia de las partes involucradas, solo es posible establecer tendencias para la falta de integración de los profesionales, donde una integración deficiente es significativamente influyente (Wilcoxon: $p\text{-value} < 0.05$) en los retrasos de los proyectos, tal como se muestra en la Figura 5.

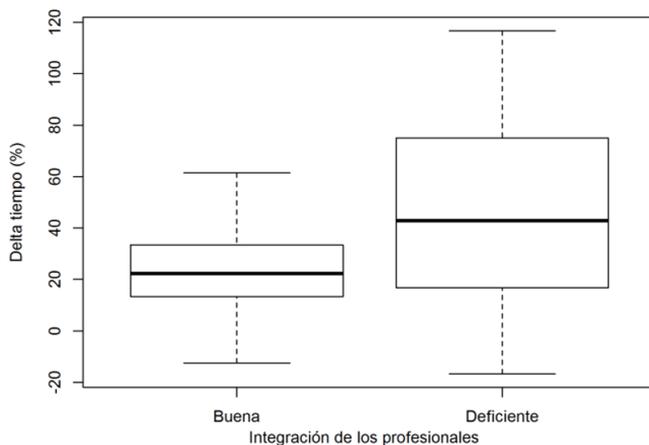


Figura 5: Box plot-Delta de Tiempo en porcentaje *vs.* Integración de los profesionales (Buena o Deficiente)

En [5] mencionan además que, en las partes involucradas de los proyectos, la falta de compromiso de los trabajadores es un factor crítico que se ve reflejado en el incumplimiento en las fechas de finalización de los proyectos, los entrevistados también manifiestan que definitivamente la falta de pertenencia y trabajo en equipo en pro de un objetivo final, son determinantes. La significancia de la integración de los profesionales, se relaciona con el estudio en [25], el cual reporta que la coordinación entre los diferentes profesionales es uno de los factores críticos que afecta el cronograma de actividades.

Finalmente, se encontró dentro de los aspectos independientes a los factores y concernientes a las características que los proyectos, que la fluctuación de la moneda es un factor que desestabiliza de manera significativa los tiempos o cronogramas.

A esta misma conclusión se llegó en [26] en Ghana donde el aumento de los costos de los materiales, debido a la devaluación de la moneda local, representa aumentos tanto de tiempo como de costos. En la Figura 6 se presenta la tendencia de la fluctuación de la moneda contra la variación del tiempo.

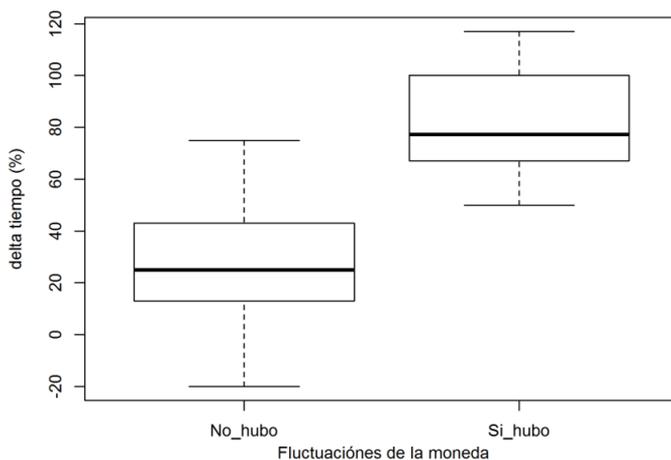


Figura 6: Box plot-Delta de Tiempo en porcentaje *vs.* Fluctuación de la moneda (Ausencia o existencia)

Para los otros factores evaluados, como son la experiencia, el sector de la economía dentro del cual se desarrolló la obra y el tipo de proyecto, no fue posible establecer tendencias debido a la no significancia de estos valores dentro del análisis de Wilcoxon. En resumen, en la Tabla 6 se presentan los 10 factores más influyentes en las variaciones de tiempo.

Tabla 6: Top 10 de los factores más influyentes en las variaciones de tiempo.

No.	Grupo al que pertenece	Factor	% varianza
1	Planeación	Planeación de cronograma inadecuada	21 %
2	Planeación	Falta de maquinaria	14 %
3	Planeación	Cambios en diseños	9 %
4	Agentes externos	Fluctuaciones de la moneda	6 %
5	Otros aspectos	Sector en la actividad económica	6 %
6	Planeación	Falta de materiales	5 %
7	Planeación	Planeación de presupuesto inadecuada	5 %
8	Partes involucradas	Incumplimiento de subcontratistas	5 %
9	Partes involucradas	Incorrecta administración de recursos monetarios	5 %
10	Otros aspectos	Experiencia del entrevistado	4 %

3.2 Análisis de Varianza para la variable respuesta costo

Realizando nuevamente el análisis de varianza por el método de Kruskal-Wallis, se obtuvieron datos del p-value, el porcentaje de varianza explicada de cada factor y los residuales (Tabla 7).

La planeación y el sector en la actividad económica afectan de manera significativa el costo del proyecto, con una explicación del 44 % del total (valores en color rojo representados en la Tabla 7). Sin embargo, los demás factores representan de igual forma un buen porcentaje de respuesta, excepto tamaño de las empresas que tiene el menor porcentaje de participación. Los factores estudiados explican en conjunto más del 95 % de la varianza, lo que indica que: (i) estos factores se relacionan con la variación del costo, a pesar que no todos influyan de manera significativa; (ii) el planteamiento del ejercicio es adecuado (selección de factores), toda vez que el porcentaje de varianza explicada por los residuales es inferior al 5 %. Bajo el análisis de tendencia, únicamente la planeación mostró una estructura: cuando es deficiente, las variaciones del presupuesto tienden a aumentar de manera significativa (Wilcoxon: $p\text{-value} < 0.05$), como se observa en la Figura 7. Sin

embargo, para los casos en que se tiene una planeación regular a buena, no existen diferencias significativas en cuanto al costo.

Tabla 7: Resultados del análisis de Kruskal-Wallis para costos. Análisis de grupos globales y aspectos del proyecto y del entrevistado.

Factor	Costo	
	P-value	% de varianza
Planeación	<0.01	26 %
Partes involucradas	0.23	7 %
Agentes externos	0.11	13 %
Experiencia del entrevistado	0.06	14 %
Sector en la actividad económica	0.03	18 %
Tamaño de la ciudad en la que fue ejecutada la obra	0.43	4 %
Tamaño de la empresa	0.96	0 %
Tipo de obra	0.12	8 %
Conocimiento de BIM	0.51	2 %
Clima de la ciudad en la que fue desarrollada la obra	0.46	4 %
Residuales		5 %

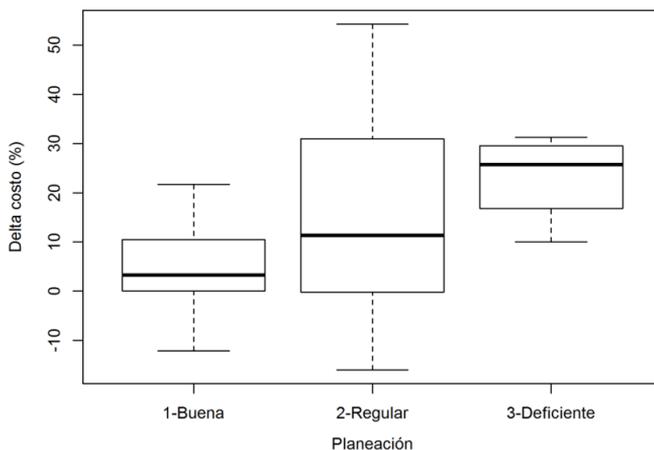


Figura 7: Box plot-Delta de Costo en porcentaje vs. Planeación (buena, regular o deficiente)

Tabla 8: Resultados del análisis de Kruskal-Wallis para costos. Análisis con todos los factores individuales y aspectos del proyecto y del entrevistado.

Grupo al que pertenece		Factor	Costo	
			P-value	% de varianza
Planeación	Cambios en diseños	0.29	3 %	
	Falta de materiales	<0.01	28 %	
	Falta de maquinaria	0.26	3 %	
	Planeación de presupuesto inadecuada	0.85	0 %	
	Planeación de cronograma inadecuada	0.25	3 %	
	Riesgos e incertidumbres no contemplados	0.99	0 %	
	Estudios técnicos inapropiados	0.35	2 %	
	Cambios en el alcance del contrato	0.17	4 %	
Partes involucradas	Falta de integración de los profesionales	0.98	0 %	
	Incumplimiento de subcontratistas	0.27	3 %	
	Inefectiva comunicación entre las partes	0.05	9 %	
	Incorrecta administración de recursos monetarios	0.92	0 %	
	Incorrecta administración de materiales disponibles	0.37	2 %	
	Productividad laboral inadecuada	0.14	5 %	
Agentes externos	Condiciones climáticas no propicias	0.93	0 %	
	Afectación por condiciones gubernamentales	0.26	3 %	
	Prácticas fraudulentas. corrupción o soborno	0.09	7 %	
	Fluctuaciones de la moneda	0.08	7 %	
	Catástrofes naturales	0.93	0 %	
Otros aspectos	Experiencia del entrevistado	0.23	3 %	
	Sector en la actividad económica	0.3	3 %	
	Tamaño de la ciudad en la que fue ejecutada la obra	0.36	2 %	
	Tamaño de la empresa	0.66	1 %	
	Tipo de Proyecto	0.03	6 %	
	Conocimiento de BIM	0.51	1 %	
	Clima de la ciudad en la que fue desarrollada la obra	0.29	3 %	
Residuales			2 %	

En el análisis de tiempos y costos, el factor de planeación resulta comúnmente significativo en la variación, lo que se traduce en que la planeación deficiente repercute en los proyectos generando diferencias de tiempo y costo, similar a lo encontrado en el estudio en [11]. Cuando se estudian únicamente los factores que conforman los globales, el porcentaje de residuales alcanza un valor de 3%, mientras que cuando se evalúan los mismos factores junto con las características de los proyectos y entrevistados, se obtiene un valor de residuales igual al 2% (realizando también los dos estudios como se hizo para el estudio del tiempo). De la misma forma se obtuvo que el segundo análisis contempla los mismos factores significativos del primero y refleja que hay otros aspectos además de los factores globales que también son importantes a la hora de explicar los sobrecostos de los proyectos. (Tabla 8)

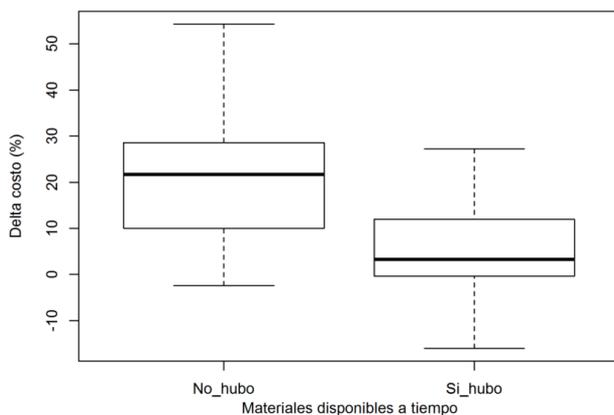


Figura 8: Box plot-Delta de Costo en porcentaje *vs.* Materiales disponibles a tiempo (Ausencia o existencia).

Según este análisis, dentro del grupo de planeación solo hay un factor que influye de manera significativa sobre los costos, que corresponde a la falta de materiales necesarios a tiempo. Del mismo modo, se encontró significativamente influyente el sector de la economía dentro del cual se desarrolla el proyecto. Sin embargo, solo para la disponibilidad o ausencia de materiales fue posible establecer tendencias claras como se observa en la Figura 8. Se hace evidente la relación directa que existe entre la ausencia

de materiales a tiempo y el incremento en las variaciones del costo.

Sintetizando estos resultados, en la Tabla 9 se presentan los 10 factores más influyentes en las variaciones de costo. Se hace incuestionable el grado de incidencia en el aumento de costos que tiene el no contar con los materiales a tiempo, y además, cabe resaltar la participación de todos los agentes globales dentro de los principales factores influyentes en las variaciones de costo; es decir, que los cambios en costos dependen o encierran todos los grupos en igual medida, a diferencia de lo concluido para la variable de tiempo, en la que se hace notoria una inclinación hacia los factores dentro de la planeación. En este mismo sentido, comparando los resultados que explican la divergencia en costos con respecto a los factores más influyentes en el tiempo y los residuales obtenidos en cada estudio, se puede decir, que el costo presenta mayor variabilidad y que es posible que existan algunos factores que no fueron contemplados.

Tabla 9: Top 10 de los factores influyentes en las variaciones de costos.

No.	Grupo al que pertenece	Factor	% varianza
1	Planeación	Falta de materiales	28 %
2	Partes involucradas	Falta de comunicación entre las partes	9 %
3	Agentes externos	Fluctuaciones de la moneda	7 %
4	Agentes externos	Prácticas fraudulentas	7 %
5	Otros aspectos	Tipo de proyecto	6 %
6	Partes involucradas	Productividad laboral inadecuada	5 %
7	Planeación	Cambios en el alcance del contrato	4 %
8	Otros aspectos	Experiencia del entrevistado	3 %
9	Planeación	Planeación de cronograma inadecuada	3 %
10	Planeación	Falta de maquinaria	3 %

3.3 Pruebas de correlación entre los deltas de tiempo y los deltas de costo

La investigación incluyó la realización de una serie de correlaciones correlación por medio del método de Spearman. El valor del p-value para este ensayo reveló que existe una correlación significativa ($p\text{-value} < 0.05$). Del mismo modo, el coeficiente arrojado demuestra que esta correlación es positiva, como se ilustra en la Figura 9. Esto quiere decir que el crecimiento o decrecimiento en una de las variables conlleva a un cambio en el mismo sentido en la otra variable.

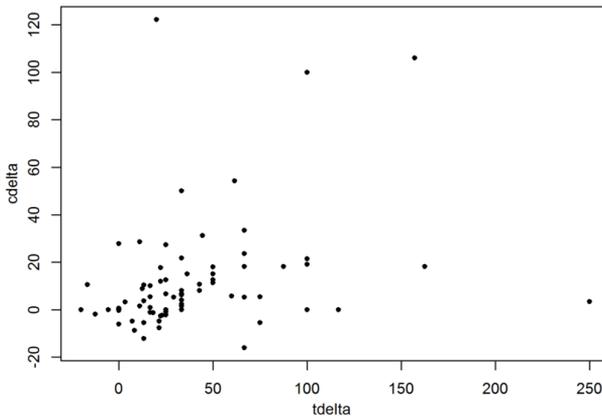


Figura 9: Correlación entre tiempo y costo.

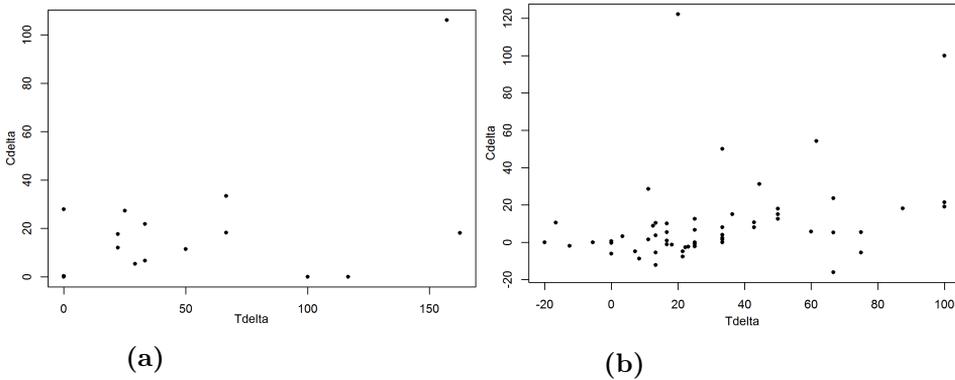


Figura 10: Correlación entre tiempo y costo para proyectos desarrollados en el sector privado (b) y en el sector Público (a).

Analizando la correlación entre tiempo y costo para el sector de la actividad económica dentro del cual se desarrollan los proyectos, se obtuvo, para el sector público independencia entre estas dos variables estudiadas (Figura 10a). No obstante, para el sector privado se demostró la existencia de una correlación significativa y positiva para los mismos (Figura 10b). Estos resultados coinciden con lo manifestado en algunas de las entrevistas por parte de los profesionales a cargo, quienes mencionaban que, en los proyectos públicos, nunca hubo una ampliación en el presupuesto inicial

después de adjudicado el contrato, pues el presupuesto supone haber sido estudiado minuciosamente por las entidades contratantes. Por otro lado, aunque se vele por no incurrir en prórrogas en contratación pública, en muchos de los casos, existe una conciliación entre los contratistas y el estado para lograr extensiones en los tiempos de entrega. Lo anterior podría explicar el hecho que no se presente una correlación significativa entre el tiempo y el costo en proyectos públicos, dado que la variación en el tiempo no siempre representa variación en el costo. En cuanto al sector privado, la correlación se manifiesta, en que el aumento en el tiempo implica por lo general aumento en los costos, puesto que a medida que se excede el plazo inicial, se genera un incremento en el costo de mano de obra, maquinaria, servicios, entre otros. Además, algunos revelaron que, para cumplir con el tiempo de entrega planeado, a veces era necesario pasar por alto los límites de los recursos económicos, lo cual repercutía en las variaciones negativas en costo.

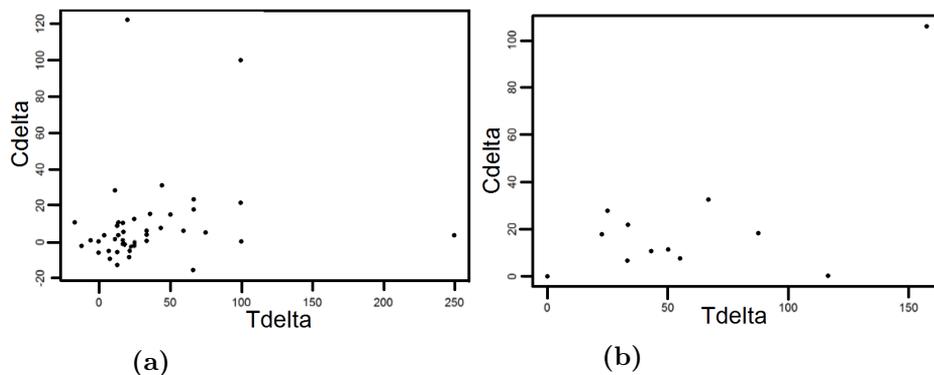


Figura 11: Correlación entre tiempo y costo para obras de infraestructura vial (b) y para obras de edificación y vivienda (a)

Se preguntó a continuación, si estas dependencias de variables existían o eran significativas para algún tipo de obra en especial. Los resultados demuestran la existencia de una correlación significativa para las obras de edificaciones y vivienda, con tendencia positiva (Figura 11b) y la ausencia de esta correlación para los casos de las obras de infraestructura vial (Figura 11a). Este resultado corrobora lo descrito anteriormente, donde la correlación significativa existente en obras de edificación y vivienda puede

estar explicada en el hecho de que este tipo de obras corresponden al sector privado. En cambio, las obras de infraestructura vial, se manejan en la mayoría de los casos bajo el ámbito del sector público.

3.4 Análisis de correlación entre diferentes variables y factores estudiados

Al aplicar la prueba Chi-cuadrado de Pearson para la variable respuesta tiempo, se obtuvo que la correlación entre el clima de las ciudades y la productividad laboral fue nula. Para la variable de costo tampoco se presentó correlación, es decir que no hay dependencia entre el clima de las ciudades y la productividad laboral que implique necesariamente un aumento o decremento del costo de los proyectos. Se obtuvo que no existe correlación entre la falta de integración de los profesionales y los cambios en los diseños, ni para tiempo, ni para costo. Según los resultados del análisis de significancia de factores, el cambio en los diseños es uno de los más recurrentes y significativos en la variación del tiempo, pero esto no necesariamente se debe a que en los proyectos la integración por parte de los profesionales sea deficiente. Los cambios en los diseños son un aspecto que se presenta en la mayoría de proyectos y puede deberse a diferentes factores. No existe correlación entre las prácticas fraudulentas y el sector en la actividad económica. No hay correlación entre la variable del uso de tecnologías BIM y el factor de la falta de integración entre profesionales. Esto puede deberse a que, según el resultado de las encuestas, el porcentaje de empresas que usan BIM dentro de la muestra total es aproximadamente el 12%, lo que realmente no representa un porcentaje significativo. Se obtuvo entre los resultados que para los cambios de tiempo, existe una asociación positiva, débil entre las fluctuaciones de la moneda y la falta de materiales y equipos oportunamente en obra. Esto coincide con la hipótesis planteada que sugiere que las constantes fluctuaciones de la moneda, sobre todo en los últimos años, han afectado de manera directa la adquisición de materiales y equipos necesarios para llevar a cabo actividades esenciales en la continuidad y ritmo esperado de la obra, influyendo negativamente en el tiempo de ejecución neto. Paradójicamente, en el caso del costo, no hay asociación entre la fluctuación de la moneda y la falta de materiales o equipos. A continuación, en la Tabla 10 se presentan los resultados del análisis de correlación.

Tabla 10: Resumen de coeficientes de correlación entre variables y factores.

Factores y variables a evaluar	Variable analizada	Coefficiente Phi	Coefficiente de contingencia	Coefficiente V de Cramer
Clima de la ciudades	Productividad laboral	NA	0.146	0.147
Cambios en los diseños	Falta de integración entre profesionales	NA	0.014	0.014
Prácticas fraudulentas	Sector económico en el que se desarrollan los proyectos	0.039	0.039	0.039
Aplicaciones de tecnologías BIM	Integración entre los profesionales	0.101	0.1	0.101
Fluctuaciones de la moneda	Materiales necesarios a tiempo	NA	0.155	0.157
Fluctuaciones de la moneda	Maquinaria necesaria a tiempo	NA	0.13	0.131
		0.169	0.166	0.169
		0.056	0.056	0.056
		0.382	0.357	0.382
		0.125	0.124	0.125
		0.345	0.326	0.345
		0.118	0.117	0.118

4 Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos en las encuestas, análisis de datos y la revisión de la literatura previa, se presentan a continuación las conclusiones a las que fue posible llegar.

Los cinco aspectos más representativos en la variación del tiempo de ejecución de proyectos en Colombia son la planeación del cronograma, la maquinaria necesaria a tiempo, los cambios en los diseños, las fluctuaciones de la moneda y el sector dentro de la actividad económica. De acuerdo con estos resultados se percibe una tendencia de participación del factor general de planeación, lo cual confirma este factor global como uno de los más influyentes en la variabilidad del tiempo. Se puede afirmar, además, que el sector económico en el que se desenvuelven los proyectos no es indiferente en el incremento del tiempo, y que en proyectos de construcción la incertidumbre de los riesgos a los que se está expuesto es muy elevada, pues a pesar de tener el control de algunas variables, existen agentes externos como las fluctuaciones de la moneda que no dependen de cada empresa y son impredecibles en la mayoría de los casos.

Sería entonces de gran importancia, dedicar el tiempo y la atención necesarios en la etapa inicial de concepción, planeación y diseño de proyectos, adoptando como primera medida un enfoque exclusivo al análisis y definición de los posibles riesgos e imprevistos que se tengan que enfrentar a lo largo de un proyecto, con el objetivo de formar profesionales y empresas capaces de estimar y prevenir de manera aproximada las consecuencias de cada riesgo. En efecto, también es fundamental para la planeación, desarrollar investigaciones que profundicen en la búsqueda de los factores intrínsecos a la afectación del tiempo en proyectos públicos y privados, pues a pesar de obtener por medio de este estudio que el sector en la actividad económica afecta de manera significativa la desviación, no fue posible establecer una tendencia o sentido a esta variable.

Con relación a la variación del costo en los proyectos, los cinco factores más influyentes son la falta de materiales necesarios a tiempo, la falta de comunicación entre las partes involucradas, las fluctuaciones de la moneda, las prácticas fraudulentas y el tipo de proyecto. A diferencia de los resultados en el tiempo, para la variable de costo se obtuvo explicación por parte de todos los factores globales y no solamente el factor de pla-

neación, lo que indica que en proyectos de construcción en Colombia, el comportamiento del costo involucra constantemente aspectos importantes de todas las etapas del proyecto. La falta de integración entre las partes involucradas desempeña un papel importante en la explicación, pues en algunas oportunidades se generan incompatibilidades en los documentos del proyecto, así como deficiencias o incoherencias en los diseños y muchas veces no se buscan opciones económicamente convenientes para el proyecto. Por otro lado, la falta de materiales a tiempo, es una consecuencia que de fondo puede indicar falta de planeación y sobre todo de control por parte de los profesionales. Los efectos de no contar con los materiales cuando se necesitan, se manifiestan en que ante la premura y necesidad de no afectar actividades críticas, la solución a veces es pagar un mayor costo por obtener lo que no llegó a tiempo. Las fluctuaciones de la moneda significan principalmente que los precios de muchos insumos pueden variar de forma tal que influyen en el presupuesto establecido. Cuando se presenta devaluación de la moneda local, generalmente los materiales o equipos tienden a incrementar el costo, fenómeno que se ha visto en los últimos años, sobre todo porque actualmente en el campo de la construcción en Colombia se utilizan diferentes productos y servicios provenientes del exterior. De las prácticas fraudulentas no fue posible encontrar una tendencia bajo los parámetros de esta investigación, pero sí se hace evidente que la problemática existe y afecta en cierta medida el costo de los proyectos de construcción. Sobre el tipo de proyecto, tampoco fue posible establecer una tendencia, por lo cual se invita a desarrollar nuevas investigaciones que estudien más a fondo los factores influyentes limitándose a cada tipo de proyecto.

Como recomendaciones, sería importante reforzar la formación en planificación y programación detallada de proyectos, y durante la etapa constructiva llevar un control minucioso del presupuesto y los pedidos de material para garantizar la continuidad de la obra. Dentro de la planeación, sería también interesante desarrollar e implementar modelos de integración entre los profesionales involucrados, definiendo roles objetivamente y cumpliendo con estos de la manera más aproximada; además sería útil implementar tecnologías de modelación de proyectos que permitan integrar el trabajo de diseño y construcción de los profesionales involucrados y hacerse una idea del resultado final, identificando posibles riesgos. Las fluctuaciones de la moneda, al no poder controlarse, deberían contemplarse como

punto relevante dentro del margen de imprevistos, lo que corresponde nuevamente con una buena planeación inicial. Finalmente, resultaría valioso centrar esfuerzos en la lucha contra la corrupción y las prácticas fraudulentas en proyectos de construcción, que impiden el progreso de países en vía de desarrollo como Colombia.

Referencias

- [1] A. Enshassi, S. Mohamed, and S. Abushaban, “Factors affecting the performance of construction projects in the gaza strip,” *Journal of Civil Engineering and Management*, vol. 15, no. 3, pp. 269–280, 2009. [Online]. Available: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3846/1392-3730.2009.15.269-280> 118, 120
- [2] P. González, V. González, K. Molenaar, and F. Orozco, “Analysis of causes of delay and time performance in construction projects,” *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 140, no. 1, p. 04013027, 2014. [Online]. Available: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000721](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000721) 119, 120
- [3] H. Doloi, “Cost overruns and failure in project management: Understanding the roles of key stakeholders in construction projects,” *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 139, no. 3, pp. 267–279, 2013. [Online]. Available: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000621](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000621) 119, 120, 127
- [4] E. Muianga, A. Granja, and J. Andrade Ruiz, “Influence factors on cost and time overruns in mozambicans construction projects: Preliminary findings,” 11 2014. 119
- [5] H. Doloi, A. Sawhney, K. Iyer, and S. Rentala, “Analysing factors affecting delays in indian construction projects,” *International Journal of Project Management*, vol. 30, no. 4, pp. 479 – 489, 2012. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263786311001384> 119, 120, 132
- [6] M. E. A. El-Razek, H. A. Bassioni, and A. M. Mobarak, “Causes of delay in building construction projects in egypt,” *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 134, no. 11, pp. 831–841, 2008. [Online]. Available: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2008\)134:11\(831\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2008)134:11(831)) 119, 120

- [7] M. M. Marzouk and T. I. El-Rasas, “Analyzing delay causes in egyptian construction projects,” *Journal of Advanced Research*, vol. 5, no. 1, pp. 49 – 55, 2014. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S209012321200104X> 119, 120, 121, 127, 131
- [8] M. Gündüz, Y. Nielsen, and M. Özdemir, “Quantification of delay factors using the relative importance index method for construction projects in turkey,” *Journal of Management in Engineering*, vol. 29, no. 2, pp. 133–139, 2013. [Online]. Available: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000129](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000129) 119
- [9] S. A. Assaf and S. Al-Hejji, “Causes of delay in large construction projects,” *International Journal of Project Management*, vol. 24, no. 4, pp. 349 – 357, 2006. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263786305001262> 119, 120, 127, 131
- [10] Z. Shehu, I. R. Endut, and A. Akintoye, “Factors contributing to project time and hence cost overrun in the malaysian construction industry,” *Journal of Financial Management of Property and Construction*, vol. 19, no. 1, pp. 55–75, 2014. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1108/JFMPC-04-2013-0009> 119
- [11] Y. A. Olawale and M. Sun, “Cost and time control of construction projects: inhibiting factors and mitigating measures in practice,” *Construction Management and Economics*, vol. 28, no. 5, pp. 509–526, 2010. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/01446191003674519> 119, 120, 121, 131, 136
- [12] A. Tarhini, M. Fakih, M. Arzoky, and T. Tarhini, “Designing guidelines to discover causes of delays in construction projects: The case of lebanon,” *International Business Research*, vol. 8, no. 6, pp. 73–88, 2015. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.5539/ibr.v8n6p73> 119, 120
- [13] R. Apolot, H. Alinaitwe, and D. Tindiwensi, “An investigation into the causes of delay and cost overrun in uganda’s public sector construction projects,” *International Business Research*, vol. 18, no. 2, pp. 33–47, 2013. [Online]. Available: [http://web.usm.my/jcdc/vol18_2_2013/JCDC%2018\(2\)%202013-Art.%203%20\(33-47\).pdf](http://web.usm.my/jcdc/vol18_2_2013/JCDC%2018(2)%202013-Art.%203%20(33-47).pdf) 119, 121
- [14] R. Lopez and P. E. D. Love, “Design error costs in construction projects,” *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 138, no. 5, pp. 585–593, 2012. [Online]. Available: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000454](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000454) 119
- [15] A. H. Memon and I. A. Rahman, “Sem-pls analysis of inhibiting factors of cost performance for large construction projects in malaysia: Perspective of

- clients and consultants,” *The Scientific World Journal*, vol. 2014, no. 2014, pp. 1 – 9, 2014. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/165158> 119, 120, 121, 127
- [16] K. Ahsan and I. Gunawan, “Analysis of cost and schedule performance of international development projects,” *International Journal of Project Management*, vol. 28, no. 1, pp. 68 – 78, 2010. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263786309000337> 120, 121
- [17] M. Sambasivan and Y. W. Soon, “Causes and effects of delays in malaysian construction industry,” *International Journal of Project Management*, vol. 25, no. 5, pp. 517 – 526, 2007. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263786306001700> 120, 127
- [18] C. Kaliba, M. Muya, and K. Mumba, “Cost escalation and schedule delays in road construction projects in zambia,” *International Journal of Project Management*, vol. 27, no. 5, pp. 522 – 531, 2009. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263786308000951> 120, 121, 131
- [19] M. Gluszak and A. Lesniak, “Construction delays in clients opinion – multivariate statistical analysis,” *Procedia Engineering*, vol. 123, pp. 182 – 189, 2015, selected papers from Creative Construction Conference 2015. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815031768> 120
- [20] G. Sweis, R. Sweis, A. A. Hammad, and A. Shboul, “Delays in construction projects: The case of jordan,” *International Journal of Project Management*, vol. 26, no. 6, pp. 665 – 674, 2008. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263786307001573> 120, 127
- [21] M. A. Kadir, W. Lee, M. Jaafar, S. Sapuan, and A. Ali, “Factors affecting construction labour productivity for malaysian residential projects,” *Structural Survey*, vol. 23, no. 1, pp. 42–54, 2005. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1108/02630800510586907> 120, 121, 131
- [22] J. K. Larsen, G. Q. Shen, S. M. Lindhard, and T. D. Brunoe, “Factors affecting schedule delay, cost overrun, and quality level in public construction projects,” *Journal of Management in Engineering*, vol. 32, no. 1, p. 04015032, 2016. [Online]. Available: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000391](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000391) 120

- [23] A. Kazaz, S. Ulubeyli, and N. A. Tuncbilekli, “Causes of delays in construction projects in turkey,” *Journal of Civil Engineering and Management*, vol. 18, no. 3, pp. 426–435, 2012. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3846/13923730.2012.698913> 120
- [24] O. A. Olatunji, “A comparative analysis of tender sums and final costs of public construction and supply projects in nigeria,” *Journal of Financial Management of Property and Construction*, vol. 13, no. 1, pp. 60–79, 2008. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1108/13664380810882084> 120
- [25] K. Iyer and K. Jha, “Factors affecting cost performance: evidence from indian construction projects,” *International Journal of Project Management*, vol. 23, no. 4, pp. 283 – 295, 2005. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2004.10.003> 120, 121, 132
- [26] Y. Frimpong, J. Oluwoye, and L. Crawford, “Causes of delay and cost overruns in construction of groundwater projects in a developing countries; ghana as a case study,” *International Journal of Project Management*, vol. 21, no. 5, pp. 321 – 326, 2003. [Online]. Available: [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(02\)00055-8](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00055-8) 121, 132
- [27] P. E. McKnight and J. Najab, *Mann-Whitney U Test*. American Cancer Society, 2010, pp. 1–1. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1002/9780470479216.corpsy0524> 123
- [28] I. C. A. Oyeka and G. U. Ebuh, “Modified wilcoxon signed-rank test,” *International Journal of Project Management*, vol. 2, no. 2, pp. 172 – 176, 2012. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.4236/ojs.2012.22019> 123
- [29] T. W. MacFarland and J. M. Yates, *Spearman’s Rank-Difference Coefficient of Correlation*. Cham: Springer International Publishing, 2016, pp. 249–297. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-319-30634-6_8 124
- [30] M. L. McHugh, “The chi-square test of independence,” *Biochemia Medica*, vol. 23, no. 2, pp. 143 – 149, 2013. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.11613/BM.2013.018> 124
- [31] R. de Cássia dos Santos Navarro da Silva, V. P. R. Minim, A. N. da Silva, A. A. Simiqueli, S. M. D. Lucia, and L. A. Minim, “Balanced incomplete block design: an alternative for data collection in the optimized descriptive profile,” *Food Research International*, vol. 64, pp. 289 – 297, 2014. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.06.042> 124

Anexos 1: Encuestas

Perfil de los Encuestados y datos del proyecto

En esta sección se pretende conocer acerca de las personas encuestadas y del proyecto desarrollado. Tenga presente que esta encuesta se debe contestar con la información de UN solo proyecto.

Indique el número de años de experiencia en el sector de la construcción. *

- Menos de 5 años
- De 5 a 10 años
- Más de 10 años

Indique el tamaño de su empresa según el artículo 2° de la ley 905 de 2004. *

- Micro (Planta personal menor a 10 trabajadores y activos totales menores a 500 SMLV)
- Pequeña (Planta personal entre 11 y 50 trabajadores y Activos totales entre 501 y 5000 SMLV)
- Mediana (Planta de personal entre 51 y 200 trabajadores y Activos totales entre 5001 y 30000 SMLV)
- Grande (Planta de personal mayor a 201 trabajadores y Activos totales mayores a30000 SMLV)

¿A qué tipo de obra corresponde su proyecto? *

- Edificaciones y Vivienda
- Infraestructura Vial
- Redes de Servicio
- Otro:

¿A qué tipo de sector pertenece su proyecto? *

- Público
- Privado
- Asociación Público-Privada

¿En qué ciudad o municipio fue desarrollado su proyecto? *

¿Tiene algún conocimiento en BIM? *

- Sí
- No

¿Implementa la tecnología BIM en su compañía?

- Sí
- No

Factores Influyentes

En esta sección se quiere conocer según su criterio, cuales son los factores que le generaron cambios en el tiempo y costo proyectado originalmente para el proyecto de construcción del que usted fue participe.

A continuación se presentan algunas preguntas con respecto a factores que influyen en los deltas de tiempos y/o costos de los proyectos de construcción. Por favor marque una de las siguientes opciones. *

	Sí	No y afectó el TIEMPO	No y afectó el COSTO	No y afectó el TIEMPO Y COSTO	No, pero NO afectó
¿Se mantuvieron los diseños una vez estos fueron aprobados?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
¿Contó con los materiales necesarios a tiempo?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
¿Contó con la maquinaria y equipo necesarios a tiempo?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Deltas de tiempo y costos

Finalmente, para la investigación es importante tener conocimiento en cifras de cuanto lograron afectar los anteriores factores el tiempo y los costos de su proyecto.

Indique el costo Total (Costos directos e indirectos) Planeado del proyecto *

Digite la respuesta en millones de pesos Colombianos

Indique el costo Total Ejecutado (Costos directos e indirectos) del proyecto *

Digite la respuesta en millones de pesos Colombianos

Indique el Tiempo Planeado (en meses) del proyecto *

Indique el Tiempo de Ejecución real (en meses) del proyecto *