

**FACTORES DE SOBRECOSTO RELACIONADOS CON LAS  
CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES GENERALES DE LOS PROYECTOS**

**LUISA FERNANDA ZAMBRANO SILVA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2019**

**FACTORES DE SOBRECOSTO RELACIONADOS CON LAS  
CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES GENERALES DE LOS PROYECTOS**

**LUISA FERNANDA ZAMBRANO SILVA**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

Director:

**GUILLERMO MEJÍA AGUILAR**

Ingeniero Civil. Ph D

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2019**

## DEDICATORIA

*A mis padres por enseñarme a creer, por ser mis pilares, motivación y guía.*

*A Juanda por ser mi inspiración y motivación diaria.*

*A mis tíos por su amor y apoyo incondicional.*

*A mis primos por el maravilloso ejemplo.*

*A Manuel Felipe y Juan Felipe por estar siempre.*

*A Cata y Charlie por luchar a mi lado.*

*A la persona que me enseñó a amar el conocimiento por hacer todo más llevadero.*

*A todos los que hicieron parte de este proceso.*

*Esto es por ustedes.*

*Luisa Fernanda Zambrano Silva*

## TABLA DE CONTENIDO

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| INTRODUCCIÓN.....                                       | 14 |
| 1. OBJETIVOS .....                                      | 18 |
| 1.1 OBJETIVO GENERAL .....                              | 18 |
| 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....                          | 18 |
| 2. METODOLOGÍA .....                                    | 19 |
| 2.1. OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....                  | 19 |
| 2.2. EVALUACIÓN DEL NIVEL DE INFLUENCIA E IMPACTO ..... | 21 |
| 2.3. PROBABILIDAD DE INFLUENCIA .....                   | 23 |
| 2.4 EVALUACIÓN DEL RIESGO .....                         | 24 |
| 3. RESULTADOS .....                                     | 25 |
| 3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS FACTORES DE INFLUENCIA.....     | 25 |
| 3.1.1. Complejidad .....                                | 25 |
| 3.1.2. Influencias Externas.....                        | 30 |
| 3.1.3. Equipo del proyecto .....                        | 33 |
| 3.2. PROBABILIDAD DE INFLUENCIA .....                   | 35 |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 3.3. EVALUACIÓN DEL RIESGO .....  | 37 |
| 3.3.1. Complejidad .....          | 38 |
| 3.3.2. Influencia externa.....    | 39 |
| 3.3.3. Equipo del proyecto .....  | 42 |
| 4. DISCUSIÓN Y CONTRIBUCIÓN ..... | 44 |
| 5. CONCLUSIONES .....             | 51 |
| BIBLIOGRAFÍA.....                 | 53 |
| ANEXOS .....                      | 61 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Composición de la muestra (N=135 proyectos).....                                                                                              | 20 |
| Tabla 2. Sector de la industria (N=135 proyectos) .....                                                                                                | 20 |
| Tabla 3. Cuartiles según índice de predictibilidad .....                                                                                               | 22 |
| Tabla 4. Nivel de influencia según indicador de efecto del riesgo .....                                                                                | 24 |
| Tabla 5. Distribución de frecuencias de los factores de los proyectos por Complejidad asociados a las condiciones del proyecto (N=135 proyectos) ..... | 26 |
| Tabla 6. Distribución de frecuencias de los factores de los proyectos por Complejidad asociados a la naturaleza del proyecto (N=135 proyectos) .....   | 26 |
| Tabla 7. Tabla de frecuencia Predictibilidad vs. Rol de control por Cuartiles (N=135) .....                                                            | 27 |
| Tabla 8. Prueba de asociación e impacto de los factores de Complejidad con la predictibilidad.....                                                     | 28 |
| Tabla 9. Factores de frecuencia de los factores de los proyectos por Influencias Externas (N=135) .....                                                | 30 |
| Tabla 10. Prueba de asociación de los factores de Influencias externas con la predictibilidad.....                                                     | 31 |

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 11. Factores de frecuencia de los factores de los proyectos por Equipo del proyecto (N=135)..... | 33 |
| Tabla 12. Prueba de asociación de los factores de Equipo del proyecto .....                            | 34 |
| Tabla 13. Atributos con alta probabilidad de influencia .....                                          | 37 |
| Tabla 14. Efecto del riesgo para factores de Complejidad .....                                         | 38 |
| Tabla 15. Efecto del riesgo para factores de Influencia externa .....                                  | 40 |
| Tabla 16. Efecto del riesgo para factores de Equipo del proyecto.....                                  | 42 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Distribución de frecuencia por cuartiles de los factores de complejidad.                  | 29 |
| Figura 2. Distribución de frecuencia por cuartiles de los factores de influencia externa. ....      | 32 |
| Figura 3. Distribución de frecuencia por cuartiles de los factores de Equipo del proyecto.....      | 35 |
| Figura 4. Distribución de frecuencia por cuartiles del factor “Rol de control” .....                | 36 |
| Figura 5. Mapa de efecto del riesgo para los atributos de los factores de complejidad. ....         | 39 |
| Figura 6. Mapa de efecto del riesgo para los atributos de los factores de influencia externa. ....  | 41 |
| Figura 7. Mapa de efecto del riesgo para los atributos de los factores de equipo del proyecto. .... | 42 |

## LISTA DE ANEXOS

|                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Anexo A. Literatura relacionada a los factores de complejidad con influencia en la predictibilidad.....          | 61 |
| Anexo B. Literatura relacionada a los factores de influencia externa con influencia en la predictibilidad .....  | 62 |
| Anexo C. Literatura relacionada a los factores de Equipo del proyecto con influencia en la predictibilidad ..... | 63 |
| Anexo D. Resultados test de asociación obtenidos de SPSS V.25® .....                                             | 64 |
| Anexo E. Descripción del sobrecosto en los proyectos por factores de complejidad .....                           | 65 |
| Anexo F. Descripción del sobrecosto en los proyectos por factores de influencias externas.....                   | 66 |
| Anexo G. Descripción del sobrecosto en los proyectos por factores de Equipo del proyecto.....                    | 67 |

## RESUMEN

**TITULO:** FACTORES DE SOBRECOSTO RELACIONADOS CON LAS CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES GENERALES DE LOS PROYECTOS\*

**AUTOR:** LUISA FERNANDA ZAMBRANO SILVA\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Atrasos, Características de los proyectos, Predictibilidad, Pronósticos, Sobrecostos.

### DESCRIPCIÓN:

El mal desempeño de los costos en los proyectos de construcción es un problema común que se presenta a nivel global. Investigaciones previas han determinado factores que generan sobrecostos en los proyectos de construcción, sin embargo, la gran mayoría de estas no ha entrado a evaluar en profundidad las características de los proyectos. Esta investigación tiene como objetivo realizar un estudio de los factores de sobrecosto relacionados con las características y condiciones generales de los proyectos de construcción. Mediante una encuesta estructurada en 72 opciones de respuesta realizada en una investigación anterior por el Ingeniero Guillermo Mejía y compañía, se recogió información retrospectiva de 135 proyectos. Con base en la prueba de asociación Chi cuadrado y el estadístico V de Crammer se identificaron 11 factores con evidencia estadística de asociación sobre la variable de predictibilidad en el nivel de significancia  $\alpha = 0.10$ . Los resultados fueron segregados en tres categorías: Complejidad, Influencias externas y Equipo del proyecto. Adicionalmente, se evaluó el nivel de influencia y riesgo de cada uno de los atributos pertenecientes a los factores, encontrando factores con alto impacto sobre la predictibilidad como oficina del proyecto, requerimientos, financiación del proyecto, y experiencia del equipo de gerencia, entre otros.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Guillermo Mejía Aguilar.

## **ABSTRACT**

**TITLE: COST OVERRUN FACTORS RELATED TO GENERAL CONDITIONS AND PROJECT CHARACTERISTICS\***

**AUTHOR: LUISA FERNANDA ZAMBRANO SILVA\*\***

**KEYWORDS:** Cost overrun, Delays, Forecast, Predictability, Project characteristics.

### **DESCRIPTION:**

Poor performance of construction cost is a common problem in a global level. Previous research has determined factors that impact on cost in construction projects. However, most of them have not entered an in-depth evaluation of Project characteristics. This research aims to study cost overrun factors related to general conditions and project characteristics. Through a 72 survey structured-questions conducted in a previous research by Mejía et al., was collected retrospective information from 135 projects. Based on the Chi-squared association test and Crammer's V statistic were identified 11 factors with statistical evidence of association on the predictability variable at the significance level  $\alpha = 0.10$ . The results were segregated into three categories: Complexity, External Influences and Project team attributes. Moreover, the level of influence and risk of each of the attributes belonging to the factors were evaluated, finding statistical evidence on the impact in predictability of the factors such as project office, claims, project financing, and project team experience, among others.

---

\* Bachelor Thesis

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Guillermo Mejía Aguilar.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente los constructores basan la toma de decisiones en pronósticos y estimaciones que aportan diferentes niveles de confianza al momento de realizar las inversiones. Estas estimaciones de costos consisten en evaluar y predecir el costo total de la ejecución del proyecto en un tiempo determinado por medio de toda la información disponible acerca de este<sup>1</sup>.

El mal desempeño de los costos en los proyectos de construcción es un problema común que se presenta a nivel mundial, dando como resultado un monto significativo de sobrecostos<sup>2</sup>, los cuales se ven reflejados como punto de fricción entre clientes, consultores y contratistas<sup>3</sup>. El efecto de estos sobrecostos no sólo influencia la industria de la construcción sino también la economía en general<sup>4</sup>, dado que la industria de la construcción contribuye significativamente en el desarrollo socioeconómico de cualquier país<sup>5</sup>, siendo los sobrecostos un problema significativo tanto en países desarrollados como en países en vía de desarrollo<sup>6</sup>, presentando estos últimos mayores sobrecostos, ya que se presentan casos en los que el sobrecosto supera el 100% del costo inicial esperado del proyecto<sup>7</sup>.

---

<sup>1</sup> AKINTOYE, Akintola. Analysis of Factors Influencing Project Cost Estimating Practice. En: Construction Management and Economics Vol. 18 ed. 1 (2000); p. 77–89 <<https://doi.org/10.1080/014461900370979>>.

<sup>2</sup> AZIS, Abdul y otros. Controlling Cost Overrun Factors in Construction Projects in Malaysia. En: Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology Vol. 5.8 (2013), p. 21–29 <<https://doi.org/10.19026/rjaset.5.4706>>.

<sup>3</sup> MOLENAAR, Keith R y ASCE A M. Programmatic Cost Risk Analysis for Highway Megaprojects. March (2005), 343–53.

<sup>4</sup> ABD EL-KARIM, Mohamed; EL NAWAWY, Omar y ABDEL-ALIM, Ahmed Mohamed. Identification and Assessment of Risk Factors Affecting Construction Projects. En: HBRC Journal, 13.2 (2015), p. 202–16 <<https://doi.org/10.1016/j.hbrj.2015.05.001>>.

<sup>5</sup> PINTO, Abel; NUÑES; Isabel L y RIBEIRO, Rita A. Occupational Risk Assessment in Construction Industry – Overview and Reflection. En: Safety Science Vol. 49.5 (2011) p. 616–24 <<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.01.003>>.

<sup>6</sup> CHOONG KOG, Kog. Construction Delays in Indonesia, Malaysia, Thailand, and Vietnam. En: Practice Periodical on Structural Design and Construction. Vol. 24.3 (2019) <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SC.1943-5576.0000434](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SC.1943-5576.0000434)>.

<sup>7</sup> AZHAR, Nida; RU, Farooqui y AHMED, SM. Cost Overrun Factors in Construction Industry of Pakistan. En: Advancing and Integrating Construction Education, Research & Practice. 2008. p. 499–508 <<http://www.neduet.edu.pk/Civil/ICCIDC-I/Complete Proceedings.rar#page=510>>.

Debido a que la industria de la construcción está en un entorno dinámico con un alto nivel de incertidumbre, donde se presentan proyectos con naturaleza de alto riesgo, se han encontrado múltiples sobrecostos en la historia de los proyectos de construcción<sup>8</sup>. De acuerdo con una investigación exhaustiva acerca de sobrecostos en la construcción global realizada por Flyvbjerg et al. en 2002, se encontró que 9 de cada 10 proyectos presentaron sobrecostos del 50-100%<sup>9</sup>. Adicionalmente, se cree que los proyectos de construcción presentan en promedio un incremento de costos del 33%<sup>10</sup>. En consecuencia, actualmente, en la industria de la construcción se busca generar pronósticos que aporten información significativa con un grado aceptable de confianza y exactitud que permitan al equipo de trabajo la toma de decisiones adecuadas, que disminuyan la probabilidad de generar sobrecostos.

Esta falta de confianza en las predicciones de resultados, o la sospecha de inexactitudes significativas reducen la capacidad de adoptar proactivamente acciones correctivas de manera oportuna<sup>11</sup>. Por ende, para reducir el exceso de sobrecostos, es necesario identificar los factores de riesgo y analizar las causas de estos, las cuales están directamente ligadas al costo y tiempo de la construcción. Kaming et al. concluyó que los factores de sobrecosto ocurren con mayor frecuencia y son un problema más grave que los factores de atraso<sup>12</sup>. Sin embargo, los factores de atraso y sobrecosto son inseparables teniendo en cuenta que la extensión del

---

<sup>8</sup> AKINCI, B. and FISCHER, M. Factors Affecting Contractors Risk of Cost Overburden. En: Journal of Management in Engineering. (1998). p.67–76.

<sup>9</sup> FLYVBJERG, Bent; HOLM, Mette y BUHL, Søren L. How Common and How Large Are Cost Overruns in Transport Infrastructure Projects ?. 2003, p. 71–88 <<https://doi.org/10.1080/0144164022000016667>>.

<sup>10</sup> AZIZ, Remon Fayek. 'Factors Causing Cost Variation for Constructing Wastewater Projects in Egypt', En: Alexandria Engineering Journal, 52.1 (2013), p. 51–66 <<https://doi.org/10.1016/j.aej.2012.11.004>>.

<sup>11</sup> GRAU, David y BACK, Edward. Predictability Index: Novel Metric to Assess Cost and Schedule Performance. En: Journal of Construction Engineering & Management, 141.12 (2015); p. 1–8 <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000994](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000994)>.

<sup>12</sup> KAMING, Peter y otros. Factors Influencing Construction Time and Cost Overruns on High-Rise Projects in Indonesia. 2014; p. 37–41 <<https://doi.org/10.1080/014461997373132>>.

tiempo conduce a un exceso de costos<sup>13</sup>, ya que normalmente cuando los proyectos se retrasan, se extienden o aceleran y, por lo tanto, tienen un costo adicional<sup>14</sup>.

Por consecuencia a lo anterior, el análisis de costos y tiempos es un elemento importante en la planeación de proyectos, de manera que se evalúe la alternativa que establezca un programa óptimo que cumpla los requerimientos de costos, tiempos y estándares de calidad para obtener un proyecto exitoso<sup>15</sup>. A pesar de ello, los métodos para el análisis de costos existentes actualmente no han considerado adecuadamente las características de los proyectos. Los proyectos de construcción se caracterizan por ser únicos, acomodándose a diferentes diseños, sitios y métodos de constructivos<sup>16</sup>. Por lo cual, presentan diferentes características como lo son: el tipo de proyecto, la complejidad, la duración del proyecto, las condiciones del mercado, entre otras. Las cuales influyen en la manera en la que se gestiona el proyecto, y proporcionan una base para determinar las acciones administrativas apropiadas para completar el proyecto con éxito<sup>17</sup>.

Teniendo en cuenta lo anterior y de acuerdo con otras publicaciones<sup>18</sup> las características físicas de los proyectos son uno de los determinantes más

---

<sup>13</sup> SHEHU, Zayyana; HOLT, Gary y ENDUT, Intan. Analysis of Characteristics Affecting Completion Time for Malaysian Construction Projects. En: Built Environment Project and Asset Management, 2016.

<sup>14</sup> OLAWALE, Yakubu A y SUN, Ming. Cost and Time Control of Construction Projects: Inhibiting Factors and Mitigating Measures in Practice. 2014, p. 37–41 <<https://doi.org/10.1080/01446191003674519>>.

<sup>15</sup> EJAZ, Naeem; ALI, Imran y TAHIR, Muhammad Fiaz. Assessment of Delays and Cost Overruns during Construction Projects in Pakistan. En: Journal of Construction Engineering and Management, 2013, p. 329–39.

<sup>16</sup> AKINSOLA, Abiodun y otros. Identification and Evaluation of Factors Influencing Variations on Building Projects, En: International Journal of Project Management, 15.4 (1997), p. 263–67 <[https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(96\)00081-6](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(96)00081-6)>.

<sup>17</sup> BACCARINI, David. The Concept of Project Complexity - a Review. En: International Journal of Project Management. Vol. 14 (1996); p. 201–4 <[https://doi.org/10.1016/0263-7863\(95\)00093-3](https://doi.org/10.1016/0263-7863(95)00093-3)>.

<sup>18</sup> OLAWALE y SUN; AKINSOLA y otros; KIM, Du; HAN, Seung H y KIM, Hyounkwon. Discriminant Analysis for Predicting Ranges of Cost Variance in International Construction Projects. En: Journal of Construction Engineering and Management. (2008) p.398–410 <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2008\)134:6\(398\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2008)134:6(398))>; DOLOI, Hemanta. Cost Overruns and Failure in Project Management: Understanding the Roles of Key Stakeholders in Construction Projects. En: Journal of Construction Engineering and Management. Vol. 139 (2013) p.267–79 <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862)>; CHAN, Daniel W.M. y KUMARASWAMY Mohan M. A Comparative Study of Causes of Time Overruns in Hong Kong

influyentes en los costos de los proyectos de construcción. Por lo tanto, se requiere del estudio de la incidencia de los factores relacionados con estas características, que evalúe los diferentes niveles de desempeño que se presentan durante el ciclo de vida del proyecto y de esta manera realizar predicciones óptimas que generen menor incertidumbre y permitan reducir y controlar los sobrecostos y atrasos en los proyectos de construcción.

Por consiguiente, la presente investigación tiene como objetivo realizar un estudio de los factores de sobrecosto relacionados con las características y condiciones generales de los proyectos y evaluar el nivel de influencia de estos factores en la predictibilidad, con el fin de que el resultado de esta sirva como referencia para los constructores a la hora de realizar predicciones de costos y planeación de tiempos.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Identificar los factores de mayor influencia, relacionados con las características y condiciones generales de los proyectos, que afectan las predicciones de costos y la duración de los proyectos de construcción.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Encontrar el nivel de influencia de los factores relacionados con las características y condiciones generales de los proyectos, en la predictibilidad, mediante un análisis categórico de correlación.

Evaluar el impacto de los factores relacionados con las características y condiciones generales de los proyectos sobre la predictibilidad de costos y tiempos, con base al índice de predictibilidad propuesto por Grau y Back (2013).

Realizar un análisis de riesgo que representen los factores relacionados con las características y condiciones generales de los proyectos con base en un indicador de efecto del riesgo.

## **2. METODOLOGÍA**

Para lograr los objetivos mencionados anteriormente, esta investigación adopta un enfoque de métodos mixtos. Mediante una recopilación integral de datos retrospectivos realizada por los ingenieros Grau, Back y Mejía. Se obtuvieron respuestas tanto cualitativas como cuantitativas que abordaron: las características y resultados del proyecto, las prácticas utilizadas para el pronóstico, y los procesos de gerencia empleados en el proyecto. Adicionalmente, se recolectó información detallada sobre los comportamientos del equipo del proyecto, los problemas organizacionales y la cultura de la empresa. Esta información fue validada por medio de múltiples reuniones en video conferencias y tres reuniones cara a cara con un panel conformado por 13 expertos en la materia.

### **2.1. OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Para la obtención de la información, los ingenieros Grau, Back y Mejía realizaron una encuesta de investigación y una revisión de literatura, mediante la cual se determinaron los factores que influyen de manera adversa en la predictibilidad de costos y tiempos al finalizar el proyecto. La encuesta estructurada en 72 opciones de respuesta, recogió datos retrospectivos detallados de 135 proyectos terminados, con el fin de identificar y clasificar los factores con una influencia potencial sobre la predictibilidad de costos y tiempos.

De los 135 proyectos, más del 90% completaron la fase de construcción después del 2005. El costo total de estos proyectos en la base de datos superó los US\$ 28.88 mil millones, y presentan un tiempo de finalización acumulado cercano a los 300 años. La composición de la muestra presenta una distribución uniforme de acuerdo

con el rol de control y las características de afiliación del proyecto, obteniendo información de diferentes sectores de la industria.

**Tabla 1.** Composición de la muestra (N=135 proyectos)

| <b>Factor</b>  | <b>Atributo</b>   | <b>%</b> |
|----------------|-------------------|----------|
| Rol de control | Propietario       | 48       |
|                | Contratista       | 52       |
| Afiliación     | Público           | 49       |
|                | Privado           | 47       |
|                | Público - Privado | 4        |

**Tabla 2.** Sector de la industria (N=135 proyectos)

| <b>Sector de la Industria</b> | <b>%</b> |
|-------------------------------|----------|
| Edificaciones                 | 5        |
| Industrial                    | 5        |
| Manufactura                   | 9        |
| Energía                       | 19       |
| Oil and Gas                   | 27       |
| Química                       | 25       |
| Otras                         | 10       |

Con el fin de lograr los objetivos de la investigación, este estudio asumió que:

- a) Las desviaciones de los resultados del proyecto fueron calculadas con base en el presupuesto y cronograma autorizados por el dueño, y el costo y tiempo final del proyecto.
- b) El presupuesto y cronograma autorizados del proyecto incluyen la reserva de contingencia.
- c) Todos los proyectos tenían un nivel de madurez adecuado de definición del proyecto con base a las prácticas pleneadas.

- d) El foco de esta investigación se centró en los procesos de predicción en lugar de modelos de predicción, herramientas de predicción cuantitativa y/o algoritmos.

Esta investigación reconoció la importancia de otras métricas de rendimiento del proyecto, como la seguridad, la calidad, la operatividad y la satisfacción de las partes interesadas. Sin embargo, estas varían dependiendo de la percepción del cliente o del patrocinador del proyecto y del criterio de evaluación en cada caso. Teniendo en cuenta la variabilidad en la perspectiva y la evaluación cualitativa de tales métricas, se mantuvo el enfoque en el desempeño de la predictibilidad de costos y tiempos.

## 2.2. EVALUACIÓN DEL NIVEL DE INFLUENCIA E IMPACTO

Para evaluar el nivel de influencia e impacto de los factores en el desempeño de costos y tiempos del proyecto, esta investigación opta por evaluar la predictibilidad del proyecto, la cual se denomina como un indicador del desempeño del proyecto y es medida con base al Índice de predictibilidad (PI) propuesto por Grau y Back<sup>19</sup>. Este índice evalúa la capacidad de predecir los resultados finales de los costos y tiempos del proyecto.

El cálculo de este índice se realizó mediante las siguientes ecuaciones:

$$PI = \text{Predictibilidad de costo (CP)} + \text{Predictibilidad de tiempo (SP)} \quad (1)$$

$$CP = [\text{Costo oportuno normalizado}] \times [\% \text{ desviación del costo}] \quad (2)$$

$$SP = [\text{Tiempo oportuno normalizado}] \times [\% \text{ desviación de tiempo}] \quad (3)$$

---

<sup>19</sup> GRAU y BACK.

El porcentaje de desviación está medido en valor absoluto, sin embargo, y por lo tanto varía de 0% a, teóricamente, cualquier valor, eventualmente más allá del 100%

<sup>20</sup>.

$$\% \text{ desviación del costo} = \frac{|\text{Costo total} - \text{Costo de línea base}|}{\text{Costo de línea base}} \times 100 \quad (4)$$

$$\% \text{ desviación del tiempo} = \frac{\text{Tiempo final} - \text{Tiempo de línea base}}{\text{Tiempo final de línea base}} \times 100 \quad (5)$$

$$NCT = \sum_{i=0}^{i=n-1} \left| \frac{f_i - \text{Costo total}}{\text{Costo de línea base} - \text{Costo total}} \right| \times \left( \frac{t_{i+1} - t_i}{\text{Tiempo de finalización}} \right) \quad (6)$$

$$NCT = \sum_{i=0}^{i=n-1} \left| \frac{f_i - T.de \text{ finalización}}{T.de \text{ línea base} - T.de \text{ finalización}} \right| \times \left( \frac{t_{i+1} - t_i}{\text{Tiempo de finalización}} \right) \quad (7)$$

El estudio segregó los 135 proyectos completados por cuartiles de PI, lo cual permitió la identificación de las prácticas de predicción efectivas presentes en los proyectos del primer cuartil – mejor escenario, predicciones tempranas y precisas – y contrastarlas con las prácticas de predicción inefectivas presentes en los proyectos del cuarto cuartil – peor escenario, predicciones tardías e imprecisas -.

**Tabla 3.** Cuartiles según índice de predictibilidad

| Cuartil | Predictibilidad | Min PI | Max PI  |
|---------|-----------------|--------|---------|
| Q1      | Buena           | 0      | 7,9     |
| Q2      | Intermedia      | >7,9   | 17,6    |
| Q3      | Baja            | >17,6  | 31,7    |
| Q4      | Muy baja        | >31,7  | Ninguno |

---

<sup>20</sup> GRAU y BACK.

Para probar estadísticamente la influencia de los factores en la predictibilidad, se hizo uso del software SPSS V.25<sup>®</sup> para realizar un análisis categórico de asociación, con el nivel de significancia  $\alpha = 0.10$ . Mediante el uso de la prueba no paramétrica Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) <sup>21</sup> se determinó la asociación de los factores identificados con los cuartiles de predictibilidad. Adicionalmente, por medio del estadístico V de Cramer (v) <sup>22</sup> se calculó el grado de relación estadística que presentan estas variables.

Finalmente, se hizo uso del tamaño del efecto (w), el cual representa una medida del impacto de los factores sobre la variable relacionada a la predictibilidad <sup>23</sup>, para asignar un nivel de impacto a cada factor según lo propuesto por Cohen <sup>24</sup>.

$$w = V\sqrt{r - 1} \quad (8)$$

Donde:

|                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| Sin impacto:      | $w \leq 0.1$       |
| Impacto bajo:     | $0.1 < w \leq 0.3$ |
| Impacto moderado: | $0.3 < w \leq 0.5$ |
| Impacto alto:     | $w > 0.5$          |

### 2.3. PROBABILIDAD DE INFLUENCIA

Dado que los factores se encuentran representados en variables cualitativas se procede a evaluar cada uno de sus atributos o características asociadas a estos.

---

<sup>21</sup> FELLOWS, Richard y LIU, Anita. Research Methods for Construction, Tercera edición. Malden, MA: Blackwell Publishing Ltd, 2008.

<sup>22</sup> COHEN, Jacob. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. Segunda edición. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, Inc, 1988.

<sup>23</sup> MURPHY, Kevin; MYORS, Brett y WOLACH, Allen. Statistical Power Analysis, Cuarta edición . New York: Routledge, 2014. <<https://doi.org/10.4324/9781315773155>>.

<sup>24</sup> COHEN, Jacob.

Se realizó un análisis de probabilidad de influencia en el cual se tuvo en cuenta el comportamiento de cada atributo de los factores en el peor y mejor escenario de predictibilidad, cuartiles Q4 y Q1 respectivamente. Para este estudio, el grado de influencia se tomó como una medida de probabilidad relativa (RP) de tener los proyectos en el peor escenario para un atributo en específico <sup>25</sup>.

$$Probabilidad\ relativa\ (RP) = \frac{\%Q4}{\%Q1} \quad (9)$$

## 2.4 EVALUACIÓN DEL RIESGO

Se realizó una evaluación del riesgo que representa cada atributo en la predictibilidad de costos y tiempos mediante el cálculo de un indicador de efecto del riesgo, el cual es calculado en función a la probabilidad relativa y la desviación de costos promedio de los proyectos asociados al cuarto cuartil de predictibilidad.

$$Efecto\ del\ riesgo = RP * ACD4 \quad (10)$$

Donde:

- ACD4 = Desviación de costos promedio en el cuarto cuartil.

Por ultimo, se clasificaron los atributos según los indicadores de efecto de riesgo en una escala subjetiva de 3 niveles basada en la metodología propuesta por el Ingeniero Guillermo Mejía en 2013 <sup>26</sup>.

**Tabla 4.** Nivel de influencia según indicador de efecto del riesgo

| Nivel de influencia | Rango de REI         |
|---------------------|----------------------|
| Influencia baja     | $REI \leq 0.5$       |
| Influencia moderada | $0.5 < REI \leq 1.0$ |
| Influencia alta     | $REI > 1.0$          |

<sup>25</sup> AGRESTI, Alan. An Introduction to Categorical Data Analysis. New Jersey, 2010. <<https://doi.org/10.1002/sim.3564>>.

<sup>26</sup> MEJÍA, The university of Alabama, 2013.

### 3. RESULTADOS

Para esta investigación, se agruparon en tres categorías la naturaleza, las características y las condiciones de los proyectos de construcción que influyen la predictibilidad de los resultados del proyecto. Se identificó que los factores de complejidad del proyecto, los de influencias externas y los de atributos del equipo de trabajo influyen la predictibilidad de costos y tiempos al finalizar el proyecto.

Esta sección, describe los factores de influencia más relevantes y estadísticamente significativos; y determina la probabilidad de influencia de los atributos más críticos en esos factores.

#### 3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS FACTORES DE INFLUENCIA

Como se mencionó anteriormente, tres categorías describen y agrupan las principales características y condiciones generales de los 135 proyectos de construcción, las cuales se describen de la siguiente manera:

**3.1.1. Complejidad.** La complejidad del proyecto asocia los factores relacionados tanto a condiciones generales como a la naturaleza de los proyectos. Cinco factores relacionados a las condiciones de los proyectos presentaron influencia en la predictibilidad: rol de control, localización geográfica, oficina del proyecto, método de pago y condiciones legales y de permisos (Ver tabla 5).

**Tabla 5.** Distribución de frecuencias de los factores de los proyectos por Complejidad asociados a las condiciones del proyecto (N=135 proyectos)

| <b>Factor</b>                            | <b>Atributo</b>    | <b>N proyectos</b> | <b>%</b> |
|------------------------------------------|--------------------|--------------------|----------|
| (1.1) Rol de control                     | Dueño              | 65                 | 48       |
|                                          | Contratista        | 70                 | 52       |
| (1.3) Localización geográfica            | Dentro de US       | 102                | 76       |
|                                          | Fuera de US        | 33                 | 24       |
| (1.10) Oficina del proyecto              | Oficina central    | 34                 | 25       |
|                                          | Oficina local      | 57                 | 42       |
|                                          | Mixta              | 44                 | 33       |
| (1.16) Forma de pago                     | A todo costo       | 72                 | 53       |
|                                          | Costo reembolsable | 47                 | 35       |
|                                          | Otro               | 16                 | 12       |
| (1.15) Condiciones legales y de permisos | Muchas             | 18                 | 13       |
|                                          | Pocas              | 70                 | 52       |
|                                          | Ninguna - NA       | 47                 | 35       |

De forma complementaria, cuatro factores relacionados a la naturaleza del proyecto presentaron influencia en la predictibilidad: condición preliminar del sitio, familiaridad con la tecnología del proyecto, duración y costo final (Ver tabla 6).

**Tabla 6.** Distribución de frecuencias de los factores de los proyectos por Complejidad asociados a la naturaleza del proyecto (N=135 proyectos)

| <b>Factor</b>                                     | <b>Atributo</b> | <b>N proyectos</b> | <b>%</b> |
|---------------------------------------------------|-----------------|--------------------|----------|
| (1.14) Condiciones preliminares del sitio         | Greenfield      | 32                 | 24       |
|                                                   | Brownfield      | 23                 | 17       |
|                                                   | Renovación      | 80                 | 59       |
| (1.8) Familiaridad con la tecnología del proyecto | Nueva (Baja)    | 25                 | 19       |
|                                                   | Antigua (Alta)  | 110                | 81       |
| (1.7) Duración final del proyecto                 | ≤ 80 semanas    | 58                 | 43       |
|                                                   | > 80 semanas    | 77                 | 57       |
| (1.11) Costo final del proyecto (US\$MM)          | ≤ \$110         | 82                 | 61       |
|                                                   | > \$110         | 53                 | 39       |

Estos factores de complejidad mostraron un patrón de frecuencia por los cuartiles de predictibilidad, los cuales muestran el nivel de influencia de cada uno. En efecto, el factor relacionado a las condiciones del proyecto “control role” muestra un patrón de frecuencia a través de sus dos atributos Dueño y Contratista (Ver tabla 7).

**Tabla 7.** Tabla de frecuencia Predictibilidad vs. Rol de control por Cuartiles (N=135)

| <b>Cuartil</b>                                      | <b>Dueño</b> | <b>Contratista</b> | <b>Total</b>  |
|-----------------------------------------------------|--------------|--------------------|---------------|
| (Q1- mejor escenario)<br>Predictibilidad $\leq 7.9$ | 12<br>(35%)  | 22<br>(65%)        | 34<br>(100%)  |
| (Q2 – Q3)<br>Predictibilidad $> 7.9$ y $\leq 31.7$  | 32<br>(48%)  | 35<br>(52%)        | 67<br>(100%)  |
| (Q4- peor escenario)<br>Predictibilidad $> 31.7$    | 21<br>(62%)  | 13<br>(38%)        | 34<br>(100%)  |
| Total                                               | 65<br>(48%)  | 70<br>(52%)        | 135<br>(100%) |

El patrón de frecuencia indicó que mientras los proyectos ejecutados por los dueños presentaron un bajo desempeño, los proyectos ejecutados por contratistas presentaron un mejor desempeño, lo cual indica que el factor “Rol de control” influencia en la predictibilidad de los proyectos. De forma más explícita, el patrón muestra que dentro del mejor escenario Q1, con índices de predictibilidad inferiores a 7.9, habían menos proyectos ejecutados por los dueños (35%= 12/34), en comparación con los proyectos ejecutados por los contratistas (65%=22/34); por el contrario, dentro del peor escenario Q4, con índices de predictibilidad mayores que 31.7, se presentaron más proyectos ejecutados por los dueños (62% = 21/34) en comparación con los proyectos ejecutados por los contratistas (38%=13/34).

El patrón de frecuencia mostrado por el factor “Rol de control” fue estadísticamente significativo en el nivel de significancia  $\alpha = 0.10$  ( $\chi^2 = 4.779$ ,  $V=0.188$ ,  $p = 0.092$ ). El patrón de predictibilidad observado en este estudio puede ser causado por

diferentes condiciones y la naturaleza de los proyectos. Por lo tanto, la tabla 8 muestra los factores de complejidad que resultaron estadísticamente significativos.

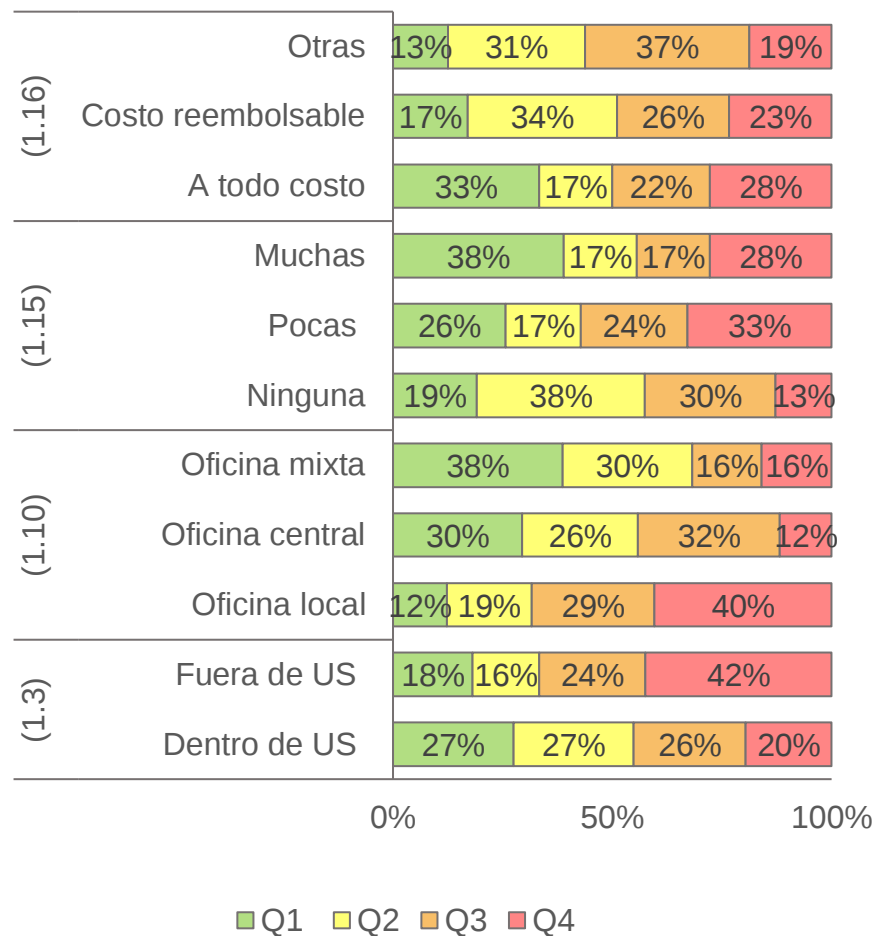
**Tabla 8.** Prueba de asociación e impacto de los factores de Complejidad con la predictibilidad

| <b>Factor</b>                            | <b><math>\chi^2</math></b> | <b>V</b> | <b>w</b> | <b>p</b> |
|------------------------------------------|----------------------------|----------|----------|----------|
| (1.1) Rol de control                     | 4.779                      | 0.188    | 0.188    | 0.092    |
| (1.3) Localización geográfica            | 6.926                      | 0.227    | 0.227    | 0.031    |
| (1.10) Oficina del proyecto              | 17.104                     | 0.252    | 0.356    | 0.002    |
| (1.15) Condiciones legales y de permisos | 11.730                     | 0.208    | 0.250    | 0.019    |
| (1.16) Forma de pago                     | 8.467                      | 0.177    | 0.294    | 0.076    |

Nota: Significancia  $\alpha = 0.10$

Al evaluar los atributos que componen los factores que resultaron estadísticamente significativos para la categoría “Complejidad” (Ver figura 1), se tiene que el factor “(1.10) Oficina del proyecto” presenta un impacto moderado en la variable de predictibilidad ( $w = 0.356$ ) dado que los proyectos en la condición de “oficina local” tienen un bajo desempeño; ubicando mayor número de proyectos en el peor escenario Q4 (40%=23/57) en comparación con los proyectos de condición “Oficina mixta” (16%=7/44) y “Oficina central” (12%=4/34).

**Figura 1.** Distribución de frecuencia por cuartiles de los factores de complejidad



De igual manera, los factores (1.15) Condiciones legales y de permisos, (1.16) Forma de pago, (1.1) Rol de control y (1.3) localización geográfica, presentaron un impacto bajo sobre la variable de predictibilidad. Sin embargo, se tiene evidencia estadística de asociación entre las variables, razón por la cual esta investigación estudió la probabilidad y el efecto de cada uno de sus atributos sobre la predictibilidad de costos.

**3.1.2. Influencias Externas.** La categoría “influencias externas” asocia los factores externos al ambiente del proyecto (Ver tabla 9). Se identificaron cinco factores relacionados a influencias externas del proyecto que presentaron impacto en la predictibilidad: Forma de control, financiación, volatilidad del mercado e inflación, requerimientos e influencias del cliente.

**Tabla 9.** Factores de frecuencia de los factores de los proyectos por Influencias Externas (N=135)

| <b>Factor</b>                             | <b>Atributo</b>      | <b>N</b> | <b>%</b> |
|-------------------------------------------|----------------------|----------|----------|
| (1) Forma de control                      | Costo                | 24       | 18       |
|                                           | Cronograma           | 71       | 53       |
|                                           | Costo - Cronograma   | 23       | 17       |
|                                           | Otros                | 17       | 12       |
| (1.4) Financiación                        | Recursos propios     | 99       | 73       |
|                                           | Recursos de terceros | 20       | 15       |
|                                           | Desconocido          | 16       | 12       |
| (1.6) Volatilidad del mercado e inflación | 2010 a la fecha      | 88       | 65       |
|                                           | 2000 - 2009          | 47       | 35       |
| (3.14) Requerimientos                     | Frecuentemente       | 66       | 49       |
|                                           | Ocasionalmente       | 69       | 51       |
| (4.11) Influencia del cliente             | Fuerte               | 61       | 44       |
|                                           | Débil                | 37       | 28       |
|                                           | Neutra               | 37       | 28       |

Estos factores mostraron un patrón de frecuencia por los cuartiles de predictibilidad, lo cual indica evidencia estadística en el nivel de influencia indicado.

Para la categoría de influencias externas”, la prueba no paramétrica también mostró evidencia de asociación entre la predictibilidad y los factores relacionados a la categoría. (Ver tabla 10).

**Tabla 10.** Prueba de asociación de los factores de Influencias externas con la predictibilidad

| <b>Factor</b>                             | <b><math>\chi^2</math></b> | <b>V</b> | <b>w</b> | <b>p</b> |
|-------------------------------------------|----------------------------|----------|----------|----------|
| (1.4) Financiación                        | 15.394                     | 0.239    | 0.338    | 0.004    |
| (1.6) Volatilidad del mercado e inflación | 5.308                      | 0.198    | 0.198    | 0.070    |
| (3.14) Requerimientos                     | 20.374                     | 0.388    | 0.388    | <0.001   |
| (4.11) Influencia del cliente             | 20.155                     | 0.273    | 0.386    | <0.001   |

Nota: Significancia  $\alpha = 0.10$

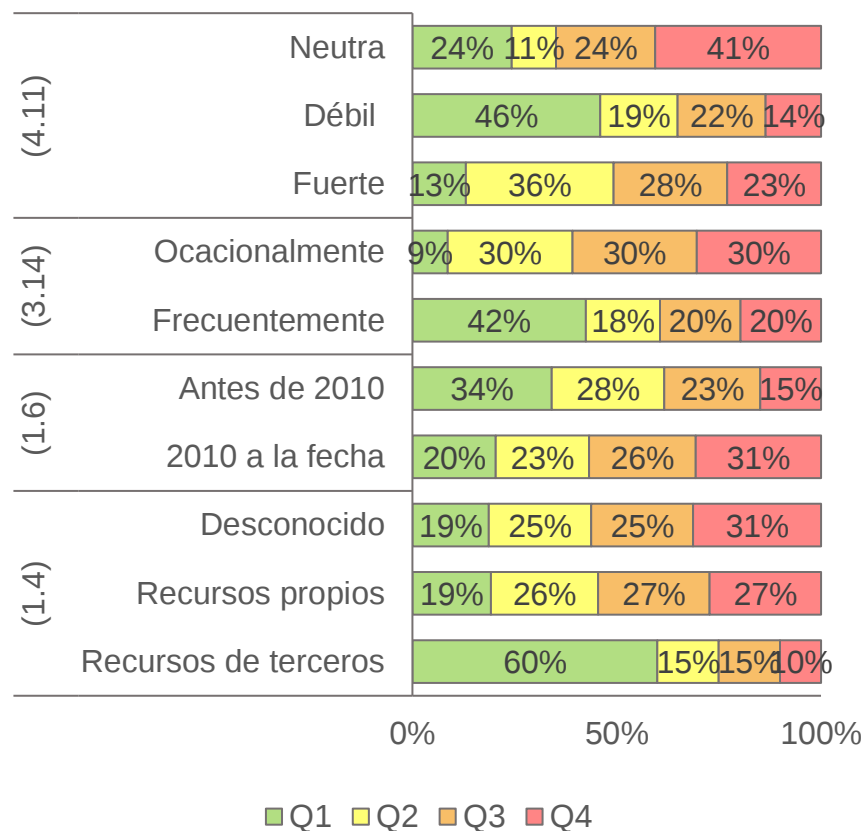
Al evaluar el impacto de los factores que resultaron estadísticamente significativos para la categoría “Influencias externas” (ver figura 2), se tiene que el factor “(1.4) Financiación” presenta un impacto moderado en la variable de predictibilidad de los proyectos teniendo en cuenta que los proyectos financiados con recursos de terceros presentaron un buen desempeño ubicando gran número de proyectos en el mejor escenario Q1 (60%=12/20) en comparación con los proyectos financiados con recursos propios (19%=19/99).

De igual manera, presentan un impacto moderado sobre la variable de predictibilidad, los factores: “(3.14) Requerimientos”, dado que los proyectos que presentaron requerimientos frecuentemente presentaron un buen desempeño; ubicando mayor número de proyectos en el mejor escenario Q1 (42% = 28/66) en comparación con los proyectos que presentaron requerimientos ocasionalmente (9%=6/69) y el factor (4.11) influencias del cliente, teniendo en cuenta que los proyectos con influencia débil por parte del cliente, presentaron buen desempeño,

ubicando gran número de proyectos en el mejor escenario Q1 (46%=17/37) en comparación con los proyectos con influencia fuerte por parte del cliente (13=8/61).

Finalmente se tiene que el factor “(1.6) Volatilidad del mercado e inflación” presenta un impacto bajo sobre la variable de predictibilidad. Sin embargo, se tiene evidencia estadística de asociación entre las variables, razón por la cual esta investigación estudió la probabilidad y el efecto de cada uno de sus atributos sobre la predictibilidad de costos.

**Figura 2.** Distribución de frecuencia por cuartiles de los factores de influencia externa.



**3.1.3. Equipo del proyecto.** La categoría “Equipo del proyecto” asocia los factores más relevantes en los equipos de trabajo de gerencia de proyectos. (Ver tabla 11).

**Tabla 11.** Factores de frecuencia de los factores de los proyectos por Equipo del proyecto (N=135)

| <b>Factor</b>                                 | <b>Atributo</b>   | <b>N proyectos</b> | <b>%</b> |
|-----------------------------------------------|-------------------|--------------------|----------|
| (2.6) Experiencia del equipo de gerencia      | Capacitado        | 77                 | 57       |
|                                               | No capacitado     | 58                 | 43       |
| (3.6) Coordinación                            | Completa          | 80                 | 59       |
|                                               | Incompleta        | 55                 | 41       |
| (3.10) Liderazgo                              | Muy satisfactoria | 28                 | 21       |
|                                               | Satisfactoria     | 49                 | 36       |
|                                               | Insatisfactoria   | 58                 | 43       |
| (4.9) Transparencia y confianza con el equipo | De confianza      | 14                 | 10       |
|                                               | De apoyo          | 100                | 74       |
|                                               | Bajo presión      | 21                 | 16       |

Estos factores mostraron un patrón de frecuencia por los cuartiles de predictibilidad, lo cual indica evidencia estadística en el nivel de influencia. Para la categoría “Equipo del proyecto”, la prueba de asociación mostró evidencia de relación entre la predictibilidad y los factores. (Ver tabla 12).

Al realizar la prueba de asociación Chi cuadrado, se tiene que el factor “(4.9) Transparencia confianza” presenta un recuento menor que 5 en dos casillas (22%), razón por la cual la prueba no tiene validez para el factor en estudio.

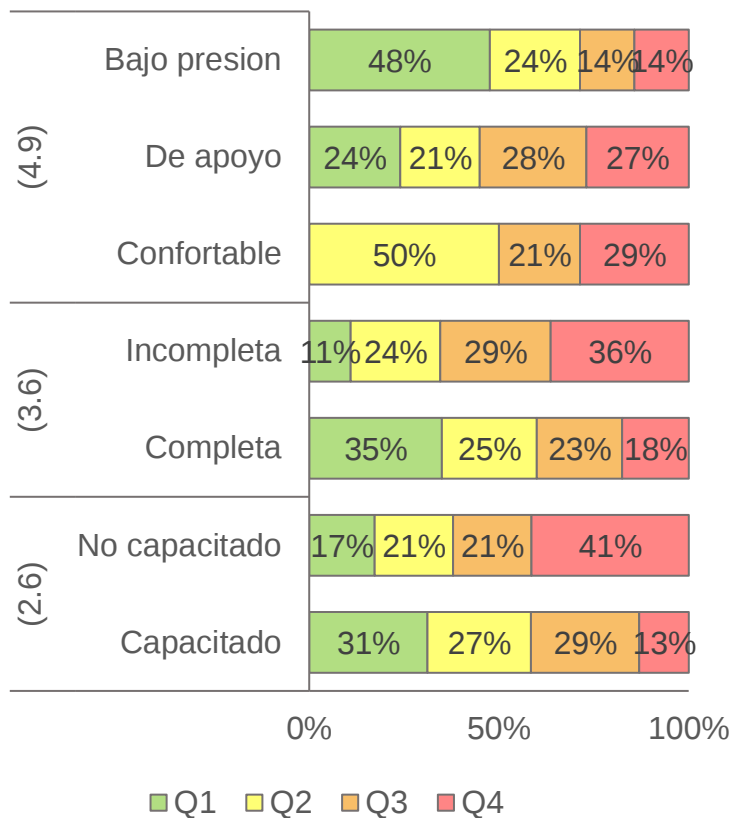
**Tabla 12.** Prueba de asociación de los factores de Equipo del proyecto

| <b>Factor</b>                            | <b><math>\chi^2</math></b> | <b>V</b> | <b>w</b> | <b>p</b> |
|------------------------------------------|----------------------------|----------|----------|----------|
| (2.6) Experiencia del equipo de gerencia | 14.531                     | 0.328    | 0.328    | 0.001    |
| (3.6) Coordinación                       | 12.295                     | 0.302    | 0.302    | 0.002    |
| (4.9) Transparencia y confianza          | 10.875                     | 0.201    | 0.284    | 0.028    |

Nota<sup>1</sup>: Significancia  $\alpha = 0.05$ ; Nota<sup>2</sup>: El factor 4.9 presenta un recuento menor que 5

Al evaluar el impacto de los factores que resultaron estadísticamente significativos para la categoría “Equipo del proyecto” (Ver figura 3), se tiene que el factor “(2.6) Experiencia del equipo de gerencia” presenta un impacto moderado en la variable de la predictibilidad de los proyectos, teniendo en cuenta que los proyectos con un equipo de gerencia muy capacitado presentan un mejor desempeño; ubicando menor número de proyectos en el peor escenario Q4 (13%=10/77) en con los equipos no capacitados (41%=24/58). De igual manera, el factor “(3.6) Coordinación” presenta impacto moderado en la variable de predictibilidad de los proyectos dado que los proyectos con coordinación completa tienen un mejor desempeño; ubicando mayor número de proyectos en el mejor escenario Q1 (35%=28/80) en comparación con los proyectos con coordinación incompleta (11%=6/55).

**Figura 3.** Distribución de frecuencia por cuartiles de los factores de Equipo del proyecto.

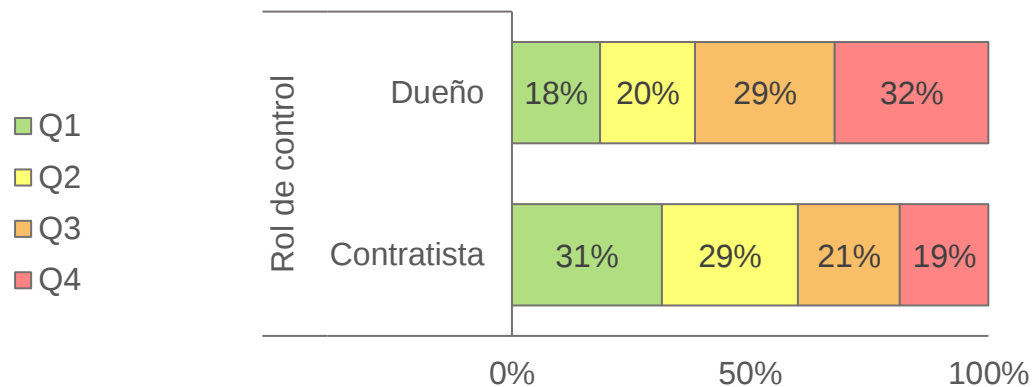


### 3.2. PROBABILIDAD DE INFLUENCIA

Una vez se describieron los factores de influencia relevantes, mediante un análisis de probabilidad de influencia se tuvo en cuenta el comportamiento de cada factor en el peor y mejor escenario de predictibilidad, cuartiles Q4 y Q1 respectivamente. Para este estudio, el grado de influencia es una medida de probabilidad relativa (RP) de tener los proyectos en el peor escenario para un atributo en específico. De esta forma, la probabilidad de influencia en la predictibilidad del factor “Rol de control” mostró un proyecto ejecutado por los dueños fue 1.75 ( $Q4/Q1 = 0.32/0.18$ ) veces más probable de presentarse en el peor escenario (Q4) que en el mejor escenario

(Q1). Por el contrario, un proyecto ejecutado por contratistas fue 0.59 ( $Q4/Q1 = 0.19/0.31$ ) veces más probable de presentarse en el peor escenario (Q1) que en el mejor escenario (Q1).- De esta forma la RP para “Rol de control” fue 2.96 ( $1.75/0.59$ ) veces más probable de presentarse en el peor escenario (Q4) un proyecto ejecutado por el dueño que un proyecto ejecutado por contratistas. Estos resultados mostraron que los dueños presentan problemas en la predictibilidad de forma más frecuente que los contratistas (Ver figura 4).

**Figura 4.** Distribución de frecuencia por cuartiles del factor “Rol de control”



De igual manera se evaluó la probabilidad de influencia en la predictibilidad, computando la RP para cada atributo de los factores que anteriormente resultaron estadísticamente significativos, logrando identificar los factores con alta probabilidad de causar un bajo desempeño en los proyectos (Ver tabla 13).

**Tabla 13.** Atributos con alta probabilidad de influencia

| <b>Factor</b>                | <b>Atributo</b>    | <b>RP</b> |
|------------------------------|--------------------|-----------|
| <b>Complejidad</b>           |                    |           |
| 1.10. Oficina del proyecto   | Oficina local      | 3.29      |
| 1.3. Localización            | Fuera de U.S.      | 2.33      |
| 1.16. Forma de pago          | Otra               | 1.50      |
| 1.16. Forma de pago          | Costo reembolsable | 1.38      |
| 1.15. Condiciones legales    | Pocas              | 1.28      |
| <b>Influencias externas</b>  |                    |           |
| 3.14. Reclamaciones          | Ocasionalmente     | 3.50      |
| 4.11. Influencia del cliente | Fuerte             | 1.75      |
| 1.4. Financiación            | Desconocido        | 1.67      |
| 4.11. Influencia del cliente | Neutra             | 1.67      |
| 1.6. C. de mercado           | 2010 – actual      | 1.50      |
| 1.4. Financiación            | R. propios         | 1.42      |
| <b>Equipo del proyecto</b>   |                    |           |
| 3.6. Coordinación            | Incompleta         | 3.33      |
| 2.6. Experiencia del equipo  | No capacitado      | 2.40      |

### **3.3. EVALUACIÓN DEL RIESGO**

Finalmente, se estimó la desviación de costo promedio (ACD) de los proyectos asociados al peor escenario (Q4) para los atributos de los factores y con base en RP y ACD, se calculó el indicador de efecto de riesgo (REI) como RP veces ACD.

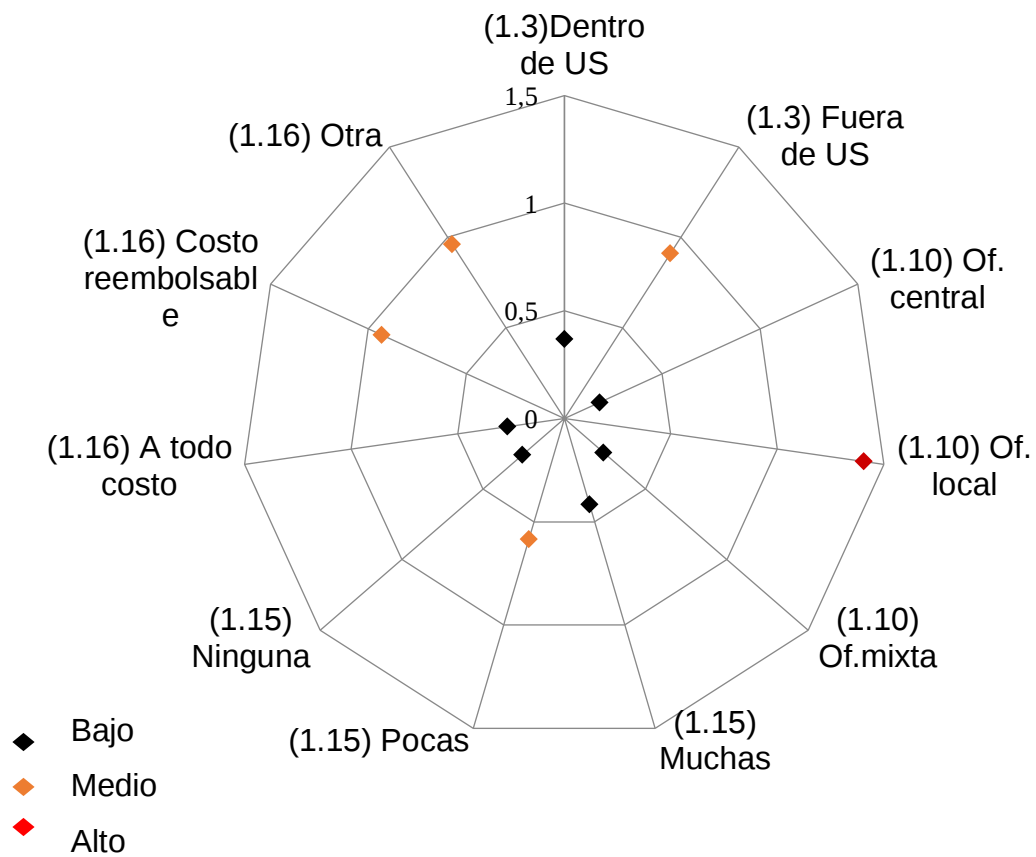
**3.3.1. Complejidad.** En la tabla 14 se presentan los valores calculados: RP (Q4/Q1), desviación de costo promedio (ACD) en Q4 y el indicador de efecto de riesgo para los factores de complejidad de acuerdo con la naturaleza y condiciones de los proyectos.

**Tabla 14.** Efecto del riesgo para factores de Complejidad

| <b>Atributo</b>                       | <b>RP</b> | <b>ACD</b> | <b>REI</b> |
|---------------------------------------|-----------|------------|------------|
| (1.3) Localización geográfica: Dentro | 0,71      | 0,51       | 0,37       |
| (1.3) Localización geográfica: Fuera  | 2,33      | 0,39       | 0,91       |
| (1.10) Oficina del proyecto: Oficina  | 0,40      | 0,45       | 0,18       |
| (1.10) Oficina del proyecto: Oficina  | 3,29      | 0,43       | 1,41       |
| (1.10) Oficina del proyecto: Oficina  | 0,41      | 0,58       | 0,24       |
| (1.15) Condiciones legales y de       | 0,71      | 0,58       | 0,42       |
| (1.15) Condiciones legales y de       | 1,28      | 0,45       | 0,59       |
| (1.15) Condiciones legales y de       | 0,67      | 0,39       | 0,26       |
| (1.16) Forma de pago: A todo costo    | 0,83      | 0,32       | 0,27       |
| (1.16) Forma de pago: Costo           | 1,38      | 0,68       | 0,93       |
| (1.16) Forma de pago: Otra            | 1,50      | 0,64       | 0,96       |

Como se muestra en la figura 5, el atributo “(1.10) Oficina del proyecto: oficina local” presenta el nivel de riesgo más alto entre los factores de complejidad, seguido de los atributos “(1.3) Localización geográfica: Fuera de US” , “(1.15) Condiciones legales y de permisos: Pocas” los cuales están asociados a un nivel de riesgo medio y los atributos asociados al factor “(1.16) Forma de pago: A todo costo y Otras”

**Figura 5.** Mapa de efecto del riesgo para los atributos de los factores de complejidad.



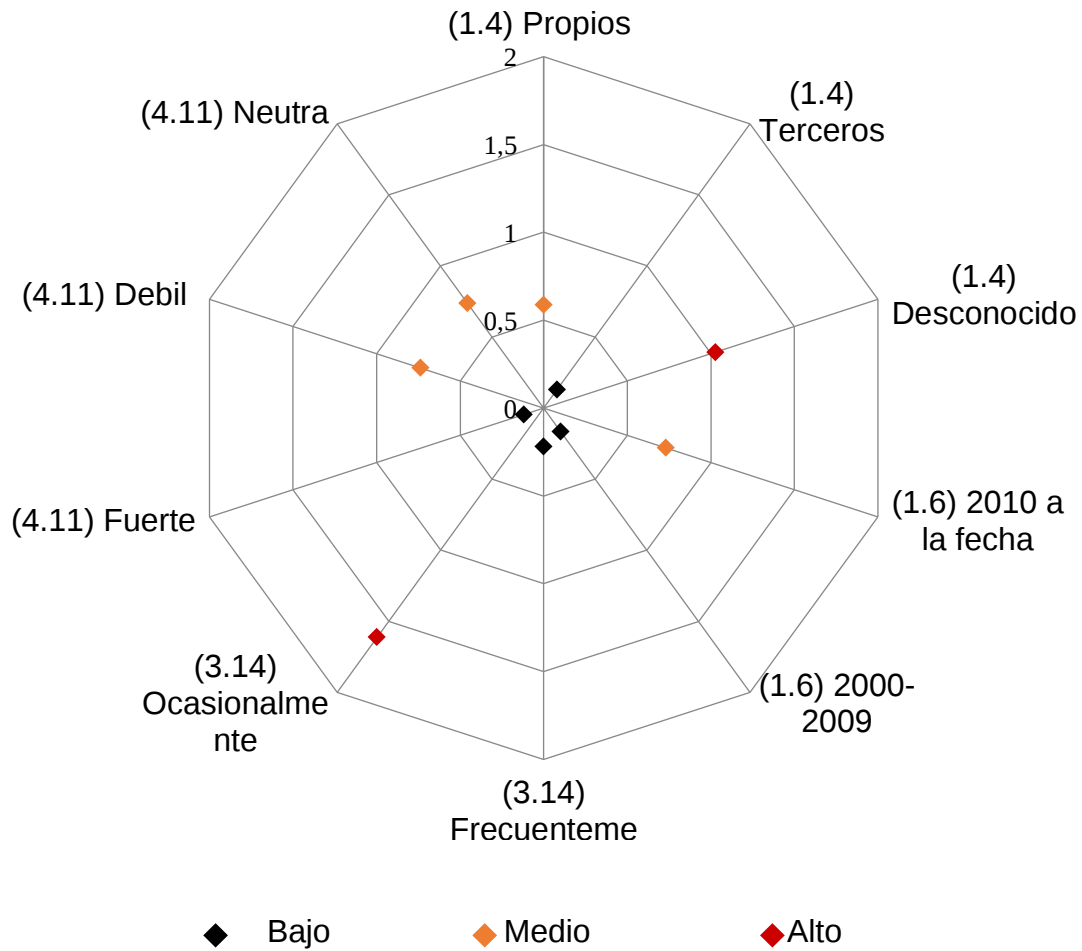
**3.3.2. Influencia externa.** En la tabla 15 se presentan los valores calculados: RP (Q4/Q1), desviación de costo promedio (ACD) en Q4 y el indicador de efecto de riesgo para los factores de influencia externa a campo del proyecto.

**Tabla 15.** Efecto del riesgo para factores de Influencia externa

| <b>Atributo</b>                            | <b>RP</b> | <b>ACD</b> | <b>REI</b> |
|--------------------------------------------|-----------|------------|------------|
| (1.4) Financiación: Recursos propios       | 1.42      | 0.41       | 0.59       |
| (1.4) Financiación: Recursos de tercero    | 0.17      | 0.78       | 0.13       |
| (1.4) Financiación: Desconocido            | 1.67      | 0.62       | 1.03       |
| (1.6) Volatilidad del mercado e inflación: | 1.50      | 0.49       | 0.73       |
| (1.6) Volatilidad del mercado e inflación: | 0.44      | 0.37       | 0.16       |
| (3.14) Requerimientos: Frecuentemente      | 0.46      | 0.47       | 0.22       |
| (3.14) Requerimientos: Ocasionalmente      | 3.50      | 0.46       | 1.61       |
| (4.11) Relación con las partes             | 1.75      | 0.51       | 0.89       |
| (4.11) Relación con las partes             | 0.29      | 0.40       | 0.12       |
| (4.11) Relación con las partes             | 1.67      | 0.44       | 0.74       |

Con base al mapa de efecto del riesgo presente en la figura 6 se puede concluir que los atributos “(1.4) Financiación: Desconocido” y “(3.14) Requerimientos: Ocasionalmente”, son atributos con alto nivel de efecto de riesgo en la predictibilidad de costos y tiempos. Adicionalmente la gráfica muestra que se presenta una gran cantidad de atributos en el nivel de riesgo medio: “(1.4) Financiación: Propios”, “(1.6) Condiciones de mercado: 2010 – a la fecha”, “(4.11) Influencia del cliente: Débil” y “(4.11) Influencia del cliente: Neutra”, lo cual permite concluir que los factores relacionados a condiciones externas tienen una influencia notoria en la predictibilidad y en el riesgo de sobre costo del proyecto.

**Figura 6.** Mapa de efecto del riesgo para los atributos de los factores de influencia externa.



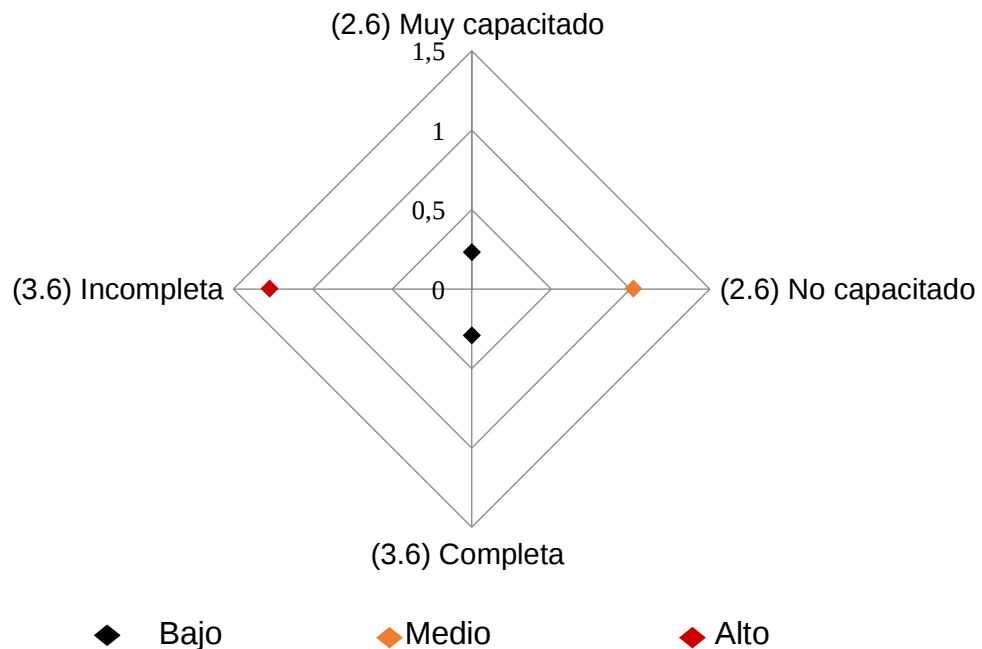
**3.3.3. Equipo del proyecto.** En la tabla 16 se presentan los valores calculados: RP (Q4/Q1), desviación de costo promedio (ACD) en Q4 y el indicador de efecto de riesgo para los factores de equipo del proyecto y cultura organizacional.

**Tabla 16.** Efecto del riesgo para factores de Equipo del proyecto

| Atributo                                     | RP   | ACD  | REI  |
|----------------------------------------------|------|------|------|
| (2.6) Experiencia del equipo: Muy capacitado | 0.42 | 0.56 | 0.23 |
| (2.6) Experiencia del equipo: No capacitado  | 2.40 | 0.43 | 1.02 |
| (3.6) Coordinación: Completa                 | 0.50 | 0.58 | 0.29 |
| (3.6) Coordinación: Incompleta               | 3.33 | 0.38 | 1.27 |

Con base en el efecto de riesgo mostrado en la tabla 16, se mapearon los atributos de influencia en la predictibilidad de (Ver figura 7).

**Figura 7.** Mapa de efecto del riesgo para los atributos de los factores de equipo del proyecto.



Finalmente, se identificó que el atributo “(3.6) Coordinación: Incompleta” presenta un nivel de riesgo alto. Adicionalmente, el factor “(2.6) Experiencia del equipo: No capacitado” presenta un nivel de riesgo medio. Por el contrario, se puede apreciar que los atributos “(3.6) Coordinación: Completa” y “(2.6) Experiencia del equipo de gerencia: muy capacitado” presentan un nivel de riesgo bajo según su indicador de efecto de riesgo.

#### 4. DISCUSIÓN Y CONTRIBUCIÓN

Los resultados presentados anteriormente muestran que diferentes condiciones, requerimientos y características de los proyectos influyen en la predictibilidad, con evidencia estadística el nivel de significancia  $\alpha = 0.10$ . Adicionalmente, se tiene que los factores presentan un impacto moderado o bajo sobre la variable de predictibilidad lo cual se debe a que la medida de asociación V de Cramer tiende a subestimar el tamaño del efecto <sup>27</sup>, obteniendo como resultados valores pequeños.

La categoría complejidad consiste en una gran cantidad de factores influenciadores, debido a esto los equipos de gerencia y planeación de los proyectos deben tener en consideración el efecto adverso que se asocia a los factores de esta categoría.

En la revisión de literatura se encontró que actualmente hay una tendencia en el incremento de la complejidad de los proyectos <sup>28</sup>. En consecuencia, los proyectos no son entendidos de manera efectiva antes de ser ejecutados, generando un incremento en el efecto adverso de la complejidad sobre el costo y el cronograma del proyecto. <sup>29</sup>. Sin embargo, los factores de complejidad del proyecto no contribuyen necesariamente al desempeño de los costos; los factores de complejidad técnica del equipo del proyecto como lo son la gerencia efectiva en sitio, comunicaciones, planeación adecuada y monitoreo pueden ser causantes de efectos adversos asociados a la complejidad.

Esta investigación identificó los factores (1.3) Localización geográfica y (1.10) Oficina del proyecto como factores de sobre costo relacionados con las características de los proyectos. Estos factores están asociados con la familiaridad

---

<sup>27</sup> COHEN.

<sup>28</sup> BACCARINI.

<sup>29</sup> OLAWALE y SUN.

que tiene el equipo del proyecto con la locación y se puede asumir que el riesgo no aplica solo para proyectos ejecutados fuera del país sino también a proyectos que se ejecuten en locaciones no familiares como diferentes ciudades. La familiaridad con la localización que incluye aspectos como condiciones geológicas, laborales <sup>30</sup>, de seguridad, logística, constructibilidad de la región <sup>31</sup>, distancias <sup>32</sup> y corrupción <sup>33</sup>, ha sido uno de los factores que más se ha identificado en la literatura <sup>34</sup>, <sup>35</sup> como un factor de sobre costo para los proyectos.

Adicionalmente el factor (1.15) condiciones legales y de permisos, presentó relación con la predictibilidad. De esta forma se tiene que como complemento a la familiaridad con la localización, las condiciones legales y de permiso pueden influenciar regularmente la habilidad del equipo para hacer predicciones, lo cual se ha evidenciado en la literatura ya que diferentes investigaciones <sup>36</sup>, han identificado que cuando hay cambios en las leyes o políticas de gobierno inadecuadas se presentan dificultades para obtener recursos para la ejecución del proyecto y como consecuencia, sobre costos y retrasos. Adicionalmente, se ha encontrado que las zonas que tienen mayor cantidad de requerimientos legales presentan menos sobre costos, ya que han sido zonas estudiadas anteriormente por expertos en las diferentes áreas de impacto, disminuyendo el nivel de riesgo y por ende los sobre costos relacionados a esta característica.

---

<sup>30</sup> CHAN y KUMARASWAMY.

<sup>31</sup> AKINTOYE, Akintola. Analysis of Factors Influencing Project Cost Estimating Practice. En: Construction Management and Economics. Vol. 18 (2000), p.77–89 <<https://doi.org/10.1080/014461900370979>>.

<sup>32</sup> HUSSAIN, Etikaf y otros. Factors Affecting Construction Cost in the Pakistani Construction Industry. 2012.

<sup>33</sup> KAMING y others.

<sup>34</sup> AKINCI y FISCHER.

<sup>35</sup> SWIS, Ghaleb y otros. Cost Overruns in Public Construction Projects: The Case of Jordan. En: Journal of American Science. Vol. 9 (2013), p. 134–41.

<sup>36</sup> ELHAG, T M S, BOUSSABAIN, A.H. y BALLAL, T.M.A, Critical Determinants of Construction Tendering Costs : Quantity Surveyors' Standpoint. Vol. 23 (2005), p. 538–45 <<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2005.04.002>>; KAMING y others; AKINCI y FISCHER; KARUNAKARAN, P. y otros, Categorization of Potential Project Cost Overrun Factors in Construction Industry, En: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 140.1 (2018) <<https://doi.org/10.1088/1755-1315/140/1/012098>>.

La categoría de influencias externas se identificó como la categoría con más factores influyentes en la predictibilidad. Cuatro factores relacionados con la categoría presentan evidencia estadística de relación con el desempeño de los proyectos.

El factor (1.4) Financiación es considerado como un factor de sobrecostos relacionado a las características de los proyectos dado que sus atributos principales “Recursos propios” y “Recursos de terceros” presentan alta probabilidad de presentarse en el peor escenario y están clasificados dentro del nivel de efecto de riesgo medio y alto. Estudios previos sobre factores de sobrecosto en construcción <sup>37</sup> mostraron que el factor financiación es relevante en la predicción de costos y tiempos dado que la falta de planeación de los fondos tiene influencia crítica en el cronograma y los costos debido a que cuando se presentan fondos insuficientes se retrasan los pagos de recursos y contratistas, afectando directamente el cronograma y por ende los costos finales del proyecto.

Adicionalmente, estudios previos identifican que el factor (1.6) Volatilidad del mercado e inflación representa un gran impacto en los costos de construcción <sup>3839</sup>. Los costos de materiales, equipos y mano de obra varían geográficamente de país a país y se ven directamente afectados por la situación económica que se presente

---

<sup>37</sup> FRIMPONG, Yaw; OLUWOYE, Jacob y CRAWFORD, Lynn. Causes of Delay and Cost Overruns in Construction of Groundwater Projects in a Developing Countries: Ghana as a Case Study. Vol. 21 (2007), p. 321–26 <[https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(02\)00055-8](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00055-8)>; MANSFIELD, NR; UGWU, Ou y DORAN, T. Causes of Delay and Cost Overruns in Nigerian Construction Projects. En: International Journal of Project Management. Vol. 12 (1994), p. 254–60 <[https://doi.org/10.1016/0263-7863\(94\)90050-7](https://doi.org/10.1016/0263-7863(94)90050-7)>; LE-HOAI, Long, DAI LEE, Young y YONG LEE, Jun. Delay and Cost Overruns in Vietnam Large Construction Projects : A Comparison with Other Selected Countries, Vol.12 (2008), p. 367–77 <<https://doi.org/10.1007/s12205-008-0367-7>>; ASSAF, Sadi y AL-HEJJI, Sadiq, Causes of Delay in Large Construction Projects, En: International Journal of Project Management, Vol. 24 (2006), p. 349–57 <<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2005.11.010>>.

<sup>38</sup> AKINTOYE.

<sup>39</sup> AKRAM, Muhammad y otros. Causal Attributes of Cost Overrun In Construction Projects of Pakistan. En: International Journal of Civil Engineering and Technology. Vol. 8 (2017), p. 477–483.

en ese momento. Este factor es un factor de alto riesgo, dado que el incremento de los precios en el mercado causa sobrecostos en la mayoría de los casos ya que se hace difícil estimar los costos de forma precisa <sup>40</sup>. Este factor genera mayor impacto en países en vía de desarrollo ya que estos no presentan una economía estable, por lo cual se recomienda tener en cuenta los indicadores económicos al momento de calcular las reservas de contingencia.

El factor (3.14) Requerimientos s es dividido en dos sub-factores. Los de ejecución, calidad y productividad; y los relacionados con el alcance del proyecto. Akinci et al. identificó en su estudio que los proyectos presentan en promedio un incremento del 40% en la duración y 23.5% en los costos, a causa de los requerimientos <sup>41</sup>. Igualmente, diferentes investigaciones identifican que las variaciones en las especificaciones técnicas y el alcance son uno de los principales factores de sobrecosto en la construcción <sup>42</sup>. Así mismo, se identificó que los sobrecostos pueden estar relacionados con las condiciones sociales y de seguridad debido a reclamos por daños a propiedad, accidentes, restricciones ecológicas, entre otras. De esta manera, se tiene que los proyectos con requerimientos frecuentes tienen menor probabilidad de sufrir de sobrecostos, dado que, gracias a los requerimientos de información del proyecto, estos presentan mayor claridad en el alcance obteniendo como resultado la disminución del sobrecosto.

---

<sup>40</sup> BELACHEW, Ashebir Shiferaw. Causes of Cost Overrun in Federal Road Projects of Ethiopia in Case of Southern District. En: American Journal of Civil Engineering. Vol.5 (2017), p. 27 <<https://doi.org/10.11648/j.ajce.20170501.15>>.

<sup>41</sup> AKINCI y FISCHER.

<sup>42</sup> BALOI, Daniel y PRICE, Andrew D.F. Modelling Global Risk Factors Affecting Construction Cost Performance. En: International Journal of Project Management. Vol. 21 (2003), p. 261–69 <[https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(02\)00017-0](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00017-0)>; GHOSH, Sid y JINTANAPAKANONT, Jakkapan. Identifying and Assessing the Critical Risk Factors in an Underground Rail Project in Thailand : A Factor Analysis Approach. Vol. 22 (2004), p. 633–43 <<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2004.05.004>>; HATAMLEH, Muhammad T y HIYASSAT, Mohammed. Factors Affecting the Accuracy of Cost Estimate : Case of Jordan. 2018 <<https://doi.org/10.1108/ECAM-10-2016-0232>>; WANJARI, Swapnil P y DOBARIYA, Gaurav. Identifying Factors Causing Cost Overrun of the Construction Projects in India. Vol. 41 (2016), p. 679–93 <<https://doi.org/10.1007/s12046-016-0498-3>>.

Como último factor relacionado a las influencias externas, se identificó que tener una relación honesta y transparente con todas las partes interesadas del proyecto, facilita el intercambio de información e influye altamente en los resultados del proyecto. Al igual que diferentes investigaciones <sup>43</sup> este estudio reconoció el factor “(4.11) Influencia del cliente” como uno de los factores de sobrecosto relacionados con las características de los proyectos. Esto se debe a que la falta de coordinación entre las partes interesadas influye en la toma de decisiones e incrementa la posibilidad de presentar imprevistos y retrasos. Adicionalmente, la influencia del cliente en el proyecto puede incurrir a continuos cambios de alcance y requerimientos, generando extensión en el cronograma y posibles sobrecostos. Por lo tanto, se establece que la comunicación es un suceso crítico en los proyectos de construcción, por lo cual se recomienda establecer canales de información y comunicación entre las partes para solucionar de forma efectiva diferencias y dificultades durante la ejecución del proyecto.

Teniendo en cuenta que tanto la calidad del pronóstico y el presupuesto, como el desempeño durante la ejecución del proyecto, dependen en gran parte del equipo de gerencia del proyecto, la categoría “Equipo del proyecto” agrupó los factores asociados a las prácticas, características y relaciones que se presentan entre los miembros que conforman este equipo de trabajo.

Dado que el tiempo del proyecto generalmente es evaluado sin ninguna base científica sino por instinto, la experiencia es la razón principal de predicciones imprecisas. Esta investigación reconoció el factor “(2.6) Experiencia del equipo” como un factor de sobrecosto con gran impacto en la predictibilidad. Adicionalmente, reconoció que los proyectos con un equipo de gerencia sin experiencia se encuentran en un nivel de efecto de riesgo alto. Por lo cual, al igual

---

<sup>43</sup> BOUSSABAIN, Elhag y Ballal; IYER, K C y JHA, K N, Factors Affecting Cost Performance : Evidence from Indian Construction Projects, Vol. 23 (2005), p. 283–95 <<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2004.10.003>>; Doloi.

que en otras investigaciones <sup>44</sup> se reconoce que la estimación de costos por parte del equipo del trabajo juega un papel importante a la hora de realizar predicciones que alcancen los objetivos de calidad y costos del proyecto.

Teniendo en cuenta lo anterior, se establece que la relación y comunicación entre los miembros del equipo de trabajo es un factor significativo en las fases de planeación y ejecución de los proyectos. Por lo tanto, se identificó el factor “(3.6) Coordinación” como un factor de alta influencia en la predictibilidad de los proyectos, resultado que ha sido identificado por diferentes investigaciones anteriores <sup>45, 46</sup>, las cuales establecen que falta de coordinación entre los miembros del equipo de gerencia del proyecto puede causar errores en la ejecución del proyecto y por ende retrocesos que traen como consecuencia alto consumo de tiempo y recursos generando sobrecostos.

Finalmente, el factor “(4.9) Transparencia y confianza” fue identificado como un factor con impacto en la predictibilidad. Teniendo en cuenta que la comunicación es un factor de vital importancia en el proyecto se recomienda que los miembros del equipo del proyecto adopten una cultura basada en la transparencia y la confianza que genere un ambiente laboral ameno en donde la comunicación fluya entre los miembros.

---

<sup>44</sup> ALI, A.S and KAMARUZZAMAN, S.N. Cost Performance for Building Construction Projects in Klan Valley. En: Journal of Building Performance, Vol.1 Ed.1 (2010), p. 110–18; OLAWALE y SUN; CHAN y KUMARASWAMY; IYER y JHA.

<sup>45</sup> GRAU y BACK.

<sup>46</sup> KOG, Yue Choong. Major Construction Delay Factors in Portugal, the UK, and the US. En: *Practice Periodical on Structural Design and Construction*. Vol. 23 (2018), p. 1–8 <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SC.1943-5576.0000389](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SC.1943-5576.0000389)>; OGUNLANA, Stephen O; PROMKUNTONG, Krit and JEARKJIRM, Vithool. Construction Delays in a Fast-Growing Economy: Comparing Thailand with Other Economies. En: *International Journal of Project Management*, p. 14 (1996), p. 37–45 <[https://doi.org/10.1016/0263-7863\(95\)00052-6](https://doi.org/10.1016/0263-7863(95)00052-6)>.

De esta manera, investigaciones anteriores <sup>47, 48</sup>, identificaron que la transparencia entre los miembros genera un mejor desempeño del proyecto por lo cual, se reafirma la importancia de la ética y la integridad en los miembros del equipo.

---

<sup>47</sup> GRAU y BACK.

<sup>48</sup> ELHAG, BOUSSABINE y BALLAL.

## 5. CONCLUSIONES

Se identificaron 11 factores relacionados con las características y condiciones generales de los proyectos que presentaron evidencia estadística de asociación con la variable de predictibilidad mediante la prueba no paramétrica Chi cuadrado en el nivel de significancia  $\alpha=0.10$ , los cuales se distribuyen de la siguiente manera:

- **Factores de complejidad:** (1.1) Rol de control, (1.3) Localización geográfica, (1.10) Oficina del proyecto, (1.15) Condiciones legales y de permisos y (1.16) Forma de pago.
- **Factores de Influencias externas:** (1.4) Financiación, (1.6) Volatilidad del mercado e inflación, (3.14) Requerimientos y (4.11) Influencia del cliente.
- **Factores del equipo de gerencia:** (2.6) Experiencia del equipo de gerencia y (3.6) Coordinación.

Con base en el tamaño del efecto y el estadístico V de Cramer, se identificaron como factores de mayor impacto sobre la variable predictibilidad (1.10) Oficina del proyecto, (1.4) Financiación, (3.14) Requerimientos, (4.11) Influencia del cliente, (2.6) Experiencia del equipo de gerencia y (3.6) Coordinación, los cuales están clasificados dentro del nivel de impacto medio con  $w > 0.3$ .

Con base al indicador de efecto de riesgo, se identificaron como atributos con mayor influencia en la predictibilidad (1.10) Oficina local, (1.4) Financiación desconocido, (3.14) Requerimientos ocasionales y (3.6) Coordinación incompleta, los cuales se

encuentran clasificados dentro del nivel influencia alto, presentando un indicador de efecto de riesgo mayor que 1.0.

Se identifica la categoría “Influencias externas” como la categoría con mayor influencia en la predictibilidad dado que presenta mayor número de factores con impacto sobre la variable de predictibilidad y atributos con nivel de influencia alto.

Se reconocen los factores (1.10) Oficina del proyecto, (1.4) Financiación, (3.14) Requerimientos y (3.6) Coordinación como los factores con mayor influencia en la predictibilidad dado que presentan mayor impacto sobre la variable de predictibilidad y mayor número de atributos con alta probabilidad de influencia y nivel de influencia alto.

Se identifica el factor (3.14) Requerimientos como el factor más crítico a la hora de elaborar predicciones de costos y tiempos dado que presenta mayor impacto sobre la variable de predictibilidad y un nivel de influencia alto en su atributo crítico. Siendo 3,5 veces más probable que un proyecto desarrollado con requerimientos ocasionales se presente en el peor escenario Q4 que en el mejor escenario Q1.

## BIBLIOGRAFÍA

EL-KARIM, Abd; AHMED, Mohamed; Omar Aly Mosa y ABDEL-ALIM, Ahmed Mohamed. Identification and Assessment of Risk Factors Affecting Construction Projects. En: *HBRC Journal*, Vol. 13.2 (2015), p. 202–16  
<<https://doi.org/10.1016/j.hbrcj.2015.05.001>>

ABDERISAK, Adam; JOSEPHSON, Per-Erik y LINDAHL, Göran. Implications of Cost Overruns and Time Delays on Major Public Construction Projects. En: *Proceedings of the 19th International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate* (Springer Berlin Heidelberg, 2015), pp. 747–58  
<[https://doi.org/10.1007/978-3-662-46994-1\\_61](https://doi.org/10.1007/978-3-662-46994-1_61)>

AGRESTI, Alan. An Introduction to Categorical Data Analysis. New Jersey (2010),  
<<https://doi.org/10.1002/sim.3564>>

AKINCI, B., y FISCHER, M. Factors Affecting Contractors Risk of Cost Overburden. En: *Journal of Management in Engineering*, Vol.14 (1998), p.67–76.

AKINSOLA, Abiodun O; POTTS, Keith F; NDEKUGRI, Issaka y HARRIS, Frank C. Identification and Evaluation of Factors Influencing Variations on Building Projects, En: *International Journal of Project Management*, Vol. 15.4 (1997), p. 263–67  
<[https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(96\)00081-6](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(96)00081-6)>

AKINTOYE, Akintola. Analysis of Factors Influencing Project Cost Estimating Practice. En: *Construction Management and Economics*, Vol. 18.1 (2000), p. 77–89  
<<https://doi.org/10.1080/014461900370979>>

AKRAM, Muhammad; ALI, TauhaHussain; MEMON, Nafees Ahmed y KHAHRO, Shabir Hussain. Causal Attributes of Cost Overrun In Construction Projects of Pakistan. En: International Journal of Civil Engineering and Technology, Vol. 8.6 (2017), p. 477–483.

ALI, A.S, and KAMARUZZAMAN, S.N. Cost Performance for Building Construction Projects in Klan Valley. En: Journal of Building Performance, Vol. 1.1 (2010), p. 110–18

ANDERSON, Stuart D y TUCKER, Richard L. Improving Project Management of Design. En: Journal of Management in Engineering, Vol. 10.4 (1994), p. 35–44 <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)9742-597X\(1994\)10:4\(35\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)9742-597X(1994)10:4(35))>

ASSAF, Sadi A y AL-HEJJI, Sadiq. Causes of Delay in Large Construction Projects. En: International Journal of Project Management, Vol. 24.4 (2006), p. 349–57 <<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2005.11.010>>

AZHAR, Nida; FAROOQUI, RU y AHMED, SM. Cost Overrun Factors in Construction Industry of Pakistan. En: Advancing and Integrating Construction Education, Research & Practice, (2008), p.499–508 <<http://www.neduet.edu.pk/Civil/ICCIDC-I/Complete Proceedings.rar#page=510>>

AZIS, Ade Asmi Abdul; MEMON, Aftab Hameed; RAHMAN, Ismail Abdul y ABD KARIM, Ahmad Tarmizi. Controlling Cost Overrun Factors in Construction Projects in Malaysia. En: Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, Vol. 5.8 (2013), p.2621–29 <<https://doi.org/10.19026/rjaset.5.4706>>

AZIZ, Remon Fayek. Factors Causing Cost Variation for Constructing Wastewater Projects in Egypt. En: Alexandria Engineering Journal, Vol. 52.1 (2013), p.51–66 <<https://doi.org/10.1016/j.aej.2012.11.004>>

BACCARINI, David. The Concept of Project Complexity - a Review. En: International Journal of Project Management, Vol. 14.4 (1996), p. 201–4 <[https://doi.org/10.1016/0263-7863\(95\)00093-3](https://doi.org/10.1016/0263-7863(95)00093-3)>

BALOI, Daniel y PRICE, Andrew D.F. Modelling Global Risk Factors Affecting Construction Cost Performance. En: International Journal of Project Management, Vol. 21.4 (2003), p.261–69 <[https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(02\)00017-0](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00017-0)>

BARI, Nor Azmi Ahmad; YUSUFF, Rosnah; ISMAIL, Napsiah; JAAPAR, Aini y AHMAD, Rizan. Factors Influencing the Construction Cost of Industrialised Building System (IBS) Projects. En: Procedia - Social and Behavioral Sciences, Vol.35. (2012), p.689–96 <<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.02.138>>

CHAN, Daniel W.M. y Kumaraswamy, Mohan M. A Comparative Study of Causes of Time Overruns in Hong Kong Construction Projects. En: International Journal of Project Management, Vol. 15.1 (1997), p.55–63 <[https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(96\)00039-7](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(96)00039-7)>

CHOONG KOG, Yue, Major Construction Delay Factors in Portugal, the UK, and the US. En: Practice Periodical on Structural Design and Construction, Vol.23.4 (2018), p. 1–8 <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SC.1943-5576.0000389](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SC.1943-5576.0000389)>

COHEN, Jacob. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences, Segunda edición. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, Inc, 1988.

DOLOI, Hemanta. Cost Overruns and Failure in Project Management: Understanding the Roles of Key Stakeholders in Construction Projects. En: Journal of Construction Engineering and Management, Vol.139. (2013), p. 267–79 <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862)>

EJAZ, Naeem; ALI, Imran y TAHIR, Muhammad Fiaz. Assessment of Delays and Cost Overruns during Construction Projects in Pakistan. En: Journal of Construction Engineering and Management, 2013, p. 329–39.

ELHAG, T M S; BOUSSABAIN, A.H. y BALLAL, T.M.A. Critical Determinants of Construction Tendering Costs : Quantity Surveyors' Standpoint, Vol.23 (2005). p.538–45 <<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2005.04.002>>

FELLOWS, Richard y LIU, Anita. En: Research Methods for Construction, Tercera edición. Malden, MA: Blackwell Publishing Ltd, 2008.

FLYVBJERG, Bent; HOLM, Mette K Skamris y BUHL, Søren L. How Common and How Large Are Cost Overruns in Transport Infrastructure Projects ?. 2003, p.71–88 <<https://doi.org/10.1080/0144164022000016667>>

FRIMPONG, Yaw; OLUWOYE, Jacob y CRAWFORD, Lynn. Causes of Delay and Cost Overruns in Construction of Groundwater Projects in a Developing Countries ; Ghana as a Case Study. Vol.21 (2003), p. 321–26 <[https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(02\)00055-8](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00055-8)>

GHOSH, Sid y JINTANAPAKANONT, Jakkapan. En: Identifying and Assessing the Critical Risk Factors in an Underground Rail Project in Thailand : A Factor Analysis Approach, Vol. 22 (2004), p. 633–43 <<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2004.05.004>>

GRAU, David y BACK, W Edward. Predictability Index: Novel Metric to Assess Cost and Schedule Performance. En: Journal of Construction Engineering & Management, Vol.141 (2015), p.1–8 <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000994](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000994)>

HATAMLEH, Muhammad T y HIYASSAT, Mohammed. Factors Affecting the Accuracy of Cost Estimate : Case of Jordan. 2018 <<https://doi.org/10.1108/ECAM-10-2016-0232>>

HUSSAIN, Etikaf; FAROOQUI, Rizwan U; UMER, Muhammad y LODI, Sarosh. Factors Affecting Construction Cost in the Pakistani Construction Industry. Julio, 2012

IYER, K C. y JHA, K N. Factors Affecting Cost Performance : Evidence from Indian Construction Projects. Vol.23 (2005), p.283–95 <<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2004.10.003>>

KAMING, Peter F; OLOMOLAIYE, Paul O; HOLT, Gary D y HARRIS, Frank C. Factors Influencing Construction Time and Cost Overruns on High-Rise Projects in Indonesia. (2014), p. 37–41 <<https://doi.org/10.1080/014461997373132>>

KARUNAKARAN, P; ABDULLAH, A. H; NAGAPAN, S; SOHU, S. y KASVAR, K. K. Categorization of Potential Project Cost Overrun Factors in Construction Industry. En: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, p.140 (2018) <<https://doi.org/10.1088/1755-1315/140/1/012098>>

KIM, Du Y. ; HAN, Seung H. y KIM, Hyoungkwan. Discriminant Analysis for Predicting Ranges of Cost Variance in International Construction Projects. En: Journal of Construction Engineering and Management, Vol.134 (2008), p.398–410. <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2008\)134:6\(398\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2008)134:6(398))>

KOG, Yue Choong; Construction Delays in Indonesia, Malaysia, Thailand, and Vietnam. En: Practice Periodical on Structural Design and Construction, Vol.24 (2019) <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SC.1943-5576.0000434](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SC.1943-5576.0000434)>

LE-HOAI, Long; LEE, Young Dai y LEE, Jun Yong. Delay and Cost Overruns in Vietnam Large Construction Projects : A Comparison with Other Selected Countries. Vol.12 (2008), p.367–77 <<https://doi.org/10.1007/s12205-008-0367-7>>

MANSFIELD, NR; UGWU, OO y DORAN, T. Causes of Delay and Cost Overruns in Nigerian Construction Projects. En: International Journal of Project Management. Vol. 12.4 (1994), p.254–60 <[https://doi.org/10.1016/0263-7863\(94\)90050-7](https://doi.org/10.1016/0263-7863(94)90050-7)>

MEJÍA, Guillermo. Improving Accuracy of Project Outcome Predictions. Tesis para obtener el título de Doctor en Ingeniería Civil. Alabama,USA: The university of Alabama, 2013.

MEMON, Aftab Hameed; RAHMAN, Ismail Abdul; ABDULLAH, Mohd Razaki y ASMI, Ade. Factors Affecting Construction Cost in Mara Large Construction Project : Perspective of Project Management Consultant. Vol.1.2 (2010)

MEMON, Aftab Hameed; RAHMAN, Ismail Abdul; ASMI, Ade y AZIS, Abdul. Preliminary Study on Causative Factors Leading to Construction Cost Overrun. Vol. 2.1 (2011), p. 57–71.

MEMON, Aftab Hameed; RAHMAN, Ismail Abdul; TUN, Universiti y ONN, Hussein. The cause factors of large project ' s cost overrun : a survey in the southern part of peninsular Malaysia. Enero, 2012.

MOLENAAR, Keith R y ASCE, A M. Programmatic Cost Risk Analysis for Highway Megaprojects. Vol.131 (2005), p. 343–53.

MURPHY, Kevin; MYORS, Brett y WOLACH, Allen. Statistical Power Analysis, Cuarta edición. New York: Routledge, 2014.  
<<https://doi.org/10.4324/9781315773155>>

OGUNLANA, Stephen O.; PROMKUNTONG, Krit y JEARKJIRM, Vithool. Construction Delays in a Fast-Growing Economy: Comparing Thailand with Other Economies. En: International Journal of Project Management, Vol.14.1 (1996), p. 37–45 <[https://doi.org/10.1016/0263-7863\(95\)00052-6](https://doi.org/10.1016/0263-7863(95)00052-6)>

OLAWALE, Yakubu Adisa y SUN, Ming. Cost and Time Control of Construction Projects : Inhibiting Factors and Mitigating Measures in Practice. 2014. p.37–41  
<<https://doi.org/10.1080/01446191003674519>>

PINTO, Abel, Isabel L Nunes, and Rita A Ribeiro, 'Occupational Risk Assessment in Construction Industry – Overview and Reflection', *Safety Science*, 49.5 (2011), 616–24 <<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.01.003>>

RAHMAN, Ismail Abdul; MEMON, Aftab Hameed, TARMIZI, Ahrnad y KARIM, Abd. Significant Factors Causing Cost Overruns in Large Construction Projects in Malaysia. Vol. 13.2 (2013), 286–93

SHARMA, Savita y GOYAL, Pradeep K. Fuzzy Assessment of the Risk Factors Causing Cost Overrun in Construction Industry. En: Evolutionary Intelligence, (2019), <https://doi.org/10.1007/s12065-019-00214-9>>

ZAYYANA, Shehu; ZAYYANA, Intan Rohani; AKINTOYE, Akintola y HOLT, Gary D. Cost Overrun in the Malaysian Construction Industry Projects : A Deeper Insight. En: *JPMA*, Vol.32.8 (2014), p. 1471–80 <<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.04.004>>

SHIFERAW BELACHEW, Ashebir. Causes of Cost Overrun in Federal Road Projects of Ethiopia in Case of Southern District. En: American Journal of Civil Engineering, Vol.5.1 (2017) <<https://doi.org/10.11648/j.ajce.20170501.15>>

SWIS, Ghaleb; SWEIS, Rateb; ABU RUMMAN, Malek; ABU HUSSEIN, Ruba y DAHIYAT, Samer E. Cost Overruns in Public Construction Projects: The Case of Jordan. En: Journal of American Science, Vol.9.7 (2013), p.134–41

WANJARI, Swapnil P. y DOBARIYA, Gaurav. Identifying Factors Causing Cost Overrun of the Construction Projects in India. En: *Sādhanā*, Vol.41.6 (2016), p.679–93 <<https://doi.org/10.1007/s12046-016-0498-3>>

ZIDANE, Youcef J.T. y ANDERSEN, Bjorn. The Top 10 Universal Delay Factors in Construction Projects. En: International Journal of Managing Projects in Business, Vol.11.3 (2018), p. 650–72 <<https://doi.org/10.1108/IJMPB-05-2017-0052>>

## ANEXOS

### **Anexo A.** Literatura relacionada a los factores de complejidad con influencia en la predictibilidad

| <b>Factores de influencia en la predictibilidad</b> | <b>Artículos</b>                                                                                           |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (1.3) Localización geográfica                       | (Akinci,1998; Akintoye,2000; Chan,1997; Cheng,2013; Hatamleh,2018; Hussain,2012; Niazi,2017; Sweis,2013)   |
| (1.15) Condiciones legales y de permisos            | (Akinci,1998; Bari,2012; Choong,2018; Doloi,2012; Ejaz,2013; Karunakaran,2018; Ogunlana,1996; Zidane,2017) |
| (1.8) Familiaridad con la tecnología                | (Akinci,1998; Ali,2010; Anderson,1994; Le-Hoi,2008)                                                        |
| (1.7) Duración final del proyecto                   | (Akinci,1998; Akintoye, 2000; Adam,2015)                                                                   |
| 1.11) Costo final del proyecto                      | (Akintoye, 2000; Doloi, 2013; Frimpong, 2003; Akinci, 1998)                                                |

**Anexo B.** Literatura relacionada a los factores de influencia externa con influencia en la predictibilidad

| <b>Factores de influencia en la predictibilidad</b> | <b>Artículos</b>                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (1.4) Financiación                                  | (Akintoye,2000; Ali, 2010; Assaf, 2006; Aziz, 2013; Chan, 1997; Kog,2019, Frimpong, 2003; Le-Hoai,2008; Mansfield, 1994; Memon, 2012; Shehu,2014;                                                                          |
| (4.11) Relación con las partes interesadas          | Aziz,2013; Chan, 1997; Doloi,2012; Elhag, 2005; Iyer,2005)                                                                                                                                                                 |
| (3.14) Reclamaciones                                | (Akinci,1998; Baloi,2003; Chan,1997; Doloi,2012; Elhag,2005; Ghosh, 2004; Hatamleh, 2018; Kaming,1997; Le-Hoai,2008; Memon,2010; Memon,2011; Memon,2012; Olawale,2010; Sharma,2018; Wanjari,2016)                          |
| (1.6) Volatilidad del mercado e inflación           | (Adam,2015; Akinci,1998; Akintoye,2000; Ali,2010; Aziz,2013; Bari,2012; Belachew,2017; Cheng,2013; Doloi,2013; Ejaz,2013; Frimpong,2003; Hatamleh, 2018; Kaming,1997; Le-Hoai,2008; Memon,2012; Rahman,2013; Wanjari,2016) |

**Anexo C.** Literatura relacionada a los factores de Equipo del proyecto con influencia en la predictibilidad

| <b>Factores de influencia en la predictibilidad</b> | <b>Artículos</b>                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (2.6) Experiencia del equipo de trabajo             | (Ali,2010; Chan,1997; Elhag,2005; Hatamleh,2018; Iyer, 2005; Olawale, 2010)                                         |
| (3.6) Coordinación                                  | (Akram,2017; Chan,1997; Choong, 2018; Doloi,2012; Grau,2015; Hussain, 2012; Iyer, 2005; Memon, 2012; Ogunlana,1996) |
| (4.9) Transparencia y confianza                     | (Eljah,2005; Grau, 2015)                                                                                            |
| (3.10) Liderazgo                                    | (Anderson, 1994; Doloi,2013; Grau, 2015; Hatamleh,2018)                                                             |

**Anexo D.** Resultados test de asociación obtenidos de SPSS V.25®

| <b>Factor de influencia</b>                   | <b><math>\chi^2</math></b> | <b>V</b> | <b>p</b> | <b>w</b> | <b><math>\alpha</math></b> |
|-----------------------------------------------|----------------------------|----------|----------|----------|----------------------------|
| <b>Complejidad</b>                            |                            |          |          |          |                            |
| (1.1) Rol de control                          | 4,779                      | 0,188    | 0,092    | 0.188    | 0,10                       |
| (1.3) Localización geográfica                 | 6,926                      | 0,227    | 0,031    | 0.227    | 0.10                       |
| (1.10) Oficina del proyecto                   | 17,104                     | 0,252    | 0,002    | 0.356    | 0.10                       |
| (1.16) Forma de pago                          | 8.467                      | 0,177    | 0,076    | 0.250    | 0.10                       |
| (1.15) Condiciones legales y de permisos      | 11.730                     | 0,208    | 0,019    | 0.294    | 0.10                       |
| (1.14) Condiciones preliminares del sitio     | 6.354                      | 0,153    | 0,174    | 0.216    | No asociación              |
| (1.8) Familiaridad con la tecnología del      | 0.596                      | 0,066    | 0,742    | 0.066    | No asociación              |
| (1.7) Duración final del proyecto             | 2.208                      | 0,128    | 0,332    | 0.128    | No asociación              |
| (1.11) Costo final del proyecto (US\$MM)      | 0,073                      | 0,023    | 0,964    | 0.023    | No asociación              |
| <b>Influencias externas</b>                   |                            |          |          |          |                            |
| (1) Forma de control                          | 8.291                      | 0,175    | 0.218    | 0.247    | No asociación              |
| (1.4) Financiación                            | 15.394                     | 0,239    | 0.004    | 0.338    | 0.10                       |
| (1.6) Volatilidad del mercado e inflación     | 5.308                      | 0,198    | 0,070    | 0.198    | 0.10                       |
| (3.14) Reclamaciones                          | 20.374                     | 0,388    | <0.001   | 0.388    | 0.10                       |
| (4.11) Relación con las partes interesadas    | 20.155                     | 0,273    | <0.001   | 0.386    | 0.10                       |
| <b>Equipo del proyecto</b>                    |                            |          |          |          |                            |
| (2.6) Experiencia del equipo de gerencia      | 14.531                     | 0,328    | 0,001    | 0.328    | 0,10                       |
| (3.6) Coordinación                            | 12.295                     | 0,302    | <0.001   | 0.302    | 0,10                       |
| (3.10) Liderazgo                              | 5,577                      | 0,144    | 0,233    | 0.204    | No asociación              |
| (4.9) Transparencia y confianza con el equipo | 10.875                     | 0.201    | 0.028    | 0.284    | 0.10                       |

**Anexo E.** Descripción del sobrecosto en los proyectos por factores de complejidad

| <b>Factor</b>                                     | <b>Atributo</b> | <b><math>\bar{X}</math></b> | <b>S</b> | <b>Min</b> | <b>Max</b> |
|---------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------|----------|------------|------------|
| (1.1) Rol de control                              | Dueño           | 0.207                       | 0.190    | 0.0023     | 0.8000     |
|                                                   | Contratista     | 0.207                       | 0.259    | 0.0002     | 0.9847     |
| (1.3) Localización geográfica                     | Dentro de US    | 0.195                       | 0.233    | 0.0002     | 0.9847     |
|                                                   | Fuera de US     | 0.244                       | 0.209    | 0.0017     | 0.7579     |
| (1.10) Oficina del proyecto                       | Oficina central | 0.155                       | 0.185    | 0.0094     | 0.9847     |
|                                                   | Oficina local   | 0.253                       | 0.239    | 0.0002     | 0.8820     |
|                                                   | Mixta           | 0.188                       | 0.236    | 0.0010     | 0.9505     |
| (1.16) Forma de pago                              | Costo global    | 0.168                       | 0.178    | 0.0010     | 0.8987     |
|                                                   | Costo           | 0.251                       | 0.279    | 0.0002     | 0.9847     |
|                                                   | Otro            | 0.261                       | 0.247    | 0.0094     | 0.8000     |
| (1.15) Condiciones legales y de permisos          | Muchas          | 0.233                       | 0.303    | 0.0022     | 0.9847     |
|                                                   | Pocas           | 0.228                       | 0.248    | 0.0002     | 0.9505     |
|                                                   | Ninguna         | 0.162                       | 0.146    | 0.0094     | 0.8721     |
| (1.14) Condiciones preliminares del sitio         | Greenfield      | 0.214                       | 0.255    | 0.0098     | 0.9505     |
|                                                   | Brownfield      | 0.202                       | 0.261    | 0.0017     | 0.8688     |
|                                                   | Renovación      | 0.206                       | 0.208    | 0.0002     | 0.9847     |
| (1.8) Familiaridad con la tecnología del proyecto | Nueva (Baja)    | 0.294                       | 0.285    | 0.0234     | 0.9505     |
|                                                   | Antigua (Alta)  | 0.188                       | 0.209    | 0.0002     | 0.9847     |
| (1.7) Duración final del proyecto                 | ≤ 80 semanas    | 0.214                       | 0.232    | 0.0002     | 0.8987     |
|                                                   | > 80 semanas    | 0.202                       | 0.226    | 0.0017     | 0.9847     |
| (1.11) Costo final del proyecto (US\$MM)          | ≤ \$110         | 0.204                       | 0.240    | 0.0002     | 0.9847     |
|                                                   | > \$110         | 0.212                       | 0.209    | 0.0017     | 0.9505     |

**Anexo F.** Descripción del sobrecosto en los proyectos por factores de influencias externas

| <b>Factor</b>                                     | <b>Atributo</b>    | <b><math>\bar{X}</math></b> | <b>S</b> | <b>Min</b> | <b>Max</b> |
|---------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------|----------|------------|------------|
| (1.1) Rol de control                              | Dueño              | 0.207                       | 0.190    | 0.0023     | 0.8000     |
|                                                   | Contratista        | 0.207                       | 0.259    | 0.0002     | 0.9847     |
| (1.3) Localización geográfica                     | Dentro de US       | 0.195                       | 0.233    | 0.0002     | 0.9847     |
|                                                   | Fuera de US        | 0.244                       | 0.209    | 0.0017     | 0.7579     |
| (1.10) Oficina del proyecto                       | Oficina central    | 0.155                       | 0.185    | 0.0094     | 0.9847     |
|                                                   | Oficina local      | 0.253                       | 0.239    | 0.0002     | 0.8820     |
|                                                   | Mixta              | 0.188                       | 0.236    | 0.0010     | 0.9505     |
| (1.16) Forma de pago                              | Costo global       | 0.168                       | 0.178    | 0.0010     | 0.8987     |
|                                                   | Costo reembolsable | 0.251                       | 0.279    | 0.0002     | 0.9847     |
|                                                   | Otro               | 0.261                       | 0.247    | 0.0094     | 0.8000     |
| (1.15) Condiciones legales y de permisos          | Muchas             | 0.233                       | 0.303    | 0.0022     | 0.9847     |
|                                                   | Pocas              | 0.228                       | 0.248    | 0.0002     | 0.9505     |
|                                                   | Ninguna            | 0.162                       | 0.146    | 0.0094     | 0.8721     |
| (1.14) Condiciones preliminares del sitio         | Greenfield         | 0.214                       | 0.255    | 0.0098     | 0.9505     |
|                                                   | Brownfield         | 0.202                       | 0.261    | 0.0017     | 0.8688     |
|                                                   | Renovación         | 0.206                       | 0.208    | 0.0002     | 0.9847     |
| (1.8) Familiaridad con la tecnología del proyecto | Nueva (Baja)       | 0.294                       | 0.285    | 0.0234     | 0.9505     |
|                                                   | Antigua (Alta)     | 0.188                       | 0.209    | 0.0002     | 0.9847     |
| (1.7) Duración final del proyecto                 | ≤ 80 semanas       | 0.214                       | 0.232    | 0.0002     | 0.8987     |
|                                                   | > 80 semanas       | 0.202                       | 0.226    | 0.0017     | 0.9847     |
| (1.11) Costo final del proyecto (US\$MM)          | ≤ \$110            | 0.204                       | 0.240    | 0.0002     | 0.9847     |
|                                                   | > \$110            | 0.212                       | 0.209    | 0.0017     | 0.9505     |

**Anexo G.** Descripción del sobrecosto en los proyectos por factores de Equipo del proyecto

| <b>Factor</b>                                 | <b>Atributo</b>   | <b><math>\bar{X}</math></b> | <b>S</b> | <b>Min</b> | <b>Max</b> |
|-----------------------------------------------|-------------------|-----------------------------|----------|------------|------------|
| (2.6) Experiencia del equipo de gerencia      | Muy capacitado    | 0.181                       | 0.219    | 0.0002     | 0.9847     |
|                                               | No capacitado     | 0.187                       | 0.167    | 0.1450     | 0.5000     |
| (3.6) Coordinación                            | Completa          | 0.201                       | 0.239    | 0.0002     | 0.9505     |
|                                               | Pobre             | 0.292                       | 0.253    | 0.0252     | 0.9847     |
| (3.10) Liderazgo                              | Muy satisfactoria | 0.189                       | 0.241    | 0.0098     | 0.9505     |
|                                               | Satisfactoria     | 0.203                       | 0.222    | 0.0002     | 0.9847     |
|                                               | Insatisfactoria   | 0.219                       | 0.230    | 0.0010     | 0.8987     |
| (4.9) Transparencia y confianza con el equipo | De confianza      | 0.180                       | 0.257    | 0.0094     | 0.9847     |
|                                               | De apoyo          | 0.224                       | 0.231    | 0.0002     | 0.9505     |
|                                               | Bajo presión      | 0.145                       | 0.183    | 0.0017     | 0.8721     |