
Manual para la estimación y el seguimiento del costo de un programa de infraestructura



Banco Interamericano de Desarrollo - Manual para la estimación y seguimiento del costo final de un programa de infraestructura

Hugo Monteverde

Andrés Pereyra

Marcelo Pérez

Postproducción:

Isabel Granada

Paola Ortiz

Diseño y diagramación: Paola Ortiz

Contacto BID

BIDtransporte@iadb.org

Catalogación en la fuente proporcionada por la Biblioteca Felipe Herrera del Banco Interamericano de Desarrollo:

Monteverde, Hugo.

Manual para la estimación y seguimiento del costo final de un programa de infraestructura / Hugo Monteverde, Andrés Pereyra, Marcelo Pérez. p. cm. — (Monografía del BID ; 439)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Infraestructure (Economics)-Latin America-Finance. 2. Public works-Latin America-Finance. 3. Transportation-Latin America-Finance. I. Pereyra, Andrés. II. Pérez, Marcelo. III. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Transporte. IV. Título. V. Serie.

IDB-MG-439

Jel Codes: R40, R42

Palabras claves: costos, presupuesto, infraestructura, transporte, proyecto.

Copyright © [2016] Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.

INTRODUCCIÓN

La existencia de sobrecostos es un fenómeno recurrente en los proyectos que involucran la construcción y operación de infraestructuras. Flyvbjerg (2005) releva un importante número de grandes proyectos a largo de todo el planeta y reporta que 9 de cada 10 tienen sobrecostos, que varían, según los sectores, de promedios entre 20% y 45%. Este indicador llama la atención acerca de la relevancia del tema y es motivo de preocupación entre los responsables de la política pública de provisión de servicios de infraestructura, fundamentalmente de transporte, energía y agua. El problema afecta de forma fundamental la credibilidad de los gobiernos en su rol de liderazgo en proyectos de larga duración y alto valor (Altshuler y Luberoft, 2003), y en forma paralela, la de los organismos que financian dichos proyectos.

Hay literatura – especialmente proveniente del área de la ingeniería – que centra la explicación de los sobrecostos en que los proyectos no tienen suficientes estudios previos y eso lleva a que no se consideren todos los costos, y a que el nivel de indefinición permita al constructor privado

negociar en condiciones ventajosas durante la ejecución. Este argumento es relevante, y da cuenta de un hecho real y es que los proyectos muchas veces no están lo suficientemente maduros al momento de ser licitados y ejecutados. No obstante, esta explicación debería ser respaldada por una evidencia dónde los costos efectivos de los proyectos estuviesen dispersos respecto de los valores estimados, con alta varianza, pero centrados en el valor estimado; en definitiva, la mayor incertidumbre respecto del futuro debería repercutir de forma simétrica en errores en más y en menos respecto de la estimación inicial.

Pero la información que se releva en distintos sectores de infraestructura, en distintos continentes, y a lo largo de varias décadas, da cuenta de un sesgo notorio en las estimaciones hacia la subestimación de los costos en la etapa de toma de decisiones y de diseño de los proyectos. La mera falta de información parece insuficiente como explicación para la sistemática aparición de sobrecostos en los proyectos (Flyvbjerg, 2005).

Flyvbjerg (2010) analiza otras explicaciones para la existencia de sobrecostos, dentro de las que sobresalen dos, que llamaremos **sesgo cognitivo y sobrecosto endógeno**.

Existe un sesgo cognitivo a subestimar los costos y sobreestimar los beneficios. Kahneman y Lovallo (1993), detecta la existencia de un sesgo optimista entre los diseñadores de proyecto. Incluso cuando se cuenta con la información histórica de proyectos similares respecto de costos de insumos, rendimientos de maquinaria y mano de obra, ocurrencia de imprevistos, contingencias climáticas o geológicas, etc., se observa que los proyectistas normalmente suponen que en su propio proyecto estas variables tendrán resultados más favorables, y así lo plasman en el proyecto y en la estimación de costos del mismo.

Las reglas que rigen el proceso de toma de decisiones respecto del proyecto genera el incentivo a la subestimación de los costos y la sobreestimación de los beneficios. Esta explicación se centra en que los promotores de un proyecto enfrentan de forma estratégica el

proceso de aprobación y ejecución del mismo; cuando se estima el costo del proyecto, se prevé que el hito de tomar la decisión de ir adelante con el mismo depende de que el costo sea el más bajo posible, mientras que una vez que el proyecto está en construcción es muy costoso abandonarlo incluso si los costos son mucho mayores a las estimaciones originales; en esa situación, normalmente se obtienen los recursos para completar el proyecto, aun cuando no hubiese sido deseable construirlo si se hubiese conocido el costo real. En esta explicación, los sobrecostos no son fruto de la falta de información sino del uso estratégico de la incertidumbre; en este sentido es que se afirma que los sobrecostos son un resultado endógeno al proceso de toma decisiones, lo mismo que la falta de estudios suficientes al momento de la decisión de ir adelante con el proyecto.

Cualquiera de las dos explicaciones mencionadas son compatibles con la evidencia sistemática de subestimación de costos y sobreestimación de beneficios detectada en grandes proyectos.

Taddia y otros (2013) constata, a partir del estudio de proyectos de infraestructura de transporte financiados por fuentes multilaterales, la existencia de sobrecostos en el 100% de los casos, y estima que en promedio los mismos alcanzan el 60% del costo inicial (medido en valores nominales). Este hecho genera preocupación en estas organizaciones pues le es requerido financiamiento suplementario para múltiples

proyectos, y además cuestiona la efectividad en el desarrollo de las intervenciones financiadas.

El presente trabajo surge como **una respuesta al problema de los sobrecostos en los proyectos de infraestructura que financia el BID**, y busca aportar al abordaje técnicamente consistente de los costos de los proyecto a ser financiados.



¿Qué se entiende por sobrecostos en la óptica del financiador de un proyecto de infraestructura?

Esta pregunta se hace porque la interpretación de qué son los sobrecostos no es siempre precisa y no es idéntica en distintos contextos. Desde el punto de vista del financiador, hay sobrecostos cuando el valor estimado del financiamiento denominado en la moneda en que se provee el financiamiento no es suficiente para cubrir los gastos en que se incurre a lo largo del período de ejecución, para completar el proyecto. Por tanto, incluye además de los costos no considerados o subvalorados, los cambios en los precios ocurridos a lo largo del tiempo (ajustes paramétricos de precios) y los cambios relativos en los precios de las monedas (apreciación o depreciación de las monedas locales respecto de la moneda del financiador). La aclaración vale pues muchas veces estos últimos elementos pueden no ser considerados como sobrecostos del proyecto por algunos analistas, pero lo son necesariamente desde la óptica del financiador.

¿Cómo deben expresarse los costos de un proyecto?

La tradición ingenieril y la bancaria coinciden en estimar los costos de un proyecto de forma determinística, esto es, llegando a un único valor del costo del proyecto. Esta visión tiene el problema fundamental de que al momento de elaborar un proyecto existe incertidumbre sustancial sobre múltiples factores que incidirán en los costos finales¹. La incertidumbre sobre los factores de costos, es en muchos casos la variable que más incide en el costo final del proyecto, y como tal debería ser estimada; para ello se puede usar información histórica que dé cuenta de los rangos de variación y de su distribución. De esta manera, se puede – mediante técnicas de simulación – estimar el rango probable dentro del cual se encontrarán los costos del proyecto, y con qué probabilidad tomará cada valor (distribución de probabilidad del costo del proyecto). Expresado de esta forma, se incorpora en la estimación no solo lo que se sabe, sino también lo que no se sabe (pero que se sabe dentro de que rangos puede estar).

Esta forma de expresar un costo, significa un cambio importante para la cultura de las organizaciones financieras acostumbradas a definirlo como un valor único, entre otras razones porque los instrumentos financieros no están adecuados a manejar la incertidumbre importante del posible valor del proyecto. Para analizar el problema de los sobrecostos de los proyectos, el primer paso es pensar de forma probabilística.

¿Qué técnicas se sugieren para evitar sesgos a subestimar los costos?

Flyvbjerg (2005), a partir de las interpretaciones mencionadas anteriormente de las causas de los sobrecostos, sugiere utilizar la técnica que denomina análisis según clase de referencia. Esto consiste en no confiar en las estimaciones que pueda realizar el propio proyectista (“víctima” de sesgo cognitivo), o de los promotores del proyecto que tienen incentivos a actuar de forma estratégica con la estimación de los costos, y en su lugar considerar los parámetros de costos de proyectos similares (más precisamente, la distribución de probabilidad de dichos costos a partir de similares experiencias). Así por ejemplo, si en la construcción de los últimos 5 túneles de montaña se trabajaron entre 200 y 250 días al año, se considerarán estos valores en el costeo del proyecto del túnel de montaña bajo estudio, aunque el proyectista considere que las condiciones están dadas para trabajar 300 días.

1. Una alternativa es sumar al costo un valor adicional (imprevistos) que surja como un porcentaje dado por la experiencia de proyectos anteriores. Si bien esto es suficiente en proyectos simples, no es suficiente para grandes proyectos, poco frecuentes, sobre los que no hay un valor de imprevistos confiable.

EL CONTENIDO DEL MANUAL

En distintos equipos de trabajo de la Gerencia de Infraestructura del BID se ha trabajado la estimación de costos de los proyectos a ser financiados, utilizando los criterios mencionados anteriormente: estimación estocástica del costo del proyecto (considerando como costo al valor total de financiamiento en dólares que el mismo requerirá), y utilizando la información histórica disponible para evitar los sesgos cognitivos y estratégicos.

Estos conceptos que en la literatura se desarrollaron para megaproyectos, se han aplicado a proyectos menores y habituales (como rehabilitación vial o despliegue de redes de saneamiento), dónde existe información histórica de proyectos similares contratados por la misma Agencia que va a ser objeto de financiamiento. Dicha información histórica consiste fundamentalmente en el costo total del proyecto en distintas etapas de su ejecución: anteproyecto, proyecto definitivo, precio de oficina , y precios efectivamente pagados a medida que se van certificando las

obras. La técnica² desarrollada consiste en considerar las variaciones en los costos estimados en cada etapa (más precisamente la distribución de probabilidad de los costos de distintos proyectos) como medida de la incertidumbre que existe sobre el valor de dichos costos en cada etapa. Luego, con técnicas de simulación Monte Carlo se simula la distribución de probabilidad del costo total del proyecto que deberá ser financiado.

Una atención particular tiene en el modelo de estimación de costos, la evolución de las variables macroeconómicas. El financiamiento del BID es en normalmente en dólares estadounidenses, y las obras son normalmente contratadas en moneda local del país prestatario. Solo por este hecho, en períodos de apreciación, como los ocurridos en la década pasada, se han producido sobrecostos importantes en muchos proyectos, especialmente si se toma en cuenta que los proyectos tienen períodos de ejecución de 4 o 5 años. Adicionalmente, en

2. Es el precio de referencia del contratante al momento de la licitación, que puede ser público y de uso privado del contratante según los países.

obras largas las paramétricas de ajuste también juegan un papel importante en la determinación del costo total, cuando los precios relativos son cambiantes, como también viene ocurriendo en los años pasados. Por tanto, la técnica desarrollada incluye también un modelo de predicción de las variables macroeconómicas (fundamentalmente el tipo de cambio) que permita dar cuenta de la incertidumbre sobre las mismas que tan influyentes son en la determinación del costo del proyecto expresado en moneda del financiamiento (dólares estadounidenses).

El objetivo del texto que sigue es presentar el Manual de Usuario a quienes participan de las instancias de capacitación o Talleres de entrenamiento para la aplicación de la técnica de estimación estocástica de costos. El mismo viene acompañado de una serie de planillas Excell con aplicaciones posibles de la técnica, las que no tienen más objeto que servir de ejemplo. La sección de Bibliografía, se refiere a la literatura dónde se fundamenta los criterios elegidos.

El Manual guía al interesado en el análisis de

los costos del proyecto a través de dos pasos: la construcción de un modelo de variación de contingencias y un modelo de variación de precios. El primero permite tomar la información histórica de estimaciones de costos de proyectos similares y, en lógica del análisis por clase de referencia, conduce en la construcción de una estimación de costos probabilística del proyecto o programa. Este modelo no puede ser único para todos los países de ALC porque los puntos en los que se encuentra registrada la información no son iguales, variando según procedimientos de contratación, usos y costumbres. No obstante muestra la lógica del proceso de modo de que pueda replicarse considerando las condiciones locales.

En segundo lugar, el Manual guía en la construcción de un modelo econométrico que permita medir la variabilidad de los principales precios que inciden en el costo en dólares del programa, particularmente el tipo de cambio. Conjuntamente, los modelos de variación por contingencias y de precios permitirán llegar a una estimación probabilística del valor del financiamiento necesario para llevar adelante el proyecto o programa.

USUARIOS DEL MANUAL: AGENCIAS PÚBLICAS Y ORGANISMOS MULTILATERALES

Las instituciones encargadas de diseñar y ejecutar planes de infraestructura deben realizar estimaciones acerca del costo y los beneficios que los proyectos le reportarán a la sociedad que las paga. Estas son condiciones mínimas que se deben cumplir para obtener de la autoridad competente la aprobación de sus presupuestos.

Frecuentemente, para financiar algunos de sus programas, estas instituciones recurren a fuentes de financiamiento externo como los organismos multilaterales de crédito. Desde que se comienza a gestar su financiación hasta que las obras quedan finalizadas, y los usuarios pueden disfrutar de sus beneficios, transcurren varios años, lapso durante el cual se deben cumplir varias etapas.

La primera de ellas, a cuyo análisis se dirige este trabajo, es especialmente relevante en tanto allí se eligen los proyectos que integrarán el programa y se define el monto necesario para ejecutar las obras.

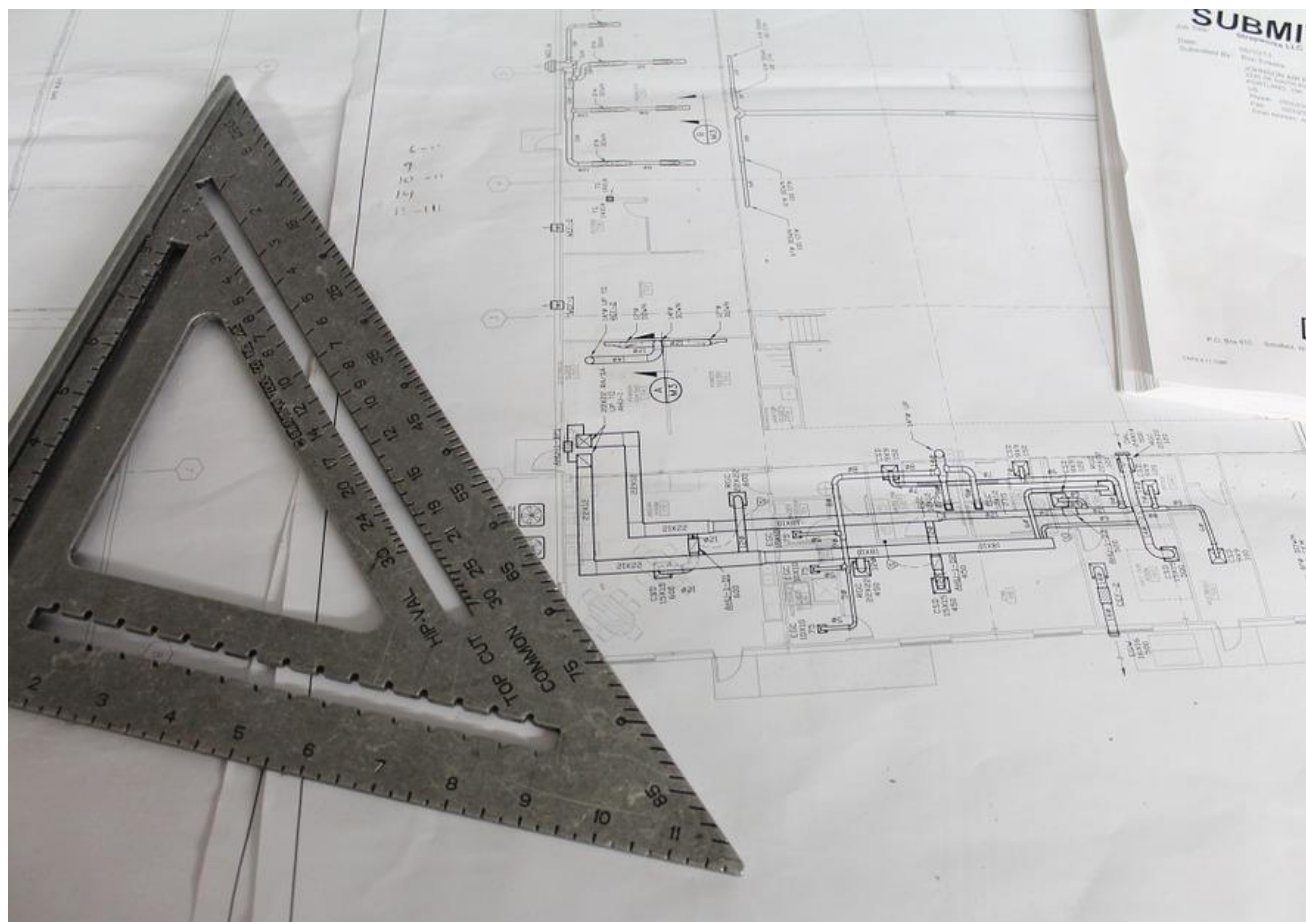
Con anterioridad a la aprobación del financiamiento y utilizando la información disponible en ese momento se debe determinar dicho monto. Dado que la información con que se cuenta es muchas veces parcial o incompleta se hace imprescindible introducir un cierto número de hipótesis para los puntos siguientes: precio de las obras, fechas de licitación, fecha de comienzo de las obras, plazos, cronogramas de ejecución y evolución de los precios a lo largo del tiempo que dure el programa.

En los últimos años, la validez de esos supuestos se ha mostrado muy dispar y en muchos casos se han sobrepasado las previsiones originales. En ese contexto, los procedimientos están siendo revisados debido a que, como consecuencia de un mayor costo de los proyectos en relación al inicialmente considerado, una gran cantidad de programas han debido de ser ampliados o recortados.

Este mayor costo no solamente implica una mayor erogación a la inicialmente prevista sino que puede poner en cuestión la elección y oportunidad de los proyectos. En efecto, en muchos casos de efectuarse una revisión de la evaluación económica utilizando los costos finales podría eventualmente concluirse que hubiera sido más conveniente eliminar o sustituir algunos proyectos o ejecutarlos con

diferentes características.

Las consideraciones expresadas justifican el desarrollo de una metodología que, desde el comienzo del proceso, incorpore aquellos elementos que inciden en las desviaciones que se producen respecto de la evaluación inicial del costo de los proyectos.



PALABRAS PARA EL USUARIO DEL MANUAL

El presente trabajo intenta **aportar una herramienta que sirva de apoyo a quienes tienen la difícil tarea de evaluar el monto de un programa de infraestructura con la información disponible** a la fecha fijada para la aprobación del financiamiento.

Como se analizará en las próximas páginas en muchas ocasiones **los proyectos que integran un programa se encuentran en diferentes grados de avance y de certidumbre respecto de sus montos, metrajes, fechas y plazos** que constituyen los principales hitos de su ejecución.

Los proyectos se van licitando a lo largo del tiempo, las fechas pueden variar según circunstancias administrativas, políticas o financieras, por tanto **el valor de esos proyectos se puede ver modificado como resultado del paso del tiempo y el efecto que este tiene en el nivel de precios.**

La regla de decisión que regula la adjudicación de los contratos, en general al precio ofertado más bajo, recoge el valor que el mercado le asigna a la obtención de cada contrato, sin embargo éste valor puede ser distinto del que percibe la administración contratante a través

de su presupuesto referencial o de oficina, el que en general se enfoca más hacia los costos que a las cambiantes condiciones de mercado.

Por otra parte los proyectos no siempre satisfacen la funcionalidad para la que fueron concebidos, es así que a medida que las obras se ejecutan y esto se va haciendo evidente, **se gestionan ampliaciones para corregir carencias o para aprovechar la oportunidad de extender el alcance original del proyecto.**

Estas ampliaciones de metrajes dan origen a ampliaciones de plazo, las que a su vez se suman a otras extensiones ya previstas en los pliegos debido a inclemencias climáticas, expropiaciones, licencias, conflictos sociales, cambios de proyectos y otra larga lista de posibilidades.

Todo esto sucede a veces a través de varios años, lapso durante el cual los certificados de avance de obra se ajustan de acuerdo a una fórmula paramétrica establecida en el pliego que normalmente recoge la variación del costo de la construcción. **Este ajuste y su correspondiente pago se realizan en moneda local mientras que el**

programa quedó establecido en dólares, mucho tiempo atrás en el momento de la aprobación del financiamiento. Esto da lugar a descalces entre la moneda en que se pactó la operación y la moneda en que se pagan los certificados de obra.

Como consecuencia de todo esto, en circunstancias que se han venido repitiendo especialmente en los últimos años **los montos previstos para completar las operaciones se agotan cuando la ejecución aún no ha culminado.**

Establecer una metodología que incorpore de manera sistemática los principales factores que distorsionan los montos estimados al

momento de acordar el financiamiento y que oficie de guía para los que deben resumir en un número toda esta incertidumbre, posibilitará realizar pronósticos que disminuyan las posibilidades de que los proyectos incluidos en los programas excedan las estimaciones y sufran recortes o detenciones por falta de financiamiento.

El modelo propuesto no pretende sustituir la experiencia acumulada por los técnicos a cargo de las operaciones sino poner a su disposición una herramienta que complemente y amplíe ese bagaje de conocimientos.



ESQUEMA CRONOLÓGICO

A. SELECCIÓN DE PROYECTOS Y ESTIMACIÓN DE SU COSTO

Esta es la primera de una serie de etapas que recorrerá el programa antes de su culminación con el cierre del último de los proyectos que lo conforman. Es una etapa crucial para estimar los fondos totales para la ejecución del programa.

Para definir las obras que conformará el programa se analizan diversas alternativas respecto a los siguientes puntos:

- **ELECCIÓN DE UNO O MÁS PROYECTOS**
relacionados con sectores cuyo desarrollo se desea potenciar (logística, energía, medio ambiente, educación, etc.) o que son parte de un plan estratégico.
- **EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROGRAMA**
para juzgar en qué medida, a través de la ejecución de los proyectos, se alcanzarán los objetivos buscados.
- **EVALUACIÓN DE CONSIDERACIONES SOCIALES Y MEDIOAMBIENTALES**
cuyo impacto exceda el marco del análisis puramente económico.

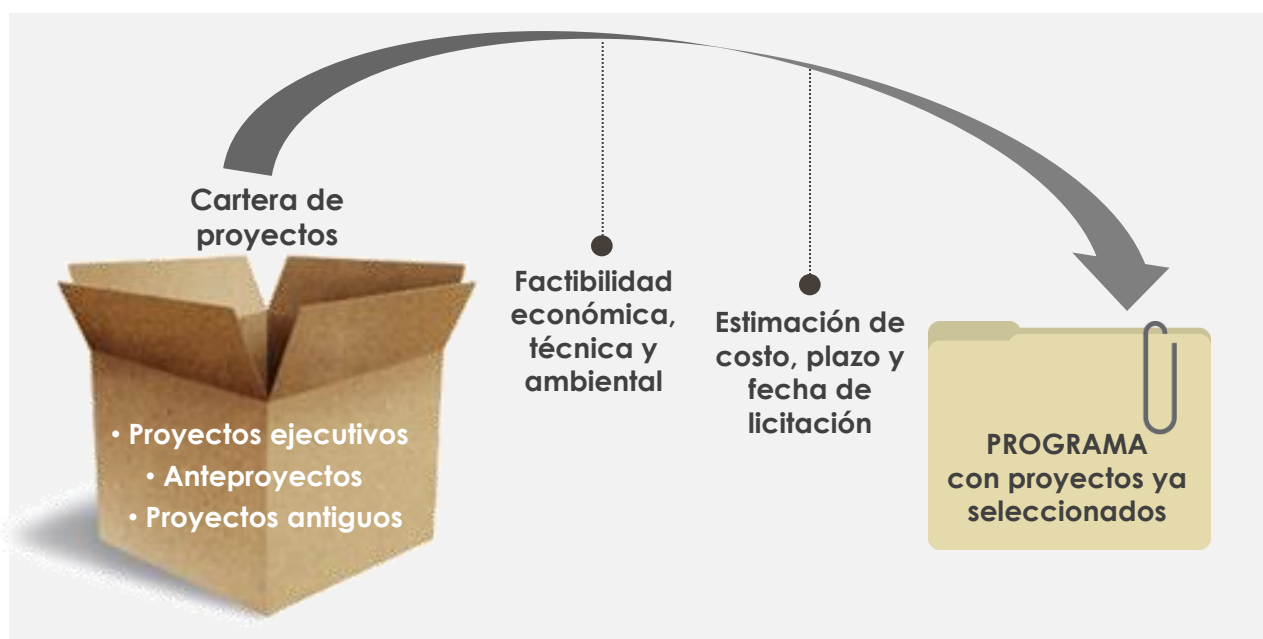


Gráfico 1. Etapas en el desarrollo de un programa de infraestructura

Sin embargo es usual que en el momento de realizar esas evaluaciones, el precio de las obras, las fechas de licitación, de inicio y los plazos de ejecución **se apoyen en meras estimaciones**.

Además que, la ingeniería de detalle de los proyectos que dan sustento al programa puede estar en **distintos grados de avance**:



- **PROYECTOS ANTIGUOS SIN EJECUTAR** (que requieren ser actualizados)
- **ESTUDIOS DE PRE-FACTIBILIDAD** (con diseños de ingeniería estimativos, basadas en la experiencia o en información secundaria).
- **PROYECTOS EJECUTIVOS** (listos para licitarse)

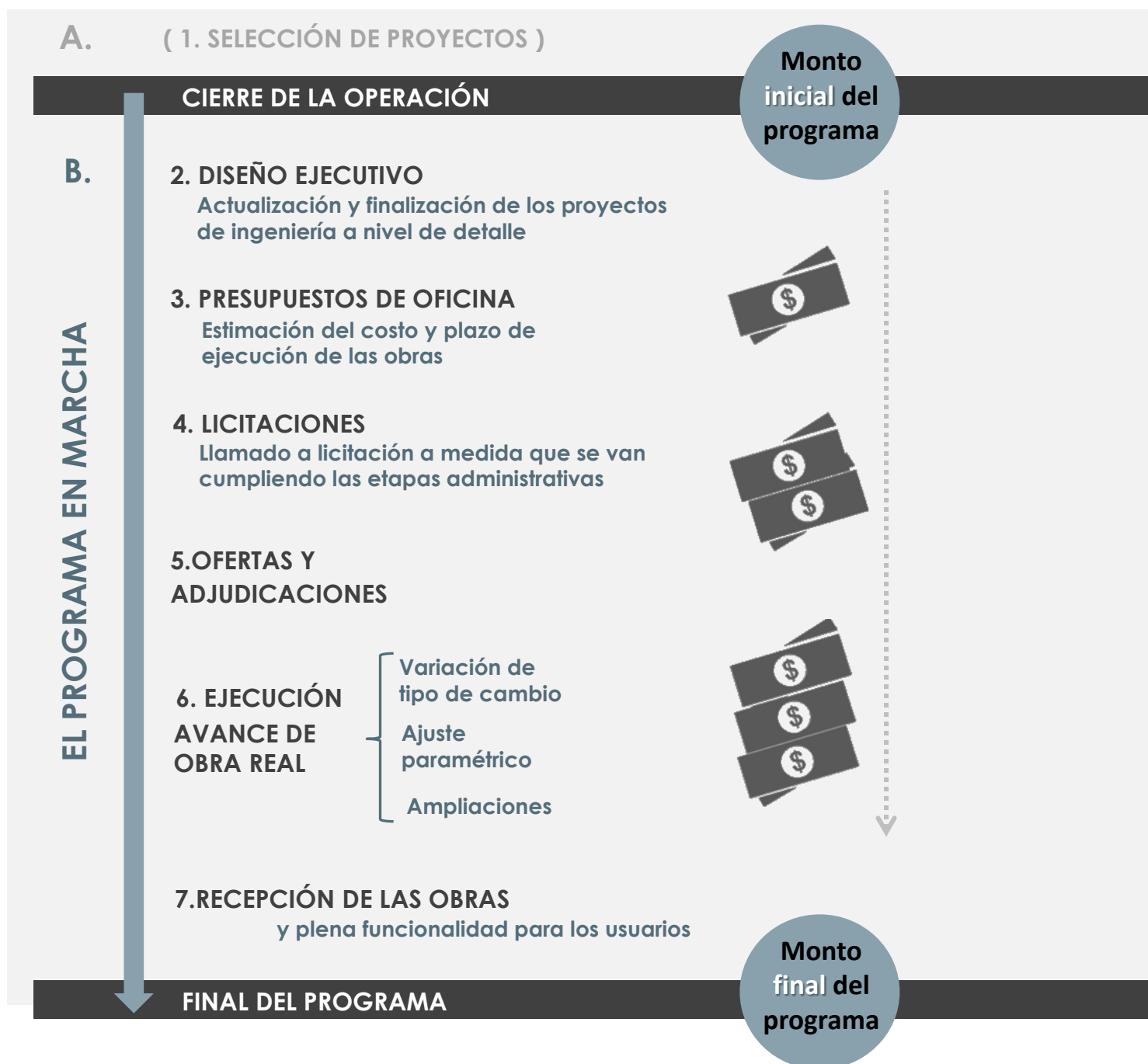
La disparidad en el grado de definición de los proyectos que integrarán el programa provoca un importante nivel de incertidumbre en cuanto a su costo final.

Además, debido a que el cronograma de ejecución de los proyectos se extiende a lo largo de varios los años, esto introduce un factor **de distorsión extra**, cuya cuantía dependerá de la variación relativa entre **el ajuste de precios que se realiza en la moneda local** según el avance de las obras y **la evolución del tipo de cambio** respecto de la moneda en que se pactó el crédito.

Esta herramienta ayuda a los técnicos que intervienen en esta primera etapa, a cuantificar los elementos que pueden distorsionar los datos previos al cierre de la operación.

B. EL PROGRAMA EN MARCHA

Una vez aprobado el programa (en base a un monto estimado) se avanza en las siguientes etapas. En el transcurso de estas, **comienzan a detectarse divergencias** entre los valores estimados en la primera etapa (SELECCIÓN DE PROYECTOS) y los que se acumulan a medida que los procesos administrativos avanzan, dando lugar a la adjudicación y finalmente a la ejecución de las obras.



Los hitos más significativos donde se generan las desviaciones son los siguientes:

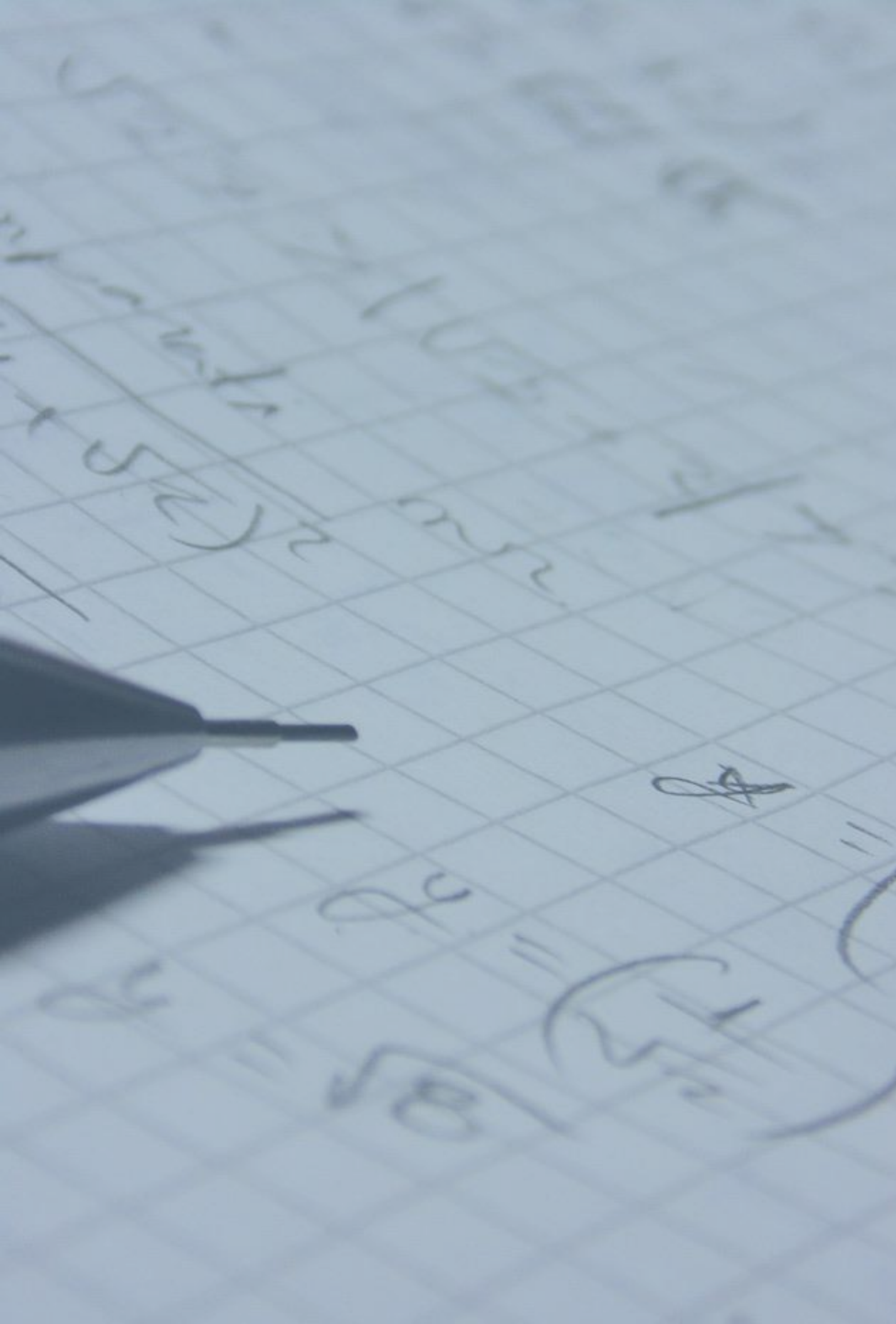
- Finalización de los diseños de ingeniería que se van a licitar
- Estimación del costo de los proyectos
- Estimación de los plazos de ejecución
- Estimación del cronograma de ejecución de las obras
- Estimación de la fecha de los llamados a licitación
- Estimación del presupuesto de oficina
- Estimación del monto al que se contratarán las obras
- Estimación de las potenciales ampliaciones que tendrán los proyectos
- Estimación de la variación del índice de actualización paramétrica durante la ejecución
- Estimación de la variación del tipo de cambio durante la ejecución del programa*

En las **primeras cinco etapas** estas diferencias tienen su origen en: los metrajes considerados en los anteproyectos y los que arrojan los diseños ejecutivos; y, en los precios estimados y los obtenidos en las licitaciones.

En la **sexta etapa**, durante la ejecución de los proyectos, se pueden presentar carencias de diseño o necesidades que no fueron consideradas en el proyecto licitado. Esto da lugar a ampliaciones de contrato con el consiguiente aumento del costo y extensión del plazo.

Hasta la **séptima etapa** pueden generarse diferencias debido a que los préstamos se establecen en una moneda diferente de la que se ajustan y pagan los certificados de obra.

*Durante muchos años las monedas locales se depreciaron respecto del dólar y este hecho producía un monto extra en moneda local de tal magnitud que equilibraba cualquier otra variación. Esta circunstancia ha cambiado en el último lustro; en muchos casos se ha invertido el signo de dicho desfasaje, provocando que no sólo no se neutralicen las diferencias sino que se incrementen.



METODOLOGÍA

La aplicación de la metodología propuesta depende de la construcción de **dos modelos basados en información histórica** que resume el conocimiento acumulado por la institución que administrará los proyectos en cuestión. Estos son:

I. Modelo de Variación por **Contingencias**

Se trata de un modelo que, a partir de datos históricos recogidos de resultados de programas ya ejecutados, intenta predecir la posible variación que sufren los montos estimados de los proyectos. Aprovecha la experiencia de la institución responsable de gestionar el programa en la ejecución de programas similares. Se enfoca en las tres siguientes etapas:

- **Coeficiente c_1** - Del anteproyecto al proyecto de ingeniería
- **Coeficiente c_3** - Del presupuesto de oficina al monto de adjudicación
- **Coeficiente c_4** - Del monto de adjudicación al monto ampliado en proceso de construcción

II. Modelo de Variación por **Precios**

Intenta establecer un pronóstico de la variación que sufren los montos estimados en las siguientes etapas:

- **Coeficiente c_2** - Del proyecto de ingeniería al presupuesto de oficina
- Del monto de adjudicación y sus ampliaciones a los montos actualizados al momento de realizar los desembolsos según el avance de las obras (cronograma de pagos)

Este modelo atiende la evolución del ajuste paramétrico con las principales variables de la macroeconomía local e internacional. Intenta predecir dos elementos que inciden en el costo final:

1. **El índice de ajuste de precios**, que se expresa en una fórmula paramétrica representativa de las obras que comprende el programa .
2. **La variación del valor de la moneda** en la cual se pagarán las obras en relación a la moneda en que se pactó el crédito.

NOTA: Las estimaciones de ambos modelos se apoyan en el software de simulación **Crystal Ball**.

El Modelo de Variación por Contingencias opera asumiendo que las comparaciones entre un paso y el siguiente **ocurren al mismo nivel de precios, o, a nuestros efectos, simultáneamente.** Depende de la forma en que opera la institución que gestiona los proyectos y de las condiciones de transparencia y competencia que existen en el mercado.

El Modelo de Variación por Precios **pone el foco en los efectos del transcurso del tiempo** por lo que el resultado de las comparaciones entre un paso y en siguiente se deben al devenir de los acontecimientos y a lo cambiantes que sean las condiciones económicas locales e internacionales.

NOTA: Según sea el país en el que se desarrollará el programa se consideran relevantes distintas variables entre las que frecuentemente se encuentran:

- **Variables de índices internacionales:** Índice de Precios al Consumo, Índice Producción Industrial y Tasa de la Reserva Federal de Estados Unidos.
- **Variables de índices regionales y nacionales:** Índice de Precios al Consumo, Tipo de cambio nominal, Salario Nominal e Índice de Desempleo del país donde se desarrolla el programa y de aquellos que tienen sobre él una especial influencia.

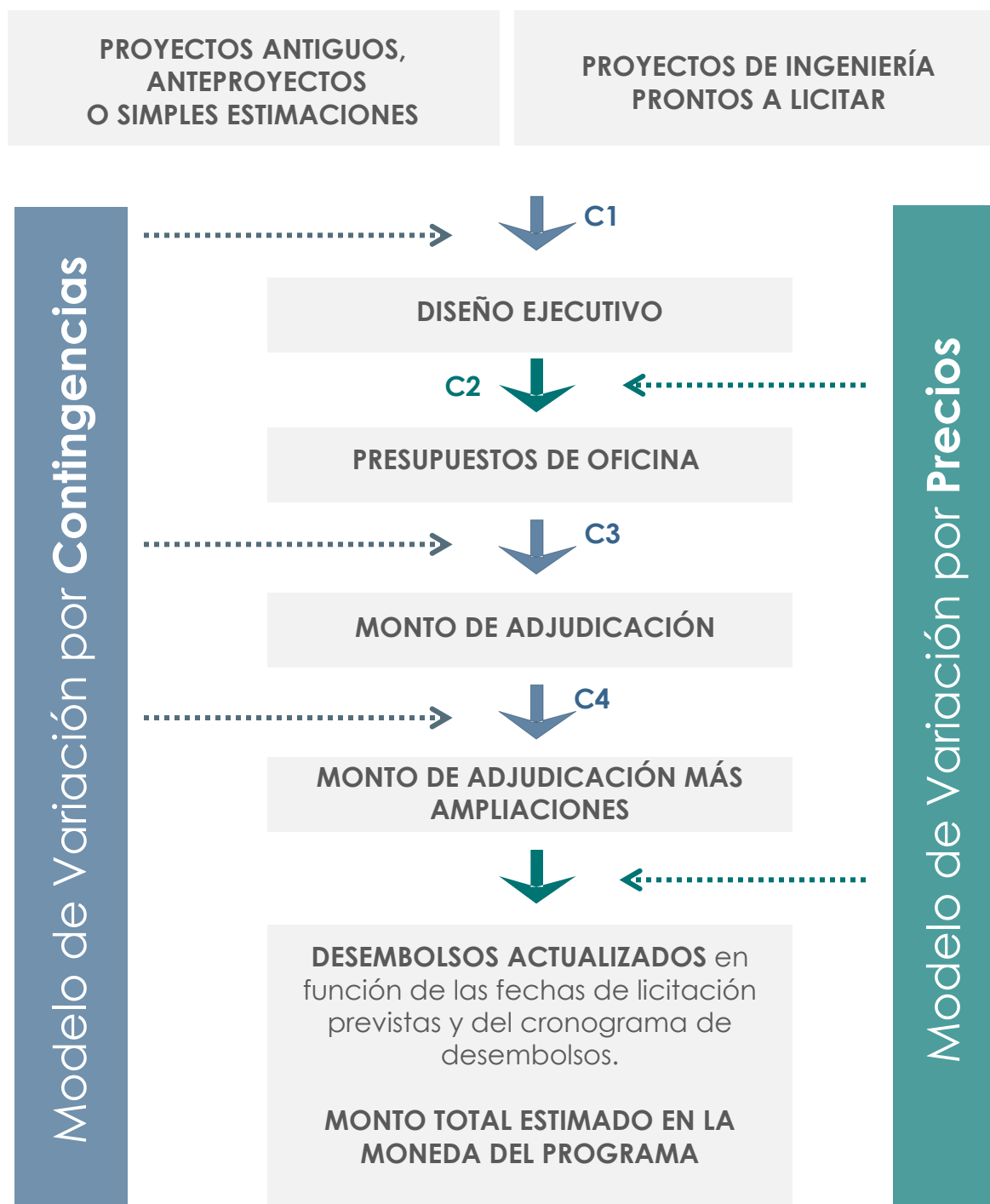


Gráfico. Proceso Metodológico



METODOLOGÍA

I. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE VARIACIÓN POR **CONTINGENCIAS**

El Modelo de Variación por Contingencias (MVC) **se basa en el uso de la información histórica** disponible referida a tres hitos:

1. La variación porcentual entre el **monto estimado de los anteproyectos y el de los proyectos definitivos**, ambos calculados al mismo nivel de precios a la fecha de proyecto de este último. **(Coeficiente c_1)**
2. La variación porcentual que tradicionalmente ha habido **entre los presupuestos de oficina y los montos de adjudicación** también al mismo nivel de precios. **(Coeficiente c_3)**
3. El porcentaje de **ampliación** que han tenido los contratos. **(Coeficiente c_4)**

A partir del **resultado de programas similares ejecutados anteriormente se generan series de valores para esos tres hitos**. Estas series permitirán conocer estadísticamente la probabilidad de que dichos resultados se reiteren en el programa que se está gestionando.

En este capítulo se explica cómo organizar la información histórica básica para construir este modelo.

A lo largo del texto y para una mejor comprensión del mismo se utilizará **un caso ficticio para ejemplificar el proceso de construcción y aplicación del modelo**. Para ello supondremos que se tiene información acerca de tres programas ejecutados con anterioridad por el organismo que gestionará el programa. Estos tres programas se han denominado Programa A (PA), Programa B (PB) y Programa C (PC). El PA estuvo compuesto por diez proyectos, el PB por doce proyectos y el PC por nueve.

En la Tabla a continuación se puede apreciar **la incidencia del Modelo de Variación por Contingencias** dependiendo de las distintas condiciones que se pueden presentar.

En general al momento de cerrar la operación el monto de los proyectos se basa en un diseño preliminar	$C_1 \neq 1$	Históricamente los presupuestos de oficina se han mostrado muy poco acertados	$C_3 \neq 1$	Es común que los proyectos sufran ampliaciones significativas	$C_4 \neq 1$	Es muy probable que el costo del programa resulte significativamente mayor al que surge de la mera estimación de los anteproyectos
				NO es común que los proyectos sufran ampliaciones significativas	$C_4 \sim 1$	Es muy probable que el costo del programa sea mayor al que surge de la estimación de los anteproyectos
		Históricamente los presupuestos de oficina se han mostrado muy acertados	$C_3 \sim 1$	Es común que los proyectos sufran ampliaciones significativas	$C_4 \neq 1$	Es muy probable que el costo del programa sea mayor al que surge de la estimación de los anteproyectos
				NO es común que los proyectos sufran ampliaciones significativas	$C_4 \sim 1$	Es probable que el costo del programa sea algo mayor al que surge de la estimación de los anteproyectos
En general al momento de cerrar la operación el monto de los proyectos están listos para licitar	$C_3 \sim 1$	Históricamente los presupuestos de oficina se han mostrado muy poco acertados	$C_3 \neq 1$	Es común que los proyectos sufran ampliaciones significativas	$C_4 \neq 1$	Es muy probable que el costo del programa sea mayor al que surge de la estimación de los anteproyectos
				NO es común que los proyectos sufran ampliaciones significativas	$C_4 \sim 1$	Es probable que el costo del programa sea algo mayor al que surge de la estimación de los anteproyectos
		Históricamente los presupuestos de oficina se han mostrado muy acertados	$C_3 \sim 1$	Es común que los proyectos sufran ampliaciones significativas	$C_4 \neq 1$	Es probable que el costo del programa sea algo mayor al que surge de la estimación de los anteproyectos
				NO es común que los proyectos sufran ampliaciones significativas	$C_4 \sim 1$	Es muy probable que el costo del programa sea similar al que surge de la estimación de los anteproyectos

Análisis del coeficiente c_1

- del Anteproyecto al Proyecto Definitivo -

En las tablas siguientes, para cada proyecto, se pueden apreciar dos fechas. **La primera (Fecha Anteproyecto)** corresponde al momento de la última actualización del anteproyecto antes de realizar el proyecto de definitivo. **La segunda (Fecha Proyecto)** corresponde al momento en que se ha confeccionado un proyecto de ingeniería.

Generalmente, en el proceso de pasar de un anteproyecto a un proyecto se realizan cambios en rubros y metrajes, cuanto mayor tiempo haya sido ese lapso, mayores serán estos cambios, ya sea por aumento de la demanda, por obsolescencia de las soluciones técnicas escogidas o, si se trata de una infraestructura que se pretende mejorar, por el natural deterioro provocado por el paso del tiempo.

El monto anteproyecto que nos interesa comparar con el monto del proyecto es el calculado a la fecha de finalización del proyecto (Fecha Proyecto) que se corresponden con las columnas denominadas “Monto Actualizado del Anteproyecto” y “Monto del Proyecto”.

La actualización del monto del anteproyecto (última columna) se realiza tomando los metrajes del anteproyecto y multiplicándolos por los precios unitarios correspondientes a la fecha del proyecto.

La diferencia entre estos montos se debe entonces exclusivamente a la variación de rubros y metrajes como consecuencia de la actualización técnica de los proyectos ya que los precios unitarios empleados al evaluar ambos montos son los mismos.

Dividiendo cada fila de la columna “Monto del Proyecto” para la columna “Monto Actualizado del Anteproyecto”, se obtiene, en cada caso, un **coeficiente que se ha denominado c_1** .

Denominación del Proyecto			Fecha Anteproyecto	Monto Anteproyecto	Fecha Proyecto	Monto Proyecto	Monto Actualizado del Anteproyecto a la fecha del Proyecto	C ₁
1	P A	Ruta AH	1-ene-09	58.690,230	12-abr-10	75.856,326	59.590,150	1,273
2	P A	Ruta AI	21-mar-09	26.985,025	12-abr-10	33.659,259	27.398,797	1,228
3	P A	Ruta AJ	15-abr-09	102.659,306	18-abr-10	120.036,985	104.233,422	1,152
4	P A	Ruta AK	28-abr-09	184.265,369	18-abr-10	235.623,692	187.090,783	1,259
5	P A	Ruta RT	28-abr-09	75.250,693	28-may-10	99.950,268	76.988,084	1,298
6	P A	Ruta UM	2-ago-09	55.236,029	30-may-10	72.369,025	56.511,320	1,281
7	P A	Ruta UN	31-oct-09	81.569,036	9-jun-10	105.563,025	84.089,674	1,255
8	P A	Ruta UO	13-nov-09	39.520,256	12-jun-10	55.659,365	40.741,507	1,366
9	P A	Ruta UP	20-nov-09	45.698,287	26-jun-10	59.502,367	47.110,451	1,263
10	P A	Ruta AZ	22-nov-09	78.563,250	2-jul-10	95.265,971	81.609,575	1,167
11	P A	Ruta BN	2-dic-09	139.856,002	21-jul-10	169.025,678	145.278,981	1,163
12	P A	Ruta BO	14-dic-09	48.956,365	3-ago-10	64.502,697	51.243,074	1,259

Denominación del Proyecto			Fecha Anteproyecto	Monto Anteproyecto	Fecha Proyecto	Monto Proyecto	Monto Actualizado del Anteproyecto a la fecha del Proyecto	C ₁
1	P B	Ruta PD	2-mar-10	185.365,205	29-may-11	245.689,365	188.764,509	1,302
2	P B	Ruta PM	2-mar-10	70.620,369	29-may-11	95.063,981	71.915,435	1,322
3	P B	Ruta PQ	2-mar-10	68.563,214	29-may-11	89.568,225	69.820,555	1,283
4	P B	Ruta PR	10-mar-10	119.698,632	29-may-11	150.209,859	121.893,715	1,232
5	P B	Ruta DA	23-may-10	120.235,623	29-may-11	153.956,984	122.440,554	1,257
6	P B	Ruta CP	2-oct-10	99.856,326	8-jun-11	129.689,560	101.687,533	1,275
7	P B	Ruta JH	11-oct-10	33.869,856	23-jun-11	45.698,256	34.490,975	1,325
8	P B	Ruta JI	14-nov-10	55.875,632	23-jul-11	72.586,085	57.419,663	1,264
9	P B	Ruta JJ	29-nov-10	42.698,329	31-jul-11	55.326,885	44.278,728	1,250
10	P B	Ruta UG	6-dic-10	140.960,258	28-ago-11	185.968,563	147.511,882	1,261

Denominación del Proyecto			Fecha Anteproyecto	Monto Anteproyecto	Fecha Proyecto	Monto Proyecto	Monto Actualizado del Anteproyecto a la fecha del Proyecto	C ₁
1	P C	Ruta NB	12-jul-11	21.236,069	23-nov-11	26.918,562	21.360,460	1,260
2	P C	Ruta NC	12-jul-11	125.602,580	23-nov-11	156.220,145	126.338,304	1,237
3	P C	Ruta ND	5-ago-11	78.956,036	23-nov-11	98.325,817	79.418,525	1,238
4	P C	Ruta NE	18-ago-11	159.627,585	3-feb-12	209.639,269	162.449,131	1,290
5	P C	Ruta NF	31-ago-11	85.020,603	3-feb-12	111.023,695	86.523,410	1,283
6	P C	Ruta NG	12-sep-11	65.269,003	16-may-12	78.450,260	67.596,759	1,161
7	P C	Ruta YT	3-oct-11	101.956,203	16-may-12	120.603,258	105.592,373	1,142
8	P C	Ruta YU	14-oct-11	89.025,613	16-may-12	115.203,740	92.200,626	1,249
9	P C	Ruta YV	14-oct-11	74.256,026	28-may-12	97.025,639	77.354,767	1,254

Análisis del coeficiente c_3 -del presupuesto de oficina al monto de adjudicación-

Una vez finalizados los procesos administrativos previos al llamado a licitación, y una vez que esta tiene una fecha cierta, la oficina correspondiente procede a confeccionar el Presupuesto de Oficina. Este no es más que la mejor estimación que los técnicos a cargo pueden realizar respecto de cuál será el precio al cual la institución adjudicará el proyecto.

Con el fin de no complicar innecesariamente la metodología, se ha supuesto que el tiempo que transcurre entre la confección del Presupuesto de Oficina y la fecha de apertura de la licitación, momento en que se reciben las propuestas y luego quedará establecido el monto de adjudicación, es a nuestros efectos, despreciable.

O sea que no se producen variaciones debidas al paso del tiempo entre esas dos fechas. Sólo se producirán diferencia como fruto de las expectativas de los oferentes*, la intensidad de la competencia entre ellos y de la precisión con que fue confeccionado el Presupuesto de Oficina.

En este paso se compara, en base a información histórica, el “Presupuesto de Oficina” con el “Monto aceptado de la oferta”. Dividiendo las filas de estas dos columnas (la última por la primera) se obtiene, en cada caso, **un coeficiente que se ha denominado c_3 .**

* La manera en que se licitan las obras y la forma en que se elige la oferta que habrá de adjudicarse, varía según la normativa que se aplica en cada institución. En algunos casos se licita "a la baja", en otros se adjudica al precio más bajo estableciendo o sin establecer cotas superior y/o inferior, se pueden realizar promedios o incorporar un sistema de puntaje que, conjuntamente con el precio, tenga en cuenta la calidad técnica de la ofertas. En cualquier caso hay una regla de decisión establecida que se tomará como base para realizar la estimación.

Denominación del Proyecto			Fecha Presupuesto de Oficina	Presupuesto de oficina	Fecha Licitación	Monto aceptado de la oferta	C ₃
1	P A	Ruta AH	14-jun-10	77.019,461	14-jun-10	82.569,852	1,072
2	P A	Ruta AI	15-jun-10	34.175,370	15-jun-10	43.891,433	1,284
3	P A	Ruta AJ	23-jun-10	121.877,559	23-jun-10	135.369,129	1,111
4	P A	Ruta AK	23-jun-10	239.236,603	23-jun-10	228.692,025	0,956
5	P A	Ruta RT	31-ago-10	102.257,923	31-ago-10	97.907,284	0,957
6	P A	Ruta UM	2-sep-10	74.039,884	2-sep-10	79.048,187	1,068
7	P A	Ruta UN	9-sep-10	108.000,268	9-sep-10	123.356,985	1,142
8	P A	Ruta UO	15-sep-10	56.944,430	15-sep-10	64.792,333	1,138
9	P A	Ruta UP	22-sep-10	60.414,740	22-sep-10	68.956,023	1,141
10	P A	Ruta AZ	8-oct-10	97.465,475	8-oct-10	94.508,912	0,970
11	P A	Ruta BN	15-oct-10	171.617,415	15-oct-10	191.673,782	1,117
12	P A	Ruta BO	22-oct-10	65.491,742	22-oct-10	61.745,571	0,943

Denominación del Proyecto			Fecha Presupuesto de Oficina	Presupuesto de oficina	Fecha Licitación	Monto aceptado de la oferta	C ₃
1	P B	Ruta PD	6-nov-11	257.108,642	6-nov-11	279.512,882	1,087
2	P B	Ruta PM	13-nov-11	99.482,414	13-nov-11	101.598,026	1,021
3	P B	Ruta PQ	20-nov-11	93.731,223	20-nov-11	101.481,809	1,083
4	P B	Ruta PR	27-nov-11	158.626,163	27-nov-11	185.655,015	1,170
5	P B	Ruta DA	28-ene-12	165.564,759	28-ene-12	162.698,026	0,983
6	P B	Ruta CP	28-ene-12	138.206,179	28-ene-12	153.492,110	1,111
7	P B	Ruta JH	8-feb-12	48.699,227	8-feb-12	56.027,028	1,150
8	P B	Ruta JI	15-mar-12	77.352,760	15-mar-12	85.927,245	1,111
9	P B	Ruta JJ	22-mar-12	58.960,161	22-mar-12	64.789,444	1,099
10	P B	Ruta UG	29-mar-12	198.180,983	29-mar-12	184.571,414	0,931

Denominación del Proyecto			Fecha Presupuesto de Oficina	Presupuesto de oficina	Fecha Licitación	Monto aceptado de la oferta	C ₃
1	P C	Ruta NB	2-mar-12	27.394,369	2-mar-12	29.165,178	1,065
2	P C	Ruta NC	2-mar-12	158.981,461	2-mar-12	154.560,369	0,972
3	P C	Ruta ND	13-abr-12	100.649,934	13-abr-12	99.591,112	0,989
4	P C	Ruta NE	13-may-12	213.344,811	13-may-12	231.458,909	1,085
5	P C	Ruta NF	19-jun-12	113.647,950	19-jun-12	131.256,982	1,155
6	P C	Ruta NG	19-ago-12	79.836,931	19-ago-12	91.279,290	1,143
7	P C	Ruta YT	13-sep-12	123.453,945	13-sep-12	125.418,854	1,016
8	P C	Ruta YU	13-sep-12	117.926,799	13-sep-12	120.965,651	1,026
9	P C	Ruta YV	13-sep-12	98.740,645	13-sep-12	101.898,806	1,032

Estas tablas muestran las ampliaciones que sufrieron los diseños de ingeniería desde fueron adjudicados hasta la finalización de las obras (% de Ampliación).

Denominación del Proyecto			Fecha Licitación	Monto aceptado de la oferta	Monto de ampliación a la fecha de la oferta	Monto final a valores de la fecha de la oferta	C ₄
1	P A	Ruta AH	14-jun-10	82.569,852	10.478,114	93.047,966	1,127
2	P A	Ruta AI	15-jun-10	43.891,433	11.394,216	55.285,649	1,260
3	P A	Ruta AJ	23-jun-10	135.369,129	25.232,806	160.601,935	1,186
4	P A	Ruta AK	23-jun-10	228.692,025	34.441,019	263.133,044	1,151
5	P A	Ruta RT	31-ago-10	97.907,284	22.215,163	120.122,447	1,227
6	P A	Ruta UM	2-sep-10	79.048,187	11.351,320	90.399,506	1,144
7	P A	Ruta UN	9-sep-10	123.356,985	23.055,420	146.412,405	1,187
8	P A	Ruta UO	15-sep-10	64.792,333	10.165,917	74.958,250	1,157
9	P A	Ruta UP	22-sep-10	68.956,023	15.418,567	84.374,590	1,224
10	P A	Ruta AZ	8-oct-10	94.508,912	14.516,569	109.025,481	1,154
11	P A	Ruta BN	15-oct-10	191.673,782	42.858,258	234.532,040	1,224
12	P A	Ruta BO	22-oct-10	61.745,571	20.314,293	82.059,864	1,329

Denominación del Proyecto			Fecha Licitación	Monto aceptado de la oferta	Monto de ampliación a la fecha de la oferta	Monto final a valores de la fecha de la oferta	C ₄
1	P B	Ruta PD	6-nov-11	279.512,882	23.087,764	302.600,646	1,083
2	P B	Ruta PM	13-nov-11	101.598,026	26.374,848	127.972,874	1,260
3	P B	Ruta PQ	20-nov-11	101.481,809	18.916,209	120.398,019	1,186
4	P B	Ruta PR	27-nov-11	185.655,015	27.959,645	213.614,660	1,151
5	P B	Ruta DA	28-ene-12	162.698,026	36.916,182	199.614,208	1,227
6	P B	Ruta CP	28-ene-12	153.492,110	22.041,467	175.533,577	1,144
7	P B	Ruta JH	8-feb-12	56.027,028	10.471,452	66.498,479	1,187
8	P B	Ruta JI	15-mar-12	85.927,245	13.481,985	99.409,230	1,157
9	P B	Ruta JJ	22-mar-12	64.789,444	14.486,920	79.276,364	1,224
10	P B	Ruta UG	29-mar-12	184.571,414	28.350,169	212.921,583	1,154

Denominación del Proyecto			Fecha Licitación	Monto aceptado de la oferta	Monto de ampliación a la fecha de la oferta	Monto final a valores de la fecha de la oferta	C ₄
1	P C	Ruta NB	2-mar-12	29.165,178	5.325,561	34.490,739	1,183
2	P C	Ruta NC	2-mar-12	154.560,369	34.049,649	188.610,018	1,220
3	P C	Ruta ND	13-abr-12	99.591,112	9.212,178	108.803,290	1,093
4	P C	Ruta NE	13-may-12	231.458,909	16.248,415	247.707,324	1,070
5	P C	Ruta NF	19-jun-12	131.256,982	9.122,360	140.379,342	1,070
6	P C	Ruta NG	19-ago-12	91.279,290	19.497,256	110.776,546	1,214
7	P C	Ruta YT	13-sep-12	125.418,854	31.304,546	156.723,400	1,250
8	P C	Ruta YU	13-sep-12	120.965,651	31.886,545	152.852,196	1,264
9	P C	Ruta YV	13-sep-12	101.898,806	14.632,669	116.531,475	1,144

Análisis del coeficiente c_4

-del monto de adjudicación al monto ampliado en ejecución-

A lo largo de su ejecución los diseños sufren modificaciones, ya sea porque se detectan errores o carencias en el proyecto o porque han surgido necesidades que no fueron consideradas inicialmente. Esto da origen a ampliaciones de contrato que incrementan los montos y extienden los plazos originalmente contratados.

La columna “Porcentaje de Ampliación” hace referencia a los adicionales de obra que se ejecutaron a partir de decisiones de la administración, contratante respecto a aumentar metrajes o agregar rubros, con el objetivo de mejorar o actualizar el proyecto licitado, resolver situaciones imprevistas o mejorar o extender las prestaciones establecidas en el pliego entre otras razones.

El Monto del Presupuesto de Adjudicación dividido por el Monto de Adjudicación más Ampliaciones, da origen a un **coeficiente que se ha denominado c_4 . En este paso se compara, el Presupuesto de Oficina con el Monto de Adjudicación de los Proyectos.**

Coeficientes $c_1 + c_2 + c_4$

Con estos datos se construye el Modelo de Variación por Contingencias utilizando para ello las series de los tres coeficientes.

El modelo permitirá, mediante programas de simulación estadística, construir las **CURVAS DE DISTRIBUCIÓN** con las que se estimará luego, para futuros programas, los montos, intervalos y distribución de probabilidad en los puntos del control.

EXPLICACIÓN DEL PROCESO METODOLÓGICO

EJEMPLO:

Modelo estadístico de variación del **Coeficiente c_1**

A continuación se explica cómo modelar la distribución, en este caso, del coeficiente de variación **c_1** , es decir la variación que sufre el anteproyecto en su transformación a un proyecto de detalle pronto para licitar. **Este mismo proceso se repetirá para los Coeficientes c_3 y c_4 .**

Como se ha explicado, el coeficiente c_1 representa la proporción en que históricamente ha variado un anteproyecto al pasar a ser proyecto finalizado, calculados ambos con el mismo nivel de precios y para nuestro caso, a la fecha de finalización del proyecto.

Esta relación histórica se puede resumir de la siguiente manera:

Programa		
A	B	C
Del anteproyecto al Proyecto (c_1)		
1,273	1,302	1,260
1,228	1,322	1,237
1,152	1,283	1,238
1,259	1,232	1,290
1,298	1,257	1,283
1,281	1,275	1,161
1,255	1,325	1,142
1,366	1,264	1,249
1,263	1,250	1,254
1,167	1,261	
1,163		
1,259		

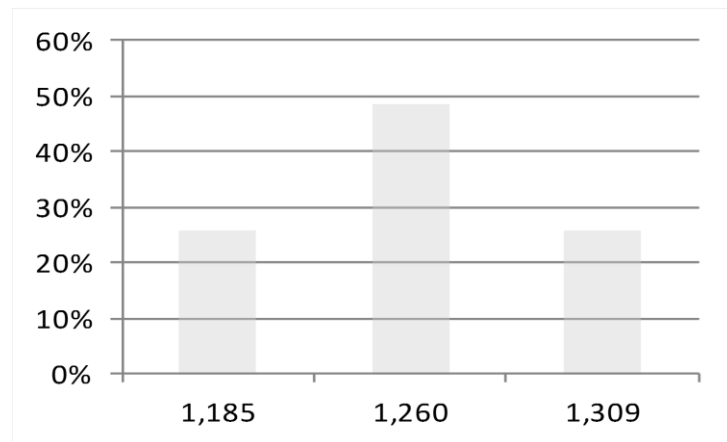
Posteriormente, se los agrupa de menor a mayor:

En el cuadro siguiente se muestra el valor medio de cada intervalo y la frecuencia con que cada intervalo contribuye al total:

Serie correspondiente al coeficiente c_1				
	cont.	cont.	cont.	cont.
1,142	1,232	1,255	1,263	1,283
1,152	1,237	1,257	1,264	1,290
1,161	1,238	1,259	1,273	1,298
1,163	1,249	1,259	1,275	1,302
1,167	1,250	1,260	1,281	1,322
1,228	1,254	1,261	1,283	1,325
				1,366

Intervalo		Valor medio	Frecuencia relativa
1,142	1,237	1,185	26%
1,238	1,281	1,260	48%
1,283	1,366	1,309	26%
			100%

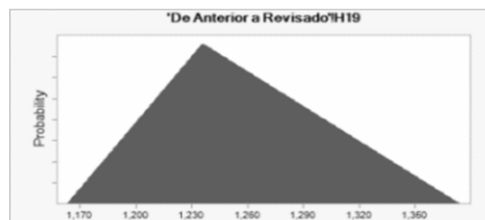
Para modelar esta información y utilizarla con fines estadísticos se usan los datos del histograma.



Finalmente, usando el software Crystal Ball para visualizar la distribución, se obtiene:

Triangular distribution with parameters:

Minimum	1,185
Likeliest	1,260
Maximum	1,309



METODOLOGÍA

CONSTRUCCIÓN
DEL MODELO DE
VARIACIÓN POR
PRECIOS

Índice de Ajuste de Precios + variación del valor de la moneda

Así como cada administración tiene reglas respecto a cómo seleccionar la oferta más conveniente, también las tiene respecto a la forma de actualización de los precios. Sea cual sea la norma adoptada, esta circunstancia provoca una alteración en el monto que se paga a los contratistas según haya sido la variación del costo de los insumos en el tiempo.

En todos los casos existe una regla de actualización que se establece en los pliegos y que en este caso se tomará como base para estimar su contribución a la estimación del monto total del programa.

Estos ajustes que se hacen en base a una fórmula que toma en **consideración los componentes principales del costo de los rubros** que conforman una obra, recibe el nombre de “fórmula paramétrica” o “fórmula polinómica” y toma la forma siguiente expresión funcional:

ACTUALIZACIÓN PARAMÉTRICA

$$P_v(t) = P_v(t_0) \times \sum_{i=1}^{i=n} a_i \times \frac{C_{iv}(t)}{C_{iv}(t_0)}$$

donde:

$P_v(t)$ es el precio del rubro “v” en el momento “t”

$P_v(t_0)$ es el precio del rubro “v” en el momento inicial “t₀”

a_i es el porcentaje en que el componente C_i incide en el rubro “v”

$C_{iv}(t)$ es el precio del componente “i” del rubro “v” en el momento “t”

$C_{iv}(t_0)$ es el precio del componente “i” del rubro “v” en el momento inicial “t₀”

n es el número de componentes principales de costo del rubro “v”

El precio de una obra en un momento “t” es la suma (en el mismo momento) de todos los rubros que la conforman.

Con el fin de calcular el efecto que tendrá la actualización paramétrica en el costo total del programa, **se tomará una obra representativa** del conjunto de las obras del programa.

Para este cálculo se realizan las siguientes tareas:

- 1
- Suponiendo que los contratos se realizan en moneda local y que luego se ajustan de acuerdo a la evolución de la fórmula de ajuste, a medida que se van ejecutando, **es necesario estimar cómo evolucionará el monto a pagar (por el conjunto de obras a lo largo de su ejecución).**
- 2
- Paralelamente **se debe estimar la evolución del tipo de cambio de la moneda local** en relación a la moneda en que pactó el crédito.
- 1+2
- Finalmente, se debe **contabilizar el impacto de ambos efectos** para estimar el monto total del programa en la moneda en que se pactó el crédito

Las obras se pagan en Moneda Local	Los contratos contemplan cláusulas de ajuste paramétrico	$\frac{\text{Variación del ajuste paramétrico}}{\text{Variación del tipo de cambio}} > 1$	Aumenta el costo del programa, medido en la Moneda del Préstamo. El aumento es más significativo cuanto mayor es el cociente.	Cuanto mayor es la duración del programa mayor es el efecto indicado en la columna anterior
		$\frac{\text{Variación del ajuste paramétrico}}{\text{Variación del tipo de cambio}} = 1$	El costo del programa, medido en la Moneda del Préstamo, se mantiene constante.	
		$\frac{\text{Variación del ajuste paramétrico}}{\text{Variación del tipo de cambio}} < 1$	El costo del programa, medido en la Moneda del Préstamo, disminuye. La disminución es más significativo cuanto menor es el cociente	
	Los contratos NO contemplan cláusulas de ajuste paramétrico	El valor de la Moneda del Préstamo disminuye en relación al valor de la Moneda Local	Aumenta el costo del programa, medido en la Moneda del Préstamo. El aumento es más significativo cuanto mayor es el cociente.	
		El valor de la Moneda del Préstamo permanece constante en relación al valor de la Moneda Local	El costo del programa, medido en la Moneda del Préstamo, se mantiene constante.	
		El valor de la Moneda del Préstamo aumenta en relación al valor de la Moneda Local	El costo del programa, medido en la Moneda del Préstamo, disminuye. La disminución es más significativo cuanto menor es el cociente	
Las obras se pagan en la Moneda del Préstamo	Los contratos contemplan cláusulas de ajuste paramétrico	Los insumos medidos en la Moneda del Préstamo aumentan de valor	Aumenta el costo del programa, medido en la Moneda del Préstamo. El aumento es más significativo cuanto mayor es el cociente.	
		Los insumos medidos en la moneda del préstamo se mantienen constantes	El costo del programa, medido en la Moneda del Préstamo, se mantiene constante.	
		Los insumos medidos en la Moneda del Préstamo disminuyen de valor	El costo del programa, medido en la Moneda del Préstamo, disminuye. La disminución es más significativo cuanto menor es el cociente	
	Los contratos NO contemplan cláusulas de ajuste paramétrico	El modelo de Variación por Precios no tiene aplicación ya que los contratos tienen un precio fijo en la Moneda del Préstamo		

Sobreplazos

Así como se producen diferencias monetarias entre las distintas etapas que recorre el proyecto también se producen desfasajes en los tiempos estimados para cada etapa: en la estimación de la fecha del llamado a licitación, la del comienzo de la obra y en el plazo de ejecución.

Una vez más, se recurre a la experiencia del organismo en la ejecución de programas anteriores. Las tres tablas siguientes reflejan la información disponible respecto de los sobre plazos de ejecución que han sufrido los proyectos.

Esta información muestra que las obras tardan más de lo que se piensa en el momento de proyectarlas, salvo excepciones, sobre ese plazo extra también operará la fórmula de ajuste y la cuantía de su impacto surgirá del Modelo de Variación por Precios.

Denominación del Proyecto			Plazo de ejecución en meses		Índice de Sobreplazo total	Índice de Sobreplazo Ampliaciones	Índice de Sobreplazo Clima y Otros
			Previsto	Real			
1	P A	Ruta AH	12	14	1,17	1,13	1,04
2	P A	Ruta AI	12	16	1,33	1,26	1,07
3	P A	Ruta AJ	12	16	1,33	1,19	1,15
4	P A	Ruta AK	12	15	1,25	1,15	1,10
5	P A	Ruta RT	12	16	1,33	1,23	1,11
6	P A	Ruta UM	12	14	1,17	1,14	1,02
7	P A	Ruta UN	12	15	1,25	1,19	1,06
8	P A	Ruta UO	12	15	1,25	1,16	1,09
9	P A	Ruta UP	12	15	1,25	1,22	1,03
10	P A	Ruta AZ	12	15	1,25	1,15	1,10
11	P A	Ruta BN	12	16	1,33	1,22	1,11
12	P A	Ruta BO	12	17	1,42	1,33	1,09

Denominación del Proyecto			Plazo de ejecución en meses		Índice de Sobreplazo total	Índice de Sobreplazo Ampliaciones	Índice de Sobreplazo Clima y Otros
			Previsto	Real			
1	P B	Ruta PD	12	14	1,17	1,08	1,08
2	P B	Ruta PM	18	25	1,39	1,26	1,13
3	P B	Ruta PQ	12	15	1,25	1,19	1,06
4	P B	Ruta PR	12	15	1,25	1,15	1,10
5	P B	Ruta DA	24	31	1,29	1,23	1,06
6	P B	Ruta CP	12	15	1,25	1,14	1,11
7	P B	Ruta JH	18	22	1,22	1,19	1,04
8	P B	Ruta JI	12	15	1,25	1,16	1,09
9	P B	Ruta JJ	12	16	1,33	1,22	1,11
10	P B	Ruta UG	18	22	1,22	1,15	1,07

Denominación del Proyecto			Plazo de ejecución en meses		Índice de Sobreplazo total	Índice de Sobreplazo Ampliaciones	Índice de Sobreplazo Clima y Otros
			Previsto	Real			
1	P C	Ruta NB	24	30	1,25	1,18	1,07
2	P C	Ruta NC	24	31	1,29	1,22	1,07
3	P C	Ruta ND	24	28	1,17	1,09	1,07
4	P C	Ruta NE	36	42	1,17	1,07	1,10
5	P C	Ruta NF	36	40	1,11	1,07	1,04
6	P C	Ruta NG	18	23	1,28	1,21	1,06
7	P C	Ruta YT	18	24	1,33	1,25	1,08
8	P C	Ruta YU	18	24	1,33	1,26	1,07
9	P C	Ruta YV	12	15	1,25	1,14	1,11

Construyendo una serie ordenada de menor a mayor con el Índice de Sobreplazo de los tres programas tenemos:

Programa			Programa			Programa		
A	B	C	A	B	C	A	B	C
Sobreplazos totales (c ₆)			Sobreplazos por Ampliaciones (c ₄)			Sobreplazos por Inclemencias Climáticas y Otros (c ₅)		
1,111	1,250	1,333	1,070	1,154	1,224	1,023	1,069	1,099
1,167	1,250	1,333	1,070	1,154	1,224	1,026	1,070	1,099
1,167	1,250	1,333	1,083	1,157	1,227	1,035	1,071	1,106
1,167	1,250	1,333	1,093	1,157	1,227	1,040	1,074	1,106
1,167	1,250	1,333	1,127	1,183	1,250	1,042	1,074	1,106
1,167	1,250	1,333	1,144	1,186	1,260	1,063	1,084	1,110
1,222	1,250	1,333	1,144	1,186	1,260	1,064	1,084	1,110
1,222	1,250	1,389	1,144	1,187	1,264	1,064	1,088	1,129
1,250	1,250	1,417	1,151	1,187	1,329	1,065	1,093	1,147
1,250	1,278		1,151	1,214		1,067	1,093	
	1,292			1,220			1,096	
	1,292			1,224			1,096	

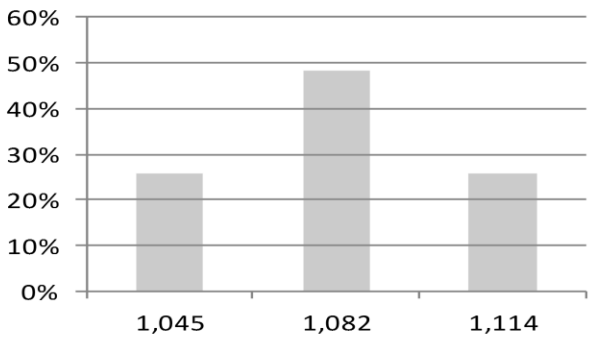
Posteriormente, se los agrupa de menor a mayor:

Serie correspondiente a los sobreplazos clima y otros				
	cont.	cont.	cont.	cont.
1,023	1,064	1,071	1,093	1,106
1,026	1,064	1,074	1,093	1,106
1,035	1,065	1,074	1,096	1,106
1,040	1,067	1,084	1,096	1,110
1,042	1,069	1,084	1,099	1,110
1,063	1,070	1,088	1,099	1,129
				1,147

En el cuadro siguiente se muestra el valor medio de cada intervalo y la frecuencia con que cada intervalo contribuye al total:

Intervalo		Valor medio	Frecuencia relativa
1,023	1,064	1,045	26%
1,065	1,099	1,082	48%
1,099	1,147	1,114	26%
			100%

Para modelar esta información y utilizarla con fines estadísticos se usan los datos del histograma.



Finalmente, usando el software Crystal Ball para visualizar la distribución, se obtiene:

Triangular distribution with parameters:

Minimum	1,045
Likeliest	1,082
Maximum	1,114



Modelo de variación por precios aplicado al **coeficiente c_2**

- del diseño ejecutivo al presupuesto de oficina-

Entre el momento en que el diseño final de un proyecto queda listo para ser licitado y el momento en que efectivamente se realiza la licitación transcurre un cierto tiempo. Ese lapso puede variar dependiendo de tiempo que insuman los procesos administrativos que deban llevarse a cabo antes del llamado a licitación.

Como se ha visto, con el transcurso del tiempo, los precios sufren variaciones y por lo tanto el precio de un proyecto calculado en el momento de la finalización del diseño de ingeniería (diseño ejecutivo) podrá diferir del precio que surgirá al momento de confeccionar el Presupuesto de Oficina. Esto dependerá de la variación que el costo de los insumos experimentó en ese intervalo, entre ellos la evolución del tipo de cambio.

Las variaciones que sufre el monto del programa, exclusivamente producto del tiempo que transcurre entre las fechas de finalización de los proyecto (Fecha de Proyecto) y las fechas en que se confeccionan los presupuestos de oficina (Fecha Presupuesto de Oficina), dan origen al coeficiente c_2 . Las tres tablas siguientes muestran estos montos en las columnas "Presupuesto de Oficina" y "Monto del Proyecto".

De esta manera, se calculará para el Proyecto "i":

$$c_{2i} = \frac{\text{Monto del Presupuesto de Oficina del proyecto "i" a la fecha de su realización}}{\text{Monto del diseño final de ingeniería del proyecto "i" a la Fecha de Proyecto}}$$

Numerador y denominador **estarán expresados en la moneda en que se pacta la operación** y su valor surge exclusivamente de la aplicación del Modelo de Variación por Precios.

Denominación del Proyecto			Fecha Proyecto	Monto Proyecto	Fecha Presupuesto de Oficina	Presupuesto de oficina	C ₂
---------------------------	--	--	----------------	----------------	------------------------------	------------------------	----------------

1	P A	Ruta AH	12-abr-10	75.856,326	14-jun-10	77.019,461	1,015
2	P A	Ruta AI	12-abr-10	33.659,259	15-jun-10	34.175,370	1,015
3	P A	Ruta AJ	18-abr-10	120.036,985	23-jun-10	121.877,559	1,015
4	P A	Ruta AK	18-abr-10	235.623,692	23-jun-10	239.236,603	1,015
5	P A	Ruta RT	28-may-10	99.950,268	31-ago-10	102.257,923	1,023
6	P A	Ruta UM	30-may-10	72.369,025	2-sep-10	74.039,884	1,023
7	P A	Ruta UN	9-jun-10	105.563,025	9-sep-10	108.000,268	1,023
8	P A	Ruta UO	12-jun-10	55.659,365	15-sep-10	56.944,430	1,023
9	P A	Ruta UP	26-jun-10	59.502,367	22-sep-10	60.414,740	1,015
10	P A	Ruta AZ	2-jul-10	95.265,971	8-oct-10	97.465,475	1,023
11	P A	Ruta BN	21-jul-10	169.025,678	15-oct-10	171.617,415	1,015
12	P A	Ruta BO	3-ago-10	64.502,697	22-oct-10	65.491,742	1,015

Denominación del Proyecto			Fecha Proyecto	Monto Proyecto	Fecha Presupuesto de Oficina	Presupuesto de oficina	C ₂
---------------------------	--	--	----------------	----------------	------------------------------	------------------------	----------------

1	P B	Ruta PD	29-may-11	245.689,365	6-nov-11	257.108,642	1,046
2	P B	Ruta PM	29-may-11	95.063,981	13-nov-11	99.482,414	1,046
3	P B	Ruta PQ	29-may-11	89.568,225	20-nov-11	93.731,223	1,046
4	P B	Ruta PR	29-may-11	150.209,859	27-nov-11	158.626,163	1,056
5	P B	Ruta DA	29-may-11	153.956,984	28-ene-12	165.564,759	1,075
6	P B	Ruta CP	8-jun-11	129.689,560	28-ene-12	138.206,179	1,066
7	P B	Ruta JH	23-jun-11	45.698,256	8-feb-12	48.699,227	1,066
8	P B	Ruta JI	23-jul-11	72.586,085	15-mar-12	77.352,760	1,066
9	P B	Ruta JJ	31-jul-11	55.326,885	22-mar-12	58.960,161	1,066
10	P B	Ruta UG	28-ago-11	185.968,563	29-mar-12	198.180,983	1,066

Denominación del Proyecto			Fecha Proyecto	Monto Proyecto	Fecha Presupuesto de Oficina	Presupuesto de oficina	C ₂
---------------------------	--	--	----------------	----------------	------------------------------	------------------------	----------------

1	P C	Ruta NB	23-nov-11	26.918,562	2-mar-12	27.394,369	1,018
2	P C	Ruta NC	23-nov-11	156.220,145	2-mar-12	158.981,461	1,018
3	P C	Ruta ND	23-nov-11	98.325,817	13-abr-12	100.649,934	1,024
4	P C	Ruta NE	3-feb-12	209.639,269	13-may-12	213.344,811	1,018
5	P C	Ruta NF	3-feb-12	111.023,695	19-jun-12	113.647,950	1,024
6	P C	Ruta NG	16-may-12	78.450,260	19-ago-12	79.836,931	1,018
7	P C	Ruta YT	16-may-12	120.603,258	13-sep-12	123.453,945	1,024
8	P C	Ruta YU	16-may-12	115.203,740	13-sep-12	117.926,799	1,024
9	P C	Ruta YV	28-may-12	97.025,639	13-sep-12	98.740,645	1,018

Modelo de variación por precios aplicado al **Monto Total del Programa**

- del monto de adjudicación al cronograma de pagos asociados-

Como se mencionó, el Modelo de Variación de Precios tiene como uno de sus objetivos la estimación del coeficiente c_2 y en este sentido se **debe de realizar una proyección de la evolución de la fórmula paramétrica de ajuste**. Un requisito necesario para obtener las proyecciones es contar con datos históricos de la evolución de la fórmula, de forma que se pueda detectar los patrones de comportamiento de la misma e intentar proyectar hacia el futuro.

Una vez que se cuenta con la serie histórica de evolución, **es necesario detenerse en la metodología econométrica apropiada para estimar y proyectar**. Un primer factor a considerar para la elección del modelo de proyección es el horizonte de proyección necesario. Determinados modelos econométricos de proyección resultan generalmente más adecuados para un determinado horizonte de proyección, aunque siempre es posible evaluar la precisión y ajuste entre los modelos.

La práctica usual es la utilización de **modelos ARIMA para la proyección de corto plazo (meses)**, mientras que **para un horizonte mayor es recomendable utilizar funciones de transferencia y modelos VAR (años)**.

La diferencia más importante entre ambos modelos es que el **primero utiliza únicamente la propia evolución de la fórmula** para predecir el comportamiento futuro, mientras **que los modelos VAR y las funciones de transferencia implican la estimación de un sistema de ecuaciones interrelacionadas**.

Los modelos ARIMA

En los modelos autoregresivos (AR) integrados (I) de medias móviles (MA), se asume que **el valor futuro de una variable, es función lineal de los valores pasados de la variable y de errores aleatorios**. Es decir, el proceso subyacente generador de la serie temporal se puede expresar:

$$y_t = \theta_0 + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

Donde:

y_t y ε_t son valores actuales de la variable de interés y el error de la estimación en el periodo t
 $\phi_i (i = 1, 2, \dots, p)$ y $\theta_j (j = 1, 2, \dots, q)$ son los parámetros estimados del modelo.

Se utiliza la metodología desarrollada por Box-Jenkins para determinar la cantidad de parámetros, la estimación de los mismos, el diagnóstico del modelo y la predicción.

La evolución de los precios de los componentes, y por lo tanto la fórmula de ajuste, **está estrechamente relacionada con la evolución de la economía en la cual se desarrolla la obra**. De este modo, **obtener proyecciones adecuadas de la fórmula de ajuste implicará conocer el impacto histórico de variables macroeconómicas** de relevancia sobre la fórmula, **proyectar las variables** y, finalmente, **proyectar la fórmula contemplando los impactos**.

Los modelos ARIMA arriba mencionados no permiten captar cómo cambios del entorno macroeconómico del país, o de la economía mundial o regional impactan en la fórmula de ajuste.

Para contemplar estos efectos y lograr predicciones precisas en horizontes más prolongados, una metodología apropiada es la estimación de modelos VAR.

Los modelos VAR

El modelo VAR consta de un sistema de ecuaciones donde **cada variable endógena determina una ecuación y las variables explicativas conforman los rezagos de las variables endógenas**. De aquí surge el nombre vectores autorregresivos, ya que se trata de modelos multiecuacionales, y autorregresivos, donde las variables se explican por sus propios rezagos y los rezagos de las demás variables endógenas. Además pueden incorporarse como variables explicativas, otras variables denominadas exógenas, las cuales no aparecen rezagadas en el modelo.

Para visualizar en qué consiste un VAR, se consideró un modelo de dos variables (bivariado) de primer orden (variables endógenas rezagadas un periodo), que permite una primera aproximación al problema y es fácilmente extensible al sistema de ecuaciones multivariado de variables de orden (rezagos de las variables endógenas) que este modelo finalmente adoptará:

$$\begin{aligned} y_t &= b_{10} + b_{12}z_t + \gamma_{11}y_{t-1} + \gamma_{12}z_{t-1} + \varepsilon_{yt} \\ z_t &= b_{20} + b_{21}y_t + \gamma_{21}y_{t-1} + \gamma_{22}z_{t-1} + \varepsilon_{zt} \end{aligned}$$

Donde:

y_t, z_t son realizaciones temporales de las variables aleatorias de interés $\{y_t\}, \{z_t\}$

(en este caso, variables macroeconómicas que podrían explicar a priori la evolución de la fórmula de ajuste).

De este modo, la estructura del sistema incorpora un feedback entre las variables, desde el cual se permite que las variables tengan un efecto contemporáneo entre ellas, recogido en los coeficientes b_{12}, b_{21} , y un efecto rezagado captado en los coeficientes γ_{12}, γ_{22} .

Los términos $\varepsilon_{yt}, \varepsilon_{zt}$ son innovaciones puras (shocks) en y_t, z_t , respectivamente, y estos tienen un efecto indirecto contemporáneo en la otra variable en caso de que los coeficientes b_{12}, b_{21} resulten estadísticamente distintos de cero.

Los supuestos del modelo sobre los que parte la formulación y estimación son:

- y_t, z_t son procesos estacionarios
- $\varepsilon_{yt}, \varepsilon_{zt}$ son perturbaciones que se comportan como ruido blanco con desviación estándar σ_y, σ_z respectivamente (no dependiendo del tiempo)
- $\varepsilon_{yt}, \varepsilon_{zt}$ son procesos incorrelacionados

Con foco en la proyección de las variables de interés y en obtener un modelo parsimonioso que capture en pocos parámetros las relaciones causales relevantes, diversas estrategias de identificación se han desarrollado para modelar la cantidad de rezagos adecuada de cada variable en cada ecuación, para realizar test de hipótesis sobre los parámetros, para ver la influencia de un shock sobre una variable a lo largo del tiempo, o para identificar causalidades entre las mismas.

Funciones de transferencia

Estos modelos **permiten trabajar con la series de tiempo de una variable de interés** (fórmula paramétrica de ajuste), donde el valor de la variable y_t es explicado por sus propios valores pasados y posiblemente por valores pasados de errores aleatorios. Adicionalmente a esto, estos modelos permiten **incorporar la evolución de variables exógenas** x_t , es decir, variables no afectadas por la propia variable de interés (como es el caso de las variables macro de relevancia para explicar la evolución de precios); logrando así captar adecuadamente los impactos de las x_t sobre y_t , y **obteniendo predicciones más precisas** de las series, al considerar la evolución dinámica de las variables.

De esta forma, el modelo dinámico puede expresarse de la siguiente forma:

$$y_t = \alpha + \sum_{k=1}^p \phi_k y_{t-k} + \sum_{k=0}^r \beta_k x_{t-k} + \sum_{k=1}^q \theta_k \varepsilon_{t-k} + \varepsilon_t$$

donde se incorporan a un modelo ARIMA la variable explicativa x_t con r rezagos de la misma.

EJEMPLO:*de la metodología propuesta para Uruguay*

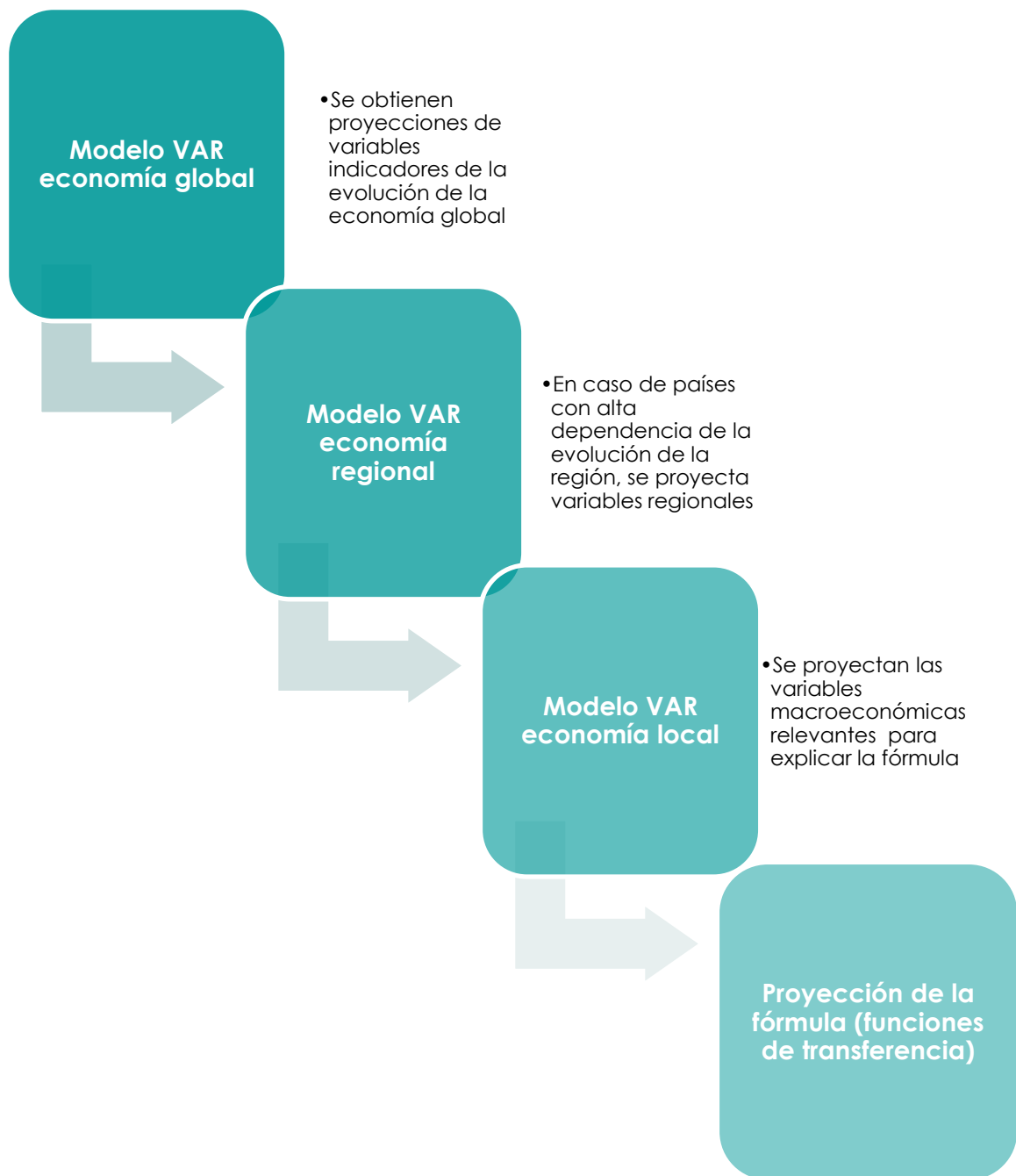
Como se mencionó, a la hora de realizar proyecciones de fórmulas de ajuste de costos, es preciso contar con proyecciones de variables macroeconómicas claves de la economía. En esta sección se hace referencia a un caso particular de aplicación de la metodología para Uruguay.

Partiendo del objetivo de proyectar fórmulas de ajuste, hay cuatro variables macroeconómicas de especial relevancia para determinar la evolución de los precios y costos de la economía uruguaya: inflación, salarios, tipo de cambio nominal, tipo de cambio real y producción (esta última se aproximó finalmente por desempleo).

Debido al carácter pequeño y abierto de la economía uruguaya, y su fuerte dependencia de la economía regional (Argentina y Brasil), fue necesario para lograr predicciones precisas de las variables macro uruguayas, contar con la evolución de las variables macro de la región, de forma de incluirlos en el modelo VAR Uruguay. En este sentido, fue necesario la estimación de un modelo VAR regional que incluyo las siguientes variables: i) Argentina: inflación, salarios, tipo de cambio nominal, tipo de cambio real y producción; ii) Brasil: inflación, salarios, tipo de cambio nominal, tipo de cambio real y producción.

A su vez, se consideró necesario para obtener mejores proyecciones de las variables regionales, la estimación de un modelo VAR que aproxime la evolución de la economía mundial. De este modo, se proyectaron estas variables y se las incorporó al VAR regional. Las variables utilizadas para el VAR global fueron: USA: inflación, producción y tasa de la FED.

Finalmente, luego de la estimación de los 3 modelos (VAR global, VAR regional y VAR Uruguay), se realizó la estimación de las funciones de transferencia, una por cada fórmula de ajuste a proyectar. Estas funciones son ecuaciones donde se estima el impacto de las variables macro uruguayas en las fórmulas, y una vez estimado el efecto, se proyectan las fórmulas paramétricas incorporando las proyecciones de las variables macro que surgen del VAR Uruguay. En el siguiente cuadro se resumen los pasos:



Finalmente, se realizan simulaciones sobre las proyecciones en cada observación proyectada, incorporando shocks a los modelos y contemplando la correlación entre las diferentes ecuaciones del sistema.



PUNTOS DE CONTROL

El resultado de la aplicación de la metodología propuesta **se expresará como un conjunto de curvas de distribución de probabilidades.**

Las más relevantes son las que agrupan **los montos finales de cada uno de los proyectos**, estableciendo “puntos de control” que hacen referencia al monto agregado que toma el programa en cada una de sus etapas:

1. Monto estimado de los proyectos ejecutivos
2. Monto de los presupuestos de oficina a la fecha de licitación
3. Monto contratado
4. Monto contratado ampliado
5. Monto final incluyendo las variaciones por actualización paramétrica y tipo de cambio según cronograma de avance

Estas curvas de distribución, conjuntamente con la elección de un intervalo de confianza **definen un rango dentro del cual se espera varíe el monto**, en cada uno de los “puntos de control”.



Los “puntos de control” cumplen una doble función:

- **Contrastar**, a medida que los proyectos van recorriendo las diversas etapas, (diseño ejecutivo, presupuesto de oficina, contratación, ampliaciones, y finalización) y **eventualmente corregir las estimaciones** realizadas por el modelo en las etapas anteriores.
- **Analizar las eventuales diferencias** entre los valores que arroja el modelo y los reales, con el objetivo de ir mejorando su desempeño.

Para cada proyecto, los presupuestos con los cambios de ingeniería, los presupuestos oficiales a la fecha de licitación, el monto contratado de cada obra, el monto de las ampliaciones y el valor final de cada contrato actualizado, **se expresan como distribuciones de probabilidad a partir de las cuales se seleccionará un intervalo de confianza.**

Como consecuencia, para cada una de las obras que conformen el programa **se calcularán cinco distribuciones de probabilidad** y, una vez seleccionado el rango de trabajo, **se tendrá un total igual a cinco veces el número de obras, de intervalos** que constituirán los “puntos control” a lo largo de toda la vida del programa.

Los valores se expresarán como un número más/menos otro, con un cierto grado de probabilidad de ocurrencia o lo mismo que la probabilidad de que el valor correspondiente a un punto de control valor caiga dentro de un intervalo previamente definido.

Valor del punto de control $i = A \pm Z$ con un $\alpha\%$ de probabilidad de ocurrencia

Valor del punto de control $i \leq B$ con un $\beta\%$ de probabilidad de ocurrencia

Valor del punto de control $i \geq C$ con un $\gamma\%$ de probabilidad de ocurrencia

Para aplicar el modelo a un programa determinado **es necesario contar la información de los proyectos que lo conforman**, parte de esta información es estimada y parte es real. La información para el programa del ejemplo es la siguiente:

N°	Proyectos	Fecha prevista para la apertura de Licitación	Fecha prevista de Inicio de las Obras	Plazo de ejecución previsto	Fecha estimada de finalización de las Obras
1	Tramo 1	jul-14	oct-14	12	oct-15
2	Tramo 2	ago-14	nov-14	12	nov-15
3	Tramo 3	oct-14	ene-15	18	jul-16
4	Tramo 4	nov-14	feb-15	12	feb-16
5	Tramo 5	dic-14	mar-15	18	set-16
6	Tramo 6	ene-15	abr-15	12	abr-16

N°	Proyectos	Estado del proyecto	Estimación inicial en pesos	Estimación inicial en U\$S	Fecha de cierre
1	Tramo 1	Proyecto	251.434.224	11.056.914	feb-14
2	Tramo 2	Proyecto	525.053.638	23.089.430	
3	Tramo 3	Anteproyecto	288.409.737	12.682.926	
4	Tramo 4	Proyecto	428.917.059	18.861.788	
5	Tramo 5	Anteproyecto	510.263.406	22.439.024	
6	Tramo 6	Anteproyecto	269.921.935	11.869.918	
Total:			2.274.000.000	100.000.000	

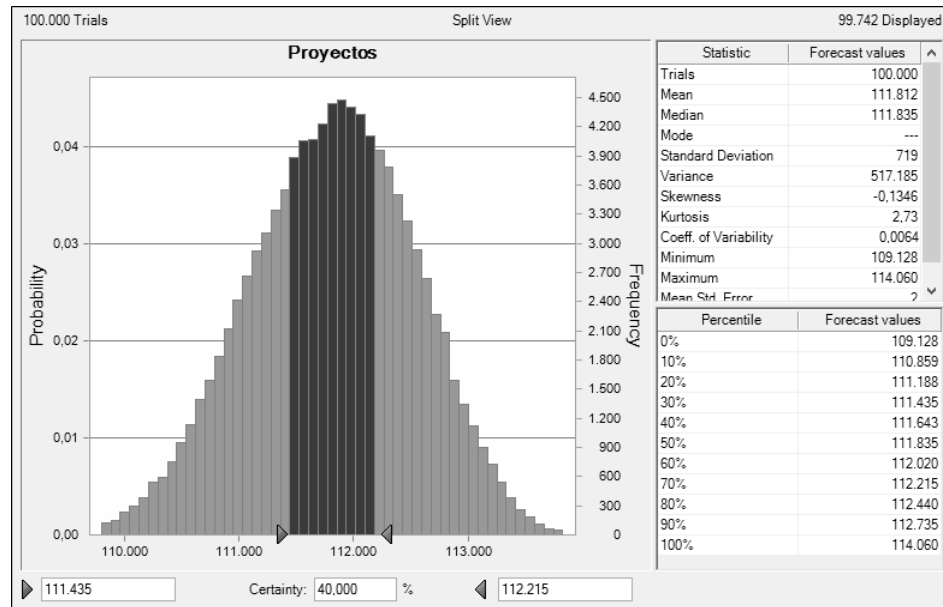
Seguimiento durante la ejecución del programa

El modelo permite realizar el seguimiento de las estimaciones a medida que el programa va transitando las diversas etapas para ejecutarse completamente.

A medida que se van obteniendo resultados reales (finalización de proyectos, anteproyectos, presupuestos de oficina, montos de adjudicación, etc.), esos valores se pueden introducir en el modelo y ejecutarlo con los nuevos datos **de manera de obtener mejores estimaciones para las etapas que restan** hasta la finalización del programa.

EJEMPLO:

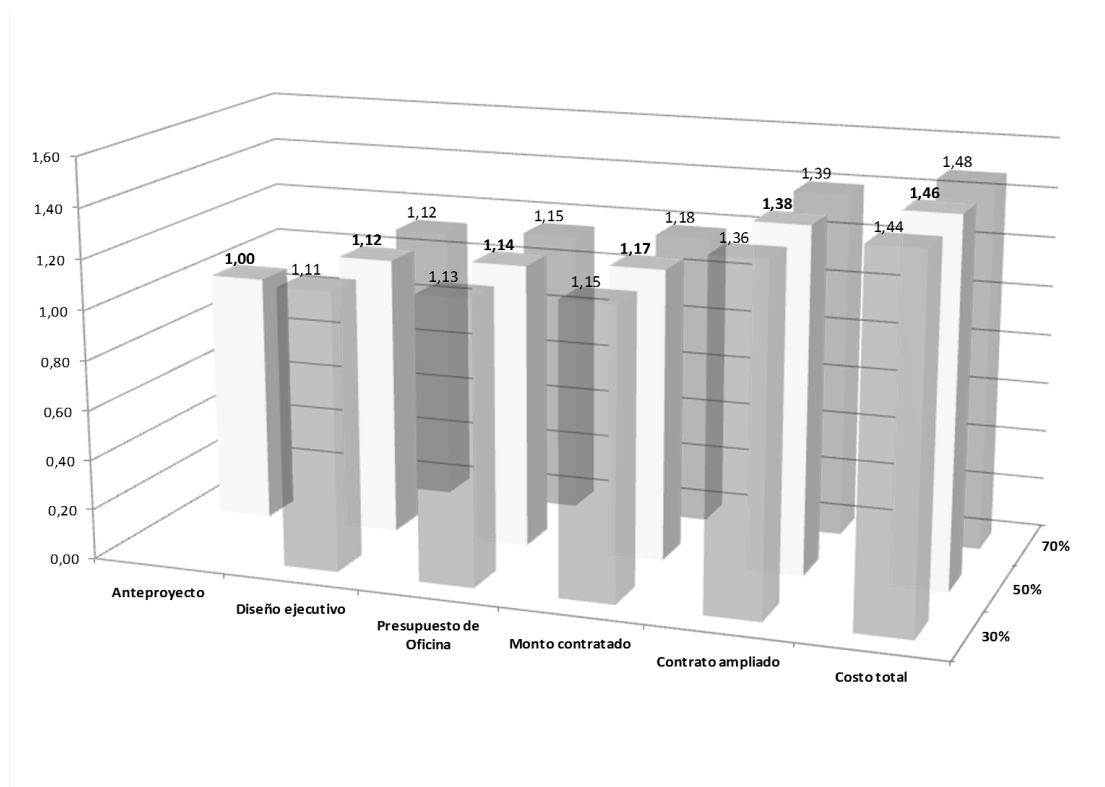
Del histograma correspondiente al primer punto de control surge la siguiente información:



- 70% de probabilidad de que el monto con proyectos sea superior a U\$S **111.4** millones.
- 50% de probabilidad de que el monto con proyectos sea superior a U\$S **111.8** millones.
- 30% de probabilidad de que el monto con proyectos sea superior a U\$S **112.2** millones.

Realizando los histogramas en cada uno de los puntos de control se obtiene el cuadro:

Percentil	Puntos de control				
	1. Proyecto	2. Presupuesto de Oficina	3. Monto contratado	4. Ampliaciones	5. Monto total final
30 %	111.4	113.1	115.5	136.3	144.2
50 %	111.8	113.9	116.7	137.8	145.9
70 %	112.2	114.7	117.8	139.5	147.6



Resultados agrupados según cada Modelo de Variación

Distribución de los Incrementos de Costo	Percentiles		
	30%	50%	70%

Incrementos provenientes del Modelo de Variación por Contingencias				
Del Anteproyecto al Proyecto Ejecutivo	11,4	11,8	12,2	
De Presupuesto de Oficina a Monto Contratado:	2,4	2,8	3,1	
De Monto Contratado a Monto Contratado con Ampliaciones:	20,8	21,2	21,7	
Sub total:	34,7	35,8	37,0	
Porcentaje sobre el total del incremento:	78%			

Incrementos proveniente del Modelo Variación por Precios				
Del Proyecto Ejecutivo al Presupuesto de Oficina:	1,7	2,1	2,5	
De Monto Contratado con Ampliaciones al Monto Total del Programa	7,9	8,0	8,1	
Sub total:	9,6	10,1	10,6	
Porcentaje sobre el total del incremento:	22%			

Diferencias totales: 44,2 45,9 47,6

Para más información, por favor contactar a:

BIDtransporte@iadb.org



