

Manual Integral de Presupuestos de Obra

Octubre de 2026

Productividad, cálculo y análisis de costos

Manual técnico para ingenieros, arquitectos, residentes de obra y contratistas

Por **Marlon Falcón Hernández**

Implemento BIM 2.0 · Valencia, 2026 · Primera edición

ÍNDICE GENERAL

PRÓLOGO E INTRODUCCIÓN

La importancia de la ingeniería de costos
Presupuesto, costo y precio

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTOS DE LA ESTRUCTURACIÓN PRESUPUESTARIA

- 1.1. Lectura e interpretación de planos
- 1.2. Metrados y cuantificaciones
- 1.3. Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT)

CAPÍTULO 2. MATERIALES, MANO DE OBRA Y EQUIPOS

- 2.1. Análisis de costos de materiales
- 2.2. Costos reales de la mano de obra
- 2.3. Costo horario de maquinaria y equipos
- 2.4. Integración de los tres componentes

CAPÍTULO 3. EL ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)

- 3.1. Qué es el APU
- 3.2. Metodología paso a paso
- 3.3. Cuadrillas de trabajo óptimas
- 3.4. Ejemplos prácticos: concreto, acero y albañilería
- 3.5. Errores comunes y validación

CAPÍTULO 4. PRODUCTIVIDAD Y RENDIMIENTOS EN OBRA

- 4.1. Rendimiento frente a productividad
- 4.2. Factores que alteran el rendimiento
- 4.3. Métodos para calcular rendimientos
- 4.4. Tablas de rendimientos estándar
- 4.5. Ejemplos, casos especiales y sistema de control

CAPÍTULO 5. COSTOS INDIRECTOS, UTILIDAD Y FINANCIACIÓN

- 5.1. Gastos generales de obra y de oficina central
- 5.2. Utilidad e imprevistos
- 5.3. Fianzas y garantías
- 5.4. Costos financieros y flujo de caja
- 5.5. Estructura final del presupuesto y caso práctico

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RIESGOS Y CONTINGENCIAS

- 6.1. Clasificación y matriz probabilidad-impacto
- 6.2. Métodos de cuantificación y mitigación
- 6.3. Polinomios de ajuste y fórmulas de escalación
- 6.4. Contingencias y caso práctico

CAPÍTULO 7. CONTROL PRESUPUESTARIO Y CIERRE

- 7.1. Valor ganado e indicadores
- 7.2. Proyecciones al cierre y Curva S
- 7.3. Avance físico frente a financiero
- 7.4. Reportes, acciones correctivas y cierre

ANEXOS Y FÓRMULAS PRÁCTICAS (A a H)

1. MENSAJE FINAL DEL AUTOR

Prólogo

El presupuesto de una obra de construcción no es simplemente una suma de costos; es la traducción financiera de un proyecto técnico. Un error en el cálculo de un rendimiento o una mala estimación de los costos indirectos puede convertir una obra rentable en una pérdida financiera grave.

Este manual está dirigido a ingenieros, arquitectos, residentes y contratistas que buscan dominar el cálculo de presupuestos paso a paso, basándose en la realidad de la productividad en campo y no solo en teorías de escritorio.

La importancia de la ingeniería de costos

La ingeniería de costos es la disciplina que estima, analiza y controla el dinero necesario para materializar un proyecto. Su objetivo no es solo saber cuánto costará una obra, sino asegurar que se ejecute dentro de ese costo y con el margen previsto.

Un presupuesto bien construido cumple tres funciones a la vez:

- **Herramienta comercial:** permite ofertar un precio competitivo y rentable.
- **Herramienta técnica:** obliga a entender el proyecto antes de construirlo.
- **Herramienta de gestión:** se convierte en la línea base contra la que se controla la obra.

Diferencia entre presupuesto, costo y precio

Estos tres términos se usan a menudo como sinónimos, pero representan cosas distintas.

Concepto	Definición	Quién lo determina
Costo	Dinero que el contratista desembolsa para ejecutar la obra: costos directos más indirectos	La realidad de la obra

Concepto	Definición	Quién lo determina
Precio	Monto que el cliente paga: costo más utilidad, fianzas e impuestos	El mercado y la negociación
Presupuesto	Estimación anticipada, documentada y sustentada del costo y del precio	El presupuestador

La diferencia entre el precio cobrado y el costo real es la utilidad. El trabajo del presupuestador consiste en que el costo estimado se parezca lo más posible al costo real, para que la utilidad prevista no se evapore durante la ejecución.

Cómo usar este manual

Los capítulos siguen el ciclo de vida del presupuesto: estructurar y medir (Capítulo 1), valorar recursos (Capítulo 2), construir precios unitarios (Capítulo 3), ajustar rendimientos (Capítulo 4), añadir indirectos y financiación (Capítulo 5), cuantificar riesgos (Capítulo 6) y controlar la obra hasta su cierre (Capítulo 7). Los anexos reúnen fórmulas, tablas y plantillas para consulta rápida.

Los valores numéricos de las tablas son referenciales y están expresados en dólares estadounidenses (USD). Deben adaptarse siempre a los precios, la legislación laboral y las condiciones de cada país y cada obra.

Capítulo 1. Fundamentos de la estructuración presupuestaria

El presupuesto de una obra no comienza con la calculadora ni con la hoja de cálculo; comienza con los ojos y el criterio técnico. La estructuración presupuestaria es la fase en la que el proyecto abstracto (dibujos y textos) se transforma en cantidades físicas tangibles. Si esta fase tiene errores, el resto del presupuesto queda comprometido.

Este capítulo cubre los tres pilares de la estructuración: la interpretación de la ingeniería (planos), la cuantificación física (metrados) y la organización lógica de los costos (EDT).

1.1. Lectura e interpretación de planos

Un proyecto de construcción se compone de varias disciplinas. El presupuestador no necesita ser el diseñador, pero sí debe saber leer el proyecto como un todo integrado para identificar alcances, omisiones y conflictos.

1.1.1. La jerarquía de los documentos contractuales

Antes de medir hay que saber qué documento prevalece en caso de discrepancia. La jerarquía habitual en la industria es:

1. Adendas y aclaraciones emitidas durante la licitación.
2. Especificaciones técnicas, que definen la calidad y el método.
3. Planos de detalle, que prevalecen sobre los planos generales.
4. Planos generales y de arquitectura.

Nota del presupuestador. Si las especificaciones técnicas exigen acero de 60,000 psi y los planos estructurales detallan acero de 40,000 psi, el presupuesto debe considerar el material de mayor especificación o, en su defecto, solicitar una aclaración formal por escrito.

1.1.2. Disciplinas clave y qué buscar en ellas

- **Planos arquitectónicos.** Definen el alcance espacial: acabados, áreas, alturas y distribución. Conviene leer las notas: muchas veces especifican materiales o métodos que no aparecen en el dibujo.
- **Planos estructurales.** Son los de mayor impacto en el costo directo: volúmenes de concreto, tonelaje de acero, tipo de cimentación y encofrados. El error más común es olvidar el acero de sobrecimientos o los estribos de cierre en columnas.
- **Planos de instalaciones (MEP: mecánicas, eléctricas y sanitarias).** Suelen ser los más subestimados. Un error frecuente es presupuestar solo los puntos finales (tomacorrientes, luminarias) y olvidar tuberías, cableado, zanjas para ductos y regatas en muros.

1.1.3. Detección de interferencias (clash detection)

Un presupuestador experimentado cruza la información entre disciplinas. Dos ejemplos típicos:

- **Conflicto arquitectura-estructura.** El plano de arquitectura muestra una ventana de 2.50 m de alto, pero el estructural sitúa una viga de 1.00 m de peralte exactamente en esa cota. Si no se detecta en el presupuesto, alguien pagará la corrección en obra.
- **Conflicto arquitectura-MEP.** Arquitectura prevé un falso techo de 10 cm, pero el ducto de aire acondicionado necesita 30 cm para pasar.

Las herramientas BIM permiten automatizar esta revisión, pero el criterio del presupuestador sigue siendo imprescindible para valorar el costo de cada interferencia.

1.2. Metrados y cuantificaciones (reglas de medición)

El metrado es el proceso de calcular las cantidades físicas de trabajo necesarias para completar la obra.

Regla de oro: el metrado se hace de forma independiente al precio. Si se mide y se valora al mismo tiempo, se tiende a omitir partidas que se perciben como caras o difíciles.

1.2.1. Unidades de medida estándar

Cada tipo de trabajo tiene una unidad lógica, basada en cómo se ejecuta y se paga.

Unidad	Uso	Ejemplos
Metro lineal (m)	Elementos donde predomina una dimensión	Tuberías, cables, zócalos, cunetas
Metro cuadrado (m ²)	Elementos superficiales	Pintura, enchapes, tabiques, losas, encofrado
Metro cúbico (m ³)	Elementos volumétricos	Excavaciones, concreto, rellenos

Unidad	Uso	Ejemplos
Kilogramo o tonelada (kg, t)	Elementos medidos por peso	Acero de refuerzo, estructuras metálicas
Unidad o global (und, glb)	Elementos discretos	Puertas, ventanas, equipos, luminarias

1.2.2. Reglas de medición

Para evitar disputas contractuales, toda cuantificación debe regirse por un criterio de medición reconocido: la norma técnica de metrados del país, los criterios de medición de la base de precios de referencia o estándares como el NRM del RICS. Las reglas más críticas son estas:

A. Movimiento de tierras (excavaciones)

- Se mide por volumen geométrico: ancho $\times$ largo $\times$ profundidad.
- Se incluye el espacio de trabajo (holgura para colocar el encofrado, normalmente 0.50 a 0.80 m por lado) y los taludes si el terreno es inestable.
- El material que se reutiliza como relleno se mide en estado suelto o compactado según la norma aplicable.

B. Concreto y encofrado

- **Concreto:** se mide por volumen real. No se descuentan vacíos menores al umbral de la norma (por ejemplo 0.50 m² en sección o 0.10 m³ en volumen). El acero de refuerzo no se descuenta del volumen.
- **Encofrado:** se mide por el área de contacto entre el concreto y el molde. En vigas se cuentan el fondo y los dos costados; en columnas, las cuatro caras.

C. Albañilería y muros

- Se mide por metro cuadrado de área neta.
- Se descuentan los vanos (puertas y ventanas) mayores a 2.00 o 3.00 m², según el criterio adoptado.
- Las jambas y dinteles no se añaden si el vano ya se descontó: el tiempo extra de hacer jambas se compensa con el que se ahorra al no levantar muro en el vano.

1.2.3. La ficha de metrado (ejemplo práctico)

Todo metrado debe estar sustentado; nunca se acepta una cifra sin respaldo. La ficha debe mostrar la fórmula, las dimensiones y su origen en los planos.

Ejemplo: encofrado de columnas C1 (0.40 $\times$ 0.50 m)

Encofrado = Perímetro $\times$ Altura $\times$ N.º de columnas

Concepto	Cálculo	Resultado
Perímetro	0.40 + 0.50 + 0.40 + 0.50	1.80 m
Altura de piso a techo	Según corte estructural	2.80 m

Concepto	Cálculo	Resultado
Altura de cálculo (con traslape de 0.30 m)	$2.80 + 0.30$	3.10 m
Área por columna	1.80×3.10	5.58 m ²
Cantidad de columnas C1	Según planta estructural	20 und
Metrado total	5.58×20	111.60 m²

1.3. Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT)

Con los planos interpretados y los metrados calculados, no basta con una lista de cinco mil ítems: hay que organizarlos. Para eso sirve la Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT), conocida en inglés como Work Breakdown Structure (WBS).

1.3.1. Qué es la EDT y para qué sirve

La EDT descompone el proyecto en componentes más pequeños, manejables y controlables. En el presupuesto se convierte en el índice de partidas o estructura de costos. Sus beneficios principales son:

- **Evita omisiones:** al desglosar por niveles se comprueba que no falte ninguna fase, desde los trabajos preliminares hasta la limpieza final.
- **Permite el control:** con un presupuesto a suma alzada sin desglose no se sabe dónde se pierde dinero; con la EDT se compara costo real y presupuestado por capítulo.
- **Facilita la programación:** la EDT es la base directa del cronograma (CPM o Gantt).

1.3.2. Niveles de la EDT en construcción

Una EDT típica de edificación tiene cuatro niveles:

1. **Proyecto.** Por ejemplo, Edificio Residencial Las Palmas.
2. **Fases o etapas.** 1.0 Trabajos preliminares, 2.0 Estructura, 3.0 Arquitectura, 4.0 Instalaciones.
3. **Capítulos o subfases.** Dentro de 2.0 Estructura: 2.1 Cimentación, 2.2 Columnas, 2.3 Vigas, 2.4 Losas.
4. **Paquetes de trabajo o partidas.** Dentro de 2.1 Cimentación: 2.1.1 Excavación, 2.1.2 Concreto ciclópeo, 2.1.3 Acero de refuerzo, 2.1.4 Encofrado.

1.3.3. Codificación de la EDT

Para que la EDT funcione en un software de presupuestos (S10, Presto, Opus, Neodata, un ERP o una hoja de cálculo), cada partida necesita un código alfanumérico único.

Ejemplo de índice de partidas para una vivienda unifamiliar

Código EDT	Capítulo o partida	Unidad
1.0	Trabajos preliminares	glb
1.1	Trazo y replanteo	m ²

Código EDT	Capítulo o partida	Unidad
1.2	Instalación de faena (caseta, agua, luz)	glb
1.3	Cartel de obra	und
2.0	Movimiento de tierras	glb
2.1	Excavación mecánica de zanjas	m ³
2.2	Excavación manual de pozos	m ³
2.3	Relleno con material seleccionado	m ³
3.0	Concreto armado (estructura)	glb
3.1	Concreto en cimientos f'c = 210 kg/cm ²	m ³
3.2	Acero de refuerzo fy = 4,200 kg/cm ²	kg
3.3	Encofrado de columnas	m ²
4.0	Arquitectura y acabados	glb
4.1	Muros de albañilería	m ²
4.2	Tarrajeo (revoque) interior y exterior	m ²
4.3	Piso de porcelanato	m ²

1.3.4. La regla del 100 %

Al terminar la EDT y los metrados se aplica la regla del 100 %: la suma de las partidas de un capítulo debe coincidir exactamente con el total calculado en el metrado general. Si falta un 5 %, algo quedó sin cuantificar, como el encofrado de los escalones o de las vigas peraltadas.

Resumen del capítulo 1

La estructuración presupuestaria es la columna vertebral del costo. Una lectura correcta de planos evita reclamos futuros; un metrado riguroso evita pérdidas por cantidades faltantes; y una EDT bien codificada convierte el presupuesto en una herramienta de gestión y control, no en un simple requisito para firmar un contrato.

En el capítulo siguiente estas cantidades físicas recibirán un valor económico, analizando los tres componentes del costo directo: materiales, mano de obra y equipos.

Capítulo 2. Materiales, mano de obra y equipos

Una vez cuantificada la obra, el siguiente paso es asignarle un valor económico. El costo directo de una partida se compone exclusivamente de tres elementos: materiales, mano de obra y equipos. Todo lo demás (supervisión, oficina central, utilidad) es costo indirecto y se trata en el Capítulo 5.

El error típico del presupuestador novato es tomar los precios de lista de los proveedores como costo real. Este capítulo enseña a calcular el costo puesto en obra de cada recurso, incluyendo desperdicios, fletes, cargas sociales y depreciación.

2.1. Análisis de costos de materiales

Los materiales suelen representar entre el 50 % y el 65 % del costo directo, según el tipo de proyecto. Un error del 5 % en materiales puede marcar la diferencia entre una utilidad del 10 % y una pérdida.

2.1.1. La fórmula del costo real de un material

El precio en el almacén del proveedor no es el costo real del material en obra. La fórmula correcta es:

$$\text{Costo Real} = (\text{Precio Unitario} + \text{Flete} + \text{Descarga} + \text{Almacenaje}) \times (1 + \% \text{Desperdicio})$$

2.1.2. El factor de desperdicio

Todo material sufre pérdidas en transporte, almacenamiento, manipulación y colocación. El porcentaje de desperdicio se obtiene de catálogos oficiales, registros históricos o normas constructivas.

Tabla 2.1. Porcentajes de desperdicio de referencia

Material	Desperdicio típico	Observaciones
Cemento	3 % – 5 %	Mayor si se almacena en el suelo
Arena y grava	5 % – 8 %	Pérdidas por viento, humedad y acarreo
Acero de refuerzo	3 % – 5 %	Depende del ajuste entre largos comerciales y cortes
Ladrillo y bloque	5 % – 8 %	Roturas en transporte y corte
Cerámica y porcelanato	8 % – 12 %	Depende del formato y del patrón de colocación
Pintura	5 % – 10 %	Depende de la porosidad de la superficie
Concreto premezclado	3 % – 5 %	Limpieza de bomba y derrames

Nota del presupuestador. En obras pequeñas el desperdicio real puede duplicar estos valores, porque no se pueden optimizar los cortes. En obras grandes y repetitivas se reduce.

Ejemplo: costo real de un millar de ladrillos

Concepto	Valor
Precio en fábrica	\$150.00 / millar
Flete hasta obra	\$15.00 / millar
Descarga y almacenaje	\$5.00 / millar
Costo base	\$170.00 / millar
Desperdicio por roturas	7 %
Costo real puesto en obra	$170.00 \times 1.07 = \text{\$181.90 / millar}$

2.1.3. Fletes y acarreos

El flete no es solo el transporte desde la tienda. Hay cuatro tipos de traslado que deben presupuestarse:

- **Flete externo:** del proveedor a la obra, por tonelada-kilómetro o por viaje.
- **Descarga:** grúa o mano de obra para bajar el material del camión.
- **Acarreo horizontal:** de la zona de descarga al frente de trabajo. Si la obra es grande o el camión no puede entrar, es significativo.
- **Acarreo vertical:** subir material a pisos superiores con grúa torre, montacargas o a mano por escaleras.

Regla práctica. Si el acarreo horizontal supera los 50 m o el vertical los tres pisos, crea una partida específica de acarreo o ajusta los rendimientos de mano de obra (Capítulo 4).

2.1.4. Conversión de unidades de compra a unidades de uso

Los materiales se compran en una unidad y se consumen en otra.

Tabla 2.2. Conversiones críticas de materiales

Material	Unidad de compra	Unidad en el APU	Conversión
Cemento	Bolsa de 42.5 kg	kg	1 bolsa = 42.5 kg
Arena	m ³ suelto	m ³ en obra	Aplicar factor de esponjamiento
Acero	kg o tonelada	kg	1 t = 1,000 kg
Pintura	Galón o litro	m ²	Rendimiento según ficha técnica del fabricante
Madera	Pie tablar o m ³	m ² de encofrado	Según espesor y número de usos

Ejemplo: conversión de acero. El plano indica 500 kg de acero de ½". Una barra de 12 m de ½" pesa unos 11.9 kg (0.994 kg/m).

Barras = 500 kg / 11.9 kg/barra = 42.0 → 42 barras

Cuando el resultado no es entero se redondea siempre hacia arriba, porque no se compran barras fraccionadas. Ese redondeo, más los sobrantes de corte, genera el desperdicio por largo comercial.

2.1.5. Materiales auxiliares y globales

Clavos, alambre, discos de corte o lijas son difíciles de cuantificar uno a uno. Se agrupan como materiales auxiliares, valorados como un porcentaje del material principal, normalmente entre el 2 % y el 5 %.

2.2. Costos reales de la mano de obra

La mano de obra representa entre el 25 % y el 40 % del costo directo. El error más grave es presupuestar solo el salario neto: el costo real para el empleador puede llegar a 2.5 veces ese salario, según la legislación de cada país.

2.2.1. Estructura del costo de la mano de obra

1. **Salario base (jornal):** lo que recibe el trabajador.
2. **Cargas sociales y prestaciones de ley:** seguridad social, salud, pensiones, seguros de riesgo.
3. **Beneficios sociales:** vacaciones, aguinaldos, bonificaciones, cesantías.
4. **Costos asociados:** equipos de protección personal (EPP), herramientas menores, capacitación.
5. **Tiempo no productivo:** festivos, permisos y paradas por lluvia.

2.2.2. El Factor de Carga Social (FCS)

Para simplificar se usa un factor que, multiplicado por el salario base, da el costo total. Suele estar entre 1.5 y 2.2.

Tabla 2.3. Composición típica del Factor de Carga Social (referencial)

Concepto	% sobre salario base
Salario base	100 %
Seguridad social (salud y pensión)	25 % – 35 %
Seguro de riesgos laborales	1 % – 4 %
Vacaciones (proporcional diario)	4 % – 8 %
Aguinaldo o paga extraordinaria	8.33 % – 12 %
Cesantía o indemnización	8 % – 12 %
Uniformes y EPP	2 % – 3 %
Herramientas menores	1 % – 2 %
Supervisión directa (capataz)	8 % – 12 %
Factor de carga social total	160 % – 220 %

Nota del presupuestador. Verifica siempre la legislación laboral vigente. Un cambio en pensiones o seguridad social puede alterar el presupuesto un 10 % o más. Si el capataz ya se incluye en la cuadrilla del APU, no lo cuentes también en el FCS.

2.2.3. Cálculo del costo hora-hombre

$$\text{Costo Hora-Hombre} = (\text{Salario mensual} \times \text{FCS}) / \text{Horas pagadas al mes}$$

Ejemplo práctico

Dato	Valor
Salario mensual de un albañil oficial	\$800.00
Factor de carga social	1.85
Horas pagadas al mes (30 días × 8 h)	240 h
Costo mensual real	$800 \times 1.85 = \$1,480.00$
Costo por hora-hombre	$1,480 / 240 = \$6.17 / \text{h-h}$
Costo por jornal de 8 h	$6.17 \times 8 = \$49.36$

2.2.4. Cuadrillas de trabajo

En el APU la mano de obra no se calcula por trabajador aislado, sino por cuadrilla: el equipo mínimo para ejecutar una actividad con eficiencia. Por ejemplo, para el vaciado de concreto en losa: 1 capataz que coordina, 4 albañiles que vibran y nivelan, y 6 ayudantes que acarrean y alimentan la bomba (11 personas). El costo de la cuadrilla es la suma de los costos de cada categoría por su cantidad.

2.2.5. Tiempos no productivos

Un trabajador no produce 8 horas efectivas al día. Los estudios de tiempos indican que solo entre 6.5 y 7 horas son productivas. El resto se pierde en charlas de seguridad (unos 15 minutos diarios), desplazamientos, necesidades personales, esperas de material o instrucciones y limpieza del frente de trabajo. Este factor se aplica al calcular rendimientos (Capítulo 4).

2.3. Costo horario de maquinaria y equipos

Los equipos representan entre el 10 % y el 25 % del costo directo. A diferencia de los materiales (que se consumen) y la mano de obra (que se paga por tiempo), tienen un costo dual: costos fijos, que existen aunque el equipo no trabaje, y costos variables, que dependen del uso.

2.3.1. Componentes del Costo Horario de Equipo (CHE)

$$\text{CHE} = \text{CF} + \text{CV}$$

- **Costos fijos (CF):** depreciación, intereses del capital invertido, seguros, impuestos y patentes.
- **Costos variables (CV):** combustible o energía, lubricantes y filtros, reparaciones y mantenimiento, neumáticos u orugas y, si se incluye, el operador.

2.3.2. Fórmulas prácticas

$$\text{Depreciación horaria} = (\text{Valor nuevo} - \text{Valor de rescate}) / \text{Vida útil (horas)}$$

La vida útil típica es de 5 a 10 años, o entre 8,000 y 20,000 horas según el equipo. El valor de rescate suele ser el 10 % – 15 % del costo nuevo.

Ejemplo: retroexcavadora. Costo nuevo \$80,000, rescate 10 % (\$8,000), vida útil 10,000 h.

$$\text{Depreciación horaria} = (80,000 - 8,000) / 10,000 = \$7.20 / \text{hora}$$

$$\text{Consumo (L/h)} = \text{Potencia (HP)} \times \text{Factor de carga} \times \text{Consumo específico (L/HP}\cdot\text{h)}$$

Para 100 HP, factor de carga 0.6 y 0.25 L/HP·h: $100 \times 0.6 \times 0.25 = 15$ L/h. Con diésel a \$1.20/L, el combustible cuesta \$18.00 por hora.

2.3.3. Tabla resumen del costo horario

Tabla 2.4. Costo horario de una retroexcavadora (USD/h)

Concepto	Costo por hora
Depreciación	\$7.20
Intereses (12 % anual sobre inversión media)	\$3.50
Seguros e impuestos	\$1.10
Total costos fijos	\$11.80
Combustible (15 L/h $\times$ \$1.20)	\$18.00
Lubricantes y filtros (15 % del combustible)	\$2.70
Mantenimiento y reparaciones	\$5.50
Neumáticos	\$3.20
Total costos variables	\$29.40
Costo horario sin operador	\$41.20
Operador (con cargas sociales)	\$12.50
Costo horario con operador	\$53.70

2.3.4. Equipos propios frente a alquilados

- **Alquilar** cuando el uso previsto sea menor al 40 % – 50 % de la vida útil, o cuando se necesita un equipo muy especializado para un trabajo puntual. La tarifa de alquiler ya incluye depreciación, mantenimiento y seguros; el contratista suele asumir combustible y operador.
- **Usar equipo propio** cuando el uso será intensivo y prolongado (más del 60 % de la vida útil) o el equipo es estratégico para la empresa.

2.3.5. Equipos menores y herramientas

Para taladros, vibradores, cortadoras o andamios no se calcula un CHE detallado. Se usa la tarifa de alquiler diaria del mercado o una partida global del 2 % – 4 % sobre el costo de mano de obra.

2.4. Integración de los tres componentes

Con los costos unitarios de materiales, mano de obra y equipos ya se puede construir el Análisis de Precio Unitario (Capítulo 3). Como referencia, estas son las proporciones típicas del costo directo:

Tipo de obra	Materiales	Mano de obra	Equipos
Estructura de concreto	55 %	35 %	10 %
Albañilería y acabados	45 %	50 %	5 %
Movimiento de tierras	5 %	25 %	70 %
Instalaciones eléctricas	65 %	30 %	5 %
Estructura metálica	70 %	20 %	10 %

Resumen del capítulo 2

El costo directo no es una suma de precios de lista. Requiere analizar desperdicios, cargas sociales, fletes y depreciación de equipos. Quien domina estos tres componentes ofrece precios realistas y evita sorpresas durante la ejecución. En el capítulo siguiente se integran en el Análisis de Precio Unitario.

Capítulo 3. El Análisis de Precios Unitarios (APU)

El Análisis de Precio Unitario (APU) es la herramienta fundamental de la ingeniería de costos: desglosa, hasta el último centavo, cuánto cuesta ejecutar una unidad de una partida. Si el metrado dice cuánto se va a construir, el APU dice cuánto cuesta cada unidad.

Un presupuesto sin APU sustentados es un conjunto de números sin respaldo técnico. Los APU son la defensa del contratista ante reclamos, la base para negociar adicionales y la referencia para controlar costos durante la ejecución.

3.1. Qué es el Análisis de Precio Unitario

Es un documento técnico-económico que determina el costo directo de una unidad de medida de una partida: 1 m³ de concreto, 1 m² de muro, 1 kg de acero.

Precio Unitario = Σ Materiales + Σ Mano de obra + Σ Equipos

El APU sirve para:

- **Presupuestar:** costo total = precio unitario $\times$ cantidad.
- **Controlar:** comparar costo real y presupuestado por componente.
- **Negociar:** acordar precios justos para trabajos adicionales o variantes.
- **Optimizar:** identificar los componentes más caros y dónde se puede ahorrar.

3.2. Metodología paso a paso

Crear un APU no es un arte, es una metodología. Se ilustra con la partida **muro de ladrillo King Kong de 13 cm de espesor**.

Paso 1. Definir el alcance de la partida. Leer especificaciones y planos de detalle para saber qué incluye y qué no.

- Incluye: ladrillos, mortero, juntas, limpieza y curado.
- No incluye: tarrajeo, enlucido ni pintura, que son otras partidas.

Paso 2. Identificar los materiales necesarios para una unidad (1 m^2): unos 35 ladrillos de $13 \times 13 \times 24$ cm, 6.5 kg de cemento, 0.030 m^3 de arena fina, 8 litros de agua y materiales auxiliares (2 %).

Paso 3. Calcular el costo puesto en obra de cada material con la fórmula del Capítulo 2.

Tabla 3.1. Costo de materiales para 1 m^2 de muro

Material	Cantidad	Unidad	Precio	Flete	Desperdicio	Costo unitario en obra	Costo total
Ladrillo King Kong	35	und	\$0.45	\$0.03	7 %	\$0.5136	\$17.98
Cemento	6.5	kg	\$0.85	\$0.05	4 %	\$0.9360	\$6.08
Arena fina	0.030	m^3	\$18.00	\$2.00	6 %	\$21.20	\$0.64
Agua	8	L	\$0.01	—	—	\$0.01	\$0.08
Materiales auxiliares	2 %	glb	—	—	—	—	\$0.50
Total materiales							\$25.28

Paso 4. Definir la cuadrilla: 1 albañil oficial y 1 ayudante. En cuadrillas mayores se incluye un capataz.

Paso 5. Determinar el rendimiento: 12 m^2 por día de 8 horas, tomado de registros históricos de la empresa, catálogos oficiales o cronometraje en campo.

Paso 6. Calcular el costo de mano de obra. Primero el costo diario de la cuadrilla con cargas sociales:

Tabla 3.2. Costo diario de la cuadrilla (FCS = 1.85)

Categoría	Cantidad	Jornal base	Costo real diario
Albañil oficial	1	\$35.00	\$64.75
Ayudante	1	\$25.00	\$46.25

Categoría	Cantidad	Jornal base	Costo real diario
Total cuadrilla	2	\$60.00	\$111.00

Costo Mano de Obra = Costo diario de la cuadrilla / Rendimiento = 111.00 / 12 = \$9.25 / m²

Paso 7. Calcular equipos y herramientas. Los equipos que se pagan por día también se dividen entre el rendimiento.

Tabla 3.3. Equipos para 1 m² de muro

Equipo	Base de cálculo	Costo
Carretilla	\$0.50/día ÷ 12 m ² /día	\$0.04
Nivel, plomada e hilo	Global	\$0.02
Herramientas menores	3 % de la mano de obra	\$0.28
Total equipos		\$0.34

Paso 8. Integrar el APU.

Tabla 3.4. APU final: muro de ladrillo King Kong 13 cm (por m²)

Componente	Costo por m ²	% del total
Materiales	\$25.28	72.5 %
Mano de obra	\$9.25	26.5 %
Equipos y herramientas	\$0.34	1.0 %
Costo directo unitario	\$34.87	100 %

Nota del presupuestador. Este es el costo directo. Para llegar al precio de venta faltan costos indirectos, utilidad e impuestos (Capítulo 5).

3.3. Cuadrillas de trabajo óptimas

Una cuadrilla mal balanceada genera tiempos muertos y reduce la productividad. Tres principios:

- **Proporción oficiales-ayudantes:** típicamente 1:1 o 1:2. Con demasiados ayudantes estorban; con pocos, el oficial pierde tiempo acarreando.
- **Especialización:** cada trabajador hace lo que mejor sabe hacer; el oficial no prepara mezcla si hay ayudantes.
- **Supervisión:** a partir de 6 – 8 personas se incluye un capataz.

Tabla 3.5. Cuadrillas típicas para partidas comunes

Partida	Cuadrilla óptima
Excavación manual de zanjas	1 capataz + 4 peones

Partida	Cuadrilla óptima
Vaciado de concreto en losa	1 capataz + 4 albañiles + 6 ayudantes
Encofrado de columnas	1 capataz + 3 carpinteros + 2 ayudantes
Colocación de acero de refuerzo	1 capataz + 4 fierros + 2 ayudantes
Tarrajeo de muros	1 capataz + 3 albañiles + 4 ayudantes
Instalación de tomacorrientes	1 electricista + 1 ayudante

3.4. Ejemplos prácticos de APU completos

Las tarifas horarias usadas ya incluyen cargas sociales: capataz \$10.00/h, albañil \$8.50/h, fierro \$9.00/h, ayudante \$6.00/h. El aporte de cada trabajador en h-h por unidad se obtiene así:

Horas-Hombre por unidad = (N.º de trabajadores × 8 h) / Rendimiento diario de la cuadrilla

Ejemplo 1. Concreto f'c = 210 kg/cm² en vigas (por m³)

Alcance: suministro y colocación de concreto premezclado bombeado, con vibrado y curado. Cuadrilla: 1 capataz + 4 albañiles + 6 ayudantes. Rendimiento: 25 m³/día.

Tabla 3.6. APU de concreto en vigas

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio	Parcial
M1	Concreto premezclado f'c = 210 (5 % desperdicio)	1.05	m³	\$95.00	\$99.75
M2	Agua para curado	150	L	\$0.01	\$1.50
M3	Materiales auxiliares (2 % de M1)	1	glb	—	\$2.00
	Subtotal materiales				\$103.25
MO1	Capataz (1 × 8 / 25)	0.32	h-h	\$10.00	\$3.20
MO2	Albañil (4 × 8 / 25)	1.28	h-h	\$8.50	\$10.88
MO3	Ayudante (6 × 8 / 25)	1.92	h-h	\$6.00	\$11.52

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio	Parcial
	Subtotal mano de obra				\$25.60
E1	Vibrador de concreto	0.32	h	\$4.20	\$1.34
E2	Bomba de concreto	0.32	h	\$45.00	\$14.40
E3	Herramientas menores (3 % MO)	1	glb	—	\$0.77
	Subtotal equipos				\$16.51
	Costo directo total				\$145.36

El residente de obra no figura en el APU: es personal de supervisión y se presupuesta en los gastos generales de obra.

Ejemplo 2. Acero de refuerzo $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ (por kg)

Alcance: suministro, corte, doblado y colocación. Cuadrilla: 1 fierro + 1 ayudante. Rendimiento: 250 kg/día, es decir $8 / 250 = 0.032 \text{ h-h/kg}$ por trabajador.

Tabla 3.7. APU de acero de refuerzo

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio	Parcial
M1	Acero corrugado (5 % desperdicio)	1.05	kg	\$1.20	\$1.260
M2	Alambre de amarre n.º 16	0.02	kg	\$3.50	\$0.070
M3	Electrodos (si hay soldadura)	0.005	kg	\$5.00	\$0.025
M4	Materiales auxiliares (2 % de M1)	1	glb	—	\$0.025
	Subtotal materiales				\$1.380

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio	Parcial
MO1	Fierrero oficial	0.032	h-h	\$9.00	\$0.288
MO2	Ayudante	0.032	h-h	\$6.00	\$0.192
	Subtotal mano de obra				\$0.480
E1	Cortadora de acero	0.004	h	\$3.50	\$0.014
E2	Dobladora de acero	0.004	h	\$3.80	\$0.015
E3	Soldadora (si aplica)	0.002	h	\$5.50	\$0.011
E4	Herramientas menores (3 % MO)	1	glb	—	\$0.014
	Subtotal equipos				\$0.054
	Costo directo total				\$1.914

Ejemplo 3. Muro de ladrillo King Kong 13 cm (por m²)

Alcance: muro con mortero 1:4, juntas, limpieza y curado. Cuadrilla: 1 albañil + 1 ayudante. Rendimiento: 12 m²/día, es decir $8 / 12 = 0.667$ h-h/m² por trabajador. Es el formato de ficha del ejemplo desarrollado en 3.2, con los materiales ya valorados puestos en obra.

Tabla 3.8. APU de muro de ladrillo

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio en obra	Parcial
M1	Ladrillo King Kong 13 × 13 × 24	35	und	\$0.5136	\$17.98
M2	Cemento portland	6.5	kg	\$0.9360	\$6.08
M3	Arena fina	0.030	m ³	\$21.20	\$0.64
M4	Agua	8	L	\$0.01	\$0.08
M5	Materiales auxiliares (2 %)	1	glb	—	\$0.50

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio en obra	Parcial
	Subtotal materiales				\$25.28
MO1	Albañil oficial (\$64.75 / 8 h)	0.667	h-h	\$8.09	\$5.40
MO2	Ayudante (\$46.25 / 8 h)	0.667	h-h	\$5.78	\$3.85
	Subtotal mano de obra				\$9.25
E1	Carretilla	0.083	día	\$0.50	\$0.04
E2	Nivel, plomada e hilo	1	glb	—	\$0.02
E3	Herramientas menores (3 % MO)	1	glb	—	\$0.28
	Subtotal equipos				\$0.34
	Costo directo total				\$34.87

3.5. Errores comunes en los APU y cómo evitarlos

Ámbito	Error	Cómo evitarlo
Materiales	Olvidar el desperdicio	Aplicar siempre el factor de la Tabla 2.1
Materiales	Usar precio de lista sin flete	Valorar puesto en obra
Materiales	Unidades incorrectas (kg y t, litros y galones)	Revisar la Tabla 2.2
Mano de obra	Rendimientos de catálogo sin ajustar	Usar históricos o factores del Capítulo 4
Mano de obra	Olvidar las cargas sociales	Multiplicar por el FCS
Mano de obra	Cuadrillas desbalanceadas	Proporción 1:1 o 1:2
Equipos	Costo horario incompleto	Incluir costos fijos y variables

Ámbito	Error	Cómo evitarlo
Equipos	Olvidar el operador	Sumarlo al CHE
Generales	Doble conteo de un material en dos partidas	Definir bien el alcance (paso 1)
Generales	Omitir preliminares o limpieza final	Revisar la EDT completa
Generales	Precios desactualizados en mercados inflacionarios	Actualizar con cotizaciones recientes

3.6. Validación y revisión del APU

Antes de integrar un APU al presupuesto general:

1. **Revisar la aritmética** de cada línea y de los subtotales.
2. **Comparar con referencias** históricas de partidas similares.
3. **Hacer un análisis de sensibilidad:** qué pasa si el acero sube un 10 % o el rendimiento baja un 20 %.
4. **Revisión técnica:** que un residente confirme que alcance y rendimientos son realistas.
5. **Revisión comercial:** que la gerencia valide que el precio resultante es competitivo.

Resumen del capítulo 3

Un APU bien construido da control, defendibilidad y capacidad de negociación. La clave es la metodología: definir el alcance, cuantificar materiales, calcular la mano de obra con rendimientos realistas y considerar todos los costos de equipos. En el capítulo siguiente se profundiza en la variable más sensible del APU: los rendimientos.

Capítulo 4. Productividad y rendimientos en obra

Si el APU es el corazón del presupuesto, el rendimiento es su sistema nervioso. Un error del 20 % en el precio de un material se corrige negociando con el proveedor; un error del 20 % en el rendimiento significa que la cuadrilla no terminará a tiempo, los indirectos se dispararán y la utilidad se evaporará.

Dominar los rendimientos es lo que separa a un presupuestador junior de un ingeniero de costos senior. Este capítulo enseña a calcularlos, ajustarlos y defenderlos en cualquier condición de terreno, clima o logística.

4.1. Rendimiento frente a productividad

En la jerga de obra se usan como sinónimos, pero son conceptos matemáticamente inversos. Confundirlos genera errores graves en el APU.

4.1.1. Definiciones

- **Rendimiento (R):** cantidad de obra que ejecuta una cuadrilla o un trabajador por unidad de tiempo. Unidades: m²/día, m³/jornada, kg/h, und/h. Ejemplo: una cuadrilla rinde 15 m² de muro por día.
- **Productividad (P):** tiempo necesario para ejecutar una unidad de obra. Es el dato que entra directamente en el APU. Unidades: día/m², h-h/kg, jornal/m³. Ejemplo: 1/15 = 0.067 días de cuadrilla por m²; con 2 trabajadores, 0.53 h-h por trabajador y m².

$$\text{Rendimiento} = \text{Cantidad de obra} / \text{Tiempo} \quad | \quad \text{Productividad} = \text{Tiempo} / \text{Cantidad de obra}$$
$$| \quad \text{Rendimiento} \times \text{Productividad} = 1$$

4.1.2. Tipos de rendimiento

Tipo	Definición	Uso
Rendimiento de cuadrilla	Obra ejecutada por toda la cuadrilla en un día	Costo total de mano de obra
Rendimiento unitario (h-h/unidad)	Horas-hombre para una unidad de obra	Desglose en el APU
Rendimiento de equipo	Obra ejecutada por una máquina en una hora	Costo de equipos
Rendimiento mixto	Combinación de mano de obra y equipo	Partidas mecanizadas

4.1.3. Conversión entre rendimientos

Cuadrilla de 1 albañil + 1 ayudante con rendimiento de 12 m²/día:

Expresión	Cálculo	Resultado
Rendimiento de cuadrilla	Dato	12 m ² /día
Productividad de cuadrilla	1 / 12	0.083 días/m ²
Horas-hombre de la cuadrilla por día	2 trabajadores × 8 h	16 h-h/día
Horas-hombre por m ²	16 / 12	1.33 h-h/m ²
Desglose por categoría	1.33 / 2	0.67 h-h de albañil + 0.67 h-h de ayudante

4.2. Factores que alteran el rendimiento

Los catálogos asumen condiciones ideales: clima templado, terreno plano, materiales al pie del frente, personal descansado y sin interrupciones. La obra real es distinta, así que el presupuestador aplica factores de ajuste de rendimiento.

4.2.1. Los diez factores críticos

Tabla 4.1. Factores de ajuste de rendimiento

Factor	Símbolo	Rango típico	Condición que lo activa
Altura de trabajo	Fah	1.00 – 1.35	Trabajo a más de 2.5 m
Espacio confinado	Fec	1.00 – 1.40	Zanjas de menos de 1 m, recintos pequeños
Temperatura extrema	Fte	1.00 – 1.50	Más de 35 °C o menos de 5 °C
Humedad o lluvia	Fhl	1.00 – 1.30	Zonas lluviosas o temporada invernal
Acarreo horizontal	Fac	1.00 – 1.60	Material a más de 50 m del frente
Acarreo vertical	Fav	1.00 – 1.80	Sin montacargas, subida por escaleras
Iluminación deficiente	Fil	1.00 – 1.25	Sótanos o trabajo nocturno
Turno nocturno	Ftn	1.15 – 1.30	Todo trabajo en horario nocturno
Experiencia de la cuadrilla	Fexp	0.80 – 1.20	Cuadrillas nuevas o muy expertas
Complejidad geométrica	Fcg	1.00 – 1.50	Formas curvas o ángulos irregulares

4.2.2. Fórmula de ajuste integral

Rendimiento Real = Rendimiento Base / (Fah × Fec × Fte × Fhl × Fac × Fav × ...)

Se divide porque los factores son mayores que 1 cuando empeoran las condiciones: aumentan el tiempo necesario.

Ejemplo. Muro de ladrillo con rendimiento base de 12 m²/día, trabajo a 4 m de altura (Fah = 1.15), acarreo a 80 m (Fac = 1.20), 38 °C de media (Fte = 1.25) y cuadrilla de experiencia media (Fexp = 1.00):

Rendimiento Real = 12 / (1.15 × 1.20 × 1.25 × 1.00) = 12 / 1.725 = 6.96 m² / día

Nota del presupuestador. El rendimiento real es casi la mitad del base. Sin estos factores, el costo de mano de obra quedaría subestimado: el costo real sería un 72.5 % mayor que el presupuestado.

4.2.3. Detalle de los factores más importantes

A. Factor de altura (Fah)

Altura de trabajo	Fah
0 – 2.5 m	1.00
2.5 – 4.0 m	1.10 – 1.15
4.0 – 6.0 m	1.20 – 1.25
6.0 – 10.0 m	1.30 – 1.35
Más de 10.0 m	1.40 o más (andamios certificados)

B. Factor de acarreo horizontal (Fac)

Distancia de acarreo	Fac
0 – 30 m	1.00
30 – 60 m	1.10
60 – 100 m	1.20
100 – 150 m	1.35
Más de 150 m	1.50 o más (considerar transporte mecánico)

C. Factor de temperatura (Fte)

Temperatura ambiente	Fte
Menos de 0 °C	1.30 o más
0 – 5 °C	1.15
10 – 30 °C	1.00
30 – 35 °C	1.10
35 – 40 °C	1.25
Más de 40 °C	1.40 – 1.50

4.3. Métodos para calcular rendimientos

Ningún método es perfecto; el presupuestador experto combina varios según la información disponible.

4.3.1. Método 1: catálogos oficiales

Tablas publicadas por ministerios de vivienda, cámaras de la construcción o bases de precios (por ejemplo, las de la Cámara Argentina de la Construcción o el generador de precios de CYPE en España).

- **Ventajas:** rápidos, estandarizados y aceptados en licitaciones públicas.
- **Desventajas:** no reflejan la realidad de cada empresa, se desactualizan y no consideran las condiciones de la obra.

- **Cuándo usarlo:** licitaciones públicas, anteproyectos y estimaciones preliminares.

4.3.2. Método 2: histórico de la empresa

Rendimiento Histórico = $\sum \text{Cantidad ejecutada} / \sum \text{Horas-hombre reales consumidas}$

- **Ventajas:** refleja la productividad real de tus cuadrillas, tu logística y tu supervisión. Es el método más confiable.
- **Desventajas:** requiere un registro de costos robusto y no sirve para partidas nuevas.
- **Cuándo usarlo:** presupuestos definitivos y obras similares a las ya ejecutadas.

Ejemplo. En cinco obras anteriores se ejecutaron 4,800 m² de muro con 3,200 h-h de albañil y 3,200 h-h de ayudante.

- Rendimiento por h-h de albañil: $4,800 / 3,200 = 1.50 \text{ m}^2/\text{h-h}$.
- Cada hora de cuadrilla (1 albañil + 1 ayudante) produce 1.50 m²; en 8 horas, 12 m²/día.

4.3.3. Método 3: cronometraje en campo

Medición directa del tiempo que tarda una cuadrilla, con cronómetro y formatos estandarizados.

Procedimiento: elegir una cuadrilla representativa, cronometrar al menos cinco ciclos completos, separar tiempos productivos y no productivos, promediar y aplicar un factor de descanso.

- **Ventajas:** máxima precisión; detecta ineficiencias concretas; sirve de base para incentivos.
- **Desventajas:** requiere personal especializado, consume tiempo y puede generar resistencia.
- **Cuándo usarlo:** partidas críticas o nuevas, u obras con problemas de productividad.

Ejemplo: colocación de 1 m² de enchape cerámico. Cinco ciclos de 45, 42, 48, 44 y 46 minutos dan un promedio de 45 min/m² (0.75 h/m²). Con un factor de descanso del 15 %: $0.75 \times 1.15 = 0.86 \text{ h/m}^2$.

4.3.4. Método 4: juicio experto

Estimación del presupuestador o del residente basada en su experiencia. Es rápido y aprovecha el conocimiento tácito, pero es subjetivo, propenso al optimismo y difícil de defender. Útil en anteproyectos, partidas muy especiales y como validación de los otros métodos.

4.3.5. Comparación de los cuatro métodos

Método	Precisión	Costo	Tiempo	Confiabilidad
Catálogos oficiales	Media	Bajo	Rápido	Media
Histórico de la empresa	Alta	Medio	Medio	Alta
Cronometraje	Muy alta	Alto	Lento	Muy alta
Juicio experto	Variable	Bajo	Rápido	Baja a media

4.4. Tablas de rendimientos estándar

Estos valores son una base de referencia para jornadas de 8 horas y siempre deben ajustarse con los factores de 4.2.

Tabla 4.2. Movimiento de tierras

Partida	Cuadrilla	Rendimiento base
Excavación manual, terreno suelto	1 capataz + 4 peones	12 m ³ /día
Excavación manual, terreno compacto	1 capataz + 4 peones	8 m ³ /día
Excavación manual en roca (con pico)	1 capataz + 4 peones	3 m ³ /día
Excavación con retroexcavadora	1 operador + 2 ayudantes	80 m ³ /día
Excavación con excavadora de 20 t	1 operador + 1 ayudante	200 m ³ /día
Carga manual a camión	4 ayudantes	8 m ³ /día
Carga con cargador frontal	1 operador	150 m ³ /día

Tabla 4.3. Concreto

Partida	Cuadrilla	Rendimiento base
Vaciado manual en zapatas	1 capataz + 3 albañiles + 4 ayudantes	18 m ³ /día
Vaciado con bomba en columnas	1 capataz + 3 albañiles + 4 ayudantes	35 m ³ /día
Vaciado con bomba en losas	1 capataz + 4 albañiles + 6 ayudantes	45 m ³ /día
Vaciado con grúa y cubilote en muros	1 capataz + 3 albañiles + 4 ayudantes	22 m ³ /día
Curado de concreto	1 ayudante	400 m ² /día

Tabla 4.4. Acero de refuerzo

Partida	Cuadrilla	Rendimiento base
Corte y doblado manual	1 capataz + 3 fierreros + 2 ayudantes	1,200 kg/día
Corte y doblado con máquina	1 capataz + 2 fierreros + 1 ayudante	2,000 kg/día
Colocación y amarre en zapatas	1 capataz + 2 fierreros + 1 ayudante	800 kg/día

Partida	Cuadrilla	Rendimiento base
Colocación y amarre en columnas	1 capataz + 2 fierros + 1 ayudante	600 kg/día
Colocación y amarre en vigas	1 capataz + 2 fierros + 1 ayudante	500 kg/día
Colocación y amarre en losas	1 capataz + 3 fierros + 2 ayudantes	900 kg/día

Tabla 4.5. Encofrado

Partida	Cuadrilla	Rendimiento base
Zapatas (madera)	1 capataz + 2 carpinteros + 1 ayudante	25 m ² /día
Columnas (madera)	1 capataz + 2 carpinteros + 1 ayudante	20 m ² /día
Vigas (madera)	1 capataz + 2 carpinteros + 1 ayudante	16 m ² /día
Losas (madera)	1 capataz + 3 carpinteros + 2 ayudantes	22 m ² /día
Columnas (metálico modular)	1 capataz + 2 carpinteros + 1 ayudante	35 m ² /día
Losas (metálico modular)	1 capataz + 3 carpinteros + 2 ayudantes	40 m ² /día
Desencofrado (cualquier elemento)	2 ayudantes	60 m ² /día

Tabla 4.6. Albañilería y revocos

Partida	Cuadrilla	Rendimiento base
Muro de ladrillo King Kong 13 cm	1 albañil + 1 ayudante	12 m ² /día
Muro de ladrillo King Kong 24 cm	1 albañil + 1 ayudante	8 m ² /día
Muro de bloque de concreto 15 cm	1 albañil + 1 ayudante	18 m ² /día
Muro de bloque de concreto 20 cm	1 albañil + 1 ayudante	14 m ² /día

Partida	Cuadrilla	Rendimiento base
Muro de piedra	1 albañil + 2 ayudantes	6 m ² /día
Tarrajeo interior 1:5 (15 mm)	1 albañil + 2 ayudantes	25 m ² /día
Tarrajeo exterior 1:4 (20 mm)	1 albañil + 2 ayudantes	20 m ² /día

Tabla 4.7. Acabados

Partida	Cuadrilla	Rendimiento base
Cerámica en piso	1 oficial + 1 ayudante	12 m ² /día
Porcelanato de gran formato	1 oficial + 1 ayudante	8 m ² /día
Enchape cerámico en muro	1 oficial + 1 ayudante	10 m ² /día
Pintura látex (2 manos)	1 pintor + 1 ayudante	120 m ² /día
Pintura al óleo (2 manos)	1 pintor + 1 ayudante	60 m ² /día
Tabique de placa de yeso (drywall)	1 oficial + 1 ayudante	20 m ² /día
Falso techo de placa de yeso	1 oficial + 1 ayudante	25 m ² /día
Puerta de madera	1 carpintero + 1 ayudante	4 und/día
Ventana de aluminio	1 oficial + 1 ayudante	3 und/día

Tabla 4.8. Instalaciones

Partida	Cuadrilla	Rendimiento base
Punto eléctrico completo	1 electricista + 1 ayudante	6 und/día
Tomacorriente	1 electricista + 1 ayudante	12 und/día
Tubería PVC de ½"	1 fontanero + 1 ayudante	60 m/día
Aparato sanitario	1 fontanero + 1 ayudante	4 und/día
Luminaria LED empotrada	1 electricista + 1 ayudante	15 und/día

4.5. Ejemplos prácticos de cálculo y ajuste

Ejemplo 1. Muro en el piso 12 de un edificio sin montacargas

Muros de ladrillo en el piso 12 (unos 36 m de altura), material subido por escaleras, acarreo horizontal de 70 m y 32 °C. Rendimiento base: 12 m²/día con 1 albañil + 1 ayudante.

Factor	Condición	Valor
Exposición en altura del edificio	Viento, desplazamientos, accesos	1.27
Acarreo horizontal (Fac)	70 m	1.20
Acarreo vertical manual (Fav)	36 m por escaleras	1.80
Temperatura (Fte)	32 °C	1.10
Producto de factores		3.02

Rendimiento Real = $12 / 3.02 = 3.97 \text{ m}^2 / \text{día}$

El rendimiento real es apenas el 33 % del base. Por eso los acabados en pisos altos son tan caros. La solución es mecanizar la subida de materiales con montacargas o grúa torre.

Ejemplo 2. Comparación de métodos: porcelanato de 60 × 60 cm

Método	Datos	Rendimiento de cuadrilla
Catálogo	Valor publicado	10 m ² /día
Histórico	480 m ² en 96 h de cuadrilla (12 jornadas)	40 m ² /día
Cronometraje	Ciclos de 42, 45, 40, 44 y 43 min/m ² ; promedio 0.71 h/m ² más 10 % de descanso = 0.78 h/m ²	8 / 0.78 = 10.25 m ² /día

Catálogo y cronometraje coinciden; el histórico es cuatro veces mayor. Una discrepancia de ese tamaño no se promedia: casi siempre revela un error de registro (horas no anotadas, metros contados dos veces o trabajo de otra cuadrilla imputado). La decisión prudente es presupuestar con 10 – 12 m²/día, revisar el registro histórico y validar con una prueba piloto de una semana antes de comprometer un rendimiento mayor.

Ejemplo 3. Rendimiento mixto (equipo y mano de obra)

Excavación de zanjas con retroexcavadora. Cuadrilla: 1 operador + 2 ayudantes que perfilan a mano. La máquina rinde 80 m³/día y marca el ritmo.

Costo por m³ = (CHE × 8 + Jornal operador + 2 × Jornal ayudante) / 80

Aunque los ayudantes solo perfilan el 30 % del volumen, se paga su jornal completo. El rendimiento de la cuadrilla sigue siendo el de la máquina (80 m³/día), pero el costo de mano de obra por m³ es mayor.

4.6. Casos especiales

Situación	Causas de la caída de rendimiento	Factor recomendado
Trabajo en altura con arnés (más de 15 m)	Colocación y revisión del arnés, movimientos restringidos, fatiga, protocolos estrictos	1.40 – 1.60
Espacios confinados (zanjas estrechas, tanques, sótanos)	Movilidad reducida, mala ventilación, dificultad para pasar material	1.30 – 1.50
Edificios ocupados (remodelaciones)	Horarios restringidos, protección de áreas, limpieza diaria, interrupciones	1.25 – 1.40
Zonas remotas	Fatiga por traslados, repuestos lejanos, alojamiento, escasez de personal calificado	1.20 – 1.35 (adicional)

4.7. Errores comunes

De principiante

- Copiar rendimientos de catálogo sin ajustar: un catálogo de la costa no vale para una obra en los Andes.
- Confundir el rendimiento de la cuadrilla con el individual.
- Ignorar tiempos muertos y suponer 8 horas productivas (en realidad, 6.5 – 7).
- Olvidar la curva de aprendizaje: las primeras semanas el rendimiento es un 20 % – 30 % menor.

De presupuesto

- Usar el mismo rendimiento para todas las zonas de la obra.
- No actualizar los rendimientos históricos.
- Ignorar la fatiga acumulada en obras de más de seis meses.

De control

- No medir los rendimientos reales durante la obra.
- No comparar real y presupuestado cada semana.
- Culpar siempre a la mano de obra cuando el problema suele ser de logística, materiales o supervisión.

4.8. Sistema de registro y control de rendimientos

4.8.1. Reporte diario de producción

Campo	Contenido
Fecha, partida y cuadrilla	Identificación del registro
Trabajadores presentes	Oficiales y ayudantes
Horas trabajadas	h-h por categoría
Cantidad ejecutada	En la unidad de la partida
Rendimiento del día	Cantidad / h-h
Rendimiento acumulado	Suma de cantidades / suma de h-h
Desviación frente al presupuesto	%

4.8.2. Indicadores clave (KPI)

Índice de Productividad (IP) = Rendimiento Real / Rendimiento Presupuestado

Con IP mayor que 1 se rinde mejor de lo presupuestado; menor que 1 indica un problema.

Eficiencia = (Horas productivas / Horas pagadas) × 100 (Meta > 80%)

Desviación de Costo Unitario = (Costo Real / Costo Presupuestado) - 1 (Meta < 5%)

Resumen del capítulo 4

Los rendimientos son la variable más crítica del presupuesto. Quien los domina predice el costo de mano de obra, ajusta los APU a cada obra, detecta ineficiencias a tiempo y negocia adicionales con solidez. La clave es combinar los cuatro métodos, aplicar los factores de ajuste y registrar lo real para compararlo con lo presupuestado. En el capítulo siguiente se abordan los costos que no forman parte del costo directo.

Capítulo 5. Costos indirectos, utilidad y financiación

Una empresa constructora no vive solo de costos directos. Detrás de cada obra hay una estructura de gastos que le permite existir, funcionar y ganar dinero. Son los costos indirectos, y representan entre el 15 % y el 35 % del costo total.

Tratarlos como un porcentaje mágico que se añade al final es un error grave. Deben calcularse con el mismo rigor que los directos: son la diferencia entre una empresa rentable y una que trabaja para pagar sus deudas.

5.1. Qué son los costos indirectos

Son los gastos necesarios para ejecutar la obra que no pueden asignarse a una partida concreta: benefician a la obra en su conjunto. Se agrupan en tres categorías:

1. **Gastos generales de obra (GGO):** necesarios para operar la obra.
2. **Gastos generales de oficina central (GGOC):** gastos de la empresa repartidos entre todas sus obras.
3. **Cargos adicionales:** utilidad, imprevistos, fianzas y costos financieros.

Precio Venta = CD + GGO + GGOC + Imprevistos + Utilidad + Fianzas + Costos Financieros + Impuestos

Característica	Costo directo	Costo indirecto
Asignación	Directa a una partida	Repartida entre toda la obra
Ejemplos	Cemento, acero, jornal del albañil	Residente de obra, oficina, energía
Comportamiento	Proporcional al metrado	Fijo o semifijo, ligado al plazo
Control	Fácil de medir	Requiere sistemas contables
Peso habitual	65 % – 80 % del total	20 % – 35 % del total

5.2. Gastos generales de obra (GGO)

Son los gastos de operación de la obra que no pertenecen a ninguna partida.

Tabla 5.1. Estructura típica de los GGO

Concepto	% típico sobre CD	Descripción
Personal de supervisión	8 % – 15 %	Residente, supervisor, topógrafo, almacenero
Oficina de obra	2 % – 4 %	Caseta, mobiliario, computadoras, internet
Servicios básicos	1 % – 3 %	Agua, electricidad, teléfono
Vehículos de obra	1 % – 3 %	Camioneta del residente y combustible
Seguros de obra	1 % – 2 %	Todo riesgo construcción, responsabilidad civil
EPP y seguridad	1 % – 2 %	Cascos, botas, arneses, señalización
Laboratorio	0.5 % – 1.5 %	Ensayos de probetas y compactación
Limpieza y seguridad industrial	0.5 % – 1.5 %	Botiquines, extintores

Concepto	% típico sobre CD	Descripción
Controles de calidad	0.5 % – 1 %	Ensayos no destructivos, topografía de control
Gastos diversos	0.5 % – 1 %	Papelería, copias, viáticos
Total GGO	15 % – 30 %	

5.2.1. El personal de supervisión

Suele ser el 50 % – 60 % de los GGO, por lo que conviene calcularlo con detalle.

Tamaño de obra	Personal de supervisión
Pequeña (menos de \$100,000)	1 residente + 1 topógrafo a medio tiempo
Mediana (\$100,000 – \$1 M)	1 residente + 1 supervisor + 1 topógrafo + 1 almacenero
Grande (\$1 M – \$10 M)	1 jefe de obra + 2 residentes + 2 supervisores + 1 topógrafo + 1 almacenero + 1 ingeniero de seguridad
Muy grande (más de \$10 M)	Gerente de proyecto, jefes de área, varios residentes, departamentos de seguridad y calidad

Ejemplo: obra mediana de 12 meses con CD de \$1,500,000

Puesto	Sueldo mensual	12 meses
Residente	\$3,500	\$42,000
Supervisor	\$2,500	\$30,000
Topógrafo	\$2,000	\$24,000
Almacenero	\$1,500	\$18,000
Cargas sociales (FCS 1.85 → 85 % de \$114,000)		\$96,900
Total supervisión		\$210,900

La supervisión supone $210,900 / 1,500,000 = 14.06 \%$ del costo directo.

5.2.2. Métodos de cálculo de los GGO

Método	Cómo se calcula	Ventaja	Desventaja	Uso
Análisis detallado	Presupuesto de cada concepto según plazo y organización	Máxima precisión	Exige tiempo y datos	Presupuestos definitivos, obras grandes
Porcentaje sobre CD	Porcentaje histórico o de mercado	Rápido	Ignora las particularidades de la obra	Anteproyectos
Fórmulas o tablas oficiales	Según el reglamento de cada país	Aceptado en licitaciones	No siempre refleja la realidad	Licitaciones públicas

5.3. Gastos generales de oficina central (GGOC)

Son los gastos de la empresa que no pertenecen a ninguna obra: gerencia, administración, oficinas. Deben repartirse entre todas las obras en ejecución.

Tabla 5.2. Estructura típica de los GGOC

Concepto	% típico sobre CD	Descripción
Personal administrativo	3 % – 6 %	Gerencia, contabilidad, RR. HH., compras
Alquiler de oficinas	1 % – 3 %	Oficina central y servicios
Depreciación de activos	0.5 % – 1.5 %	Vehículos, equipos de oficina, mobiliario
Servicios profesionales	0.5 % – 1.5 %	Asesoría legal, contable y fiscal
Comercial y licitaciones	0.5 % – 1.5 %	Preparación de ofertas, publicidad
Seguros corporativos	0.3 % – 0.8 %	Responsabilidad civil general
Tecnología y sistemas	0.3 % – 0.8 %	Software, servidores, licencias
Capacitación	0.2 % – 0.5 %	Cursos y certificaciones
Gastos financieros corporativos	0.5 % – 1.5 %	Intereses de líneas de crédito
Total GGOC	7 % – 15 %	

5.3.1. Métodos de reparto

$$\text{GGOC (Obra)} = \text{GGOC (Anual)} \times \left[\text{CD (Obra)} / \sum \text{CD (Todas las obras)} \right]$$

Ejemplo. GGOC anual de \$500,000; CD de todas las obras \$5,000,000; CD de la obra \$1,500,000. Le corresponden $500,000 \times 0.30 = \$150,000$, es decir un 10 % de su costo directo.

Otras bases de reparto son las horas-hombre (empresas con obras muy distintas en intensidad de mano de obra) y el plazo (GGOC mensual $\times$ meses de obra, para obras de duración muy variable).

Muchas empresas usan un único porcentaje anual:

$$\% \text{ GGOC} = (\text{GGOC Anual} / \text{Ingresos Anuales}) \times 100$$

Nota del presupuestador. Revisa este porcentaje cada año. Si la empresa crece, tiende a bajar por economías de escala; si se contrae, sube.

5.4. Utilidad e imprevistos

5.4.1. La utilidad

Es la ganancia que la empresa espera del proyecto. Permite reinvertir en equipos y tecnología, remunerar a los socios, crear reservas para épocas de crisis y crecer.

Factor	Utilidad baja (5 % – 8 %)	Utilidad alta (12 % – 20 %)
Tamaño de la obra	Obras grandes	Obras pequeñas
Riesgo técnico	Proyectos rutinarios	Proyectos complejos o nuevos
Competencia	Mercado muy competitivo	Pocos competidores
Situación de la empresa	Necesita cartera	Cartera llena
Cliente	Público o gran empresa	Privado pequeño
Plazo de pago	Pagos rápidos	Pagos lentos

Rangos habituales: obras públicas 5 % – 10 %; privadas grandes 8 % – 12 %; privadas medianas 10 % – 15 %; pequeñas o especializadas 12 % – 20 %.

5.4.2. Los imprevistos

Son un fondo de reserva para eventos menores y frecuentes que no se pueden detallar en el presupuesto pero que estadísticamente ocurrirán. No son lo mismo que los riesgos (Capítulo 6).

Concepto	Imprevistos	Riesgos
Naturaleza	Eventos menores y frecuentes	Eventos mayores y poco frecuentes
Ejemplos	Lluvia extra, un día de retraso, rotura de herramienta	Sismo, huelga, quiebra de un proveedor
Cálculo	Porcentaje fijo sobre CD	Análisis probabilístico
Porcentaje típico	2 % – 5 %	0 % – 10 % según el análisis

Concepto	Imprevistos	Riesgos
Uso	Se consume durante la obra	Solo si el riesgo ocurre

Aumentan los imprevistos: diseños incompletos, geotecnia incierta, plazos ajustados, ubicación remota, temporada de lluvias y escasez de materiales o mano de obra.

5.4.3. Cálculo en cascada

Cuando cada porcentaje se define sobre el subtotal acumulado, el cálculo es en cascada:

Precio Venta = CD × (1 + % GGO) × (1 + % GGOC) × (1 + % Imprevistos) × (1 + % Utilidad)

Sumar los porcentajes y aplicarlos una sola vez sobre el CD da un precio menor y, por tanto, una utilidad real inferior a la buscada.

Ejemplo: CD de \$1,500,000; GGO 18 %; GGOC 10 %; imprevistos 3 %; utilidad 12 %

Paso	Cálculo	Subtotal
CD + GGO	$1,500,000 \times 1.18$	\$1,770,000
+ GGOC	$1,770,000 \times 1.10$	\$1,947,000
+ Imprevistos	$1,947,000 \times 1.03$	\$2,005,410
+ Utilidad	$2,005,410 \times 1.12$	\$2,246,059

Comprobación: $2,246,059 - 2,005,410 = \$240,649$, exactamente el 12 % de la base. Con la suma simple ($1,500,000 \times 1.43 = \$2,145,000$) el precio sería \$101,059 menor, un 4.5 %.

Nota del presupuestador. En licitaciones públicas el método lo fija el pliego. Lee siempre sobre qué base se aplica cada porcentaje antes de calcular.

5.5. Fianzas y garantías

En la mayoría de los contratos, sobre todo públicos, el contratista debe presentar garantías de cumplimiento. Su costo debe presupuestarse.

Tabla 5.3. Fianzas típicas

Tipo	Monto garantizado	Propósito	Duración
Anticipo	100 % del anticipo	Buen uso del anticipo	Hasta su amortización
Cumplimiento	10 % – 20 % del contrato	Ejecución del contrato	Obra + garantía
Pago a terceros	10 % – 20 % del contrato	Pago a subcontratistas y proveedores	Durante la obra
Vicios ocultos	5 % – 10 % del contrato	Defectos tras la entrega	1 – 5 años

Tipo	Monto garantizado	Propósito	Duración
Mantenimiento	5 % – 10 % del contrato	Funcionamiento correcto	Periodo de garantía

El costo de una fianza no es el monto garantizado, sino la prima que cobra la aseguradora:

Costo Fianza = Monto Garantizado × Tasa de Prima Anual × (Plazo en días / 360)

Ejemplo. Contrato de \$2,000,000, fianza de cumplimiento del 10 % (\$200,000), prima del 3 % anual y 360 días: $200,000 \times 0.03 \times 1 = \$6,000$.

Nota del presupuestador. Las primas dependen de la solvencia del contratista: empresas con buena trayectoria pagan 1.5 % – 2.5 %; nuevas o con problemas, hasta 5 % – 8 %.

5.5.1. Retenciones

Muchos contratos retienen un 5 % – 10 % de cada pago como garantía. Ese dinero no se pierde, pero se cobra tarde y tiene un costo financiero. Con un contrato de \$2,000,000 y retención del 10 %, se acumulan \$200,000. Si se devuelven seis meses después de una obra de 12, quedan inmovilizados unos 18 meses: al 12 % anual, el costo aproximado es $200,000 \times 0.12 \times 1.5 = \$36,000$.

5.6. Costos financieros y flujo de caja

Son, posiblemente, los más subestimados. Una obra puede tener un costo directo impecable y, aun así, llevar a la empresa a problemas de liquidez si el flujo de caja es negativo.

5.6.1. Por qué existen

En construcción los gastos se pagan antes de cobrar: materiales al contado o a 30 días, mano de obra semanal o quincenal, equipos cada mes. El cliente, en cambio, paga contra avance, con 30, 60 o 90 días de retraso. Esa brecha hay que financiarla, y la financiación cuesta.

Tabla 5.4. Fuentes de financiamiento

Fuente	Costo anual típico	Uso
Capital propio	10 % – 18 %	Costo de oportunidad del dinero
Línea de crédito bancaria	12 % – 20 %	Capital de trabajo
Anticipo del cliente	0 % (requiere fianza)	Financiamiento sin intereses
Crédito de proveedores	0 % – 5 % implícito	Pagos a 30, 60 o 90 días
Factoring	15 % – 25 %	Cobro anticipado de facturas
Préstamo bancario	14 % – 22 %	Obras grandes

5.6.2. Flujo de caja y Curva S

La Curva S representa los ingresos y egresos acumulados de la obra mes a mes: arranca lenta, se acelera en el centro y se frena al final. Sus puntos clave son el máximo déficit (la mayor necesidad de financiamiento) y el punto de equilibrio (cuando se recupera lo invertido).

Tabla 5.5. Flujo de caja mensual (miles de USD)

Mes	Ingreso	Egreso	Flujo neto	Acumulado
1	0	100	-100	-100
2	0	150	-150	-250
3	120	180	-60	-310
4	180	200	-20	-330
5	220	220	0	-330
6	250	230	+20	-310
7	280	240	+40	-270
8	300	250	+50	-220
9	320	240	+80	-140
10	300	220	+80	-60
11	250	180	+70	+10
12	180	120	+60	+70

El máximo déficit es de \$330,000 en los meses 4 y 5, y el punto de equilibrio llega en el mes 11. La empresa debe tener financiamiento para al menos \$330,000.

5.6.3. Cálculo del costo financiero

Costo Financiero = $\sum$ (Déficit acumulado del mes $\times$ Tasa mensual)

Con una tasa del 1.2 % mensual sobre los déficits de los meses 1 a 10 (100, 250, 310, 330, 330, 310, 270, 220, 140 y 60 mil):

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costo (miles USD)	1.20	3.00	3.72	3.96	3.96	3.72	3.24	2.64	1.68	0.72

El costo financiero total es de \$27,840, un 1.2 % de los egresos totales de la obra (\$2,330,000).

Nota del presupuestador. En obras largas y con pagos lentos el costo financiero puede superar el 5 % del costo directo. Negociar anticipos y plazos de pago es tan importante como negociar precios.

5.6.4. El anticipo: el mejor financiamiento

El anticipo (normalmente 10 % – 30 % del contrato) no genera intereses, reduce el máximo déficit y mejora el flujo desde el primer día. Se amortiza descontándolo proporcionalmente de cada pago:

Pago Mensual = Avance valorizado del mes - Amortización del anticipo

Con un contrato de \$2,000,000, anticipo del 20 % (\$400,000) y 10 meses, se amortizan \$40,000 al mes si el avance es uniforme; lo habitual es amortizar el mismo porcentaje de cada valorización.

5.7. Estructura final del presupuesto

Ejemplo con CD de \$1,500,000. En esta estructura los GGO y GGOC se aplican sobre el CD, y los demás cargos sobre el subtotal anterior.

Tabla 5.6. Estructura de un presupuesto final

Concepto	Tasa aplicada	Monto (USD)	% sobre CD
A. Costo directo		1,500,000	100.0 %
Materiales	55 % del CD	825,000	
Mano de obra	35 % del CD	525,000	
Equipos	10 % del CD	150,000	
B. Gastos generales de obra	18 % de A	270,000	18.0 %
C. Gastos generales de oficina central	10 % de A	150,000	10.0 %
D. Costo total (A + B + C)		1,920,000	128.0 %
E. Imprevistos	3 % de D	57,600	3.8 %
F. Utilidad	12 % de (D + E)	237,312	15.8 %
G. Fianzas	0.5 % de (D + E + F)	11,075	0.7 %
H. Costos financieros	1.5 % de (D + E + F)	33,224	2.2 %
I. Precio antes de impuestos		2,259,211	150.6 %
J. IVA (tasa referencial)	16 % de I	361,474	24.1 %
K. Precio final al cliente		2,620,685	174.7 %

La tasa de IVA es referencial: aplica la vigente en cada país (en España, el tipo general es el 21 %).

Del precio final, el 73.3 % cubre costos de construcción (directos y generales), el 13.8 % son impuestos, el 9.1 % es utilidad y el 3.9 % corresponde a imprevistos, fianzas y costos financieros.

Nota del presupuestador. Una utilidad cercana al 9 % del precio final es razonable en obras medianas. Por debajo del 5 % la obra es de alto riesgo; por encima del 15 % probablemente no serás competitivo.

5.8. Errores comunes en costos indirectos

Tipo	Error
Cálculo	Aplicar los porcentajes sobre una base distinta a la definida
Cálculo	Olvidar los costos financieros o las fianzas
Cálculo	Usar un % de GGOC desactualizado
Cálculo	No construir la Curva S y desconocer el financiamiento necesario
Conceptual	Confundir GGO con GGOC
Conceptual	Incluir la utilidad dentro de los GGO
Conceptual	Tratar los imprevistos como dinero extra
Conceptual	Ignorar el costo de oportunidad del capital propio
Estratégico	Bajar la utilidad solo para ganar licitaciones
Estratégico	No negociar anticipos o aceptar plazos de pago muy largos

5.9. Caso práctico integral: edificio de cuatro pisos

Datos: CD de \$2,500,000; plazo de 18 meses; cliente privado solvente; anticipo del 20 %; pagos a 45 días; interés del 1.2 % mensual.

Paso 1. GGO por análisis detallado (18 meses)

Concepto	Costo en 18 meses	% sobre CD
Residente con cargas	\$108,000	4.32 %
Supervisor con cargas	\$72,000	2.88 %
Topógrafo con cargas	\$48,000	1.92 %
Almacenero con cargas	\$36,000	1.44 %
Oficina de obra	\$25,000	1.00 %
Servicios básicos	\$18,000	0.72 %
Seguros	\$30,000	1.20 %
EPP y seguridad	\$20,000	0.80 %
Laboratorio	\$15,000	0.60 %

Concepto	Costo en 18 meses	% sobre CD
Diversos	\$10,000	0.40 %
Total GGO	\$382,000	15.28 %

Pasos 2 a 6. Resto de cargos

- GGOC histórico de la empresa: 9 %.
- Imprevistos (diseño completo, terreno conocido): 2 %.
- Utilidad (cliente privado, obra mediana, competencia normal): 10 %.
- Fianzas: cumplimiento $\$250,000 \times 2.5 \% \times 1.5 \text{ años} = \$9,375$; anticipo $\$500,000 \times 2 \% \times 0.5 \text{ años} = \$5,000$. Total $\$14,375$, un 0.58 %.
- Costos financieros: con anticipo del 20 % y cobros a 45 días, el máximo déficit ronda el 8 % del CD; costo estimado 1.8 %.

Paso 7. Cálculo en cascada

Concepto	Tasa	Cálculo	Monto
Costo directo			\$2,500,000
+ GGO	15.28 %	$2,500,000 \times 1.1528$	\$2,882,000
+ GGOC	9 %	$2,882,000 \times 1.09$	\$3,141,380
+ Imprevistos	2 %	$3,141,380 \times 1.02$	\$3,204,208
+ Utilidad	10 %	$3,204,208 \times 1.10$	\$3,524,628
+ Fianzas	0.58 %	$3,524,628 \times 1.0058$	\$3,545,071
+ Costos financieros	1.8 %	$3,545,071 \times 1.018$	\$3,608,882
Precio antes de IVA			\$3,608,882
+ IVA (referencial)	16 %	$3,608,882 \times 0.16$	\$577,421
Precio final			\$4,186,304

Rentabilidad. La utilidad es $3,524,628 - 3,204,208 = \$320,420$, un 8.9 % del precio antes de IVA. Fianzas y costos financieros son costos, no ganancia. El precio sin IVA equivale al 144.4 % del costo directo, y con IVA al 167.5 %.

Resumen del capítulo 5

Los costos indirectos son una estructura que se calcula con precisión: los GGO cubren la operación de la obra, los GGOC reparten los costos corporativos, la utilidad asegura la rentabilidad, los imprevistos protegen frente a lo menor e inesperado, las fianzas respaldan el cumplimiento y los costos financieros cubren el desfase entre pagos y cobros. En el capítulo siguiente se analizan los riesgos mayores y el ajuste por inflación.

Capítulo 6. Análisis de riesgos y contingencias

Los capítulos anteriores construyeron el presupuesto en condiciones razonables. Este enfrenta la realidad de la construcción: algo saldrá mal. Un sismo, una huelga, la quiebra de un proveedor, una subida brusca del acero o un error de planos descubierto tarde pueden destruir la rentabilidad de una obra si no se han previsto.

En obras grandes, el análisis de riesgos puede marcar la diferencia entre una utilidad del 10 % y una pérdida del 15 %. Este capítulo enseña a identificar, cuantificar y mitigar riesgos, y a ajustar precios ante la inflación.

6.1. Qué es un riesgo en construcción

Un riesgo es un evento incierto que, si ocurre, afecta a los objetivos del proyecto (costo, plazo, calidad). En presupuestos interesan sobre todo los riesgos negativos.

Concepto	Definición	Ejemplo	Tratamiento
Riesgo	Evento incierto con probabilidad estimable	Lluvia en temporada invernal (60 %)	Análisis probabilístico
Imprevisto	Evento menor y frecuente	Rotura de herramienta, un día de retraso	Porcentaje fijo (2 % – 5 %)
Incertidumbre	Evento sin datos históricos	Sismo mayor, pandemia, guerra	Reservas estratégicas y seguros

Riesgo Esperado = Probabilidad × Impacto Económico

Ejemplo. Probabilidad de lluvia excesiva del 30 % con un impacto de \$50,000: $0.30 \times 50,000 = \$15,000$ de contingencia para ese riesgo.

6.2. Clasificación de riesgos

Tabla 6.1. Riesgos técnicos

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Causa típica
Errores en planos	Alta	Medio	Diseño deficiente
Geotecnia distinta a la prevista	Media	Alto	Estudios de suelos insuficientes
Interferencias MEP	Alta	Bajo	Falta de coordinación
Obsolescencia de materiales o sistemas	Baja	Medio	Cambios tecnológicos
Fallas del método constructivo	Baja	Muy alto	Experiencia insuficiente
Dificultades de acceso	Media	Medio	Logística deficiente

Tabla 6.2. Riesgos financieros

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Causa típica
Inflación de materiales	Alta	Alto	Volatilidad del mercado
Retraso en pagos del cliente	Media	Alto	Liquidez del cliente
Quiebra de un proveedor	Baja	Muy alto	Mala selección
Subida de tasas de interés	Media	Medio	Política monetaria
Fluctuación cambiaria	Alta	Alto	Materiales importados
Financiamiento insuficiente	Media	Muy alto	Mala planificación financiera

Tabla 6.3. Riesgos legales y contractuales

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Causa típica
Cambios normativos	Baja	Alto	Nuevas normas ambientales o técnicas
Retraso en licencias	Media	Alto	Burocracia municipal
Demandas de terceros	Baja	Muy alto	Daños a vecinos
Disputas contractuales	Media	Alto	Contratos mal redactados
Penalizaciones por incumplimiento	Media	Alto	Plazos mal calculados
Conflictos laborales	Media	Medio	Relaciones sindicales

Tabla 6.4. Riesgos ambientales y de fuerza mayor

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Causa típica
Lluvias excesivas	Alta	Medio	Temporada invernal
Sismos	Baja	Muy alto	Actividad sísmica
Huracanes y tormentas	Baja	Muy alto	Fenómenos climáticos
Huelgas generales	Media	Alto	Conflictos sociales
Pandemias	Baja	Muy alto	Crisis sanitarias

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Causa típica
Bloqueos de vías	Media	Alto	Protestas

6.3. Matriz de probabilidad-impacto

Es la herramienta más usada para priorizar riesgos. Cada riesgo recibe una puntuación de 1 a 5 en probabilidad y en impacto; su producto lo clasifica.

Tabla 6.5. Matriz 5 × 5 (puntaje = probabilidad × impacto)

Probabilidad \ Impacto	Muy bajo (1)	Bajo (2)	Medio (3)	Alto (4)	Muy alto (5)
Muy alta (5)	5	10	15	20	25
Alta (4)	4	8	12	16	20
Media (3)	3	6	9	12	15
Baja (2)	2	4	6	8	10
Muy baja (1)	1	2	3	4	5

Puntaje	Nivel	Acción
1 – 6	Bajo	Aceptar y monitorear
7 – 12	Medio	Plan de mitigación
13 – 19	Alto	Acciones inmediatas antes de firmar
20 – 25	Crítico	Puede hacer inviable el proyecto

Tabla 6.6. Registro de riesgos con la matriz

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Puntaje	Nivel
Subida del acero del 20 %	4	4	16	Alto
Retraso en pagos	3	4	12	Medio
Lluvia excesiva	4	3	12	Medio
Errores en planos	4	3	12	Medio
Quiebra de proveedor	2	5	10	Medio

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Puntaje	Nivel
Bloqueo de vías	3	3	9	Medio
Huelga general	2	4	8	Medio
Sismo	1	5	5	Bajo

6.4. Métodos de cuantificación

6.4.1. Valor esperado

Valor Esperado (VE) = $\sum$ (Probabilidad_i × Impacto_i)

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Valor esperado
Subida del acero del 20 %	0.40	\$120,000	\$48,000
Retraso en pagos	0.30	\$35,000	\$10,500
Lluvia excesiva	0.40	\$25,000	\$10,000
Quiebra de proveedor	0.20	\$80,000	\$16,000
Errores en planos	0.40	\$40,000	\$16,000
Contingencia total			\$90,500

Nota del presupuestador. El método supone riesgos independientes, y no siempre lo son: una huelga puede causar a la vez retrasos y subida de materiales.

6.4.2. Análisis de sensibilidad

Se varía cada variable un porcentaje fijo y se observa el efecto en el costo directo.

Variable	Variación	Impacto en CD	% del CD
Precio del acero	+10 %	+\$82,500	5.5 %
Plazo de obra	+10 %	+\$60,000	4.0 %
Rendimiento de mano de obra	-10 %	+\$52,500	3.5 %
Tipo de cambio	+10 %	+\$45,000	3.0 %
Precio del cemento	+10 %	+\$33,000	2.2 %

El acero y el plazo son las variables más sensibles y deben vigilarse especialmente.

6.4.3. Análisis de escenarios

Escenario	Probabilidad	Costo total
Optimista	20 %	\$2,100,000
Probable	60 %	\$2,250,000
Pesimista	20 %	\$2,600,000

Costo Esperado = $(0.20 \times 2,100,000) + (0.60 \times 2,250,000) + (0.20 \times 2,600,000) = \$2,290,000$

6.4.4. Simulación de Monte Carlo

Se asigna una distribución de probabilidad a cada variable (normal, triangular, uniforme), un software genera miles de escenarios aleatorios y se obtiene la distribución del costo total. Se elige el percentil deseado: por ejemplo P50 = \$2,250,000, P80 = \$2,420,000 y P95 = \$2,580,000. Para obras de más de \$10 millones es prácticamente obligatoria; en obras pequeñas basta el valor esperado.

6.5. Estrategias de tratamiento

Tabla 6.7. Las cuatro estrategias

Estrategia	Descripción	Ejemplo	Cuándo usarla
Evitar	Eliminar la causa	Rediseñar para evitar excavaciones profundas	Riesgo muy alto y cambio asumible
Transferir	Pasar el riesgo a un tercero	Seguros, cláusulas contractuales, subcontratos	Otro lo gestiona mejor
Mitigar	Reducir probabilidad o impacto	Mejores estudios de suelos, capacitación	Acciones costo-efectivas
Aceptar	Asumirlo con una reserva	Contingencia económica	Mitigar cuesta más que el impacto

Ejemplos de mitigación

Riesgo	Estrategia	Acciones
Subida del acero	Mitigar y transferir	Compra anticipada, precio fijado con el proveedor por seis meses, cláusula de ajuste por polinomio
Retraso en pagos	Mitigar y transferir	Anticipo del 30 %, intereses moratorios en el contrato, garantía de pago

Riesgo	Estrategia	Acciones
Lluvia excesiva	Mitigar y aceptar	Excavar en temporada seca, carpas y bombas de achique, tres días de holgura en el cronograma

6.6. Polinomios de ajuste por inflación

En obras largas la inflación de materiales y mano de obra es uno de los riesgos financieros principales. Los polinomios de ajuste (fórmulas de revisión de precios) calculan el factor que actualiza el precio original entre la fecha de la oferta y la de ejecución.

$$K = a_1 \times (I_{1t} / I_{10}) + a_2 \times (I_{2t} / I_{20}) + \dots + a_n \times (I_{nt} / I_{n0}) + b \quad (\text{donde } \sum a_i + b = 1)$$

Precio Ajustado = Precio Original $\times$ K

Donde $a_1 \dots a_n$ son los pesos de cada componente, I_t e I_0 los índices de precios en el periodo actual y en el base, y b la parte fija no revisable (normalmente 0.10 – 0.20), que representa utilidad, gastos generales y otros costos no indexados.

6.6.1. Ejemplo de cálculo

Contrato firmado en enero de 2025 y valorización de enero de 2026 (índice base = 100).

Tabla 6.8. Polinomio de una obra de edificación

Componente	Peso	Índice base	Índice actual	Término
Cemento	0.08	100	112	0.0896
Acero	0.12	100	125	0.1500
Agregados	0.05	100	108	0.0540
Ladrillos	0.04	100	110	0.0440
Mano de obra	0.30	100	106	0.3180
Equipos	0.08	100	105	0.0840
Combustibles	0.05	100	115	0.0575
Otros materiales	0.10	100	109	0.1090
Parte fija	0.18	—	—	0.1800
Total	1.00			K = 1.0861

El precio debe ajustarse un 8.61 %. Un metro cúbico de concreto de \$120 pasa a $120 \times 1.0861 = \$130.33$.

6.6.2. Polinomios típicos por tipo de obra

Tabla 6.9. Composición del polinomio (%)

Tipo de obra	Materiales	Mano de obra	Equipos	Fijo
Edificación residencial	55	30	8	7
Edificio de oficinas	50	32	10	8
Carretera	35	25	30	10
Puente	45	25	20	10
Presa	40	28	22	10
Instalación industrial	65	20	8	7
Obra marítima	50	22	18	10

6.6.3. Fuentes de índices de precios

Tabla 6.10. Instituciones que publican índices

País	Institución	Índices
España	INE y Ministerio de Hacienda	Índices de precios de materiales para revisión de precios
México	INEGI	Índice Nacional de Precios Productor (INPP)
Colombia	DANE	Índice de Costos de la Construcción
Perú	INEI	Índice de Precios de Materiales de Construcción
Chile	INE	Índices de costos de edificación
Argentina	INDEC	Índice del Costo de la Construcción
Estados Unidos	BLS	Producer Price Index (PPI)

Nota del presupuestador. Usa solo índices oficiales y nómbralos expresamente en el contrato; los no oficiales generan disputas.

6.7. Otras fórmulas de escalación

Escalación simple. Ajusta todo con el índice general de precios al consumidor. Con \$100,000 y un 8 % de inflación: \$108,000. No distingue entre materiales, mano de obra y equipos.

Escalación por componentes.

$$\text{Precio Ajustado} = \text{CD} \times [(1 + i_M) \times \%M + (1 + i_{MO}) \times \%MO + (1 + i_E) \times \%E + \%Fijo]$$

Con CD de \$1,000,000; pesos 55 % / 30 % / 8 % / 7 % e inflaciones del 12 %, 6 % y 5 %: $1,000,000 \times (0.616 + 0.318 + 0.084 + 0.07) = \$1,088,000$.

Escalación con techo y piso. Se limita el factor, por ejemplo entre 0.90 y 1.15: si K supera 1.15 se aplica 1.15; si baja de 0.90 se aplica 0.90. Reparte el riesgo entre contratista y cliente.

Ajuste por tipo de cambio para equipos o materiales importados:

$$\text{Precio Ajustado} = \text{Precio Original} \times (\text{Tipo Cambio Actual} / \text{Tipo Cambio Base})$$

Un equipo de USD 50,000 ofertado con un cambio de 18.00 cuesta 900,000 en moneda local; con un cambio de 20.50 cuesta 1,025,000, un 13.9 % más.

6.8. Contingencias: la reserva estratégica

La contingencia es la reserva calculada a partir del análisis de riesgos. No es dinero extra.

Tabla 6.11. Tipos de contingencia

Tipo	Propósito	% típico sobre CD	Quién la controla
De diseño	Errores u omisiones en planos	3 % – 8 %	Cliente o proyectista
De construcción	Riesgos propios de la ejecución	2 % – 5 %	Contratista
De gestión	Cambios de alcance solicitados	5 % – 10 %	Cliente
Por inflación	Subidas de precios no previstas	2 % – 8 %	Compartida
Por fuerza mayor	Eventos extraordinarios	1 % – 3 %	Compartida

6.8.1. Cálculo de la contingencia total

Las contingencias parciales no deben sumarse sin más, porque es improbable que todos los riesgos se materialicen a la vez. Si son independientes se combinan por raíz de la suma de cuadrados (RSS); si están totalmente correlacionados, se suman. Con correlación parcial se interpola:

$$\text{Contingencia RSS} = \sqrt{(\sum C_i^2)} \quad | \quad \text{Contingencia Total} = \text{RSS} + \rho \times (\sum C_i - \text{RSS})$$

Ejemplo. Contingencias de diseño \$80,000, construcción \$50,000 e inflación \$60,000 (suma \$190,000).

- $\text{RSS} = \sqrt{(80,000^2 + 50,000^2 + 60,000^2)} = \sqrt{12,500,000,000} = \$111,803$.
- Con correlación moderada ($\rho = 0.3$): $111,803 + 0.3 \times (190,000 - 111,803) = \$135,262$.

6.8.2. Gestión de la contingencia

1. **Aprobación:** todo uso lo aprueba el cliente o el gerente de proyecto.
2. **Registro:** cada uso se documenta con causa y monto.
3. **Monitoreo:** el saldo se revisa cada mes.
4. **Liberación:** lo no usado se devuelve o se reparte según el contrato.

6.9. Caso práctico integral: centro comercial de 15,000 m²

Datos: CD de \$8,000,000; plazo de 24 meses; zona sísmica con lluvias intensas; contrato a precios unitarios con ajuste por polinomio.

Pasos 1 y 2. Identificación y valor esperado

Riesgo	Categoría	Probabilidad	Impacto	Valor esperado
Sismo durante la construcción	Ambiental	2 %	\$2,000,000	\$40,000
Subida del acero superior al 20 %	Financiero	40 %	\$400,000	\$160,000
Retraso en licencias municipales	Legal	30 %	\$150,000	\$45,000
Lluvias 30 % por encima de lo normal	Ambiental	40 %	\$200,000	\$80,000
Quiebra del proveedor de acero	Financiero	20 %	\$500,000	\$100,000
Errores en el diseño estructural	Técnico	30 %	\$300,000	\$90,000
Huelga de transportistas	Legal	20 %	\$250,000	\$50,000
Fluctuación cambiaria superior al 15 %	Financiero	30 %	\$350,000	\$105,000
Contingencia de riesgos				\$670,000

Paso 3. Polinomio de ajuste con la inflación esperada a 24 meses

Componente	Peso	Inflación esperada	Término
Cemento	0.07	+18 %	0.0826
Acero	0.15	+30 %	0.1950
Agregados	0.04	+12 %	0.0448
Acabados	0.08	+15 %	0.0920
Mano de obra	0.28	+14 %	0.3192
Equipos	0.10	+10 %	0.1100
Combustibles	0.06	+20 %	0.0720
Otros	0.07	+13 %	0.0791
Parte fija	0.15	—	0.1500
K	1.00		1.1447

Se espera un ajuste del 14.47 % en 24 meses.

Paso 4. Presupuesto final con riesgos

Concepto	Monto	% sobre CD
Costo directo	\$8,000,000	100.00 %
+ GGO (15 % del CD)	\$1,200,000	15.00 %
+ GGOC (9 % del subtotal)	\$828,000	10.35 %
+ Imprevistos (2 %)	\$200,560	2.51 %
+ Utilidad (10 %)	\$1,022,856	12.79 %
Subtotal	\$11,251,416	140.64 %
+ Contingencia de riesgos	\$670,000	8.38 %
Precio base antes de ajuste	\$11,921,416	149.02 %
+ Ajuste por inflación (14.47 %)	\$1,725,029	21.56 %
Precio final ajustado (sin IVA)	\$13,646,445	170.58 %

El ajuste por inflación supone el 21.56 % del costo directo; la contingencia, el 8.38 %, adecuada para un proyecto de esta complejidad.

Mitigación aplicada

- **Acero:** compra anticipada del 50 % al inicio de la obra.
- **Sismo:** seguro todo riesgo construcción con cobertura sísmica.

- **Lluvias:** excavaciones en temporada seca y 15 días de holgura en el cronograma.
- **Licencias:** gestor especializado y trámites iniciados tres meses antes.
- **Proveedor de acero:** tres proveedores precalificados y penalidad por incumplimiento.

6.10. Errores comunes en el análisis de riesgos

- **Identificación:** suponer que todo saldrá bien; ver solo los riesgos obvios; olvidar proveedores, subcontratistas y cliente.
- **Cuantificación:** subestimar probabilidades por optimismo; ignorar efectos en cascada (un retraso genera costos financieros y penalidades); no actualizar el análisis durante la obra.
- **Gestión:** identificar sin plan de acción; usar la contingencia como dinero extra; no comunicar los riesgos principales; omitir la cláusula de ajuste en obras largas.

Resumen del capítulo 6

La matriz de probabilidad-impacto prioriza los riesgos; el valor esperado, la sensibilidad, los escenarios y Monte Carlo los cuantifican; las cuatro estrategias los tratan; y los polinomios de ajuste protegen frente a la inflación. En el capítulo siguiente se cierra el ciclo: el control del presupuesto durante la ejecución.

Capítulo 7. Control presupuestario y cierre

Presupuestar es solo la mitad del trabajo. La otra mitad es controlar que lo ejecutado coincida con lo planificado. De nada sirve el mejor presupuesto si durante la obra los costos se disparan y nadie lo detecta hasta que es tarde.

El control presupuestario es el sistema de alerta temprana que permite corregir desviaciones antes de que sean pérdidas irreversibles. Este capítulo cubre el valor ganado, la Curva S y el control de avance físico-financiero.

7.1. Por qué controlar

La construcción trabaja con márgenes ajustados: una utilidad prevista del 10 % se convierte en pérdida con un 15 % de sobre costo. El control responde a tres preguntas:

1. ¿Cuánto hemos gastado? (costo real)
2. ¿Cuánto deberíamos haber avanzado según el plan? (valor planificado)
3. ¿Cuánto trabajo hemos completado realmente? (valor ganado)

El control es un ciclo continuo: planificar, ejecutar, medir, comparar, corregir y volver a planificar. Frecuencia habitual: semanal para avance físico y mano de obra; quincenal para costos directos y rendimientos; mensual para el control integral; trimestral para la revisión estratégica.

7.2. Los tres pilares del valor ganado

La gestión del valor ganado (Earned Value Management, EVM) se basa en tres magnitudes:

Magnitud	Sigla	Definición	Fórmula
Costo real	CR (AC)	Dinero realmente gastado hasta la fecha	Σ cantidades consumidas $\times$ precios reales
Valor planificado	VP (PV)	Valor presupuestado del trabajo que debía estar hecho a la fecha	Σ cantidades programadas $\times$ precios presupuestados
Valor ganado	VG (EV)	Valor presupuestado del trabajo realmente ejecutado	Σ cantidades ejecutadas $\times$ precios presupuestados

Ejemplo a 30 de junio

Partida	Valor planificado	Valor ganado	Costo real
Concreto en cimientos	\$4,000	\$4,500	\$5,000
Acero de refuerzo	\$2,700	\$2,850	\$3,000
Muros de albañilería	\$8,000	\$7,200	\$9,600
Excavación mecánica	\$4,800	\$5,600	\$6,000
Total	\$19,500	\$20,150	\$23,600

Se gastaron \$23,600 para producir obra valorada en \$20,150: se gasta más de lo que se avanza. A la vez, se ejecutó algo más de lo planificado (\$20,150 frente a \$19,500).

7.3. Indicadores de desempeño

Variación Costo (VC) = VG - CR | Variación Plazo (VPz) = VG - VP | IDC = VG / CR | IDP = VG / VP

Indicador	Fórmula	Valor	Lectura
Variación de costo (VC)	VG - CR	-\$3,450	Sobre presupuesto (negativo = sobrecosto)
Variación de plazo (VPz)	VG - VP	+\$650	Ligeramente adelantado
Índice de desempeño de costo (IDC, CPI)	VG / CR	0.854	Cada dólar gastado produce \$0.85 de obra
Índice de desempeño de plazo (IDP, SPI)	VG / VP	1.033	Se avanza un 3.3 % más rápido de lo previsto

Interpretación de los índices: mayor que 1 es favorable; igual a 1, en línea con el plan; menor que 1, desfavorable. Los índices permiten comparar obras de distinto tamaño, a diferencia de las variaciones absolutas.

Nota del presupuestador. Un IDC de 0.854 es alarmante: si la tendencia sigue, la obra costará $1 / 0.854 = 1.171$ veces lo presupuestado, un 17.1 % más. Hacen falta acciones correctivas inmediatas.

7.4. Proyecciones al cierre

Con un presupuesto total (BAC) de \$1,500,000:

Supuesto	Fórmula	Estimación al cierre (EAC)
Las desviaciones fueron puntuales y no se repetirán	$CR + (BAC - VG)$	\$1,503,450
La eficiencia de costo actual continúa	BAC / IDC	\$1,756,824
Influyen tanto el costo como el plazo	$CR + (BAC - VG) / (IDC \times IDP)$	$\approx \$1,700,900$

Variación al Cierre (VAC) = BAC - EAC | Plazo Estimado = Plazo Original / IDP

Concepto	Valor	Lectura
Presupuesto al cierre (BAC)	\$1,500,000	Presupuesto original
Estimación al cierre (BAC / IDC)	\$1,756,824	Costo proyectado
Variación al cierre (VAC)	-\$256,824	Sobrecosto proyectado
% de variación	-17.1 %	Sobre presupuesto
Plazo estimado ($12 / 1.033$)	11.6 meses	Unos 11 días antes de lo previsto

Nota del presupuestador. Actualiza las proyecciones cada mes. Si el IDC mejora a 0.95, la EAC baja a \$1,578,947: el control continuo detecta tanto mejoras como deterioros.

7.5. La Curva S como herramienta de control

La Curva S representa la evolución acumulada del presupuesto en el tiempo. Para el control se superponen tres curvas: valor planificado, valor ganado y costo real. Si el valor ganado queda por debajo del planificado, hay retraso; si el costo real queda por encima del valor ganado, hay sobrecosto; si las tres van juntas, la obra está en control.

Paso 1. Valor planificado mensual (obra de 10 meses, BAC \$1,500,000)

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VP del mes (miles USD)	80	120	150	180	200	220	200	180	120	50

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
% acumulado	5.3	13.3	23.3	35.3	48.7	63.3	76.7	88.7	96.7	100

Paso 2. Medición del avance real (valores acumulados en USD)

Mes	VP	VG	CR	IDC	IDP
1	80,000	75,000	82,000	0.915	0.938
2	200,000	185,000	210,000	0.881	0.925
3	350,000	320,000	370,000	0.865	0.914
4	530,000	480,000	560,000	0.857	0.906
5	730,000	650,000	770,000	0.844	0.890
6	950,000	830,000	990,000	0.838	0.874

Lectura al mes 6

- Variación de plazo: $830,000 - 950,000 = -\$120,000$, un 12.6 % de retraso.
- Variación de costo: $830,000 - 990,000 = -\$160,000$, un 19.3 % de sobre costo sobre lo ejecutado.
- Ambos índices empeoran mes a mes: la tendencia es negativa.
- Proyección: $EAC = 1,500,000 / 0.838 \approx \$1,790,000$, con un sobre costo de unos \$290,000.

Curva de flujo de caja. Además de las curvas de valor, conviene seguir ingresos y egresos reales:

Mes	Ingresos	Egresos	Flujo neto	Acumulado
1	0	82,000	-82,000	-82,000
2	60,000	128,000	-68,000	-150,000
3	100,000	160,000	-60,000	-210,000
4	140,000	190,000	-50,000	-260,000
5	170,000	210,000	-40,000	-300,000
6	200,000	220,000	-20,000	-320,000

El déficit acumulado llega a \$320,000 en el mes 6: es el financiamiento que la empresa debe tener disponible.

7.6. Avance físico frente a avance financiero

El avance físico mide el trabajo realmente completado; el financiero, el dinero gastado o facturado. Son conceptos distintos y se miden por separado.

7.6.1. Medición del avance físico

Por unidades completadas. 650 m² ejecutados de 1,000 m² = 65 %.

$$\% \text{ Avance} = (\text{Cantidad ejecutada} / \text{Cantidad total}) \times 100$$

Por hitos ponderados, para partidas complejas. Ejemplo: losa de concreto.

Etapas	Peso	% completado	Avance ponderado
Encofrado	30 %	100 %	30 %
Acero de refuerzo	25 %	100 %	25 %
Vaciado	30 %	80 %	24 %
Curado	15 %	0 %	0 %
Total	100 %		79 %

Regla 50/50. Se reconoce el 50 % al iniciar la actividad y el 50 % al terminarla. Es simple pero poco precisa; útil para actividades cortas.

7.6.2. Avance financiero y comparación

$$\% \text{ Avance Financiero} = (\text{Costo Real Acumulado} / \text{Presupuesto Total}) \times 100$$

Con \$990,000 gastados de \$1,500,000, el avance financiero es del 66 %. Si el físico es del 65 %, la diferencia es mínima. Si el financiero fuera del 75 % con un físico del 65 %, habría un sobrecosto serio.

7.6.3. Control de avance por partidas

Código	Partida	Unidad	Total	Ejecutado	% avance	Presupuesto de la partida	Valor ganado
3.1	Concreto en cimientos	m ³	500	450	90 %	\$50,000	\$45,000
3.2	Acero de refuerzo	kg	25,000	20,000	80 %	\$37,500	\$30,000
3.3	Encofrado de columnas	m ²	800	800	100 %	\$24,000	\$24,000
4.1	Muros de albañilería	m ²	1,000	650	65 %	\$35,000	\$22,750
4.2	Tarrajeo	m ²	2,000	400	20 %	\$40,000	\$8,000
	Total				69.6 %	\$186,500	\$129,750

El avance físico ponderado de estas partidas es $129,750 / 186,500 = 69.6 \%$. Para saber si hay sobrecosto falta compararlo con el costo real de cada partida (IDC). Muros y tarrajeo son las partidas más rezagadas y conviene investigar sus causas.

7.7. Reportes de control

El reporte mensual ejecutivo debe permitir decidir rápido. Su estructura típica:

1. **Resumen ejecutivo:** estado general (verde, amarillo, rojo), IDC, IDP y EAC, principales desviaciones y acciones.
2. **Estado de costos:** presupuesto, costo real y valor ganado; variaciones, tendencias y proyección.
3. **Estado de plazos:** avance físico frente al cronograma, hitos críticos y fecha estimada de término.
4. **Análisis de desviaciones:** por capítulo o partida, con causas raíz y acciones.
5. **Flujo de caja:** Curva S de caja, financiamiento necesario, cobros y pagos previstos.
6. **Riesgos y contingencias:** estado de los riesgos, uso de la contingencia y riesgos nuevos.

Ejemplo de reporte

Campo	Contenido
Proyecto	Edificio Residencial Las Palmas
Periodo	Junio, mes 6 de 10
Estado general	Amarillo: requiere atención
IDC	0.838 (sobrecosto del 19.3 %)
IDP	0.874 (retraso del 12.6 %)
EAC	\$1,790,000 (\$290,000 sobre presupuesto)
Término estimado	Mes 11.4 (unos 1.4 meses de retraso)

Principales desviaciones

- Albañilería: IDC de 0.72 por baja productividad (8 m²/día reales frente a 12 m²/día presupuestados).
- Acero de refuerzo: sobrecosto del 18 % por subida de precios no cubierta por ajuste.
- Encofrado: retraso del 15 % por falta de madera.

Acciones correctivas: capacitación de las cuadrillas de albañilería en la primera semana de julio; negociación inmediata de precio fijo con el proveedor de acero; compra urgente de madera para encofrado esta semana. Si se aplican, el IDC podría subir a 0.92 y la EAC bajar a unos \$1,630,000.

7.8. Acciones correctivas

Para mejorar el IDC (sobrecosto mayor al 10 %)

- **Mano de obra:** cronometrar cuadrillas, identificar causas de baja productividad, capacitar o reemplazar.

- **Materiales:** reducir desperdicios con mejor acopio y cortes optimizados; renegociar precios; evaluar alternativas.
- **Logística:** acopiar cerca del frente, evitar tiempos muertos de equipos, coordinar mejor las partidas.
- **Gastos generales:** ajustar el personal de supervisión si es posible, optimizar oficinas, renegociar alquileres.

Para mejorar el IDP (retraso mayor al 10 %)

- **Acelerar la ruta crítica:** más cuadrillas, turnos adicionales, métodos más rápidos (concreto premezclado frente a mezclado en obra).
- **Suministro:** acelerar entregas, mantener stock de materiales críticos, activar proveedores alternativos.
- **Reprogramación:** solapar partidas secuenciales, abrir frentes simultáneos, priorizar la ruta crítica.
- **Cuellos de botella:** identificar la partida que limita el avance y reforzarla.

Matriz de decisión

Situación	IDC	IDP	Acción prioritaria
En control	> 0.95	> 0.95	Mantener el monitoreo
Sobrecosto	< 0.90	> 0.95	Reducir costos manteniendo el ritmo
Retraso	> 0.95	< 0.90	Acelerar vigilando los costos
Sobrecosto y retraso	< 0.90	< 0.90	Crisis: reestructuración completa
Bajo costo y adelanto	> 1.05	> 1.05	Excelente; verificar la calidad

7.9. Cierre del proyecto y lecciones aprendidas

Un buen cierre permite cobrar el 100 % del contrato, liberar garantías y fianzas, documentar lecciones y mejorar los presupuestos futuros.

7.9.1. Actividades de cierre

- **Administrativo:** verificar que todo está terminado según contrato, obtener el acta de recepción, cobrar retenciones y cerrar contratos con subcontratistas y proveedores.
- **Financiero:** conciliar costos reales y presupuestados, calcular la utilidad real y analizar las desviaciones.
- **Técnico:** documentar lecciones aprendidas, actualizar rendimientos, archivar planos as-built y entregar manuales de operación y mantenimiento.

7.9.2. Análisis final de desempeño (ejemplo)

Concepto	Presupuestado	Real	Desviación	%
Costo directo	\$1,500,000	\$1,620,000	+\$120,000	+8.0 %
Gastos generales	\$270,000	\$295,000	+\$25,000	+9.3 %
Utilidad	\$150,000	\$85,000	-\$65,000	-43.3 %
Plazo	12 meses	13.5 meses	+1.5 meses	+12.5 %

Causas: subida del acero no cubierta por ajuste; rendimientos de mano de obra un 15 % inferiores a los presupuestados; lluvias no previstas y retrasos en la entrega de materiales.

Lecciones aprendidas: incluir cláusulas de ajuste por polinomio en contratos largos; usar rendimientos históricos propios en lugar de catálogos; programar las partidas críticas fuera de la temporada de lluvias; tener proveedores alternativos para materiales críticos.

7.9.3. Actualización de bases de datos

El cierre es el momento de actualizar rendimientos reales, precios de materiales y mano de obra, factores de ajuste (altura, clima, logística) y porcentajes de GGO y GGOC.

Nota del presupuestador. Una empresa que no actualiza sus bases de datos después de cada obra está condenada a repetir sus errores. El cierre de una obra es el inicio de la siguiente.

7.10. Errores comunes en el control

- **De medición:** no medir el avance físico con regularidad; confundir costo real con valor ganado; medir solo lo fácil.
- **De análisis:** no calcular IDC e IDP; no proyectar la EAC; ignorar las tendencias (un IDC de 0.95 es buena noticia si viene de 0.85 y mala si viene de 1.05); no buscar las causas raíz.
- **De acción:** detectar sin actuar; reaccionar tarde; ocultar desviaciones al cliente o a la gerencia; no documentar lecciones.

Resumen del capítulo 7

El control presupuestario convierte el presupuesto en un instrumento vivo de gestión. El valor ganado integra costo, plazo y avance físico; la Curva S lo hace visible; IDC e IDP detectan desviaciones a tiempo; y el cierre alimenta las bases de datos de la próxima obra.

Anexos y fórmulas prácticas

Estos anexos son la caja de herramientas del manual: fórmulas, conversiones, listas de verificación, fórmulas de hoja de cálculo, glosario, bibliografía, plantillas y tablas de referencia rápida.

Anexo A. Fórmulas esenciales

A.1. Materiales, mano de obra y equipos (Capítulo 2)

Concepto	Fórmula
Costo real de un material	$(\text{Precio} + \text{Flete} + \text{Descarga} + \text{Almacenaje}) \times (1 + \% \text{ desperdicio})$
Costo real de mano de obra	$\text{Salario base} \times \text{FCS}$
Costo hora-hombre	$(\text{Salario mensual} \times \text{FCS}) / \text{Horas pagadas al mes}$
Costo horario de equipo	$\text{CHE} = \text{Costos fijos} + \text{Costos variables}$
Depreciación horaria	$(\text{Valor nuevo} - \text{Valor de rescate}) / \text{Vida útil en horas}$
Consumo de combustible	$\text{Potencia (HP)} \times \text{Factor de carga} \times \text{Consumo específico (L/HP}\cdot\text{h)}$

A.2. Análisis de precio unitario (Capítulo 3)

Concepto	Fórmula
Precio unitario	$\text{PU} = \Sigma \text{ Materiales} + \Sigma \text{ Mano de obra} + \Sigma \text{ Equipos}$
Mano de obra por unidad	$\text{Costo diario de la cuadrilla} / \text{Rendimiento diario}$
h-h por unidad y categoría	$(\text{N.º de trabajadores} \times 8 \text{ h}) / \text{Rendimiento diario}$
Rendimiento de cuadrilla	$\text{Cantidad ejecutada} / \text{Días empleados}$

A.3. Productividad y rendimientos (Capítulo 4)

Concepto	Fórmula
Rendimiento	$R = \text{Cantidad} / \text{Tiempo}$
Productividad	$P = \text{Tiempo} / \text{Cantidad} = 1 / R$
Rendimiento ajustado	$R \text{ real} = R \text{ base} / (\text{Fah} \times \text{Fec} \times \text{Fte} \times \text{Fhl} \times \text{Fac} \times \text{Fav} \times \dots)$
Índice de productividad	$\text{IP} = R \text{ real} / R \text{ presupuestado}$
Eficiencia de cuadrilla	$(\text{Horas productivas} / \text{Horas pagadas}) \times 100$

A.4. Costos indirectos (Capítulo 5)

Concepto	Fórmula
Precio en cascada	$\text{PV} = \text{CD} \times (1 + \% \text{GGO}) \times (1 + \% \text{GGOC}) \times (1 + \% \text{Imp}) \times (1 + \% \text{Util})$
Reparto de GGOC	$\text{GGOC anual} \times (\text{CD de la obra} / \Sigma \text{CD de todas las obras})$

Concepto	Fórmula
Costo de fianza	$\text{Monto garantizado} \times \text{Tasa de prima} \times (\text{Días} / 360)$
Costo financiero	$\Sigma (\text{Déficit acumulado del mes} \times \text{Tasa mensual})$
Pago mensual con anticipo	$\text{Avance valorizado} - \text{Amortización del anticipo}$

A.5. Riesgos y contingencias (Capítulo 6)

Concepto	Fórmula
Valor esperado	$VE = \Sigma (\text{Probabilidad} \times \text{Impacto})$
Puntaje de riesgo	$\text{Probabilidad} (1 - 5) \times \text{Impacto} (1 - 5)$
Polinomio de ajuste	$K = \Sigma a_i \times (I_i / I_0) + b$, con $\Sigma a_i + b = 1$
Precio ajustado	$P \text{ ajustado} = P \text{ original} \times K$
Contingencia RSS	$\sqrt{(\Sigma C_i^2)}$
Contingencia con correlación ρ	$RSS + \rho \times (\Sigma C_i - RSS)$

A.6. Control presupuestario (Capítulo 7)

Concepto	Fórmula
Variación de costo	$VC = VG - CR$
Variación de plazo	$VPz = VG - VP$
Índice de costo	$IDC = VG / CR$
Índice de plazo	$IDP = VG / VP$
Estimación al cierre	$EAC = BAC / IDC$ (o $CR + (BAC - VG) / (IDC \times IDP)$)
Variación al cierre	$VAC = BAC - EAC$
Plazo estimado	$\text{Plazo original} / IDP$

Anexo B. Tablas de conversión

Magnitud	De	A	Multiplicar por
Longitud	metro	pie	3.281
Longitud	pie	metro	0.3048
Longitud	metro	pulgada	39.37
Longitud	pulgada	centímetro	2.54

Magnitud	De	A	Multiplicar por
Longitud	kilómetro	milla	0.621
Longitud	milla	kilómetro	1.609
Área	m ²	pie ²	10.764
Área	pie ²	m ²	0.0929
Área	hectárea	m ²	10,000
Área	acre	m ²	4,047
Volumen	m ³	pie ³	35.315
Volumen	pie ³	m ³	0.0283
Volumen	m ³	litro	1,000
Volumen	galón (EE. UU.)	litro	3.785
Volumen	litro	galón (EE. UU.)	0.264
Volumen	yarda ³	m ³	0.765
Peso	kilogramo	libra	2.205
Peso	libra	kilogramo	0.454
Peso	tonelada métrica	kilogramo	1,000
Peso	tonelada corta (EE. UU.)	kilogramo	907
Peso	tonelada larga (Reino Unido)	kilogramo	1,016
Presión	kg/cm ²	psi	14.22
Presión	psi	kg/cm ²	0.0703
Presión	MPa	kg/cm ²	10.20
Presión	kg/cm ²	MPa	0.098

Temperatura: °F = °C × 9/5 + 32; °C = (°F – 32) × 5/9; K = °C + 273.15.

Anexo C. Listas de verificación

C.1. Estructuración presupuestaria

- ☐ Planos actualizados de todas las disciplinas
- ☐ Especificaciones técnicas completas, adendas y aclaraciones

- ☐ Jerarquía de documentos contractuales verificada
- ☐ Interferencias entre disciplinas identificadas
- ☐ EDT definida y codificada
- ☐ Reglas de medición aplicadas a cada partida
- ☐ Espacios de trabajo incluidos en excavaciones
- ☐ Vanos descontados según el criterio adoptado
- ☐ Cada metrado sustentado con fórmula y plano
- ☐ Regla del 100 % comprobada

C.2. Costos directos

- ☐ Materiales con flete, desperdicio y conversión de unidades
- ☐ Materiales auxiliares (2 % – 5 %)
- ☐ Precios contrastados con al menos tres proveedores
- ☐ Mano de obra con cargas sociales y beneficios de ley
- ☐ Cuadrillas balanceadas y capataz en cuadrillas grandes
- ☐ Tiempos no productivos considerados
- ☐ CHE completo: fijos, variables y operador
- ☐ Equipos menores y herramientas (2 % – 5 %)

C.3. Análisis de precio unitario

- ☐ Alcance definido: qué incluye y qué no
- ☐ Sin duplicidades con otras partidas
- ☐ Rendimientos realistas, históricos o ajustados
- ☐ Suma de componentes comprobada
- ☐ Composición porcentual analizada
- ☐ Comparado con APU históricos
- ☐ Supuestos documentados

C.4. Productividad y rendimientos

- ☐ Método elegido: histórico, catálogo ajustado o cronometraje
- ☐ Factores de altura, confinamiento, clima, acarreo y experiencia evaluados
- ☐ Rendimiento ajustado coherente
- ☐ Reporte diario de producción implantado
- ☐ IP calculado cada semana y desviaciones analizadas

C.5. Costos indirectos

- ☐ Supervisión completa con cargas sociales
- ☐ Oficina, servicios, vehículos, seguros, EPP y laboratorio
- ☐ % GGO coherente (15 % – 30 %) y % GGOC actualizado (7 % – 15 %)
- ☐ Utilidad según riesgo y competencia
- ☐ Imprevistos según complejidad
- ☐ Base de aplicación de cada porcentaje verificada
- ☐ Fianzas identificadas y valoradas
- ☐ Curva S de caja, máximo déficit y costo financiero

- ☐ Anticipo negociado

C.6. Análisis de riesgos

- ☐ Riesgos técnicos, financieros, legales y ambientales identificados
- ☐ Probabilidad e impacto asignados; puntaje calculado
- ☐ Riesgos con puntaje de 13 o más con plan específico
- ☐ Contingencia calculada
- ☐ Estrategia, acciones, responsables y plazos definidos
- ☐ Polinomio con índices oficiales y cláusula de ajuste en el contrato

C.7. Control presupuestario

- ☐ Avance físico de cada partida medido
- ☐ Costo real acumulado registrado
- ☐ VG y VP calculados
- ☐ VC, VPz, IDC e IDP calculados
- ☐ EAC y VAC proyectados
- ☐ Curva S actualizada
- ☐ Causas raíz y acciones correctivas definidas
- ☐ Estado comunicado a cliente y gerencia
- ☐ Al cierre: costos conciliados, utilidad real, lecciones y bases de datos actualizadas

Anexo D. Fórmulas para hoja de cálculo

Las referencias de celda son orientativas; adáptalas a la estructura de tu hoja.

Cálculo	Fórmula (Excel, separador coma)
Costo real de material	= (B2+C2+D2)*(1+E2)
Costo hora-hombre	=B2*C2/D2
Parcial de una línea del APU	=C5*E5
Costo directo unitario	=SUM(F5:F20)
Mano de obra por unidad	=B2/C2 (costo cuadrilla / rendimiento)
h-h por unidad	=B2*8/C2 (trabajadores × 8 / rendimiento)
Rendimiento ajustado	=B2/PRODUCT(C2:H2)
Índice de productividad	=B2/C2
Precio en cascada	=B2*(1+C2)*(1+D2)*(1+E2)*(1+F2)
IVA	=B10*C10
Precio con IVA	=B10*(1+C10)

Cálculo	Fórmula (Excel, separador coma)
Variación de costo	=VG-CR
Variación de plazo	=VG-VP
IDC	=IFERROR(VG/CR,0)
IDP	=IFERROR(VG/VP,0)
EAC	=BAC/IDC
VAC	=BAC-EAC
Valor esperado	=SUMPRODUCT(B2:B10,C2:C10)
Polinomio de ajuste	=SUMPRODUCT(B2:B9,D2:D9/C2:C9)+B10
Contingencia RSS	=SQRT(SUMSQ(B2:B6))

En versiones de Excel en español las funciones son SUMA, PRODUCTO, SUMAPRODUCTO, SUMA.CUADRADOS, RAIZ y SI.ERROR, y el separador suele ser punto y coma.

Anexo E. Glosario

Término	Definición
APU	Análisis de Precio Unitario: desglose del costo de una unidad de obra en materiales, mano de obra y equipos
BAC	Presupuesto al cierre: presupuesto total original
CD	Costo directo: materiales, mano de obra y equipos asignables a las partidas
CHE	Costo horario de equipo: costos fijos y variables por hora
CR	Costo real: dinero gastado hasta una fecha
Curva S	Representación de los valores acumulados del proyecto en el tiempo
EAC	Estimación al cierre: costo final proyectado
EDT	Estructura de Descomposición del Trabajo
EVM	Gestión del valor ganado: integra costo, plazo y alcance

Término	Definición
FCS	Factor de carga social: convierte el salario base en costo real
Fianza	Garantía que respalda el cumplimiento contractual
GGO	Gastos generales de obra
GGOC	Gastos generales de oficina central
IDC	Índice de desempeño de costo (VG / CR)
IDP	Índice de desempeño de plazo (VG / VP)
Metrado	Cuantificación física de las cantidades de obra
Polinomio de ajuste	Fórmula para actualizar precios según índices oficiales
Productividad	Tiempo necesario por unidad de obra; inverso del rendimiento
Rendimiento	Cantidad de obra ejecutada por unidad de tiempo
VAC	Variación al cierre: BAC – EAC
VG	Valor ganado: obra ejecutada valorada a precios presupuestados
VP	Valor planificado: obra programada valorada a precios presupuestados

Anexo F. Recursos y bibliografía

Libros

- Dagostino, F. R. y Peterson, S. J. *Estimating in Building Construction*. Pearson.
- Holm, L. et al. *Construction Cost Estimating: Process and Practices*. Pearson.
- Peurifoy, R. L. et al. *Construction Planning, Equipment, and Methods*. McGraw-Hill.
- Hendrickson, C. *Project Management for Construction*. Carnegie Mellon University.
- Fleming, Q. W. y Koppelman, J. M. *Earned Value Project Management*. Project Management Institute.
- Project Management Institute. *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK)*.

Software

Uso	Herramientas
Presupuestos	S10 (Perú), Presto y Arquímedes de CYPE (España), Opus y Neodata (México), ERP con módulo de construcción, hoja de cálculo
Programación	Microsoft Project, Primavera P6, Asta Powerproject
BIM y cuantificación	Revit, ArchiCAD, Navisworks

Fuentes y estándares

- Cámaras de la construcción e institutos nacionales de estadística: índices y catálogos.
- RSMeans: bases de costos de construcción.
- Construction Specifications Institute (CSI): MasterFormat y UniFormat.
- Project Management Institute (PMI): metodologías de gestión y valor ganado.
- ISO 19650: gestión de la información con BIM.
- ASTM y normas técnicas nacionales de construcción.

Anexo G. Plantillas y formatos

G.1. Ficha de metrado

Proyecto	Partida	Código EDT	Unidad	Plano de referencia

Elemento	Ubicación o eje	N.º de veces	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Observaciones
Total							

Elaborado por, revisado por y fecha.

G.2. Análisis de precio unitario

Partida	Código	Unidad	Rendimiento	Cuadrilla

Ítem	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	Materiales					
	Mano de obra					
	Equipos y herramientas					
	Costo directo unitario					

G.3. Reporte diario de producción

Fecha	Partida	Frente	Categoría	Personas	h-h	Cantidad ejecutada	Rendimiento del día	Rendimiento acumulado	Desviación

Incidencias (clima, esperas, falta de material) y firma del capataz y del residente.

G.4. Reporte mensual de control

Indicador	Valor del mes	Acumulado	Meta	Estado
Valor planificado (VP)				
Valor ganado (VG)				
Costo real (CR)				
IDC			≥ 0.95	
IDP			≥ 0.95	
EAC			$\leq \text{BAC}$	
Avance físico				
Avance financiero				

Secciones de texto: principales desviaciones, causas raíz, acciones correctivas con responsable y fecha, riesgos nuevos y uso de la contingencia.

Anexo H. Tablas de referencia rápida

H.1. Composición del costo directo por tipo de obra

Tipo de obra	Materiales	Mano de obra	Equipos
Estructura de concreto	55 %	35 %	10 %
Albañilería y acabados	45 %	50 %	5 %
Movimiento de tierras	5 %	25 %	70 %
Instalaciones eléctricas	65 %	30 %	5 %
Estructura metálica	70 %	20 %	10 %
Vías y pavimentación	50 %	20 %	30 %

H.2. Rangos de cargos sobre el costo directo

Concepto	Rango típico
Gastos generales de obra	15 % – 30 %
Gastos generales de oficina central	7 % – 15 %
Imprevistos	2 % – 5 %
Utilidad	5 % – 20 %
Fianzas	0.5 % – 2 %
Costos financieros	1 % – 5 %

H.3. Factores de ajuste de rendimiento

Factor	Condiciones	Valores
Altura (Fah)	0 – 2.5 m / 2.5 – 4 m / 4 – 6 m / 6 – 10 m	1.00 / 1.10 – 1.15 / 1.20 – 1.25 / 1.30 – 1.35
Acarreo horizontal (Fac)	0 – 30 m / 30 – 60 m / 60 – 100 m / más de 100 m	1.00 / 1.10 / 1.20 / 1.35 o más
Temperatura (Fte)	10 – 30 °C / 30 – 35 °C / 35 – 40 °C / más de 40 °C	1.00 / 1.10 / 1.25 / 1.40 o más
Espacio confinado (Fec)	Normal / zanjas de menos de 1 m / recintos pequeños	1.00 / 1.20 – 1.30 / 1.30 – 1.40

Factor	Condiciones	Valores
Experiencia (Fexp)	Nueva / media / experta	1.20 / 1.00 / 0.80

H.4. Desperdicio de materiales

Material	Desperdicio
Cemento	3 % – 5 %
Arena y grava	5 % – 8 %
Acero de refuerzo	3 % – 5 %
Ladrillo y bloque	5 % – 8 %
Cerámica y porcelanato	8 % – 12 %
Pintura	5 % – 10 %
Concreto premezclado	3 % – 5 %
Madera	8 % – 12 %
Placa de yeso	5 % – 8 %

H.5. Rendimientos base de referencia

Partida	Cuadrilla	Rendimiento
Excavación manual, terreno suelto	1 capataz + 4 peones	12 m ³ /día
Vaciado de concreto con bomba en losas	1 capataz + 4 albañiles + 6 ayudantes	45 m ³ /día
Encofrado de columnas (madera)	1 capataz + 2 carpinteros + 1 ayudante	20 m ² /día
Muro de ladrillo King Kong 13 cm	1 albañil + 1 ayudante	12 m ² /día
Tarrajeo interior	1 albañil + 2 ayudantes	25 m ² /día
Cerámica en piso	1 oficial + 1 ayudante	12 m ² /día
Pintura látex (2 manos)	1 pintor + 1 ayudante	120 m ² /día

Mensaje final del autor

Has llegado al final de este manual, pero es solo el comienzo de tu camino en la ingeniería de costos. Los conceptos, fórmulas y herramientas que contiene son la base sobre la que construirás tu práctica profesional.

Recuerda siempre:

1. **El presupuesto es un documento vivo.** Se actualiza, se ajusta y se mejora constantemente.
2. **La precisión llega con la experiencia.** Los primeros presupuestos serán imperfectos; cada obra enseña algo nuevo.
3. **Los rendimientos son la clave.** Dominar la productividad separa al presupuestador junior del senior.
4. **Controlar es tan importante como planificar.** Un buen presupuesto sin control no sirve de nada.
5. **Nunca dejes de aprender.** Materiales, métodos y tecnologías, como BIM, cambian continuamente.

La ingeniería de costos combina técnica, economía y gestión. Exige rigor matemático, pero también criterio y experiencia. Con el tiempo desarrollarás el ojo clínico para detectar errores, identificar oportunidades y decidir con acierto.

Te deseo éxito en tus proyectos. Que cada presupuesto que elabores sea una herramienta de éxito y que cada obra que controles sea una lección aprendida.

Marlon Falcón Hernández

Valencia, 2026