



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

**DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DE
OFERTAS ECONÓMICAS EN CONTRATOS DE CONSTRUCCIÓN
MEDIANTE MATEMÁTICAS FINANCIERAS**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

SEBASTIÁN ALEJANDRO CARRIZO CHAUD

PROFESOR GUÍA:
EDGARDO GONZÁLEZ LIZAMA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
ALEJANDRO POLANCO CARRASCO
WILLIAM WRAGG LARCO

SANTIAGO DE CHILE

2024

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
POR: SEBASTIÁN ALEJANDRO CARRIZO CHAUD
FECHA: 2024
PROF. GUÍA: EDGARDO GONZÁLEZ LIZAMA

DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DE OFERTAS ECONÓMICAS EN CONTRATOS DE CONSTRUCCIÓN MEDIANTE MATEMÁTICAS FINANCIERAS

El estudio de ofertas ha sido un tema de investigación recurrente en la construcción debido a la importancia que tiene la elección de un contratista adecuado para asegurar el éxito del proyecto. Si bien el criterio más utilizado históricamente es el del menor precio, a partir de una revisión bibliográfica se observa que las licitaciones públicas a nivel mundial han avanzado hacia enfoques multi-criterio, con objetivo de identificar la mejor relación calidad-precio.

A pesar de este progreso, existen vacíos en los criterios de selección que algunos contratistas podrían aprovechar para su beneficio. Un ejemplo de esto son las llamadas ofertas desequilibradas, en las que se manipulan los precios de ciertas partidas para obtener alguna ventaja competitiva en la licitación. Se pueden dar de dos formas, manipulando precios individualmente según eventuales variaciones en cantidades o aumentándolos a un extremo del plazo del proyecto y disminuyéndolo en el otro.

Este último caso en particular significa un importante riesgo, ya que se está pagando de manera adelantada por un trabajo que no se ha ejecutado. En situaciones excepcionales, como terminaciones anticipadas por mutuo acuerdo, el costo total del proyecto resultaría ser mayor al estimado. Además, financieramente implica pérdidas de dinero para el mandante debido al valor de este en el tiempo.

A nivel mundial se han propuesto diversas metodologías para evitar estas ofertas, existiendo incluso manuales para proyectos públicos en países como Japón y Estados Unidos, sin embargo la mayoría de estas se basan en comparaciones entre los precios unitarios de los contratistas, y no entregan un criterio certero sobre cuándo deben ser rechazadas.

Para abordar el problema de la ofertas desequilibradas se propone una metodología que busca establecer un criterio de selección en base a dos etapas. En primer lugar, se busca analizar el proyecto desde un punto de vista financiero, considerando el valor del dinero en el tiempo. En una segunda etapa, se busca limitar la diferencia entre avance físico y el avance económico según las estimaciones del mandante. Para ello se crea una curva normalizada de cobros mensuales, la cual se evalúa acorde al presupuesto de cada oferta.

Al aplicar la metodología con ejemplos numéricos, esta prueba ser efectiva en aquellos proyectos donde los flujos de dinero por parte del mandante deben ser planificados con anticipación, orientando a los contratistas a desarrollar una oferta que sea acorde a los intereses del mandante.

A mi familia

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivos Específicos	2
1.3. Guía de lectura	2
2. Marco conceptual	3
2.1. Ciclo de vida de un proyecto	3
2.2. Estudio de propuestas	5
2.2.1. Selección del mejor valor	5
2.2.2. Oferta económicamente más ventajosa (EMAT)	5
2.3. Selección de contratistas a nivel mundial	6
2.3.1. Unión Europea	7
2.3.2. Estados Unidos	8
2.3.3. China	9
2.3.4. Japón	9
3. Ofertas desequilibradas (Unbalanced Bids)	10
3.1. Ofertas cargadas al inicio (Front-end Loading)	11
3.2. Ofertas cargadas al final (Back-end Loading)	13
3.3. Explotación de errores en cantidades	13
3.4. Estudio de ofertas desequilibradas	14
4. Metodología de selección	17
4.1. Primera etapa: pre-selección	19
4.2. Segunda etapa: selección	21
5. Ejemplos de aplicación de la metodología	25
5.1. Primer caso de aplicación	28
5.2. Segundo caso de aplicación	31
6. Conclusiones	35
Bibliografía	37
Anexos	39
A. Ejemplo de terminación anticipada de contrato	39

B.	Cálculos curva normalizada	41
C.	Cálculos Caso de aplicación 1	43
D.	Cálculos Caso de aplicación 2	47

Índice de Tablas

3.1.	Ejemplo de terminación anticipada de contrato - precios.	12
3.2.	Ejemplo de explotación de cantidad de errores - Situación de Licitación.	14
3.3.	Ejemplo de explotación de cantidad de errores - Situación de Proyecto.	14
4.1.	Tasa de descuento anual y mensual.	21
5.1.	Dimensiones y plazos obra.	25
5.2.	Cantidades del proyecto.	26
5.3.	Avance mensual del ítem j en el mes n.	26
5.4.	Razón de precios.	27
5.5.	Precios unitarios de la Oferta 1.	28
5.6.	Precios unitarios de la Oferta 2.	29
5.7.	Precios totales y costo financiero - Caso 1.	30
5.8.	Precios unitarios de la Oferta 3.	31
5.9.	Precios unitarios de la Oferta 3.	32
5.10.	Precios totales y costo financiero - Caso 2.	32
A.1.	Ejemplo de oferta cargada al inicio - Oferta 1.	39
A.2.	Ejemplo de oferta cargada al inicio - Oferta 2.	40
B.1.	Razón de avance físico.	41
B.2.	Cobros mensuales porcentuales - Curva Normalizada.	42
C.1.	Cobros mensuales - Oferta 1.	43
C.2.	Cobros descontados - Oferta 1.	44
C.3.	Cobros mensuales - Oferta 2.	45
C.4.	Cobros descontados - Oferta 2.	46
C.5.	Límite Superior - Oferta 2.	46
D.1.	Cobros mensuales - Oferta 3.	47
D.2.	Cobros descontados - Oferta 3.	48
D.3.	Límite Superior - Oferta 3.	48
D.4.	Cobros mensuales - Oferta 4.	49
D.5.	Cobros descontados - Oferta 4.	50
D.6.	Límite Superior - Oferta 4.	50

Índice de Ilustraciones

2.1.	Ciclo de vida de un proyecto de construcción. Fuente: elaboración propia.	3
3.1.	Tipos de ofertas desequilibradas. Fuente: elaboración propia	11
3.2.	Relación entre el avance físico y económico de una oferta cargada al inicio. Fuente: elaboración propia	12
3.3.	Ejemplo de terminación anticipada de contrato - curva S. Fuente: elaboración propia	13
4.1.	Diagrama de la metodología propuesta. Fuente: elaboración propia	18
4.2.	Cotas superiores etapa 2. Fuente: elaboración propia	24
5.1.	Avance económico del programa estándar. Fuente: elaboración propia	27
5.2.	Avance económico de la Oferta 1. Fuente: elaboración propia	28
5.3.	Avance económico de la Oferta 2. Fuente: elaboración propia	29
5.4.	Flujos de cobro acotados de la Oferta 2. Fuente: elaboración propia	30
5.5.	Avance económico de la Oferta 3. Fuente: elaboración propia	31
5.6.	Avance económico de la Oferta 4. Fuente: elaboración propia	32
5.7.	Flujos de cobro acotados de la Oferta 3. Fuente: elaboración propia	33
5.8.	Flujos de cobro acotados de la Oferta 4. Fuente: elaboración propia	34

Capítulo 1

Introducción

1.1. Motivación

La ejecución de un proyecto de construcción involucra una serie de etapas complejas, que van desde una idea inicial hasta la materialización de la obra. Un paso clave en esta secuencia es el proceso de licitación y adjudicación, en el cual el mandante, mediante una serie de estudios determina a la empresa idónea para llevar a cabo la obra. Los esfuerzos asociados a un proceso de selección detallado son mínimos en comparación a los costos monetarios y temporales de un proyecto fallido. Es por ello que se transforma en una necesidad estudiar ofertas desde una perspectiva integral, analizando en profundidad tanto los aspectos técnicos como económicos.

Sin embargo, las metodologías de estudio de ofertas económicas en la actualidad tienen un enfoque centrado en el monto total de la propuesta, priorizando generalmente el menor valor. Esto abre una posibilidad a los proponentes de desarrollar una oferta que sea competitiva, pero que además les otorgue beneficios adicionales que pueden ser perjudiciales para la competitividad del proceso y los recursos del dueño.

Una de estas prácticas consiste en un aumento o disminución desproporcionado el precio de ciertos ítem del presupuesto, sin alterar el valor total de la oferta. La forma en que se realizan estas variaciones depende del objetivo que tenga el proponente, siendo una de las más comunes aquella en la que se incrementan los precios de las partidas ejecutadas al inicio del proyecto, y se reduce para las partidas posteriores.

Esta práctica implica un beneficio para el contratista, ya que obtiene un flujo de ingresos mayor al inicio del proyecto, lo que le otorga una base sólida para las etapas siguientes. Por el contrario, el efecto para el mandante es negativo puesto que está desembolsando una cantidad de dinero que no es razonable con respecto al avance físico de la obra.

A lo largo de los años se han desarrollado diversas metodologías que buscan identificar estos casos, sin embargo el factor común acaba siendo la comparación de los precios unitarios de cada ítem por separado, sin involucrar otros factores relevantes como la distribución temporal de éstos y los cobros mensuales durante la ejecución. El presente trabajo busca proponer método de selección que involucre estas variables, permitiendo al mandante determinar la oferta económica más conveniente desde un punto de vista financiero y razonable.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Proponer un método de selección de contratistas que desincentive precios altos en las partidas a ejecutarse en etapas tempranas de la obra.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la existencia a nivel mundial de una metodología matemática de selección de contratistas en función de los pagos máximos mensuales en proyectos públicos.
- Analizar los tipos de ofertas desequilibradas (*Unbalanced Bids* según la literatura [18]) y las investigaciones que se han llevado a cabo para su análisis.
- Desarrollar una metodología de selección de contratistas en función del valor financiero de la oferta y los cobros máximos mensuales estimados para un proyecto de construcción.

1.3. Guía de lectura

En el Capítulo 2 se presenta el marco conceptual, en el cual se describen las principales etapas de un proyecto, con enfoque en el estudio de propuestas, y se exponen los procesos de selección de contratistas en proyectos públicos a nivel mundial.

En el Capítulo 3 se introducen las ofertas desequilibradas, su definición y sus tipos. Se plantea la problemática que motiva este trabajo y se realiza una revisión bibliográfica de las investigaciones existentes para abordar esta temática.

En el Capítulo 4 se desarrolla una metodología para estudiar ofertas cuyos precios están cargados al inicio. Se comienza entregando un contexto sobre el objetivo de ésta, seguido de la primera etapa en la cual se proponen expresiones matemáticas para un análisis financiero de la oferta, y posteriormente en una segunda etapa se plantean expresiones matemáticas para limitar los cobros del contratista en relación al avance físico estimado de la obra.

En el Capítulo 5 se demuestra la aplicación de la metodología propuesta, planteando dos situaciones en las que se debe seleccionar entre contratistas. Las tablas con el desglose detallado de los valores se encuentran en los Anexos B, C y D.

En el Capítulo 6 se presentan las conclusiones del trabajo, comentando sobre la investigación realizada, el desarrollo de la metodología, sus beneficios, limitaciones y resultados obtenidos. Finalmente, se explicita la bibliografía consultada para el desarrollo del presente trabajo.

Capítulo 2

Marco conceptual

2.1. Ciclo de vida de un proyecto

Los proyectos de construcción son inherentemente complejos debido a la multitud de factores involucrados y la presencia de diversas disciplinas. Desde la concepción hasta la finalización, estos proyectos pasan por varias etapas, cada una de las cuales presenta desafíos únicos.

En la Figura 2.1 se expone la secuencia que suelen seguir estas etapas. Se comienza por un pre-diseño, donde se identifica una necesidad, se plantean las posibles soluciones y se analiza la factibilidad de llevarlas a cabo. El diseño corresponde a la formalización de la solución elegida, detallando todas las especificaciones de la obra que se quiere ejecutar. En la fase de construcción se materializa la obra, y posteriormente en la operación se le entrega el uso para el que fue creada.

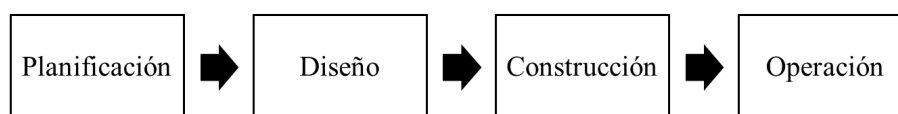


Figura 2.1: Ciclo de vida de un proyecto de construcción.
Fuente: elaboración propia.

En particular el diseño y construcción son procesos que se suelen transferir a otras entidades mediante concursos como licitaciones abiertas, restringidas, negociaciones y diálogos competitivos. Todas estas modalidades tienen como fin común la búsqueda de una empresa ideal para llevar a cabo el servicio requerido.

Este objetivo es precisamente el que le otorga la complejidad a las licitaciones, debido a la diversidad de empresas contratistas que hay en el mercado, cada una con características y metodologías de trabajo propias. Si bien cada proyecto es único y requiere la preparación de documentación específica, se reconocen tres principales que se solicitan para evaluar la capacidad de un proponente.

1. Antecedentes de la empresa: consiste en la información del proponente, su situación financiera, experiencia previa y cumplimiento de obligaciones legales. En el caso de proyectos públicos, la mayoría de los países a nivel mundial cuenta con un registro de contratistas en el cual se contienen todos estos datos, acelerando el proceso de pre-selección de aquellos contratistas que pueden participar de la licitación.
2. Oferta técnica: corresponde al detalle de cómo el proponente abordará el proyecto, explicando su programa de trabajo, maquinarias, equipos a utilizar, personal disponible y planes de salud y calidad que permitan completar la construcción de manera satisfactoria y en el plazo.
3. Oferta económica: se refiere al precio total que el proponente asigna a la construcción, acompañado de un análisis y desglose detallado de costos individuales. En la mayoría de los casos se exige además el monto o porcentaje asignado a gastos generales y utilidades.

Tras la revisión tres documentos, se adjudica el contrato a un proponente y comienza la fase de construcción. En términos económicos, la principal inquietud para el mandante está en determinar los pagos progresivos a lo largo del proyecto con precisión, y que además estos reflejen el trabajo realmente ejecutado.

Para tener certeza sobre el cálculo de los estados de pago, dentro de la planificación del proyecto se debe decidir qué tipo de contrato es el más adecuado para las características de la obra, siendo los más utilizados los contratos a precios unitarios, suma alzada y concesiones.

Un contrato a serie de precios unitarios es aquel en que, como su nombre lo indica, se asigna un precio unitario a cada unidad individual de la obra. En este caso, los pagos se determinan en función de la cantidad de trabajo ejecutada realmente (independiente del cronograma), ponderado por los precios definidos en el presupuesto. Esto implica que el riesgo está más inclinado hacia el mandante, puesto que el es quién propone las cantidades de obra, y en caso de que éstas aumenten el pago se realizará con la misma ponderación, significando un costo total mayor.

La suma alzada consiste en la fijación de un precio por el total de la obra, y los pagos se realizan acorde al porcentaje de avance físico de cada partida ponderado por el precio total de la misma. El riesgo en este caso está cargado hacia el contratista ya que el precio que define es fijo e inamovible, por lo que en caso de que alguna actividad requiera más trabajo del estimado, incurrirá en sobrecostos.

Las concesiones son una forma particular de contrato donde la principal ganancia de quién se adjudica la obra no está en el proceso de construcción, sino en la fase posterior. El mandante le cede la operación de la obra por un plazo determinado al contratista, y este se beneficia de los ingresos que se generen de las tarifas a los usuarios.

2.2. Estudio de propuestas

La selección de un contratista adecuado y capacitado define gran parte el éxito del proyecto. Los criterios de evaluación se fijan previo a la licitación, y su formulación depende de los intereses del mandante. Sergios Lambropoulos (2007)[16] plantea que en el ámbito privado, la prioridad está en el plazo, luego la calidad y finalmente el costo. Por otra parte, en proyectos públicos el principal interés está en la calidad de la obra, seguido del costo y el plazo.

Históricamente la metodología más utilizada es la del menor precio, en la cual se le adjudica el contrato a la oferta económica más baja que cumpla con los requerimientos técnicos. La popularidad de esta selección se basa en su simpleza y en la transparencia que otorga a proyectos públicos.

Sin embargo, tiene una gran limitación a la hora de analizar otras componentes como la calidad y seguridad ofrecida, puesto que muchos contratistas bajan su precio a un nivel que no es realista respecto de los requisitos del proyecto, con tal de ganar la licitación. En caso de que el proyecto fracase, los costos y plazos adicionales de realizar un nuevo proceso de selección son considerablemente mayores a los esfuerzos necesarios para desarrollar metodologías que identifiquen al contratista adecuado.

Es por ello que cada vez son más las empresas que se enfocan en analizar con el mismo nivel de detalle los aspectos técnicos y económicos, aplicando metodologías multi-criterio, siendo las más conocidas la del mejor valor y la oferta económicamente más ventajosa.

2.2.1. Selección del mejor valor

Conocida como "Best Value Procurement" [13] en la literatura, se enfoca en seleccionar a un contratista en función de una combinación de factores cualitativos y cuantitativos de manera íntegra, con el objetivo de obtener el mejor valor global para la entidad contratante.

Conceptualmente se reconoce el valor como un término diferente del costo, siendo el primero un reflejo de características como la calidad, innovación y principalmente la experiencia previa en proyectos similares, mientras que el costo hace referencia netamente al aspecto económico.

A diferencia de otros métodos, en este caso no se tiene como objetivo establecer una relación matemática entre las variables cualitativas y el precio, sino más bien determinar la jerarquía de estos atributos y cuáles son más relevantes para el proyecto en estudio.

2.2.2. Oferta económicamente más ventajosa (EMAT)

Consiste en asignarle una valoración numérica a los aspectos cualitativos, para relacionarlos con el costo y establecer una relación calidad-precio.

La popularidad de esta metodología ha ido en alza a nivel mundial ya que proporciona métricas exactas a los aspectos cualitativos en vez de analizarlos en función del criterio per-

sonal e intereses. Esto permite darle transparencia a los procesos de selección, y a la vez estandarizarlos, ayudando a las empresas a optimizar el plazo del estudio de ofertas.

Marco Dreschler (2009)[11] describe las siguientes cuatro formas en que se realiza el cálculo de la relación calidad-precio.

1. Sistema de puntos: se asignan puntajes a los aspectos relacionados a la calidad del proyecto y al monto total de la oferta, y se adjudica el contrato al mayor puntaje total.
2. Sistema de corrección de precio: se realizan descuentos al monto total de la oferta en función del cumplimiento de otros factores como la calidad y experiencia. El contrato se adjudica a aquella oferta con el menor precio posterior a los descuentos.
3. Sistema de razones: se asigna un valor numérico a los aspectos de calidad de la oferta, y se divide este valor por el monto de la oferta económica, estableciendo una relación calidad-precio. El contrato se adjudica a aquel proponente cuyo valor de esta división sea más alto.
4. Concurso de diseño: corresponde a la metodología menos común, en la cual el mandante establece previo a la licitación un presupuesto fijo para el proyecto, seleccionando netamente por aspectos de calidad, plazo y metodología de trabajo.

2.3. Selección de contratistas a nivel mundial

La obtención de bienes y servicios, especialmente en el ámbito público, se encuentra regulado en cada país bajo ciertas normas o decretos propios. En particular en la legislación chilena el proceso de contratación de obras públicas se encuentra regulado por el Decreto N°75 (2004) [8]. El *Artículo N°1* impone que se debe realizar mediante una licitación pública entre aquellas empresas inscritas en el registro, por lo que los antecedentes de dichas entidades ya son conocidos.

La evaluación de las ofertas se detalla en el *Artículo N°84*, y se compone de dos fases principales. En primer lugar, se revisa que la oferta técnica contenga los requisitos mínimos del proyecto, y se rechaza aquellas que no los cumplan. En segundo lugar, se pre-selecciona la oferta más económica y se analizan los productos entre los precios unitarios y cantidades. En caso de no encontrarse un error, se le adjudica el contrato.

Otra metodología utilizada según la regulación pública chilena es la de corrección de precio, establecida en el Decreto N°108 (2009) [9]. Esta se utiliza para aquellos contratos con sistema de pago contra recepción, que como su nombre lo indica, consisten en contratos en los cuales cobros se asignan por la finalización de etapas definidas previamente y el porcentaje que éstas representen respecto del precio total. La selección en este caso se realiza restando del presupuesto en favor del proponente la calidad, experiencia y plazo, adjudicando el contrato al menor precio corregido.

Un aspecto relevante de esta modalidad es que los porcentajes de cada etapa se definen previo a la licitación y son conocidos por el contratista a la hora de presentar su oferta. La limitante sin embargo está en que, salvo casos excepcionales, el pago es únicamente en la

recepción y no de manera progresiva, requiriéndose un contratista con una capacidad económica considerable.

A continuación se presenta una revisión bibliográfica sobre la legislación en esta materia de los principales mercados constructivos del mundo.

2.3.1. Unión Europea

Los países que conforman la Unión Europea se rigen por diversos reglamentos comunes, los cuales pueden ser vinculantes o no vinculantes. En el caso de licitaciones de construcción, las normas se encuentran en documentos llamados *Directivas de la Unión Europea*, las cuales indican los principales objetivos que debe considerar la legislación de cada país.

Estos documentos desarrollan el sistema de licitación y adjudicación en función de la modalidad de contrato o servicio que se busca adquirir, siendo la Directiva 2014/24/UE (2014) [28] aplicable para obras nuevas, movimiento de tierras, edificaciones, obras civiles y obras viales, entre otros.

En el *Artículo N°67* se establece que la adjudicación debe realizarse por el método de la oferta económicamente más ventajosa, con un sistema de proporciones. Los principales criterios son la calidad, organización y plazo de ejecución. Se da la opción también de adjudicar solamente en base a la calidad, sin requerir una relación con el precio. Otro concepto que influye en la decisión se encuentra en aquellos costos asociados a la obra finalizada, como lo son el consumo de energía, mantenimiento, y externalidades ambientales. Este valor se denomina coste del ciclo de vida, y se incluye en la relación calidad-precio.

En el *Artículo 69* se otorga la facultad al mandante de rechazar aquellas ofertas cuyo monto total sea anormalmente bajo, y los documentos de la oferta no permitan distinguir ahorros provenientes de metodologías innovadoras y favorables propuestas por el contratista, que justifiquen dicha desproporción.

Como se mencionó anteriormente, esta Directiva al no ser vinculante no representa una obligación para los países, sin embargo ha sido adoptada por los 27 que conforman Unión Europea. Incluso se referencia en la legislación de Reino Unido, que pese a abandonar la organización en 2020, el *Artículo N°67* del Reglamento de Contratos Públicos (2015) [27] propone la oferta económicamente más ventajosa como única metodología de selección.

Otras metodologías propuestas en Europa han buscado un enfoque cuantitativo por sobre lo cualitativo. Un ejemplo es la Ley 2576 en Grecia (1998) [17], que asignaba el contrato a la oferta económica más cercana al promedio de todas. Aunque este enfoque fue efectivo durante su aplicación, se descartó debido a que no cumple con las Directivas europeas al descartar automáticamente el menor precio, sin dar espacio a una justificación sobre este valor.

2.3.2. Estados Unidos

Estados Unidos cuenta con la particularidad de que cada estado ha desarrollado su propia legislación para la selección de contratistas en el sector público. Se revisa en este caso los reglamentos para tres estados importantes en el mercado de la construcción como son California, Nueva York y Washington.

En el estado de California las licitaciones públicas se encuentran reguladas en el Código de Contratos Públicos de California (2022) [6]. En el *Artículo N° 4* se indica que el proceso de selección comienza por una etapa de pre-calificación, en la cual los proponentes deben completar formularios con los siguientes tres detalles: solidez financiera, índice de accidentabilidad en proyectos anteriores y denuncias legales previas (en caso de haber). Posteriormente, en la *Sección 10.180* se señala como única forma de adjudicación la del menor precio.

Para el caso de Nueva York, los procedimientos están regulados en las Directrices de Adquisiciones del Estado de Nueva York (2023) [21]. En la *Sección VI* se establecen dos opciones de selección. La primera es el menor precio, pero se lleva a cabo en un orden alternativo a los demás países. Se comienza pre-seleccionando la menor oferta, se revisa que no hayan errores aritméticos y finalmente se verifica que cumpla con los requisitos técnicos. En caso de encontrarse algún error, se repite la secuencia con la segunda menor oferta, y así sucesivamente.

La otra opción es la del mejor valor. Para el estudio técnico se deben considerar el plan de trabajo, metodología, grado de satisfacción del mandante, experiencia previa y capacidad de gestión. En cuanto a la propuesta económica, se puede asignar puntaje con dos métricas distintas.

- En función del precio total, comparándolo con la menor oferta y asignándole puntos mediante la siguiente expresión.

$$\frac{\text{Menor oferta}}{\text{Oferta analizada}} \times \text{puntaje}$$

Donde el factor puntaje se determina en función de la importancia que tenga el costo para el mandante.

- Calculando los costos del ciclo de vida del proyecto, y comparándolos con el menor valor obtenido con la misma fórmula indicada previamente.

El puntaje obtenido se pondera con el de la oferta técnica, y se elige el mayor valor total.

Finalmente, el estado de Washington se rige por lo expuesto en el Código Revisado de Washington (RCW) (2923). [26]. Dicho documento propone 3 opciones para el mandante.

1. Rechazar todas las ofertas en caso de que ninguna sea satisfactoria.
2. Solicitar a los proponentes mejorar el valor de la oferta.
3. Seleccionar el menor precio que cumpla con los requisitos técnicos.

En caso de seguir la tercera opción, se procede a una etapa de negociación en la que el mandante busca que la empresa seleccionada disminuya los precios de su oferta, sin modificar

los aspectos técnicos, para finalizar con la adjudicación del contrato.

2.3.3. China

Ye, Bingheng y Shen (2013) [29] afirman que en la legislación china se reconocen tres criterios para seleccionar un contratista, siendo el primero el del menor precio. En segundo lugar se tiene el costo más tiempo (método A+B), que consiste en la suma entre el precio total de la oferta y una proporción entre el plazo estipulado por el proponente y el plazo máximo definido por el mandante, adjudicándose el contrato al resultado más bajo. Finalmente, se tiene la opción de aplicar evaluaciones multi-criterio.

Además, debido a la importancia que ha adquirido el mercado constructivo en China en los últimos años, es que cada vez hay más competencia en las licitaciones. Es por ello que en ciudades como Pekín se han propuesto metodologías [15] que controlan estrictamente las variaciones en propuestas. Para analizar dichas fluctuaciones se utiliza la siguiente relación.

$$\frac{b_i - b_0}{b_0}$$

Donde b_i corresponde al precio total de la oferta i -ésima, y b_0 corresponde a la estimación del mandante. Una propuesta se descarta cuando esta división no se encuentre dentro del rango $[-5\%, +5\%]$. Este mismo análisis se realiza para los precios individuales de partidas como hormigón, acero y madera, limitando así las posibles variaciones en precios respecto del estimado.

2.3.4. Japón

En Japón las licitaciones públicas se regulan por la Guía de Procedimientos de Evaluación y Adquisición (2021) [12]. En el *Capítulo IV* de dicho documento se detalla el procedimiento, siendo el primer paso la apertura de la oferta técnica, donde se analiza que contenga la documentación solicitada y que cumpla con los requerimientos del proyecto.

Una vez se conoce cuales son los proponentes capacitados, se analiza la oferta económica. La metodología utilizada es la del mejor valor, el cual no necesariamente debe coincidir con el menor precio. Esto debido a que se realizan los siguientes ajustes.

- En caso de que un ítem relevante para la obra no aparezca en un presupuesto, se agregan al monto total utilizando el precio unitario estimado por el mandante.
- Si se encuentran errores aritméticos en multiplicaciones, se corrige este valor manteniendo invariable el precio del ítem.

El contrato finalmente se adjudica al menor precio posterior a estas correcciones.

Capítulo 3

Ofertas desequilibradas (Unbalanced Bids)

De la revisión bibliográfica presentada en el Capítulo 2, se observa que el menor precio sigue siendo una metodología usada a nivel mundial en proyectos públicos, pero con los años se ha avanzado a enfoques que priorizan la calidad por sobre el precio. En particular el estudio de la oferta económica sigue utilizando como unidad fundamental el valor total, estableciendo relaciones calidad-precio.

Muchos contratistas reconocen esta condición como una oportunidad para desarrollar ofertas que cumplan con los requisitos técnicos del proyecto y estén conformadas económicamente de manera que se maximice su beneficio. Manzo y Tell (1997) [18] definen una oferta desequilibrada (*Unbalanced* por definición en inglés) como aquella en que la distribución de costos es desigual o desproporcionada entre los diferentes componentes del proyecto. En otras palabras, el contratista puede asignar un costo menor a ciertas partidas del proyecto y al mismo tiempo compensarlo proponiendo costos más altos para los demás ítem, sin alterar el monto total de la oferta.

Hyari (2016) [14] afirma que este concepto fue planteado por primera vez por Martin Gattes en 1959, mientras que Robert Stark en 1968 fue el primero en abordar el tema mediante expresiones matemáticas. Mediante estudios posteriores se han formalizado conceptos relacionados a distintas formas en que una oferta puede estar desequilibrada.

En la Figura 3.1 se observan las clasificaciones de esta práctica. Una oferta se considera desequilibrada matemáticamente cuando la distribución de gastos generales y utilidades no parece ser razonable en relación al trabajo requerido para una partida específica. Si la variación en los precios también incluye el costo directo, y hay sospecha de que la oferta no será la más económica debido a estas variaciones, se considera desequilibrada materialmente [14].

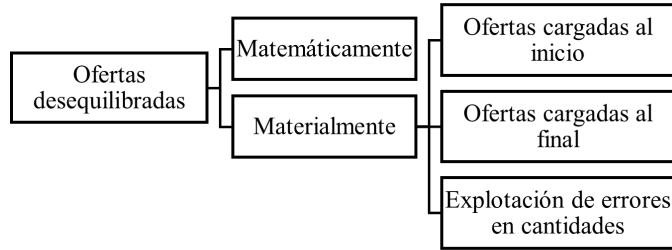


Figura 3.1: Tipos de ofertas desequilibradas.
Fuente: elaboración propia

3.1. Ofertas cargadas al inicio (Front-end Loading)

Una oferta se considera cargada al inicio (Front-end Loaded según la literatura [22]) cuando el contratista aumenta los precios de las actividades a ejecutarse en las primeras etapas del proyecto, compensando con una disminución del precio de los ítem que se realizan cercanos a la finalización.

Las principales razones de esta práctica por parte del contratista son el aumento del flujo de ingresos al inicio, permitiéndole comenzar a generar intereses o invertir ese dinero en otros proyectos, y la amortiguación de costos iniciales que pueden ser elevados como la movilización e instalación de faena.

Sin embargo, los efectos de esta distribución de precios son perjudiciales para el mandante. En primer lugar, desde un punto de vista financiero, se está perdiendo dinero debido al valor de éste en el tiempo. Al efectuarse mayores cobros al inicio, se renuncia a los intereses que dicho dinero podría generar en un depósito bancario a largo plazo, y por otra parte se pierde la posibilidad de invertirlo en otros proyectos que comiencen a generar rentabilidad.

En cuanto a la obra y su avance físico, se está incurriendo en pagos que no representan realmente el trabajo realizado por el contratista. Esto puede verse implicar una falta de motivación por parte del contratista para realizar las últimas etapas de la obra de manera adecuada, ya que, como se observa en la Figura 3.2 según la pendiente de la curva en los tramos finales, el esfuerzo físico (indicado por la curva anaranjada) significa una ganancia baja considerando que ya se cobró la mayor parte del presupuesto del contrato.

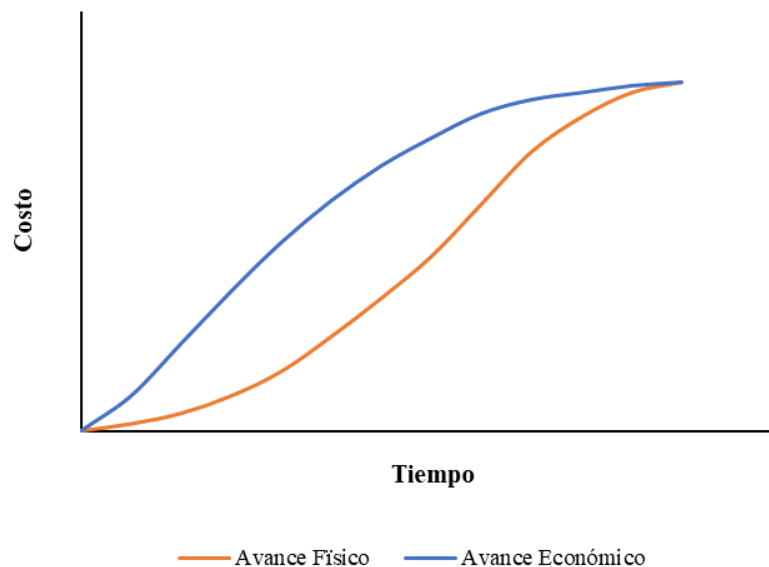


Figura 3.2: Relación entre el avance físico y económico de una oferta cargada al inicio.

Fuente: elaboración propia

Finalmente, esta distribución puede traer problemas económicos para el mandante en caso de haber una terminación de contrato por mutuo acuerdo (lo que implica que no hay cobros adicionales ni multas de por medio). Para explicitar el problema, se presenta a modo de ejemplo una situación de licitación de un proyecto de 12 meses entre dos contratistas, el primero con una distribución de precios regular y otro con una distribución cargada al inicio. En la Tabla 3.1 se presentan los montos totales de cada oferta, mientras que en las Tablas A.1 y A.2 del Anexo se presentan los cobros mensuales y acumulados de cada uno.

Tabla 3.1: Ejemplo de terminación anticipada de contrato - precios.

	Oferta 1	Oferta 2
Precio total [UF]	110000	100000

Fuente: elaboración propia

Si la selección del contratista se realiza en función del precio total, el contrato se adjudicaría a la Oferta 2 al tener un monto de 10.000 UF más bajo que la Oferta 1. Luego, en caso de haber una terminación anticipada de contrato por mutuo acuerdo en el séptimo mes del proyecto como se observa en la Figura 3.3, se habría pagado una cantidad de 84.000 UF al contratista, lo que representa un 84 % del monto total del contrato.

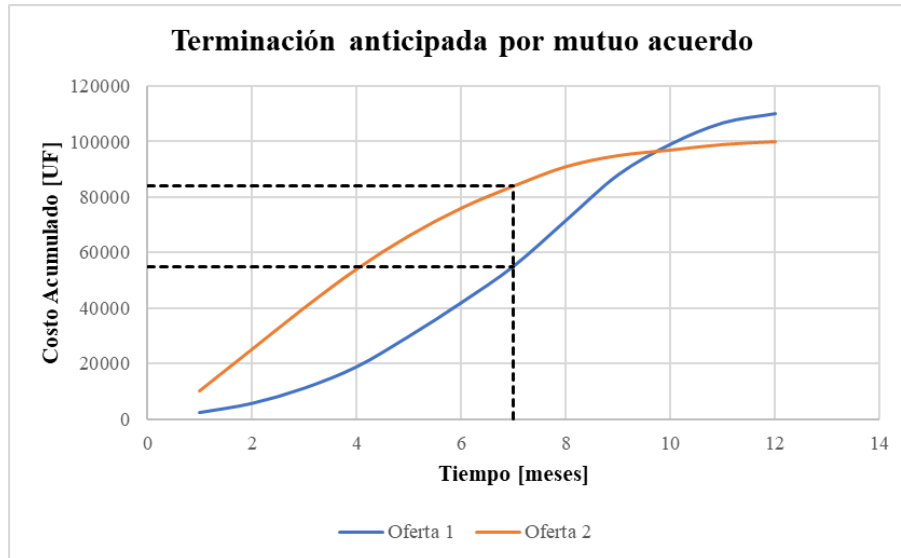


Figura 3.3: Ejemplo de terminación anticipada de contrato - curva S.
Fuente: elaboración propia

Para finalizar el proyecto, se debería licitar los trabajos restantes. Suponiendo que se adjudica el contrato a la Oferta 1 presentada en el ejemplo, la cual tiene un costo de 55.000 UF por los trabajos correspondientes entre el séptimo mes y el final, el costo total para el mandante sería lo pagado al primer contratista y al segundo, teniendo un valor de 84.000 UF + 55.000 UF = 139.000 UF. Esto implicaría un sobrecosto de 39.000 UF respecto al monto estipulado en un inicio.

3.2. Ofertas cargadas al final (Back-end Loading)

Corresponde al caso menos común, en el cual un contratista aumenta los precios de las partidas a ejecutarse en fases finales del proyecto. El objetivo de esto se plantea en los estudios previos a la preparación de la oferta, donde se hacen estimaciones acerca del comportamiento de la economía y la inflación. También es utilizada en proyectos donde hay reajuste de la moneda de pago, y el contratista quiere aprovechar esta condición para recibir la mayor cantidad del dinero con el reajuste aplicado.

3.3. Explotación de errores en cantidades

Corresponde a la práctica más utilizada y estudiada de las tres, en la cual el aumento o disminución en los precios se relaciona con cada ítem de manera individual, y no con la etapa en que estos se ejecutan. La práctica se realiza cuando se descubren errores en las cantidades del proyecto, y se tiende a aumentar el precio de aquellas partidas que se encuentren subestimadas, compensando con una disminución de aquellas que se encuentren sobrestimadas.

A continuación se presenta un ejemplo desarrollado por Nyström y Wikström (2019)[23] que ilustra numéricamente esta problemática. En la Tabla 3.2 se muestran las cantidades que se conocen en la licitación, teniendo el contratista 2 sus precios más cargados hacia la grava,

a diferencia del contratista 1 cuyos precios son iguales.

Tabla 3.2: Ejemplo de explotación de cantidad de errores - Situación de Licitación.

	Cantidad	Contratista 1 (desinformado)	Contratista 2 (informado)
Grava	100 m3	10	12
Asfalto	150 m3	10	8,5
Precio total		2500	2475

Fuente: *Empirical analysis of unbalanced bidding on Swedish roads. (Nyström y Wikström, 2019).[23]*

Si ocurre un cambio en las cantidades como se observa en la Tabla 3.3, si la forma de pago es a precios unitarios entonces el monto del contrato será mayor para el contratista 2.

Tabla 3.3: Ejemplo de explotación de cantidad de errores - Situación de Proyecto.

	Cantidad	Contratista 1 (desinformado)	Contratista 2 (informado)
Grava	110 m3	10	12
Asfalto	145 m3	10	8,5
Precio total		2550	2553

Fuente: *Empirical analysis of unbalanced bidding on Swedish roads. (Nyström y Wikström, 2019).[23]*

Esta práctica significa un riesgo para ambas partes involucradas, pero en cualquier caso trae consecuencias negativas para el mandante. Si las cantidades efectivamente están erróneas, el costo total del proyecto aumentará. Por el contrario, si el error es del contratista y las cantidades se mantienen, este último puede potencialmente no recibir el dinero necesario para completar el proyecto. Esto forzaría al mandante a buscar una solución para completar la obra, como un nuevo proceso de licitación, y significa un gasto de recursos y tiempo adicional.

3.4. Estudio de ofertas desequilibradas

Pese a los efectos negativos mencionados sobre esta práctica, su estudio se ha dividido en dos corrientes opuestas. Por un lado, están quienes afirman que es un procedimiento válido y que no afecta la competitividad de las propuestas, puesto que finalmente es el mandante quien decide el ganador, con todos los documentos de la oferta a su disposición. Las metodologías desarrolladas en este caso aplican herramientas matemáticas de optimización para manipular los precios de manera que se maximicen las utilidades y se identifique aquellas partidas cuyas cantidades son propensas a variar.

Contraria a esta postura, existe una corriente de investigación que busca detectar las ofertas desequilibradas, al considerarse como una práctica que va contra la ética. Esto se refleja particularmente en aquellas ofertas que explotan errores en cantidades, situación en la que un contratista posee información privilegiada sobre ciertos aspectos del proyecto como las cantidades reales, otorgándole una ventaja a la hora de competir en la licitación. Sin embargo, uno de los objetivos de estos procesos es establecer una base equitativa para todos los oferentes [2], y seleccionar en base a la información entregada por el mandante.

Nyström y Wikström (2019) [23] realizaron un estudio en base a 15 proyectos viales con 186 ítems cada uno (2790 ítems en total) para analizar las potenciales variaciones de los precios y determinar si han existido ofertas desequilibradas en proyectos públicos en Suecia. Del estudio se concluye que efectivamente es una práctica presente en dicho país, pero con baja ocurrencia. Sin embargo, se evidencia un comportamiento en el cual por cada 1 % que se espera que aumenten las cantidades de un ítem, las ofertas aumentarán el precio en un porcentaje promedio de 1,11 %. También se concluye que una de las grandes dificultades de identificar estas ofertas durante la etapa de licitación es debido a la complejidad de los métodos para desarrollarlas, manteniendo siempre ciertas condiciones. Por ejemplo, en todas las ofertas analizadas se respetan valores lógicos como precios más altos para excavación en roca por sobre excavación en suelo, sin embargo la proporción de los precios respecto al total es diferente.

Manzo y Tell (1997)[18] proponen un método de comparación entre la oferta más baja con el promedio las tres siguientes, analizando la proporción de cada ítem respecto del precio total.

El límite de comparación se calcula de la siguiente manera.

$$\frac{\text{precio más bajo} - \text{precio promedio}}{\text{precio más bajo}} \pm GG \pm 15 \%$$

Donde GG corresponde al porcentaje de gastos generales y utilidades de la totalidad del proyecto. Además establecen que debido a diversos factores que son inevitables en la industria y los diferentes métodos constructivos utilizados, las estimaciones de los contratistas pueden tener variaciones entre sí, admitiendo fluctuaciones de hasta un 15 % como un valor razonable. Si una oferta tiene algún ítem cuyo precio varíe sobre o bajo este límite respecto de sus competidores, se considera desequilibrada y se descarta.

Nikpour, B., Senouci y Eldin (2017)[22] afirman que, si bien es una práctica mal vista en proyectos privados, no se considera una práctica ilegal a diferencia de proyectos públicos en muchos países. Además, desarrollan una metodología que se enfoca en cuantificar el riesgo y la incertidumbre que hay en las cantidades de obra, precios y costos indirectos. Para ello utilizan la simulación de Monte Carlo, generando escenarios probabilísticos en función de los valores máximos y mínimos esperados de variaciones. Para cada contratista se grafican los gastos generales y utilidades a lo largo del proyecto obtenidos de esta simulación, analizando visualmente si la oferta está desequilibrada o no.

Polat, Turkoglu, Damci y Dogu (2020)[25] proponen un sistema de evaluación cuya métrica principal está en la comparación entre ocho variables que relacionan la oferta del contratista con la estimación del mandante, siendo ejemplo de esto las que se presentan a continuación.

- Precios unitarios.
- Razón entre el precio de cada ítem respecto del precio total.
- Precio unitario de los ítem con mayor probabilidad de aumentar durante la construcción.
- Precio unitario de las actividades que individualmente representan más del 5 % del monto del contrato.

A cada una de estas relaciones se le asigna una nota en función de valores tabulados, por lo que no se definen límites de lo que se considera razonable, sino que se elige al contratista que obtenga la mejor nota ponderada entre las ocho

En cuanto a proyectos públicos, es una temática cada vez mas frecuente en la legislación internacional. Entre los países mencionados en el Capítulo 2, algunos cuentan con medidas para evitar estas prácticas, como es el caso de Japón. La Agencia de Cooperación Internacional de Japón (2021) [12] establece los criterios que se deben utilizar a la hora de analizar el detalle del presupuesto, poniendo énfasis en los errores aritméticos y las ofertas cargadas al inicio. En el caso de estas últimas, se deben identificar comparando los precios unitarios de la oferta más baja con las demás, y en caso de considerarse que hay una desproporción se solicitan explicaciones sobre esta distribución.

Estados Unidos es otro país que ha tomado conciencia sobre esta problemática, incluyéndola en los principales documentos que regulan las relaciones contractuales en proyectos públicos. En el caso del Departamento de Transporte de Wisconsin (2020)[10] por ejemplo, el análisis de ofertas desequilibradas se hace bajo dos premisas: si se encuentran errores en las cantidades o si hay un ítem que es significativo para el contrato y simultáneamente está significativamente desequilibrado.

Para que un elemento sea significativo para el contrato, se debe evaluar si en alguna de las ofertas, la variación porcentual del precio de este ítem con respecto a la estimación del mandante es mayor a 0,50 % o 0,25 % dependiendo del valor total del contrato. Luego, se considera que el ítem además está desequilibrado si la variación porcentual entre el precio de la partida en la menor oferta y el estimado por el mandante es mayor al 50 % o menor a -75 %. Como criterio de adjudicación, se rechaza una oferta si está materialmente desequilibrada.

Otras instituciones se han centrado en el caso de ofertas cargadas al inicio, como lo es el Banco Inter-Americano de Desarrollo (2006)[3], proponiendo que si el mandante considera que los precios están aumentados en las primeras actividades de manera desproporcionada, puede adjudicar el contrato de todas maneras y aumentar el valor de la garantía de fiel cumplimiento, para protegerse de casos como una terminación de contrato anticipada.

Capítulo 4

Metodología de selección

De las metodologías estudiadas para el análisis de ofertas desequilibradas, se tiene como factor común el enfoque en los precios unitarios como unidad individual, sin establecer una relación de estos con la escala temporal del proyecto. Esto implica que su efectividad sea mayor a la hora de evitar ofertas que exploten errores en cantidades.

Es por ello que a continuación se propone una metodología de selección que tiene por objetivo desincentivar la confección de una oferta cargada al inicio por parte del contratista.

La forma de integrar el plazo en el análisis económico es a través de la relación contractual entre el mandante y contratista a lo largo de la construcción, enfocándose en los cobros o estados de pago mensuales. Estos reflejan el avance físico real del proyecto traducido a avance económico, y su cálculo se realiza según el tipo de contrato, como se indica en el Capítulo 2.

La aplicación de la metodología propuesta permite su uso para contratos tanto de suma alzada como de serie de precios unitarios, ya que para el desarrollo de los criterios de selección se utilizan elementos presentes en ofertas económicas para ambos tipos de contrato, como lo son las cantidades y precios de cada ítem. Así mismo, es aplicable a cualquier tipo de proyecto de construcción cuyos pagos se realicen mensualmente, ya sea proyectos de edificación, obras civiles, entre otros.

Este método se aplica en dos etapas secuenciales, teniendo como factor común la independencia entre las cubicaciones y precios unitarios de un contratista con otro. Además, se analizan las ofertas sin modificar su contenido, seleccionando la más adecuada para los intereses del mandante. A continuación se presenta en la Figura 4.1 un diagrama que detalla el proceso completo.

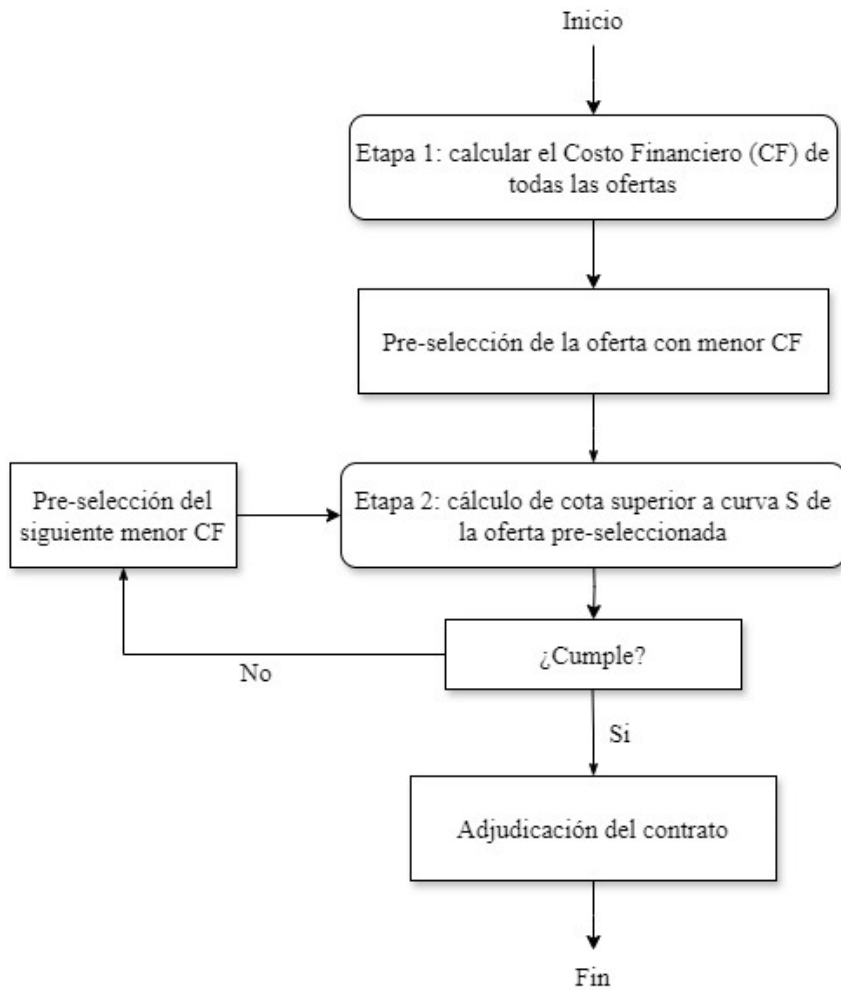


Figura 4.1: Diagrama de la metodología propuesta.
Fuente: elaboración propia

Es importante mencionar que los criterios de selección deben ser informados a todos los participantes de la licitación con claridad previo a la preparación de las ofertas. Una vez recibidas, el análisis se realizará netamente en base a su contenido, sin considerar posibles variaciones en cantidades ni modificaciones de contrato posteriores.

4.1. Primera etapa: pre-selección

En primer lugar, se propone analizar los flujos de dinero desde provenientes del mandante hacia el contratista desde un punto de vista financiero, considerando el valor del dinero en el tiempo. El primer principio financiero establece que un peso en el tiempo presente vale más que el mismo peso en un tiempo futuro, esto debido a la posibilidad que hay de utilizarlo para generar rentabilidad, ya sea invirtiéndolo en una posibilidad de negocio o mediante los intereses de un depósito a plazo bancario.

A la hora de analizar la viabilidad económica de un proyecto con N períodos, la herramienta más utilizada es el flujo de caja, el cual representa los flujos de dinero durante la vida útil de éste. Dichos flujos matemáticamente equivalen a la diferencia entre los ingresos y gastos para un determinado periodo n .

Una vez se tiene confeccionada la estructura del flujo de caja, se procede a calcular el valor presente de dichos flujos, para evaluar la viabilidad económico financiera y conocer cuánto se espera ganar o perder con la inversión. Dicho resultado se conoce como el Valor Actual Neto (VAN) y se obtiene con la fórmula presentada a continuación.

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{F_n}{(1+r)^n} \quad (4.1)$$

Donde:

- VAN: valor actual neto.
- I_0 : inversión inicial.
- F_n : Flujo de dinero para el mes n .
- r_m : tasa de descuento.

Para que un proyecto sea viable se requiere un VAN positivo, lo que implica que los ingresos recibidos permiten recuperar la inversión inicial y generar rentabilidad adicional. Si el VAN es igual a cero, se recupera exactamente la inversión, por lo que la realización del proyecto es indiferente, mientras que si es negativo significa pérdidas de dinero.

La importancia de este análisis para la aplicación en construcción radica en la existencia de diferentes alternativas independientes, como ocurre con las ofertas en una licitación. En dicha situación, y si existe más de una opción con un VAN positivo, se debe seleccionar aquella con el mayor valor [20].

Sin embargo, debido a que los flujos corresponden a ingresos menos gastos, al analizar la etapa de construcción dichos flujos corresponderán a los estados de pago mensuales, y matemáticamente corresponden a valores negativos desde la perspectiva del mandante. Por simpleza en el análisis, se propone definir el Costo Financiero (CF) del proyecto mediante la Ecuación 4.2.

$$CF = \sum_{n=1}^N \frac{|C_n|}{(1 + r_m)^n} \quad (4.2)$$

Donde:

- CF: costo financiero.
- C_n : cobro del mes n-ésimo.
- r_m : tasa de descuento mensual.
- N: duración en meses del proyecto.

Esta expresión corresponde al valor presente que tendrán los cobros en el periodo 0, es decir, al inicio del proyecto. Entonces el criterio de pre-selección será la oferta con el menor costo financiero.

La funcionalidad de la ecuación 4.2 para este caso de estudio también está dada por su comportamiento matemático. Como la tasa de descuento es un valor positivo, se tiene que $(1 + r_a)$ siempre es mayor que 1, por lo que $(1 + r_a)^n$ es creciente a medida que aumenta n. Esto se distribuye a lo largo del proyecto de la siguiente manera.

Si n es bajo $\Rightarrow (1 + r_m)^n$ es bajo \Rightarrow El descuento es bajo en relación al monto

Esto implica que, si los precios están cargados al inicio, los primeros cobros serán mayores, y el descuento aplicado porcentualmente a estos será bajo, aumentando el valor del Costo Financiero.

Si n es alto $\Rightarrow (1 + r_m)^n$ es alto \Rightarrow El descuento es alto en relación al monto

Contrario al análisis anterior, si la distribución de los precios no está particularmente cargada al inicio, no ocurre este fenómeno en que a precios aumentados se les realiza menor descuento, por lo que es probable que se obtenga un menor costo financiero total.

En cuanto a la tasa de interés utilizada para descontar los flujos, esta debe ser un reflejo fiel del mercado en que se involucra el proyecto, pero a la vez ser representativa de la idea que se busca, es decir, desincentivar el aumento de precios al inicio.

La determinación de dicha tasa se basa en dos componentes. Por un lado, se analiza el valor del dinero en relación al origen de éste. El valor de la tasa varía dependiendo si los fondos provienen en su totalidad del agente inversor, si corresponden a un crédito/préstamo o si hay un porcentaje de cada uno. Se conoce como Weighted Average Cost of Capital (WACC) al procedimiento que, como su nombre lo indica, pondera cada uno de estos orígenes del dinero y los unifica en una sola tasa. Su obtención se realiza en base a proyectos anteriores y estudios específicos del mercado en que se está trabajando. En el caso del mercado del desarrollo y construcción, su valor en los últimos años ha fluctuado entre el 7 y 8 por ciento, y para este trabajo en particular se propone utilizar el WACC propuesto por la agencia internacional BDO (2023)[4], con un valor de 7,81 % anual.

La segunda componente de la tasa se conoce como prima de riesgo, y refleja el dinero al que se estaría renunciando si la inversión se realizara en otro proyecto, o si se almacenara en el banco para generar intereses, utilizando valores estándar de mercado. Sin embargo, las empresas pueden aumentar el nivel de riesgo en sus decisiones en caso de que esperen un retorno mayor del proyecto, o haya incertidumbre sobre los costos realmente necesarios.

Para el desarrollo de esta metodología, se propone una prima de riesgo adicional a la tasa de mercado, la cual debe reflejar la variabilidad de los precios y plazos en los proyectos de construcción y a la vez castigar financieramente a aquellos contratistas cuyos flujos sean mayores al inicio. La prima de riesgo recomendada para el mercado chileno [19] es de 7,19 %, la cual se añadirá al coste de capital mediante una suma simple.

Se tiene entonces una tasa de descuento de $r_a = 15\%$ anual. Al estar trabajando en este caso con flujos mensuales, se debe convertir la tasa utilizando la Ecuación 4.3

$$(1 + r_a) = (1 + r_m)^{12} \quad (4.3)$$

Donde:

- r_a = tasa de descuento anual.

Se utilizará entonces una tasa de descuento mensual de 1,17 %.

Tabla 4.1: Tasa de descuento anual y mensual.

Tasa de descuento	
r_a	15 %
r_m	1,17 %

Fuente: elaboración propia

4.2. Segunda etapa: selección

Una vez pre-seleccionada la oferta con menor costo financiero, se procede a una segunda etapa la cual tiene por objetivo limitar los flujos de cobro del contratista en función del avance físico de la obra y las estimaciones del mandante.

La herramienta a utilizar para dicho límite debe relacionar el valor de los cobros y su ubicación en la escala temporal del proyecto. Es por ello que se propone trabajar con la curva S del contratista, la cual representa gráficamente el avance económico acumulado. Matemáticamente el flujo acumulado para un mes "m" del contrato en dicha curva se representa con la Ecuación 4.4.

$$S(m) = \sum_{n=1}^m C_n \quad (4.4)$$

Para establecer una cota, se utilizarán las estimaciones del mandante sobre las cantidades y los precios de cada ítem. Así mismo, se debe considerar el programa de la obra, ubicando cada ítem en el mes que corresponde a su ejecución. Entonces, para un proyecto con una cantidad "J" de ítems se comienza con las siguientes definiciones.

- p_j : precio unitario del ítem j-ésimo según la estimación del mandante.
- q_j : cantidad total del ítem j-ésimo según la estimación del mandante.
- q_{nj} : cantidad del ítem j-ésimo avanzada en el mes n.

A partir de estas estimaciones se puede calcular el presupuesto total estimado por el mandante mediante la ecuación 4.5.

$$PT = \sum_{j=1}^J p_j \cdot q_j \quad (4.5)$$

Con estas definiciones ya es posible generar una curva de avance económico acumulado. Sin embargo, se estaría limitando el precio total ofrecido por el contratista. Esta curva entonces debe ser normalizada por las siguientes razones:

1. Al no tener unidades asociadas, se puede ajustar al precio propuesto por cada oferente y establecer una cota personalizada, teniendo una base unificada para el criterio de selección y manteniendo la competitividad del proceso de licitación.
2. Como se mencionó previamente, los criterios de adjudicación deben ser informados durante la etapa de licitación y previo a la preparación de las ofertas. Al entregar a los oferentes una curva con los precios estimados del mandante, se está limitando la creatividad de las ofertas, incentivando a adoptar dichos precios.

El procedimiento para eliminar las unidades es trabajar con la proporción que representa el precio de cada ítem en el presupuesto total y ubicarlos en la escala temporal según el avance mensual de las cantidades, expresado de forma porcentual.

Se define entonces la razón del precio de un ítem j con la Ecuación 4.6.

$$\rho_j = \frac{p_j \cdot q_j}{PT} \quad (4.6)$$

Donde:

- ρ_j : razón del precio unitario del ítem j-ésimo.

En cuanto al avance físico, a partir de las unidades ejecutadas cada mes se define la razón de avance con la Ecuación 4.7.

$$\Omega_{nj} = \frac{q_{nj}}{q_j} \quad (4.7)$$

Donde:

- Ω_{nj} : razón de avance físico del ítem j-ésimo en el mes n.

Una vez conocidas las proporciones tanto para el precio como las cantidades, se pueden conformar los cobros mensuales a lo largo del proyecto mediante la ponderación de ambos factores como se observa en la Ecuación 4.8. Estos cobros están expresados como un porcentaje del presupuesto total.

$$CM_n = \sum_{j=1}^J \rho_j \cdot \Omega_{nj} \quad (4.8)$$

Donde:

- CM_n : cobro porcentual del mes n según las estimaciones del mandante.

Previo a conformar la curva que servirá como criterio de selección, se debe considerar que existen ciertos factores que pueden producir variaciones en los precios estimados por los contratistas, y que no necesariamente son controlables o implican un aumento deliberado de los precios al inicio a actividades que no representan dicho valor.

Durante la preparación de las ofertas, los contratistas utilizan diferentes técnicas para el análisis de precios unitarios, lo que puede reflejarse en diferencias del trabajo y recursos estimados para cada actividad con respecto a lo que plantea el mandante. También pueden existir diferencias en las primeras etapas dependiendo de la metodología de construcción o la inversión que se requiera para la implementación de determinadas metodologías.

Como se mencionó en capítulos anteriores, numerosos autores y entidades han buscado establecer un límite en el cual los precios tengan una variación que se considere razonable y represente de todas maneras el avance físico. Para la aplicación de esta metodología se propone aumentar en un porcentaje determinado todos los cobros del proyecto según las estimaciones del mandante, y posteriormente usar dichos cobros aumentados para generar la cota superior. El valor de dicho porcentaje dependerá de los intereses del mandante y las variaciones que éste espere en los precios. Sin embargo, para este trabajo se utilizará la variación propuesta por Manzo y Tell (1997)[18] con un valor fijo del 15 por ciento.

Al realizar este procedimiento, la curva S siendo la representación de los cobros acumulados, alcanzará un valor del 115 % del costo del proyecto, por lo que se debe establecer una segunda cota correspondiente al presupuesto total del contratista.

Entonces los cobros porcentuales establecidos por el mandante, ajustados al presupuesto de la oferta pre-seleccionada se determinan con la Ecuación 4.9.

$$C_n^* = CM_n \cdot PT_c \quad (4.9)$$

Donde:

- C_n^* : cobro del mes n-ésimo según la curva del mandante ajustada al contratista.
- PT_c : precio total de la oferta.

Además, la Ecuación 4.10 representa el valor de la curva S para un mes "m" del contrato, con el 15% agregado a cada cobro.

$$S^*(m) = \sum_{n=1}^m 1,15 \cdot C_n^* \quad (4.10)$$

Finalmente, para que el contrato sea adjudicado los cobros del contratista deben cumplir con la siguiente condición.

$$\forall m, \quad S(m) \leq S^*(m) \quad \wedge \quad S(m) \leq PT_c$$

Gráficamente esto implica que la curva S real nunca supere la curva ajustada, la cual representa la tasa con la que el mandante pronostica realizar los pagos mensuales del proyecto en función del avance físico de la obra y el esfuerzo que este representa. Esta cota se observa en la Figura 4.2, donde la curva indica el límite impuesto por las estimaciones del mandante, mientras que la recta marca el precio total del contratista.

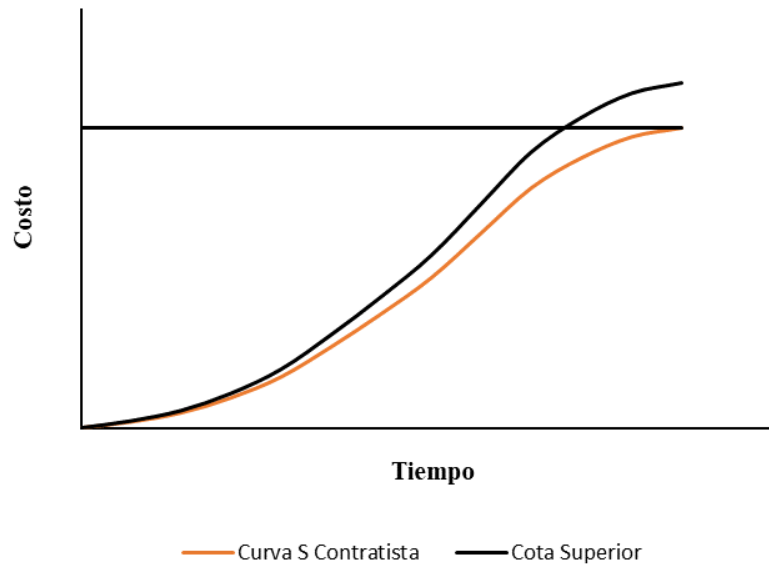


Figura 4.2: Cotas superiores etapa 2.
Fuente: elaboración propia

Capítulo 5

Ejemplos de aplicación de la metodología

Con el fin de demostrar el funcionamiento de la metodología propuesta, se presentan a continuación dos situaciones en las que se debe seleccionar un contratista durante la etapa de licitación, existiendo dos ofertas en cada caso. Los ejemplos son independientes entre sí, es decir, las ofertas analizadas en el primero no se considerarán para el segundo.

Los ejemplos se aplicarán en base a un proyecto de construcción de una obra subterránea conformada por tres etapas secuenciales: pique, galería de acceso y túnel estación. En la Tabla 5.1 se muestran las principales características de la obra.

Tabla 5.1: Dimensiones y plazos obra.

Etapa	Largo [m]	Plazo [meses]
Pique	35	4
Galería de Acceso	70	5
Túnel Estación	120	6

Fuente: elaboración propia

En cuanto a los ítem que conforman el presupuesto, cada etapa considerará excavación (en suelo para el pique y en roca para la galería de acceso y el túnel estación), hormigón y acero. La cantidad de cada ítem (q_j) se presenta en la Tabla 5.2. Estos materiales están distribuidos uniformemente por cada metro lineal de una etapa.

Tabla 5.2: Cantidades del proyecto.

N°	Item	Cantidad (qj)
1	Excavación Pique [m3]	20000
2	Hormigón Pique [m3]	1500
3	Acero Pique [kg]	50000
4	Excavación Galería de Acceso [m3]	10000
5	Hormigón Galería de Acceso [m3]	2000
6	Acero Galería de Acceso [kg]	150000
7	Excavación Túnel Estación [m3]	25000
8	Hormigón Túnel Estación [m3]	3000
9	Acero Túnel Estación [kg]	200000

Fuente: elaboración propia

Con respecto al avance físico, se presenta en la Tabla 5.3 el avance en metros lineales de cada etapa por mes, mientras que en la Tabla B.1 del Anexo se encuentra el detalle con las unidades ejecutadas por mes.

Tabla 5.3: Avance mensual del ítem j en el mes n.

Avance mensual por ítem (qnj)									
Mes	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7	q8	q9
1	2000	150	5000						
2	6000	450	15000						
3	6000	450	15000						
4	6000	450	15000						
5				1700	340	25500			
6				1800	360	27000			
7				2000	400	30000			
8				2000	400	30000			
9				2500	500	37500			
10							5000	600	40000
11							6250	750	50000
12							5750	690	46000
13							4000	480	32000
14							2750	330	22000
15							1250	150	10000

Fuente: elaboración propia

La información relativa a los precios que será entregada a los participantes de la licitación corresponde a la razón del precio (ρ_j), la cual se muestra para cada ítem en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4: Razón de precios.

Nº	Item	ρ_j
1	Excavación Pique [m3]	6,67 %
2	Hormigón Pique [m3]	10,00 %
3	Acero Pique [kg]	3,33 %
4	Excavación Galería de Acceso [m3]	6,67 %
5	Hormigón Galería de Acceso [m3]	13,33 %
6	Acero Galería de Acceso [kg]	10,00 %
7	Excavación Túnel Estación [m3]	16,67 %
8	Hormigón Túnel Estación [m3]	20,00 %
9	Acero Túnel Estación [kg]	13,33 %

Fuente: elaboración propia

A partir de estos valores se construyen los cobros mensuales del programa del mandante con la Ecuación 4.8. Los resultados se encuentran en la Tabla B.2 del Anexo, mientras que la curva normalizada se presenta a continuación en la Figura 5.1.

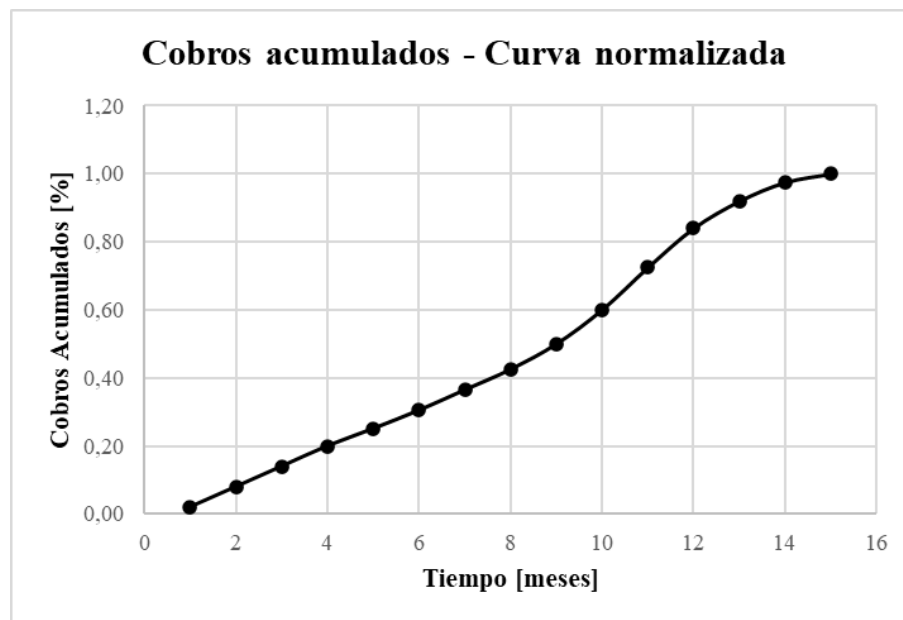


Figura 5.1: Avance económico del programa estándar.

Fuente: elaboración propia

Debido a que la metodología de selección se centra en el estudio de la oferta económica, se considerará como supuesto para los ejemplos que todos los contratistas presentan un programa equivalente al indicado en la Tabla 5.3.

5.1. Primer caso de aplicación

EL objetivo de este primer caso propuesto es demostrar el comportamiento de la primera etapa de la metodología y el efecto económico que implica que un contratista aumente sus precios al inicio del proyecto.

Oferta 1

En primer lugar se presenta la Oferta 1, cuyos precios están cargados al inicio, específicamente en la construcción del pique y la galería de acceso, compensando con una disminución de los precios de los materiales correspondientes al túnel estación. Los valores de dichos precios unitarios se presentan en la Tabla 5.5, teniendo la oferta económica un precio total de 150.050 UF.

Tabla 5.5: Precios unitarios de la Oferta 1.

Precios Unitarios [UF]	Pique	Galería de Acceso	Túnel Estación
Excavación [m3]	0,68	1,60	0,7
Hormigón [m3]	15,1	14,00	5,6
Acero [kg]	0,15	0,12	0,05

Fuente: elaboración propia

Como se mencionó previamente, para conformar los estados de pago mensuales se respetarán las cantidades avanzadas según la Tabla 5.3. Dichos cobros se encuentran calculados en la Tabla C.1 del Anexo, mientras que la Figura 5.2 muestra dichos cobros acumulados en la escala temporal.

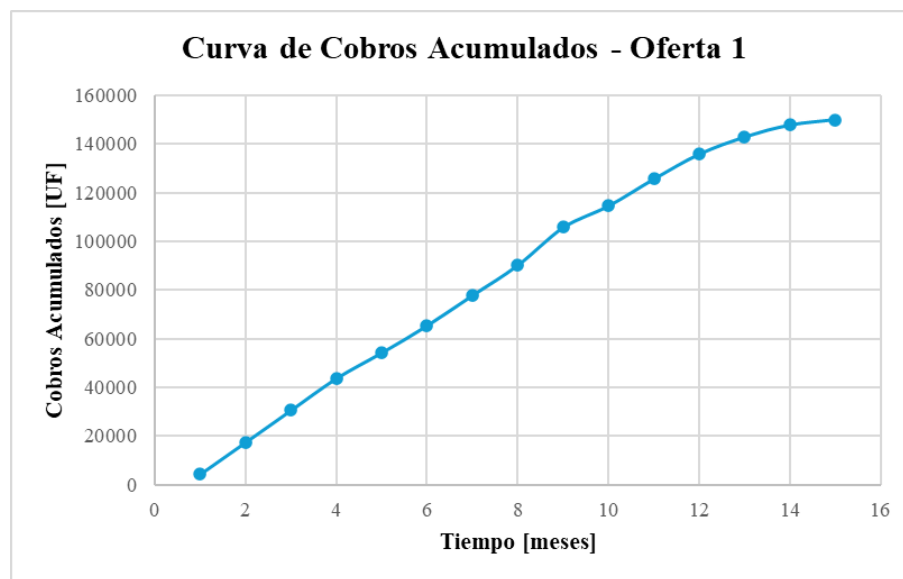


Figura 5.2: Avance económico de la Oferta 1.

Fuente: elaboración propia

Oferta 2

En segundo lugar, se presenta una oferta cuyo precio total es de 152.000 UF, y sus precios unitarios siguen una proporción similar a la establecida por el mandante en relación al precio total. En la Tabla 5.6 se muestran dichos precios unitarios.

Tabla 5.6: Precios unitarios de la Oferta 2.

Precios Unitarios [UF]	Pique	Galería de Acceso	Túnel Estación
Excavación [m ³]	0,51	1,01	1,01
Hormigón [m ³]	10,13	10,13	10,13
Acero [kg]	0,10	0,10	0,10

Fuente: elaboración propia

Los cobros mensuales se conforman respetando las cantidades de la Tabla 5.3, y se encuentran detallados en la Tabla C.3 del Anexo. La representación de dichos pagos en el tiempo se muestra en la Figura 5.3.

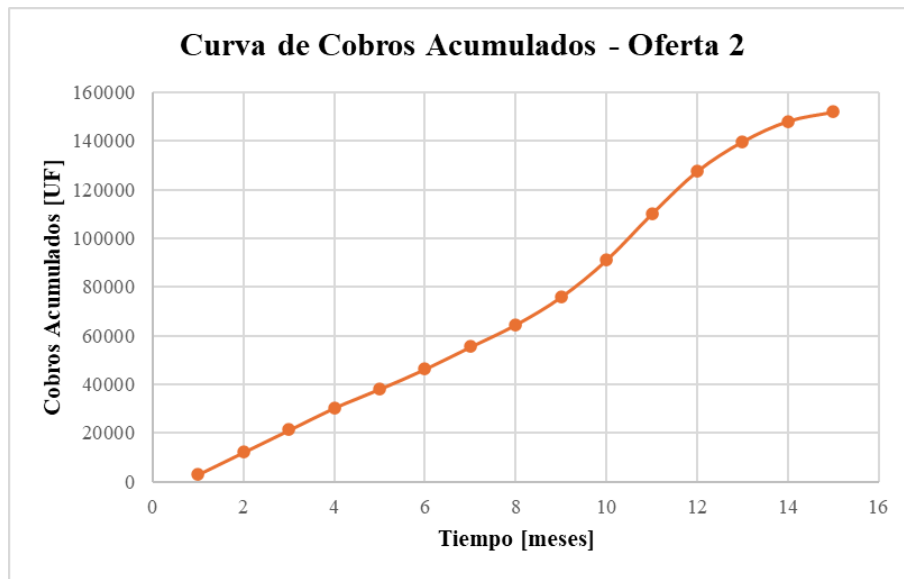


Figura 5.3: Avance económico de la Oferta 2.

Fuente: elaboración propia

Como se indica en el diagrama de la metodología (Figura 4.1), el primer paso es pre-seleccionar una oferta aplicando la Ecuación 4.2 a los cobros mensuales. El detalle de dicho cálculo se encuentra en las Tablas C.2 y C.4 del Anexo. A continuación en la Tabla 5.7 se presenta un resumen de los resultados.

Tabla 5.7: Precios totales y costo financiero - Caso 1.

	Precio Total [UF]	CF [UF]
Oferta 1	150050	137964,11
Oferta 2	152000	137562,85

Fuente: elaboración propia

De los resultados obtenidos se observa que si bien la Oferta 1 es más económica en cuanto al precio total presentado, al calcular el valor financiero de ambas al inicio del proyecto, considerando el valor del dinero, se obtiene un resultado inverso, donde la Oferta 2 representa un menor costo a largo plazo. Se pre-selecciona entonces esta última.

Posteriormente se procede a la segunda etapa de la metodología, en la cual se debe verificar si la oferta pre-seleccionada cumple con la relación de avance físico y avance económico impuesta por el mandante.

Para ello se ajustan los valores de la Tabla B.2 al precio del contratista utilizando la Ecuación 4.9. Luego, se construye la curva que limita superiormente los cobros utilizando la Ecuación 4.10. El detalle de ambos cálculos se encuentra en la Tabla C.5 del Anexo, mientras que la Figura 5.4 representa gráficamente ambas curvas.

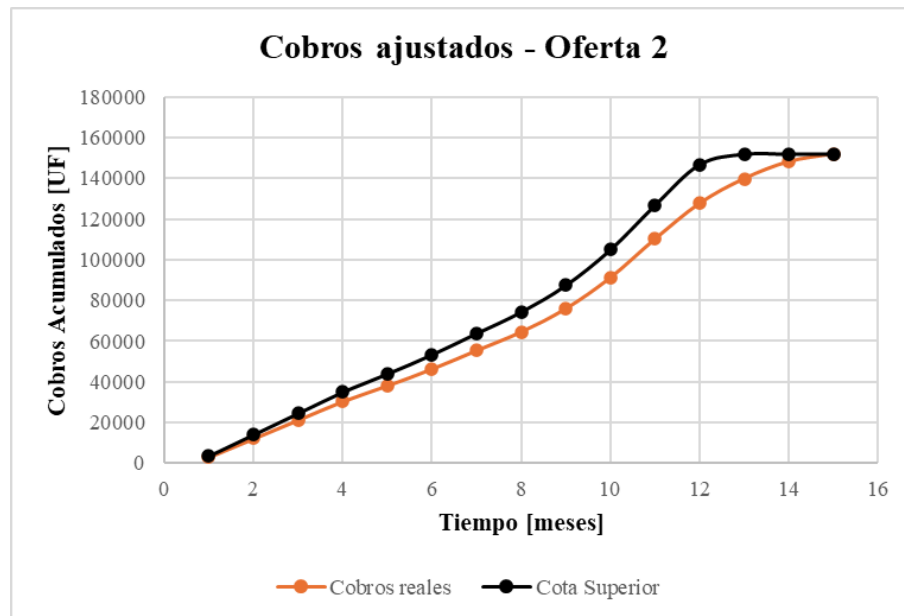


Figura 5.4: Flujos de cobro acotados de la Oferta 2.

Fuente: elaboración propia

Se concluye a partir del gráfico que se respeta el criterio de selección para todos los meses del proyecto, encontrándose la curva S real por debajo de la curva ajustada. El contrato es adjudicado entonces a la Oferta 2.

5.2. Segundo caso de aplicación

El objetivo en este caso propuesto es demostrar el comportamiento de la segunda etapa de la metodología, actuando como un segundo filtro para identificar aquellas ofertas que si bien presentan el menor precio, significan un riesgo para el mandante al tener un avance económico que no refleja el avance físico real de la obra.

Oferta 3

En primer lugar se tiene la Oferta 3, cuya distribución de precios unitarios se concentra en el pique y la galería de acceso. Dichos valores se explicitan en la Tabla 5.8. El monto total de la oferta es de 150.000 UF.

Tabla 5.8: Precios unitarios de la Oferta 3.

Precios Unitarios [UF]	Pique	Galería de Acceso	Túnel Estación
Excavación [m3]	0,6	1,47	0,64
Hormigón [m3]	12	14,67	6,4
Acero [kg]	0,12	0,15	0,064

Fuente: elaboración propia

Nuevamente para este caso se consideran los avances indicados en la Tabla 5.3, con los cuales se calculan los cobros mensuales. Dichos valores se detallan en la Tabla D.1 del Anexo, y se observan gráficamente en la Figura 5.5.

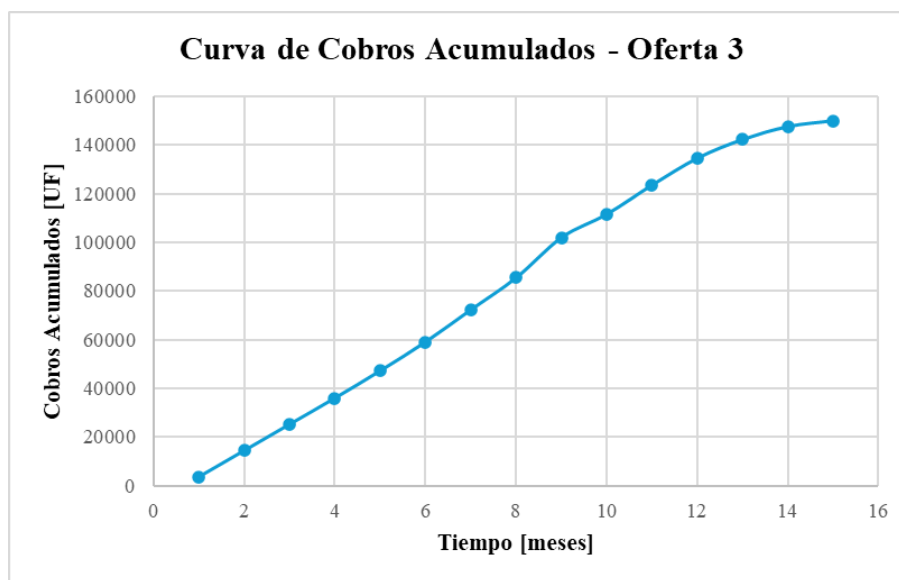


Figura 5.5: Avance económico de la Oferta 3.

Fuente: elaboración propia

Oferta 4

Por otra parte, se tiene una oferta competidora cuyo monto total es de 156.000 UF, sin embargo sus precios unitarios se encuentran distribuidos de manera similar a los del mandante con respecto al precio total. Estos precios se muestran en la Tabla 5.9.

Tabla 5.9: Precios unitarios de la Oferta 3.

Precios Unitarios [UF]	Pique	Galería de Acceso	Túnel Estación
Excavación [m3]	0,47	1,11	1,04
Hormigón [m3]	9,36	11,09	10,40
Acero [kg]	0,09	0,11	0,10

Fuente: elaboración propia

En cuanto a los cobros mensuales, estos se detallan en la Tabla D.4 del Anexo, mientras que la Figura 5.6 muestra la curva S de la oferta.

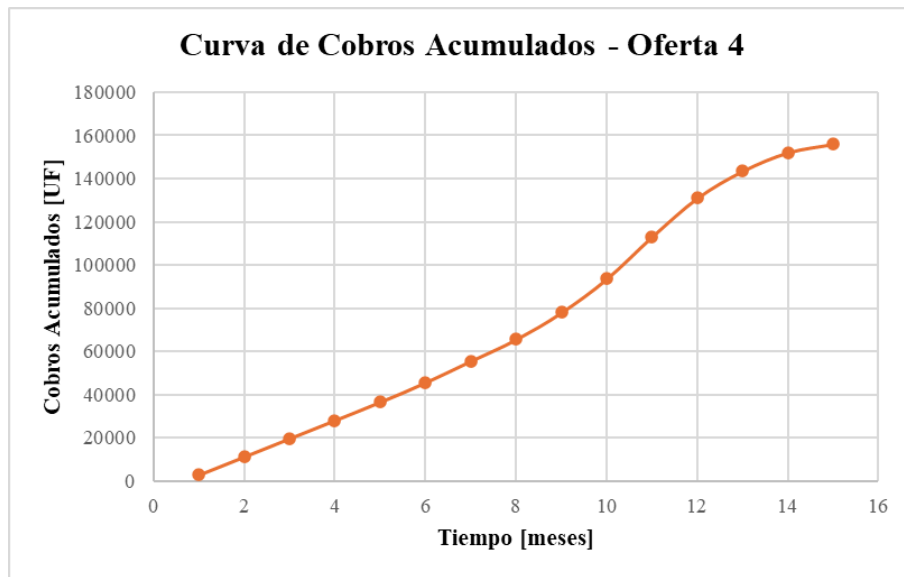


Figura 5.6: Avance económico de la Oferta 4.

Fuente: elaboración propia

Una vez calculados los datos de los participantes de la licitación, se procede con la primera etapa de la metodología, calculando el costo financiero de cada uno con la Ecuación 4.2. Los cobros descontados de cada oferta se encuentran en las Tablas D.2 y D.5 del Anexo. La Tabla 5.10 a continuación presenta un resumen de los valores obtenidos.

Tabla 5.10: Precios totales y costo financiero - Caso 2.

	Precio Total [UF]	CF [UF]
Oferta 3	150000	137364,24
Oferta 4	156000	141032,93

Fuente: elaboración propia

De los resultados obtenidos se observa que para este caso, la oferta de menor precio es también la más conveniente financieramente, al tener un menor valor total considerando los cobros en un tiempo presente. Se pre-selecciona entonces la Oferta 3.

Siguiendo con la segunda etapa de la metodología, se debe verificar que el avance económico esté dentro de lo aceptable por el mandante en función del avance físico.

A partir de los valores para los cobros porcentuales (CM_n) de la Tabla B.2 del Anexo, se calculan los cobros ajustados con la Ecuación 4.9. Posteriormente, se establece el límite superior para la curva S con la Ecuación 4.10. Los valores obtenidos en ambos cálculos se detallan en la Tabla D.3 del Anexo. En la Figura 5.7 a continuación se presenta la curva S y su respectiva cota.

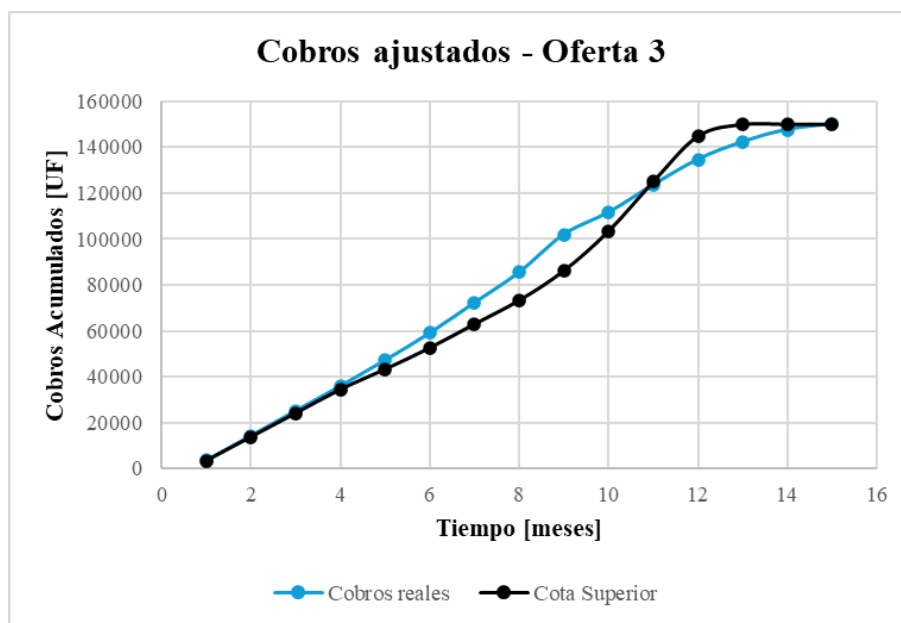


Figura 5.7: Flujos de cobro acotados de la Oferta 3.
Fuente: elaboración propia

Se puede observar tanto gráficamente como en la diferencia entre las curvas para cada mes (calculada en la Tabla D.3 del Anexo) que el avance económico planteado por el contratista no se condice con el avance físico estimado por el mandante, lo que implica un riesgo ante una eventual terminación anticipada del contrato y puede afectar la motivación del contratista en la finalización de las últimas etapas.

Se descarta entonces la Oferta 3 y se repite la segunda etapa para la Oferta 4. En la Tabla D.6 se presentan los cobros ajustados y la cota superior obtenida de dicho procedimiento, mientras que en la Figura 5.8 se observa la curva S junto a su límite superior.

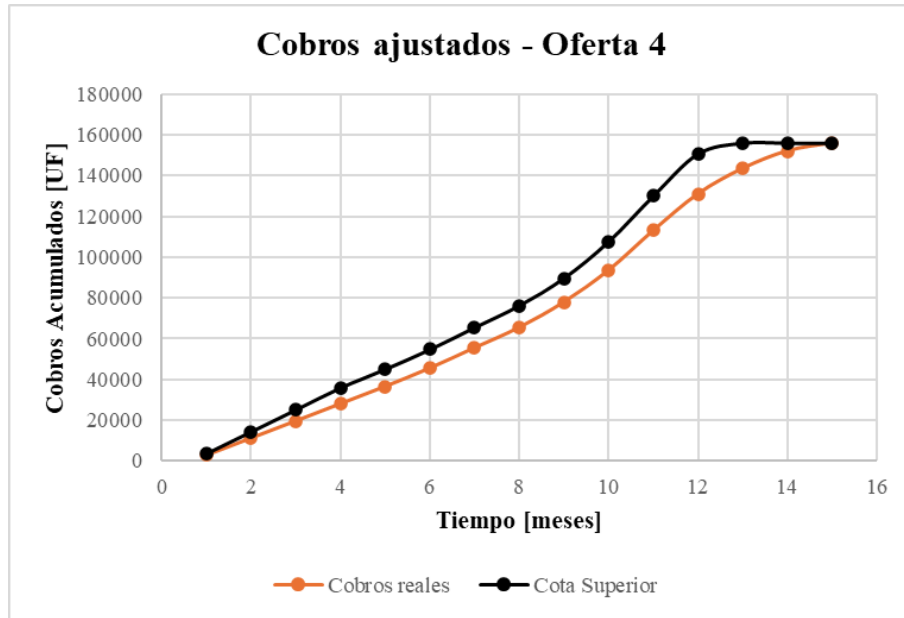


Figura 5.8: Flujos de cobro acotados de la Oferta 4.
 Fuente: elaboración propia

Del gráfico se desprende que los flujos de cobro propuestos por el contratista se mantienen por debajo de la curva establecida por el mandante a lo largo de toda la duración del proyecto, siendo la opción más segura para evitar los potenciales riesgos mencionados previamente. Finalmente se adjudica el contrato a la Oferta 4.

Capítulo 6

Conclusiones

En primer lugar, se concluye que la selección de contratistas en proyectos públicos a nivel mundial ha tomado un enfoque más integral con respecto a la calidad del proyecto y sus necesidades, aunque la evaluación de la oferta económica sigue considerando principalmente el valor total, sin poner tanto énfasis en la distribución de precios unitarios y como estos se ubican en el tiempo, conformando así los estados de pago mensuales.

Esto implica que algunos contratistas desarrollen ofertas con precios alterados para así obtener algún beneficio económico, denominándose ofertas desequilibradas. Los argumentos expuestos en el Capítulo 3 demuestran que tanto las ofertas cargadas al inicio como aquellas que explotan errores en cantidades pueden implicar sobrecostos para el mandante, ya sea desde un punto de vista financiero o en caso de variaciones en cantidades. Es por ello que se vuelve necesario desarrollar nuevas metodologías que seleccionen la mejor alternativa para el mandante.

Sin embargo, la bibliografía analizada muestra que el enfoque de los estudios está en estudiar los precios unitarios de cada ítem por separado, dejando de lado los efectos que dichos precios tienen a la hora de calcular los cobros en función del avance físico. Además, no existe un consenso de cuando una oferta es desequilibrada materialmente y por ende, puede ser rechazada. Aún así, diferentes países como Estados Unidos y Japón han establecido sus propios criterios para la selección de ofertas en proyectos públicos, lo que demuestra que es un tema cada vez más común en el mercado de la construcción.

El objetivo entonces de este trabajo recae en desarrollar una metodología que involucre estos factores ausentes en la bibliografía estudiada, principalmente los estados de pago mensuales. Para ello se analiza el problema desde dos perspectivas. La primera etapa permite determinar objetivamente y mediante a una métrica conocida (el valor presente), cuál será efectivamente la oferta más económica considerando el valor del dinero en el tiempo. Para ello se aplica una tasa del 15 por ciento, la cual refleja el costo de oportunidad asociado al dinero en proyectos de inversión.

La segunda etapa por otra parte es efectiva a la hora de limitar los flujos de dinero por parte del contratista, estableciendo siempre una relación del avance económico con el avance físico real de la obra. Es importante mencionar además la necesidad de implementar un factor que permita ciertas variaciones naturales en los precios, como sucede también en otras

metodologías estudiadas en este trabajo. La principal razón de esto son las posibles diferencias en la determinación por parte de un contratista con respecto al mandante dada por una diferencia genuina en el análisis de precios unitarios.

Los ejemplos de aplicación de la metodología presentados son un fiel reflejo de lo mencionado previamente, donde al evaluar la oferta con el menor precio total y compararla con una oferta de mayor monto, el valor del dinero en el tiempo puede implicar que en costo real para el mandante sea inverso, por lo que de haber utilizado una metodología que priorice el precio total, se habría renunciado a dinero generado por intereses o inversiones.

En cuanto al funcionamiento de la segunda etapa, si bien en el ejemplo propuesto se descarta una oferta al no cumplir con el límite establecido por el mandante, la finalidad de informar los criterios de decisión es justamente persuadir a los contratistas a desarrollar ofertas que cumplan con dichos criterios, siendo una herramienta efectiva a la hora de licitar un proyecto cuyos flujos de dinero son de gran importancia para el mandante.

Bibliografía

- [1] Allen, F., Myers, S. y Brealey, R. (2011). Principios de finanzas corporativas. Novena edición. *Mc Graw Hill*.
- [2] Araya, A. (2018). El contrato de construcción en Chile. Análisis económico y jurisprudencial. *Revista chilena de derecho privado*, no.31.
- [3] Banco Interamericano de Desarrollo Washington, DC (2006). *Procurement of Works & User's Guide*. <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/426761510083511002-0290022017/render/SBDWorksOct2017.pdf>
- [4] BDO, (2023) Estudio tasas de descuento Real Estate. Sitio web: <https://marketrends.cl/Portals/0/ThemePluginPro/uploads/2023/10/31/BDO-Reporte-TASAS-34.pdf>.
- [5] Bell, M. (1989). *Unbalanced Bidding in Government Contracts*. [Tesis de magíster, Facultad del Centro Nacional de Derecho de la Universidad George Washington.]
- [6] California Public Contract Code, Cal. § 10180. (2022). Sitio web: <https://casetext.com/statute/california-codes/california-public-contract-code/division-2-general-provisions/part-2-contracting-by-state-agencies/chapter-1-state-contract-act/article-5-award-of-contracts/section-10180-generally>.
- [7] Chile, Ley N°18.010. (23/06/1981). Establece normas para las operaciones y otras obligaciones de dinero que indica. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=29438>.
- [8] Decreto N°75-2004-MOP. Deroga Decreto N°15 de 1992, y sus modificaciones posteriores y aprueba Reglamento para Contratos de Obras Públicas. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=233103>.
- [9] Decreto N°108-2009-MOP. Aprueba Bases Administrativas Generales para contratos de ejecución de obras por sistema de pago contra recepción y deroga Decretos Supremos que indica. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?i=1001132>.
- [10] Departamento de Transportes de Wisconsin. (2020). *Construction and Material Manuals..* <https://wisconsin.gov/Pages/doing-bus/eng-consultants/cnslt-rsrces/rdwy/cmm.aspx>.
- [11] Dreschler, M. (2009). *Fair competition: How to apply the 'Economically Most Advantageous Tender' (EMAT) award mechanism in the Dutch construction industry*. [Tesis de doctorado, Universidad Tecnológica de Delft].
- [12] Guide for Procurement and Evaluation Procedures under Japanese ODA Loans. Japan International Cooperation Agency. Japón, noviembre de 2021. https://www.jica.go.jp/english/our_work/types_of_assistance/oda_loans/oda_op_info/guide/evaluation/g13tc000000yven-att/procurement.pdf

- [13] Hasnain, M y Jamaluddin, M. (2016). Best Value Procurement in Construction and its Evolution in the 21st century: A Systematic Review. *Journal for the Advancement of Performance Information and Value*. 8, 11-25.
- [14] Hyari, K. (2016). The Controversy around Unbalanced Bidding in Construction: Seeking a Fair Balance. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*.
- [15] Lai, K., Liu, S. y Wang, S. (2004). A method used for evaluating bids in the Chinese construction industry. *International Journal of Project Management*. 22, 193-201.
- [16] Lambropoulos, S. (2007). The use of time and cost utility for construction contract award under European Union Legislation. *Building and Environment*, 42, 452-463.
- [17] Lambropoulos, S. (2012). Objective Construction Contract Award using Cost, Time and Durability Utility. *National Technical University of Athens*.
- [18] Manzo, F. y Tell, S. (1997) Unbalanced Bids and Avoiding Disputes Relating to Them. *GREYHAWK, New York*.
- [19] Maquiera, C. P. (2019). El premio por riesgo de mercado: estimación para Chile. *Review of Global Management*, 4(1), 32-46.
- [20] Mete, M. (2014). Valor actual neto y tasa de retorno: su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión. *Fides Et Ratio*, vol.7, n.7, pp.67-85.
- [21] New York Procurement Guidelines. State Procurement Council. Nueva York, septiembre de 2023. <https://ogs.ny.gov/procurement/new-york-state-procurement-guidelines>.
- [22] Nikpour, B., Senouci, A. y Eldin, N. (2017) Detection Tool for Unbalanced Bids. *Open Journal of Civil Engineering* , 7, 409-422.
- [23] Nyström, J., y Wikström, D. (2019). Empirical analysis of unbalanced bidding on Swedish roads. *Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI)*.
- [24] Polat, G., Turkoglu, H. y Damci, A. (2018). Detection of unbalanced bids: A case study. *Creative Construction Conference*.
- [25] Polat, G., Turkoglu, H., Damci, A. y Dogu, F. (2020). Detecting unbalanced bids via an improved grading-base model. *Organization, Technology and Management in Construction*. 12, 2072-2082.
- [26] Revised Code of Washington (RCW). Washington State Legislature. Washington, septiembre de 2023. <https://app.leg.wa.gov/RCW/default.aspx?cite=39.26.160>.
- [27] The Public Contract Regulations. UK Statutory Instruments. Reino Unido, febrero de 2015. <https://www.legislation.gov.uk/uksi/2015/102/contents/made>.
- [28] Unión Europea. Directiva. (2014) 2014/24/UE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre contratación pública. *Diario Oficial de la Unión Europea*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32014L0024>.
- [29] Ye, K., Bingheng, L. y Shen, L. (2013). Key Factors Considered in Compiling Tender Prices for China's Public Works Projects. *Journal of Management in Engineering*. 29, 206-215.

Anexos

Anexo A. Ejemplo de terminación anticipada de contrato

A continuación se presentan los cobros mensuales y acumulados para el ejemplo abordado en el Capítulo 3.

Tabla A.1: Ejemplo de oferta cargada al inicio - Oferta 1.

Oferta 1		
Mes	Cobros mensuales [UF]	Cobros acumulados [UF]
1	2200	2200
2	3300	5500
3	5500	11000
4	7700	18700
5	11000	29700
6	12100	41800
7	13200	55000
8	16500	71500
9	16500	88000
10	11000	99000
11	7700	106700
12	3300	110000

Fuente: elaboración propia

Tabla A.2: Ejemplo de oferta cargada al inicio - Oferta 2.

Oferta 2		
Mes	Cobros mensuales [UF]	Cobros acumulados [UF]
1	10000	10000
2	15000	25000
3	15000	40000
4	14000	54000
5	12000	66000
6	10000	76000
7	8000	84000
8	7000	91000
9	4000	95000
10	2000	97000
11	2000	99000
12	1000	100000

Fuente: elaboración propia

Anexo B. Cálculos curva normalizada

En este Anexo se presentan las tablas con los valores requeridos para diseñar la curva normalizada en los ejemplos de aplicación del Capítulo 5.

Tabla B.1: Razón de avance físico.

Razón de avance (Ω_{nj})									
Mes	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7	q8	q9
1	0,10	0,10	0,10						
2	0,30	0,30	0,30						
3	0,30	0,30	0,30						
4	0,30	0,30	0,30						
5				0,17	0,17	0,17			
6				0,18	0,18	0,18			
7				0,20	0,20	0,20			
8				0,20	0,20	0,20			
9				0,25	0,25	0,25			
10							0,20	0,20	0,20
11							0,25	0,25	0,25
12							0,23	0,23	0,23
13							0,16	0,16	0,16
14							0,11	0,11	0,11
15							0,05	0,05	0,05

Fuente: elaboración propia

Tabla B.2: Cobros mensuales porcentuales - Curva Normalizada.

Mes	CMn [%]	CMn Acumulado [%]
1	0,02	0,02
2	0,06	0,08
3	0,06	0,14
4	0,06	0,20
5	0,05	0,25
6	0,05	0,31
7	0,06	0,37
8	0,06	0,43
9	0,08	0,50
10	0,10	0,60
11	0,13	0,73
12	0,12	0,84
13	0,08	0,92
14	0,06	0,98
15	0,03	1,00

Fuente: elaboración propia

Anexo C. Cálculos Caso de aplicación 1

A continuación se encuentran las tablas con los cálculos del caso de aplicación 1.

Oferta 1

Tabla C.1: Cobros mensuales - Oferta 1.

Mes	Cn [UF]	Cn acumulado [UF]
1	4375	4375
2	13125	17500
3	13125	30625
4	13125	43750
5	10540	54290
6	11160	65450
7	12400	77850
8	12400	90250
9	15500	105750
10	8860	114610
11	11075	125685
12	10189	135874
13	7088	142962
14	4873	147835
15	2215	150050

Fuente: elaboración propia

Tabla C.2: Cobros descontados - Oferta 1.

Mes	Cn [UF]	Cobro descontado [UF]
1	4375	4324,34
2	13125	12822,80
3	13125	12674,33
4	13125	12527,57
5	10540	9943,74
6	11160	10406,75
7	12400	11429,17
8	12400	11296,83
9	15500	13957,52
10	8860	7885,92
11	11075	9743,25
12	10189	8860,00
13	7088	6092,11
14	4873	4139,83
15	2215	1859,95
Total	150050	137964,11

Fuente: elaboración propia

Oferta 2

Tabla C.3: Cobros mensuales - Oferta 2.

Mes	Cn [UF]	Cn acumulado [UF]
1	3040	3040
2	9120	12160
3	9120	21280
4	9120	30400
5	7752	38152
6	8208	46360
7	9120	55480
8	9120	64600
9	11400	76000
10	15200	91200
11	19000	110200
12	17480	127680
13	12160	139840
14	8360	148200
15	3800	152000

Fuente: elaboración propia

Tabla C.4: Cobros descontados - Oferta 2.

Mes	Cn [UF]	Cobro descontado [UF]
1	3040	3004,80
2	9120	8910,02
3	9120	8806,85
4	9120	8704,87
5	7752	7313,46
6	8208	7654,00
7	9120	8405,97
8	9120	8308,63
9	11400	10265,53
10	15200	13528,89
11	19000	16715,29
12	17480	15200,00
13	12160	10451,47
14	8360	7102,19
15	3800	3190,89
Total	152000	137562,85

Fuente: elaboración propia

Tabla C.5: Límite Superior - Oferta 2.

Mes	C*n [UF]	S* (m) [UF]	Diferencia (S*(m) - Cn acumulado) [UF]
1	3040	3496	456
2	9120	13984	1824
3	9120	24472	3192
4	9120	34960	4560
5	7752	43874,8	5722,8
6	8208	53314	6954
7	9120	63802	8322
8	9120	74290	9690
9	11400	87400	11400
10	15200	104880	13680
11	19000	126730	16530
12	17480	146832	19152
13	12160	160816	20976
14	8360	170430	22230
15	3800	174800	22800

Fuente: elaboración propia

Anexo D. Cálculos Caso de aplicación 2

A continuación se encuentran las tablas con los cálculos del caso de aplicación 2.

Oferta 3

Tabla D.1: Cobros mensuales - Oferta 3.

Mes	Cn [UF]	Cn acumulado [UF]
1	3600	3600
2	10800	14400
3	10800	25200
4	10800	36000
5	11220	47220
6	11880	59100
7	13200	72300
8	13200	85500
9	16500	102000
10	9600	111600
11	12000	123600
12	11040	134640
13	7680	142320
14	5280	147600
15	2400	150000

Fuente: elaboración propia

Tabla D.2: Cobros descontados - Oferta 3.

Mes	Cn [UF]	Cobro descontado
1	3600	3558,31
2	10800	10551,34
3	10800	10429,16
4	10800	10308,40
5	11220	10585,27
6	11880	11078,16
7	13200	12166,53
8	13200	12025,65
9	16500	14858,01
10	9600	8544,56
11	12000	10557,03
12	11040	9600,00
13	7680	6600,93
14	5280	4485,59
15	2400	2015,30
Total	150000	137364,24

Fuente: elaboración propia

Tabla D.3: Límite Superior - Oferta 3.

Mes	C*n [UF]	S* (m) [UF]	Diferencia (S*(m) - Cn acumulado) [UF]
1	3000	3450	-150
2	9000	13800	-600
3	9000	24150	-1050
4	9000	34500	-1500
5	7650	43297,5	-3922,5
6	8100	52612,5	-6487,5
7	9000	62962,5	-9337,5
8	9000	73312,5	-12187,5
9	11250	86250	-15750
10	15000	103500	-8100
11	18750	125062,5	1462,5
12	17250	144900	10260
13	12000	158700	16380
14	8250	168187,5	20587,5
15	3750	172500	22500

Fuente: elaboración propia

Oferta 4

Tabla D.4: Cobros mensuales - Oferta 4.

Mes	Cn [UF]	Cn acumulado [UF]
1	2808	2808
2	8424	11232
3	8424	19656
4	8424	28080
5	8486,4	36566,4
6	8985,6	45552
7	9984	55536
8	9984	65520
9	12480	78000
10	15600	93600
11	19500	113100
12	17940	131040
13	12480	143520
14	8580	152100
15	3900	156000

Fuente: elaboración propia

Tabla D.5: Cobros descontados - Oferta 4.

Mes	Cn [UF]	Cobro descontado
1	2808	2775,49
2	8424	8230,04
3	8424	8134,74
4	8424	8040,55
5	8486,4	8006,32
6	8985,6	8379,12
7	9984	9202,32
8	9984	9095,77
9	12480	11238,06
10	15600	13884,91
11	19500	17155,17
12	17940	15600,00
13	12480	10726,51
14	8580	7289,09
15	3900	3274,86
Total	156000	141032,93

Fuente: elaboración propia

Tabla D.6: Límite Superior - Oferta 4.

Mes	C*n [UF]	S* (m) [UF]	Diferencia (S*(m) - Cn acumulado) [UF]
1	3120	3588	780
2	9360	14352	3120
3	9360	25116	5460
4	9360	35880	7800
5	7956	45029,4	8463
6	8424	54717	9165
7	9360	65481	9945
8	9360	76245	10725
9	11700	89700	11700
10	15600	107640	14040
11	19500	130065	16965
12	17940	150696	19656
13	12480	165048	21528
14	8580	174915	22815
15	3900	179400	23400

Fuente: elaboración propia