

## **UN ESTUDIO SOBRE LAS DIFERENTES TECNICAS Y HERRAMIENTAS DE ESTIMACION DE COSTOS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCION**

*Por Ing. Elsa Carolina Lozano González del Valle e Ing. Luis Felipe Montoya Otárola*

El texto que editamos corresponde a la tesis de grado para optar el título de ingeniero sustentado por los bachilleres Elsa Carolina Lozano González del Valle y Luis Felipe Montoya Otárola en la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Su publicación continúa una serie de resúmenes de tesis de investigación, presentadas en las diferentes Facultades de Ingeniería Civil del país.

El siguiente texto es un resumen preparado por la FCI de la PUCP.

### **RESUMEN EJECUTIVO**

El éxito de un proyecto está determinado por el cumplimiento de lo que se conoce como la triple restricción de la gestión de proyectos, es decir que el proyecto se realice de acuerdo al plazo, costo y especificaciones. El costo es una restricción establecida por el cliente y determinada en base a una estimación inicial, la cual debe estar en concordancia con las especificaciones del proyecto.

Sin embargo, es común encontrar, al momento de licitar un proyecto, que los costos ofertados superan al monto inicialmente estimado. Entonces, para hacer el proyecto económicamente viable, es necesario reducir el alcance del mismo, sacrificando ya sea área techada o la calidad de los acabados. Es en este momento, que se hace evidente la falta de un planeamiento estratégico de costos, el cual se debe realizar no sólo con un respaldo de una base de datos consistentemente almacenada; sino que considere también los principales factores de riesgo o de reajuste por variación de los precios de los insumos.

El presente estudio, tiene como objetivo principal el de contribuir a la mejora de la gestión de las estimaciones de costo en proyectos de construcción, a través de la presentación de una metodología de estimación de costos, que le dará al equipo del proyecto las herramientas y técnicas para poder realizar estimaciones rápidas, precisas y consistentes. Con esto, se busca demostrar que se puede obtener mayor valor en un proyecto de construcción mientras más precisa haya sido su estimación, ya que se aseguraría el cumplimiento total de alcance de éste, evitando recortes del mismo durante su desarrollo.

El estudio expone la clasificación de las diferentes técnicas de estimación, relacionadas a parámetros relativos al nivel de definición del proyecto y el grado de precisión esperado. Asimismo, se presenta al sistema de Base de Datos, como un aspecto fundamental dentro de la Estimación de Costos, ya que la precisión de ésta depende de la calidad y organización de la información disponible. Se presenta además una propuesta de clasificación estandarizada de elementos de construcción, basada en la

Norma ASTM E1557 y adaptada al medio peruano; la cual reemplazaría a la forma tradicional de clasificación por materialidad, utilizada actualmente. Adicionalmente se presenta una metodología de análisis de riesgos y sensibilidad, para la determinación probabilística de la contingencia.

Para darle sustento a los estudios realizados y a manera de ilustración de la propuesta planteada, fue necesario aplicarla en un caso real. La aplicación de ésta demandó la construcción de una base de datos formada a partir de ocho proyectos. Se seleccionó un Mega Proyecto de tipo comercial, específicamente un Centro Comercial, ubicado en la ciudad de Arequipa. Del Mega Proyecto se estimaron los costos de una tienda ancla y un edificio de oficinas. De este caso de estudio se sacaron las recomendaciones y conclusiones finales.

Con los resultados de esta tesis se busca difundir nuevos conocimientos de la gestión de costos, que incluye un nuevo sistema de clasificación de componentes de construcción y análisis de riesgos, además de generar nuevas ideas en el área de las estimaciones de costo, sirviendo como base e incentivo para futuras investigaciones.

## INDICE

<b>PARTE I : INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
1.1 Acerca de la práctica actual	3
1.2 Reconocimiento del problema	3
1.3 Objetivos del estudio	4
1.4 Metodología de investigación	5
1.5 Alcance y Limitaciones del estudio	6
1.6 Estructura del estudio	6
<b>2. Generalidades</b>	<b>9</b>
2.1 Introducción	9
2.2 Estimación de Costos	9
2.3 Sistemas de Estimación de Costos	10
2.4 Clasificación de Estimaciones de Costo	14
2.5 Características de las Clases de Estimación	15
2.6 Descripción de Clases de Estimación de Costos	18
2.7 Relación y variación entre las características	21
2.8 Comentarios	21
2.9 Referencias	22
<b>PARTE II : REVISIÓN DE LA LITERATURA</b>	<b>23</b>
<b>3. Base de Datos</b>	<b>24</b>
3.1 Introducción	24
3.2 Necesidad de un Sistema de Información	25
3.3 ¿Qué es una Base de Datos?	28
3.4 Creación del Sistema de Base de Datos	29
3.5 Software de Almacenamiento de Base de Datos	33
3.6 Comentarios	35
3.7 Referencias	36
<b>4. Orden de Magnitud</b>	<b>37</b>
4.1 Introducción	37
4.2 ¿Qué es la estimación de Orden de Magnitud?	38
4.3 Aplicación de estimación de Orden de Magnitud	39
4.4 Métodos de estimación	39
4.5 Comentarios	47
4.6 Referencias	47
<b>5. Estimación Paramétrica</b>	<b>48</b>
5.1 Introducción	48
5.2 ¿Qué es la Estimación Paramétrica?	49
5.3 Relación de Estimación de Costo	50
5.4 Procedimiento para el desarrollo de la Estimación Paramétrica	51
5.5 Ventajas y Desventajas	63

5.6 Comentarios	64
5.7 Referencias	65
<b>6. Estimación por Componentes</b>	<b>66</b>
6.1 Introducción	66
6.2 ¿Qué es la Estimación por Componentes?	67
6.3 ¿Qué es el Uniformat II?	68
6.4 Proceso de elaboración de una Estimación por Componentes	76
6.5 Ventajas de la Estimación por componentes	78
6.6 Implementación del Uniformat II como herramientas de gestión de proyectos para su uso en Estimación de Costos	79
6.7 Comentarios	83
6.8 Referencias	84
<b>7. Gestión de los Riesgos en la Estimación de Costos</b>	<b>85</b>
7.1 Introducción	85
7.2 Riesgo	86
7.3 Contingencia, Margen y Reserva del Cliente	92
7.4 Determinación de la Contingencia	98
7.5 Procedimiento propuesto por el ASTM	105
7.6 Comentarios	107
7.7 Referencias	108
<b>PARTE III: PROPUESTA SISTEMA DE ESTIMACIÓN DE COSTOS</b>	
<b>8. Propuesta: Sistema de Estimación de Costos</b>	<b>111</b>
8.1 Introducción	111
8.2 Sistema de Estimación de Costos	112
8.3 Clasificación de Elementos Funcionales	114
8.4 Gestión del Riesgo en la Estimación de Costos	119
8.5 Definición del Proyecto	123
8.6 Metodología de Estimación	128
8.7 Estimación	130
8.8.1 Orden de Magnitud	131
8.8.2 Estimación Paramétrica	134
8.8.3 Estimación por Componentes	137
8.8 Gestión de la Base de Datos	141
8.9 Comentarios	145
<b>9. Caso de Estudio</b>	<b>146</b>
9.1 Introducción	146
9.2 Descripción del Caso de Estudio	146
9.3 Caso de Estudio	148
9.3.1 Proyecto 1: Supermercado Ancla 1	149
9.3.2 Proyecto 2: Edificio de Oficinas - Torre 1	155
<b>10. Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>160</b>
10,1 Revisión	160

10,2 Conclusiones	161
10,3 Recomendaciones para futuras investigaciones	163
10,4 Recomendaciones para el ejercicio profesional	164

## **ANEXOS**

### A. Redes Neuronales

### B. Regresión Múltiple

### C. Sistema de Estimación de Costos

#### C.I Base de Datos

##### C.I.1. Formato BD\_RC

##### C.I.2. Formato BD\_RA

##### C.I.3. Formato BD\_IC

#### C.II. Definición del Proyecto

##### C.II.1. Formato DP\_DGP

##### C.II.2. Formato DP\_CL

##### C.II.3. Formato DP\_PPD

##### C.II.4. Formato DP\_CBS

#### C.III. Metodología de Estimación

##### C.III.1. Formato ME

#### C.IV. Estimación

##### C.IV.1. Formato OM

##### C.IV.2. Formato PE

##### C.IV.3. Formato AE\_PPTO

##### C.IV.4. Formato AE\_CI

##### C.IV.5 Formato AE\_APU

##### C.IV.6 Formato AE\_CR

##### C.IV.7 Formato AE\_R

### D. Caso de Estudio

#### D.I. Base de Datos

##### D.I.1. Formato DP\_DGP\_0201

##### Formato DP\_DGP\_0202

##### Formato DP\_DGP\_0401

##### Formato DP\_DGP\_0402

##### Formato DP\_DGP\_0403

##### Formato DP\_DGP\_0501

##### Formato DP\_DGP\_0502

##### Formato DP\_DGP\_0503

#### D.II. Proyecto 1

##### D.II.1. Formato DP\_DGP

##### D.II.2. Formato DP\_CL

- D.II.3. Formato DP\_CBS
- D.II.4. Formato ME
- D.II.5. Formato OM
- D.II.6. Formato AE\_PPTO
- D.II.7. Formato AE\_CI
- D.II.8. Formato DB\_RC

D.III. Proyecto 2

- D.III.1. Formato DP\_DGP
- D.III.2. Formato DP\_CL
- D.III.3. Formato DP\_CBS
- D.III.4. Formato ME
- D.III.5. Formato AE\_PPTO
- D.III.6. Formato AE\_CI
- D.III.7. Formato AE\_APU
- D.III.8. Formato DB\_RC

E. Clasificación de elementos funcionales de construcción

## INTRODUCCIÓN

---

El éxito de un proyecto está determinado por el cumplimiento de lo que se conoce como la triple restricción de la gestión de proyectos, es decir que el proyecto se realice de acuerdo al plazo, costo y especificaciones.

Es por esto que uno de los principales objetivos de la Gerencia de Proyectos es el de no sobrepasar el presupuesto aprobado, basado en un estimado inicial. Para la determinación de este, es necesario contar con una metodología de estimación, que se encuentre respaldada por una base de datos confiable, a fin de que nos permita realizar el cálculo de la estimación de manera ordenada; mostrando el grado de precisión y la probabilidad de ocurrencia del mismo.

Por tal motivo, la presente tesis abarca diferentes temas relacionados a la estimación de costos en los proyectos de construcción, desde las diferentes tendencias existentes en la gerencia del costo en la actualidad, las metodologías de almacenamiento de data histórica, las diferentes herramientas y técnicas usadas para la estimación de costos, las clasificaciones existentes de ellas, así como una metodología de determinación de un monto de contingencia, para tratar de manejar el riesgo y la incertidumbre de la estimación hecha. Introduce además, la idea de dividir al proyecto en componentes o sistemas al momento de realizar la estimación; como alternativa a la división típica por materialidad, lo cual es práctica común en nuestro medio.

El presente capítulo inicia con una descripción de la práctica actual en el campo de las estimaciones de costo de un proyecto de edificación, para luego dar paso al reconocimiento del problema, seguido por el establecimiento del objetivo del estudio, la descripción de la metodología de investigación, el reconocimiento del alcance y las limitaciones, finalizando con la estructura del estudio.

---

En la actualidad, la construcción se encuentra dentro de una etapa de crecimiento acelerada y sostenida, originada por los diversos programas de construcción realizados por el Gobierno central, pero así como este crecimiento se desarrolla de forma acelerada, lo hace de forma desordenada.

Conjuntamente con el crecimiento del mercado de la construcción, se hace evidente la falta de un planeamiento estratégico de costos en las empresas que conforman el rubro, tales como: gerencia de proyectos, supervisoras, constructoras, etc.

Usualmente, estas empresas se ven forzadas a realizar las estimaciones de costos de forma apresurada, sin analizar ni conocer los métodos de estimación más convenientes.

La mayoría de ingenieros usa para la estimación de costos presupuestos de proyectos pasados y elaboran ratios a partir de éstos. Sin embargo, esta información no es almacenada eficientemente y la estimación no es evaluada luego de la ejecución del proyecto, por lo que no se conoce con certeza el nivel de precisión de ésta.

Adicionalmente a esto, se suma el hecho de que actualmente las estructuras de presupuestos son clasificadas y ordenadas por su materialidad (ejm. Obras de concreto armado, albañilería, concreto simple, etc). Este hecho imposibilita, el poder realizar un seguimiento ordenado y sistemático de los costos, durante las etapas de diseño, contratación y sobre todo durante la etapa de construcción, ya que mientras en el campo, los trabajos se realizan por grupos de elementos o sistemas funcionales, los presupuestos, están ordenados por materialidad.

En la práctica, los métodos de estimación de costos utilizados son Estimación por Ratios (cuando se requiere una estimación inicial rápida) y Estimación por Precios unitarios (cuando se requiere un presupuesto detallado).

---

En el punto anterior se mencionó la falta de una estrategia de costos, la ausencia de implementación de metodologías de estimación para la determinación de costos de un proyecto, además del uso de una estructura de presupuesto poco eficiente, para dicha determinación.

Las estimaciones de costos realizadas en la actualidad en nuestro medio no tienen un respaldo técnico y se rigen, en su mayoría, por la subjetividad del estimador responsable. Es por esto que resulta difícil o incluso imposible, el poder determinar la precisión de una estimación ejecutada y es aún más difícil el poder revisar y entender estimaciones realizadas por otro ingeniero.

Por otro lado, los procedimientos de almacenamiento de datos y la manipulación de la información no son considerados como procesos de gestión dentro de las empresas, por lo que es común no contar con base de datos que brinde información almacenada eficientemente para su uso práctico y que respalde a la estimación.

Se asigna un monto determinado al proyecto, en base al monto estimado. El cliente o gerente de proyecto conoce que el costo real del proyecto supera el presupuesto asignado al proyecto en la etapa de licitación, por lo que resulta necesaria la reducción del alcance del mismo o la búsqueda de financiamiento adicional.

---

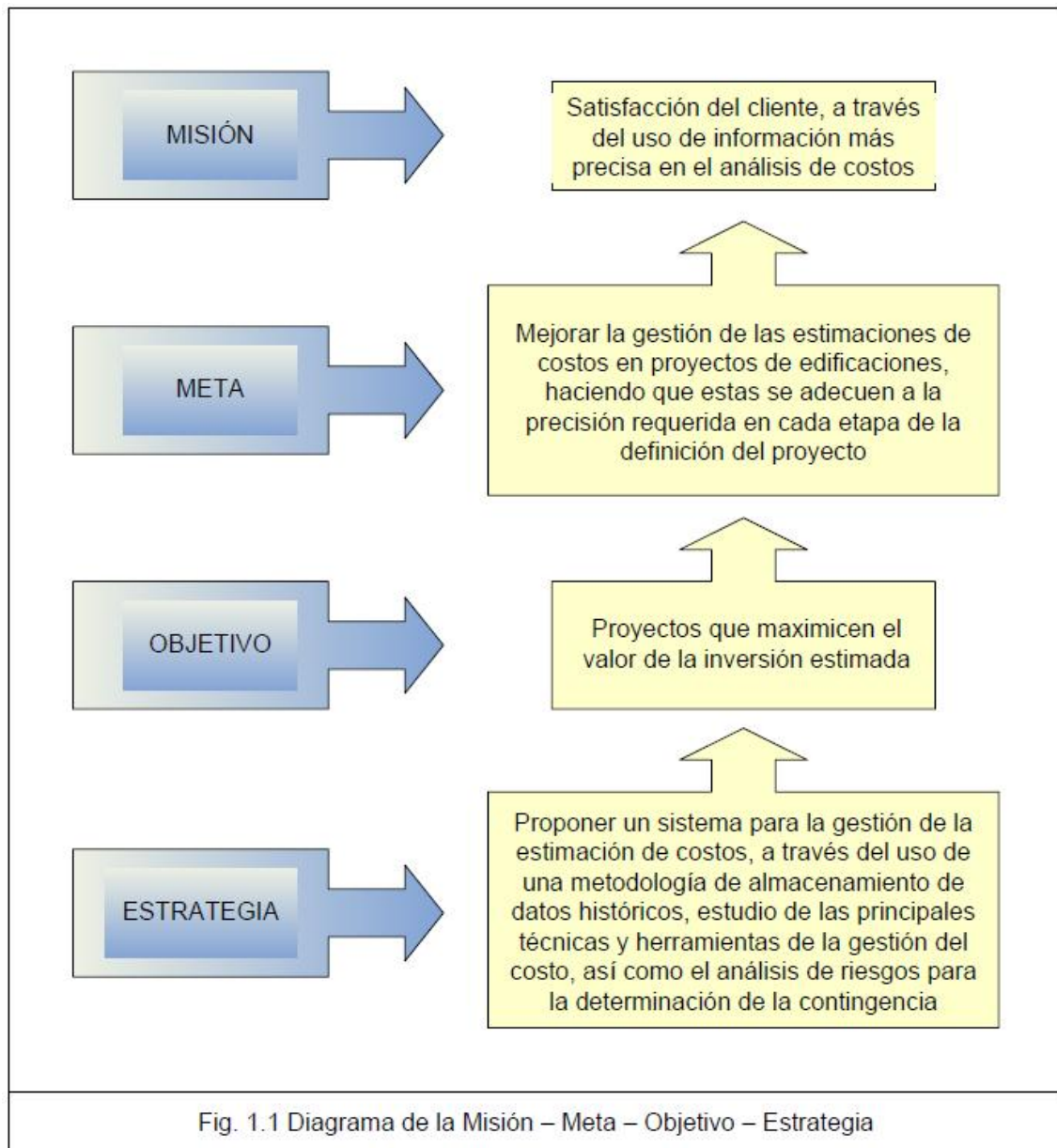
El presente estudio, tiene como objetivo principal el de contribuir a la mejora de la gestión de las estimaciones de costo en proyectos de edificaciones, de manera que las estimaciones hechas sean consistentes, y tener la certeza de que éstas se encuentran dentro de un rango esperado de precisión, sin la necesidad de tener que reducir el alcance del proyecto durante su construcción y requerir recursos adicionales.

Dentro de los objetivos específicos del estudio, está la determinación de herramientas para el almacenamiento de una base de datos, además de la presentación y validación de los distintos métodos de estimación de costos y la presentación de herramientas y una metodología para determinar la contingencia.

Otro objetivo específico del estudio, es el de presentar una nueva forma de estructuración de los presupuestos, a fin de que esta reemplace a la tradicional de Partidas y precios unitarios usada en nuestro medio.

A través del cumplimiento de lo planteado anteriormente, se lograría un mejoramiento de la Gestión de Estimaciones de costo en proyectos de edificación, para de esta manera lograr la satisfacción del cliente cumpliendo con sus requerimientos, sin la necesidad de un sobre costo. (Fig. 1.1)

Como objetivo final, esta tesis busca difundir nuevos conocimientos y generar nuevas ideas en el área de las estimaciones de costo, sirviendo como base e incentivo para futuras investigaciones.



Fuente: Los autores

Este estudio se inicia con la revisión de información especializada en la gerencia de proyectos, centrándose en la gerencia de estimación de costos y el proceso de selección de una estrategia de estimación de costos, que abarca la definición de una clasificación de estimaciones de costo, la elección del método de estimación a utilizar

según el nivel de definición del proyecto y la determinación de una contingencia y la realización de una retroalimentación al finalizar el proyecto para la creación de una base de datos consistente.

Luego de revisar la literatura especializada, se procedió a comparar las definiciones y herramientas de estimación usadas, entre las distintas tendencias existentes de estimación y gestión de costo en el mundo.

Una vez efectuada la recopilación de información, y luego de analizarla y procesarla por medios bibliográficos y mediante la comunicación con profesionales especializados en el tema, se presenta una propuesta para el planeamiento de una estrategia de estimación de costos, de tal manera que se garantice el desarrollo óptimo de un proyecto de edificaciones, con el monto aprobado para su realización.

---

El estudio se centra en las diversas herramientas y metodologías de estimación adoptadas por diversas instituciones extranjeras, que buscan estandarizar su proceso de estimación para el control eficiente de sus costos.

Además, este estudio busca ser un punto de partida para el cambio de la manera en que se realizan las estimaciones en el medio. Este estudio se presenta como una guía para la implementación de una metodología de estimación de costos, a través de la presentación de las distintas herramientas tanto para la organización de una base de datos, como las necesarias para realizar estimaciones de distinta precisión y finalmente para la determinación de la contingencia necesaria con el fin de disminuir la probabilidad de ocurrencia de un sobre costo del proyecto.

El estudio está orientado a la estimación de proyectos desde la perspectiva de la gerencia de proyectos, aunque podría ser adaptada para su uso desde el punto de vista de los contratistas.

---

El presente estudio se divide en tres partes principales:

- Parte I. Introducción
- Parte II. Revisión de la Literatura
- Parte III. Propuesta: Sistema de Estimación de Costos

En la Parte I, se desarrolla de manera introductoria la presentación del tema de estudio, mediante la “Introducción” (Capítulo 1) y las “Generalidades” (Capítulo 2).

Dentro del Capítulo 1 “Introducción” se presenta la realidad de la práctica actual y se identifica la situación problemática. Luego se plantea el objetivo del estudio y se presenta la metodología de investigación, para concluir con el alcance y las limitaciones de la misma.

En el Capítulo 2 “Generalidades”, se presenta distintas visiones que existen de la estimación de costos, además de mostrar las distintas clases de estimación existentes, describiendo las características de dicha clasificación.

En la Parte II, denominada “Revisión Literaria” se desarrolla la revisión de la literatura, la cual abarca los siguientes capítulos: “Base de Datos” (Capítulo 3), “Orden de Magnitud” (Capítulo 4), “Estimación Paramétrica” (Capítulo 5), “Estimación por Componentes”(Capítulo 6) y “Gestión del riesgo en la Estimación de Costos” (Capítulo 7).

En el Capítulo 3 “Base de Datos”, se muestra la necesidad de contar con un sistema de base de datos que de soporte a la estimación de costos a realizar, ya que cualquier metodología de estimación necesita información de proyectos pasados.

El Capítulo 4 “Orden de Magnitud”, presenta la primera metodología de estimación. Se define y describe su uso, además de presentar las diversas técnicas con las que se puede trabajar este tipo de estimación.

El Capítulo 5 “Estimación Paramétrica” trata acerca de la definición y descripción del método de Estimación Paramétrica; así como del desarrollo de las Relaciones de Estimación de Costo (REC).

En el Capítulo 6 “Estimación por Componentes”, se incluye la definición y descripción del método de Estimación por Componentes y se presenta al sistema de clasificación estandarizado Uniformat II.

El Capítulo 7 “Gestión del riesgo en la Estimación de Costos” trata acerca de la cuantificación de los riesgos relacionados al proyecto como monto adicional al costo directo de construcción, reconociendo la importancia de la identificación de este sobre costo.

Finalmente, en la Parte III, denominada “Propuesta: Sistema de Estimación de Costos”, se desarrollan los siguientes capítulos, “Propuesta: Sistema de Estimación de Costos” (Capítulo 8), “Caso de Estudio” (Capítulo 9) y “Conclusiones y Recomendaciones” (Capítulo 10).

El Capítulo 8, “Propuesta: Sistema de Estimación de Costos”, está constituido por la propuesta de los autores para la implementación práctica de un Sistema de Estimación de Costos que integre la gestión de la base de datos de información histórica, el análisis de riesgos y una nueva clasificación estandarizada de elementos de construcción, dentro de las diversas herramientas y metodologías de estimación de costos estudiadas. Con el sistema planteado se podrá determinar el nivel de confianza de la estimación, realizado a través de un análisis estadístico de riesgo.

En el Capítulo 9 “Caso de Estudio”, se presenta el caso de estudio, para lograr un mejor entendimiento de la propuesta planteada en el capítulo anterior, a través de su aplicación en un caso real.

En el Capítulo 10 “Conclusiones y Recomendaciones”, se dan las conclusiones y recomendaciones finales del estudio.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

En la presente tesis, se ha hecho un estudio de las diversas técnicas y herramientas de estimación de costos en proyectos de construcción. A medida que se fue interiorizando en el tema, se fue descubriendo que la ejecución de una estimación de costos precisa y confiable es también parte de la preocupación de muchas asociaciones y organismos internacionales, que buscan continuamente el desarrollo e investigación de nuevas herramientas y metodologías que conviertan a la Estimación de costos en una ciencia y no en un “Arte”, como es considerada actualmente en nuestro medio.

A través del presente estudio, se revisó los esfuerzos realizados por diferentes instituciones, como la AACE, el PMI y el ASTM, fuentes que dieron pie a la metodología propuesta.

La metodología propuesta, denominada “Sistema de Estimación de Costos” se muestra como un sistema que engloba los aspectos positivos de las diversas técnicas y herramientas estudiadas y que cuenta con el soporte de un sistema de base de datos de proyectos. El Sistema de Estimación de Costos fue puesto en práctica dentro del desarrollo de un Centro Comercial, con la finalidad de probar su utilidad.

Así mismo, se presentó como aporte del presente estudio, la propuesta de utilizar una nueva estructura de presupuesto basada en los sistemas que forman al proyecto, dejando de lado el concepto de materialidad. Esta iniciativa nace de la implementación de la estructura UNIFORMAT II propuesta dentro de una norma por el ASTM, pero modificada teniendo en cuenta la opinión de distintos profesionales de nuestro medio; para lograr su adaptación y aplicación eficaz en el Perú.

Se propone además tener el uso de una gestión de los riesgos vinculados al proyecto de estimación de costos, dichos riesgos deben ser cuantificados mediante la estimación por rangos, teniendo como resultado un costo relacionado a una probabilidad de ocurrencia.

Por último, para demostrar la aplicabilidad del Sistema de Estimación de Costos, de las distintas herramientas y metodologías propuestas, fueron aplicadas las mismas a un megaproyecto, el cual forma parte del Caso de Estudio, obteniendo resultados ya mostrados.

---

Luego de realizar este estudio se concluye que la estimación de costos es un proceso predictivo que busca reducir la incertidumbre involucrada en su desarrollo, a través del uso de técnicas y herramientas adecuadas.

La estimación de costos es a su vez un proceso continuo, que se presenta a lo largo del ciclo de vida del proyecto, que madura en paralelo al grado de Definición del Proyecto. Esto conlleva a tener diferentes técnicas de estimación que mejoran en precisión a medida del aumento del grado de definición del proyecto.

De todos los diversos sistemas de estimación propuestos por diferentes instituciones existen tres rasgos comunes entre éstos, y es sobre estos 3 rasgos comunes o procesos que los autores basan el Sistema de Estimación de Costos propuesto.

Los tres rasgos comunes son la “Definición del Proyecto”, “Metodología de Estimación” y “Estimación”. En la “Definición del Proyecto” se recolecta la información disponible del proyecto a estudiar. Esta etapa permite conocer el tipo, uso, características generales y componentes funcionales del proyecto a considerar en la estimación. El proceso “Metodología de Estimación” determina, en base a la información del proyecto y al tiempo disponible para realizar la estimación, la metodología de estimación a realizar. Por último en la etapa de “Estimación” se realiza el cálculo de la estimación de costos del proyecto en estudio.

Los aportes del Sistema de Estimación de Costos desarrollado como resultado del presente estudio está apoyado principalmente en tres pilares: El sistema de Clasificación de Elementos Funcionales, la Gestión de Base de Datos y la Gestión del Riesgo en la Estimación de Costos.

#### - Clasificación de elementos funcionales

Quedó evidenciado que existe la necesidad de cambiar el sistema de clasificación por partidas usado en la actualidad en nuestro medio, debido a que presenta deficiencias específicamente en la etapa de diseño del proyecto, ya que mientras los diseños se van analizando por sistemas o componentes, la estructura de presupuesto utilizada actualmente se basa en la materialidad.

Como respuesta a estas deficiencias, los autores presentan la Clasificación de elementos funcionales (CEF), basada en la clasificación estandarizada de elementos de construcción Unifomat II del ASTM E1557-05. El CEF consiste en una clasificación de elementos funcionales de construcción adaptada por diversos especialistas del medio para su práctica aplicación en el Perú.

Esta clasificación divide a los proyectos en componentes comunes a la mayoría de proyectos de edificación. El CEF permite no solo dividir al proyecto por componentes funcionales fáciles de identificar, sino que sirve como formato para el almacenamiento de información de costos. Es por esto que los autores usan al CEF tanto como checklist de los componentes que están involucrados en el proyecto, como parte del formato de estimación de costos por componentes, y en el análisis de riesgos presentado en el desarrollo de los casos de estudio.

#### - Sistema de Base de Datos

Se determinó que la organización de información de proyectos ejecutados, basada en una Base de Datos es fundamental para el proceso de estimación de costos. El almacenamiento de información a través del CEF, demostró ser una herramienta sencilla y fluida en el momento de reorganizar las estructuras de presupuestos que se utilizan tradicionalmente en nuestro medio. Mediante el almacenamiento de la información de proyectos pasados en el Formato AE\_PPTO se obtuvieron dos tipos de

ratios, de Costo por cantidad de componente y de relación de áreas entre los diversos ambientes con el área techada total.

Se concluye además que cualquier técnica de estimación de costos requiere, tanto de la recolección de costos asociada al proyecto o a los elementos por los que se conforman, como de la recolección de información asociada y factores que describan la influencia de dichos costos. Esto resulta de vital importancia, ya que el estimador deberá discernir y elegir entre los diversos proyectos que conformen su base de datos, los proyectos o componentes similares al proyecto a estimar.

Esto quiere decir, que no es necesario contar con un proyecto de similares características para poder realizar la estimación del nuevo proyecto, sino que basta con contar con elementos o componentes similares de diversos proyectos para armar el proyecto a estimar.

Es por esto que el sistema de base de datos pretende no sólo almacenar información, sino servir como herramienta del sistema de gestión de proyectos en sí, es decir servir de retroalimentación, no sólo al sistema de estimación de costos, sino al planeamiento y gestión del mismo.

#### - Gestión de Riesgos

Se concluye como resultado de este estudio que el proceso de estimación de costos tiene riesgos vinculados, los mismos que deben ser tomados en cuenta durante la estimación para amortiguar los sobrecostos.

Se realizó una división de la reserva integral del proyecto en: Contingencia, Margen y Reserva del Cliente, vinculando cada tipo de riesgo a cada monto de reserva.

La Contingencia es el monto que nos permitirá llegar a un 50% de probabilidad de ocurrencia teniendo en cuenta los riesgos vinculados al proceso de estimación, mientras que el Margen aumentará este porcentaje a un 90% o 95%, dependiendo del "riesgo" que quiera tomar el cliente.

Se definió además a la Reserva del Cliente como el monto de dinero con el que cuenta el cliente, para amortiguar los sobrecostos originados por cambios al alcance del proyecto propuestos por el mismo cliente.

Se utilizó el programa @Risk para la construcción de la Curva probabilística acumulada haciendo uso de la simulación Montecarlo, aplicando el concepto de distribución triangular, cuantificando cada riesgo dentro de un rango de costo.

Es por esto que consideramos que el resultado de la estimación deberá presentarse no sólo como un valor final de costo, sino se debería presentar el rango de variación del costo con su determinada probabilidad de ocurrencia, habiendo identificado los sistemas con mayor sensibilidad dentro de dicho rango de variación, para tener un mayor cuidado sobre los mismos.

Cabe resaltar, que todos los formatos presentados en la implementación del Sistema de Estimación de Costos propuesto, están vinculados y preparados para trabajar automáticamente dentro de una hoja de cálculo y poder realizar la estimación de manera dinámica y práctica.

---

El fin de esta tesis fue el de presentar una Metodología de estimación de costos, haciendo uso de distintas herramientas de estimación, además de proponer una nueva clasificación de elementos e introduciendo el concepto de riesgo dentro del proceso de estimación de costos.

Se recomienda realizar futuras investigaciones en las que se estudie y determine las Relaciones de Estimación de Costo (REC), a través del uso de las regresiones múltiples y aplicando estas relaciones para la comprobación de su utilidad, determinando de esta manera los factores influyentes en el costo de los diferentes tipos de proyecto.

Así mismo, se presentó como anexo, una breve introducción al uso de las Redes Neuronales en la estimación de costos. Se recomienda realizar un estudio sobre la implementación de esta nueva herramienta, la cual es una evolución de la Estimación Paramétrica.

Se recomienda además, la realización de un estudio vinculado a la comprobación de los rangos de precisión de las distintas metodologías presentadas; para ir introduciéndolas a nuestro medio y se conviertan en práctica común en la estimación de costos de construcción.

---

El Sistema de estimación de costos, surgió como resultado de identificar la necesidad de contar con un estándar para el desarrollo de las estimaciones y el almacenamiento de una base de datos. Creemos que su uso, de manera total o parcial dentro de las empresas de Gerencia de Proyectos, conllevará a minimizar en gran medida la incertidumbre relacionada a las Estimaciones, trabajándolas de manera seria y ordenada.