

a individual o por cuadrilla entre el rendimiento.

rillas. Es la organización de trabajadores ad hoc que se forma en cada uno de los conceptos de trabajos atendiendo sus dificultades y volúmenes. Precio alzado. Es la forma de pago de la mano de obra cuando definido el costo de ésta, el contratista conviene en una cifra única por los trabajos a contratar.

Productividad. Es producir más unidades con los mismos recursos o producir la misma con menos recursos.

Salario mínimo. La remuneración mínima establecida por la Comisión Nacional de Salarios Mínimos, de acuerdo con categoría y zonas establecidas por la Comisión.

Costo real. Es el costo total de los trabajadores incluyendo el salario nominal, las cargas sociales, las vacaciones y los tiempos utilizados para días festivos y malas condiciones climáticas.

Costo-rendimientos. Es una de las formas del pago de la mano de obra. Su costo de los salarios es el cociente del costo de los salarios entre el rendimiento del trabajo o cuadrilla.

Costos por unidad o destajo. Sistema de pago por cada unidad de producción realizada por un trabajador, de tal manera que sus ganancias dependen de su productividad.

Precio alzado. Es lo mismo que precio alzado.

Porción de eficiencia de mano de obra. Porción de los salarios que cubre la diferencia entre las horas de mano de obra especificadas y las horas de mano de obra realmente invertidas.

Diferencia de salarios. La diferencia entre los ingresos considerados de un trabajador o trabajador y la cantidad real pagada.

Costo económico. El tiempo que una máquina puede mantenerse en condiciones de operación y producir trabajo rentable, siempre y cuando se le proporcione el mantenimiento adecuado.

Biografía

LO, TUFINO, JORGE LUIS

C de la ingeniería de costos, México, IMCYC, 2011.

WILLIAM

de ingeniería de costos, E.U.A, 1982.

Memorias de la I Reunión Nacional de Analistas de Precios Unitarios, SMIC, 1975. Memoria de la II Reunión Nacional de Analistas de Precios Unitarios, México, SMIC, 1976.

SALAZAR, CARLOS

Tiempo, Limusa.

Capítulo

18

Maquinaria, equipo y herramienta

Si manejas rentas, olvídate de los costos horarios

Leopoldo Varela Alonso

COMENTARISTA

Es Ingeniero Civil de la UNAM. Especialista en Ingeniería de Costos, certificado por la International Cost Engineering Council. Por el CICM está certificado como Perito Profesional. Tiene Diplomado en Dirección de Empresas del IPADE. Actualmente es Director de Varela Ingeniería de Costos e Intercost.

Residente de obra industrial y pesada. Con experiencia como Consultor para 11 países americanos y europeos. Por concurso internacional, negoció los precios del aeropuerto de Cochabamba, Bolivia. Fungió como Director de Compuobras, Bimsa Southam/CMD y Cámara de Construcción. Ha sido Profesor y Consejero Académico de Postgrado en la Universidad La Salle y Universidad Marista de Mérida.

Es uno de los 4 especialistas mexicanos autores de publicaciones de costos. Ha publicado «Costos de Construcción y Edificación», «Construcción Pesada», Industrial», «Plástico Hidrosanitario», «Por Metro Cuadrado de Construcción», «Costos de Construcción para Arquitectos e Ingenieros» y «Legislación de Obra Pública para Ingeniería de Costos. Ha impartido más de 200 seminarios y conferencias.

En su ejercicio profesional ha presupuestado importantes proyectos, entre ellos el Senado de la República, Campeche Playa Marina Golf, Call Center Santander y Centro de Convenciones de Querétaro, el Teatro y Escuela de Arte de León, Gto., 4 museos, estaciones de la Policía Federal y Embajada de Canadá.

18.1 Contratación de maquinaria y equipo

18.2 Integración del costo horario

18.3 Costos de herramientas



18.1 Contratación de maquinaria y equipo

Los costos de la maquinaria en la construcción pueden manejarse bajo las siguientes modalidades:

Destajos o subcontratación.

El constructor subcontrata los trabajos donde participa maquinaria, y hace caso omiso a la composición de costos y rendimientos que pueda tener.

a) Maquinaria rentada.

1.- La renta de la maquinaria puede ser simple (pesos por unidad de tiempo)

2.- La renta puede incluir operador y combustible (pesos por unidad de tiempo).

b) El constructor calculará sus costos-horarios con la información anterior, adicionando combustibles, mano de obra y otros. Aplicará los rendimientos predeterminados de cada concepto de trabajo.

c) Maquinaria propia.

El constructor, tomando los valores de adquisición, de rescate, vida económica, factores de operación, almacenaje y otros, calculará sus costos horarios para aplicarlos a los rendimientos predeterminados de cada concepto de trabajo.

Hay que señalar que por la oferta y la demanda se modifican sensiblemente el nivel de los costos de la maquinaria.

18.2 Integración del Costo-Horario.

El costo-horario está integrado por los siguientes elementos: a) Cargos fijos y b) Cargos por consumos y mantenimiento. Cargos por operación: c) Cargos por transporte.

Los cargos fijos son: **Depreciación**: la depreciación puede verse bajo dos aspectos, como la recuperación paulatina que se va haciendo del costo de la maquinaria y también, como del demérito que va teniendo hasta quedar reducida a un valor de rescate. Su fórmula de cálculo: $D = Va - Vr / Ve$

Inversión: La inversión es el costo del capital invertido en la maquinaria. Algunos autores lo descartan por considerar que es utilidad y que ésta aparece en otro rubro. Su fórmula es: $I = Va + Vr x i / 2 Ha$.

Seguros: El seguro es la suma de costos que se emplean en la maquinaria para garantizar su propiedad. Su fórmula es: $S = Va + Vr x S / 2 Ha$.

Almacenaje: El almacenaje es la suma de costos que se destinan para la guardia y vigilancia de la maquinaria durante su vida. Su fórmula es: $A = KaD$

Mantenimiento: El mantenimiento es la suma de costos que se destinan para que la maquinaria se encuentre en óptimas condiciones de trabajo. Su fórmula es: $M = Q x D$

Consumos: Los consumos son la suma de costos que se destinan para los combustibles, lubricantes, llantas y otro tipo de fuentes de energía. $C = K x D$

Operación: La operación es la suma de costos que se destinan para manejar la maquinaria. Su fórmula es: $O = St / H$

Transporte: El transporte es la suma de costos necesarios para llevar de un almacén o frente de trabajo, donde se encuentre la maquinaria a su nuevo frente de trabajo. Su fórmula es: $T = Cf / Hp$

En las fórmulas anteriores se expresaron:

Va Valor de adquisición de la maquinaria.

Vr Valor de rescate.

Ve Vida económica.

Tasa de interés que se aplicará a la inversión de la maquinaria.

Ha Horas anuales de trabajo.

Tasa de interés del seguro.

Ka Es el coeficiente histórico del almacenamiento comparado contra la depreciación.

Q Coeficiente histórico del mantenimiento comparado contra la depreciación.

S Salario real del operador

I Horas efectivas de trabajo del operador

f Costo del transporte

Hp Horas estimadas de la maquinaria en el nuevo trabajo.

D Depreciación de la maquinaria.

8.3 Costos de Herramientas

unque los valores de las herramientas en general no son significativos en los costos de las obras, hay casos que si tienen una presencia importante. Calcular

los costos de ellas es complicado, razón por la cual los estimadores han buscado procedimientos sencillos para su evaluación, en general estos procedimientos tienden al concepto del costo total de herramientas, ya que hay una gran diversidad de circunstancias que se pueden presentar cuando se quiere determinar el precio unitario de ellas.

Dentro de los procedimientos para el cálculo de costo total de las herramientas se encuentran.

La tesis en ese sistema es la determinación del costo total de las herramientas en una obra, y este costo compararlo con el costo total de la mano de obra. El cálculo podrá hacerse para cada partida del presupuesto o para partidas afines (cimentación, estructuras, pisos o reunir a las instalaciones eléctricas e hidráulicas).

En este caso, la determinación de la referencia costos de mano de obra no es difícil de calcular, el quid del asunto es diseñar un modelo que contenga la cantidad y clase de herramientas por utilizar en un tipo de obra.

Por ejemplo, para trabajos de albañilería en la construcción de viviendas de interés social, habrá que determinar un modelo sobre la herramienta necesaria para efectuar estos trabajos.

Cuántas carretillas, palas, cucharas, martillos, mangueras, etc., se requieren para que así se determine un estimado de la herramienta, mismo que se comparará contra el costo de la mano de obra para determinar un coeficiente de incidencia.

El cálculo anterior presupone ciertas consideraciones: que la cantidad de herramienta es producto de la experiencia de la empresa y que se amortiza totalmente en las obras estimadas o que se deprecian parcialmente algunos valores de ellas.

Establecido un coeficiente para relacionar la herramienta contra el costo de la mano de obra, el trabajo será conocer los índices de crecimiento de la mano de obra y los índices de crecimiento de la herramienta, para ello el modelo de costos de la herramienta se establecerá con un presupuesto de recursos donde aparezcan las carretillas, las palas, las cucharas, los martillos, etc., y conforme a un índice de costos seleccionado se podría tomar el correspondiente a los aceros. De esta forma, se actualizaría el modelo de la herramienta y de esta suerte se encontrarán los coeficientes de comportamiento entre herramientas y mano de obra.

Comentarios del Ingeniero Leopoldo Varela Alom

Modelo de costos de herramienta para la construcción de viviendas

Herramienta	Número de piezas	Precio	Depreciación	Importe
Arco con cegueta	2	\$40.00	40%	\$32.00
Arenero	4	\$70.00	100%	\$280.00
Arteza	4	\$80.00	100%	\$320.00
Bote alcolero	15	\$15.00	100%	\$225.00
Carretilla	4	\$550.00	100%	\$2,200.00
Cerrote	2	\$130.00	15%	\$39.00
Cincel	5	\$25.00	100%	\$125.00
Cinta	10	\$150.00	100%	\$1,500.00
Cuchara	5	\$45.00	10%	\$22.50
Flexómetro	10	\$70.00	100%	\$700.00
Ganchos para amarrar	4	\$40.00	20%	\$32.00
Grifa	4	\$50.00	100%	\$200.00
Machete	1	\$40.00	20%	\$8.00
Madeja de hilo	3	\$10.00	100%	\$30.00
Marro	2	\$120.00	20%	\$48.00
Martillo de uña	10	\$55.00	20%	\$110.00
Mezclera	4	\$80.00	100%	\$320.00
Nivel	2	\$80.00	30%	\$48.00
Nivel de manguera	3	\$50.00	100%	\$150.00
Pala	10	\$50.00	100%	\$500.00
Palitas	4	\$40.00	100%	\$160.00
Pico	4	\$120.00	40%	\$192.00
Pinza	2	\$75.00	50%	\$75.00
Plomada	10	\$180.00	10%	\$180.00
Reglas	8	\$50.00	100%	\$400.00
Tablones	1 1/2" x 1' x 8' 6"	\$160.00	80%	\$768.00
Tambos	14	\$180.00	80%	\$2,016.00

SUMA \$10,680.50

Rendimientos de Maquinaria

En alguna ocasión el ilustre autor de «Tiempo y Costo en Edificación» -Carlos Suárez Salazar, le llamó al autor de este comentario, para cuestionarle la tabla del libro Costos de Construcción Pesada volumen I (pág.83) Referencia 1.4., que no podía creer que el rendimiento de una retroexcavadora de 25 toneladas pudiera oscilar entre 5m³/hr y 253 m³/hr, situación que aunque parezca desbellada o extremista, si se ponderan todos los subfactores que pueden afectar (todos desfavorables) o mejorar (todos favorables) el rendimiento del equipo, es posible llegar a tal conclusión.

Aquí se pone de manifiesto la gran variabilidad o incertidumbre en el rendimiento de la maquinaria.

No se recomienda aplicar los rendimientos que aparecen en los manuales de desempeño de los fabricantes, como lo sugiere el Reglamento de la Ley de Obra Pública, ya que son muy optimistas y solo toman en cuenta 3 a 4 factores de afectación, a la fecha la publicación mencionada arriba, es la más realista completa en el campo de los rendimientos del equipo.

La parte más sustantiva del cálculo de rendimientos, son los factores de eficiencia, los cuales tradicionalmente desde el libro de Perifoy, se aplican de dos o tres factores muy genéricos; el autor que se refiere antes, propone manejar el siguiente esquema de factores de eficiencia:

a. Factores Generales

Se aplican a todas las máquinas y a todas las operaciones

a.1. tiempos efectivos

a.2. operador

a.3. administración de obra (logística)

a.4. clima (lluvias)

a.5. humedad

a.5. temperatura

a.6. polvo

b. Factores Específicos

Se aplican diferencialmente por máquina y por operación, según sea el caso:

- b.1. material
- b.2. estado del material (banco, suelto, compactado)
- b.3. de carga (copeteo)
- b.4. ángulo de giro
- b.5. alcance (profundidad de cepa)
- b.6. pendiente de terreno
- b.7. condiciones de camino
- b.8. subutilización
- b.9 altitud snmm
- b.10. obstrucciones
- b.11. desperdicio

Subfactores que aunque algunos no apliquen en ciertos casos, enfatiza el hecho de que deben considerarse un gran número de posibilidades.

El buen estimador de costos, hace las conjeturas en base a su experiencia y la información de que dispone, para efecto de que sus rendimientos sean realistas. Es importante señalar, que en los proyectos de intensa utilización de maquinaria y debido a las cadenas de producción, la mejor manera de calcular los rendimientos es por el método de asignación de recursos.

Consumos de combustibles y lubricantes

Uno de los grandes errores en los que se incurre, es la práctica de utilizar las fórmulas de consumo horario de combustible y lubricantes que fueron desarrolladas hace más de 50 años; los motores actuales son muchísimo más eficientes que aquéllos de los 50's-60's.

Dichas fórmulas del pasado, resultan casi 100% arriba de los consumos reales, por lo que son absolutamente inapropiadas.

En vez de utilizar las obsoletas fórmulas del «0.1514», el autor propone, según su propia investigación en la referencia 1.4., las siguientes sencillas fórmulas, ya aplicables para los motores actuales y en concordancia con los manuales de los fabricantes:

a. Equipos de consumo bajo (volteos fuera de carretera) $Gh = 0.0535 * HP$

b. Equipos de consumo medio (excavadoras) $Gh = 0.0763 * HP$

c. Equipos de consumo alto (tractores) $Gh = 0.0976 * HP$

De manera similar al consumo de combustible, las fórmulas antiguas para el cálculo de consumos horarios de lubricantes, son inapropiadas por lo que se proponen los consumos investigados por el autor para los motores actuales:

Transporte de maquinaria

El costo de transporte de maquinaria puede quedar en el costo horario directo o bien en los indirectos, pero habrá que evitar duplicar el cargo.

En obra privada si es posible incluir el cargo por transporte (flete ida y vuelta) del equipo en los costos horarios, tal y como en algún tiempo lo acostumbraran constructoras de antaño como Guerr SA.

POTENCIA nominal HP	consumo horario Lubricant		
	Diversos Cambios Total		
	Ah	Ga	
60	0.0727	0.0175	0.0902
70	0.0848	0.0204	0.1052
80	0.0969	0.0233	0.1202
90	0.1090	0.0263	0.1353
95	0.1151	0.0277	0.1428
120	0.1453	0.0350	0.1803
140	0.1696	0.0408	0.2104
155	0.1877	0.0452	0.2329
165	0.1999	0.0481	0.2480
200	0.2422	0.0583	0.3006
215	0.2604	0.0627	0.3231
285	0.3452	0.0831	0.4283
370	0.4482	0.1079	0.5561
520	0.6298	0.1517	0.7815
770	0.9326	0.2246	1.1572
900	1.0901	0.2625	1.3526
1000	1.2112	0.2917	1.5029
1200	1.4535	0.3500	1.8035

Fuente: (1) estimaciones propias con datos de Caterpillar.

Normas de calidad

Norma 18.1

El cumplimiento de la calidad de los costos de maquinaria y equipo, se deberá cumplir entre otros requisitos con los costos provocados por cargos fijos de depreciación, inversión, seguros, almacenaje, mantenimiento, consumos, mantenimiento, operación y transporte.

Norma 18.2

Referente a la subcontratación, sus valores deberán incluir los mismos cargos o componentes de costos pero de tal manera, que el subcontratista nunca tenga insuficiencia de ingresos que lo lleven a la bancarrota. Toda la responsabilidad recae en el constructor, por lo que el cliente no debe ser afectado.

Normas de cuantificación

Norma 18.1

Por si mismo los costos de maquinaria no tienen normas de cuantificación. Las normas del capítulo 10 y 11 servirán como referencia.

Glosario

Almacenaje. La suma de costos para la guarda y vigilancia de la maquinaria durante su vida.

Cargos fijos. Son todos los costos y cargos que provoca la maquinaria independientemente de que esté trabajando.

Cargos por operación. Son la suma de costos de la mano de obra para manejar la maquinaria.

Cargos por transporte. Son los costos necesarios para llevar la maquinaria del almacén al frente de trabajo o del frente de trabajo a uno nuevo.

Clase de material. calidad de los materiales en término de su dureza.

Consumos. El costo necesario de combustibles y grasas para que la maquinaria pueda trabajar.

Costo de mantenimiento. El costo incurrido para mantener los activos fijos en condiciones normales de operación.

Costo horario. Es la suma de todos los costos y cargos que la maquinaria tiene dividida entre su tiempo de trabajo.

Costo original. El valor original de adquisición de un activo antes de ajustarlo por depreciación o revaluación.

Depreciación. Demérito que la maquinaria va teniendo por su uso.

Destajos. Es la contratación que una constructora hace exclusivamente para la mano de obra. Puede en su tabulador incluir cargas sociales y otros cargos.

Herramienta. Es el costo de los instrumentos que facilitan la realización de trabajos.

Inversión. Es el costo del capital invertido en la maquinaria.

Mantenimiento. Es la suma de costos que se destina para que la maquinaria se encuentre en óptimas condiciones de trabajo.

Maquinaria propia. Es aquella que posee la constructora para atender sus compromisos contractuales.

Programas de trabajo. Siembra de las actividades de un listado de actividades.

Regiones geográficas. Divisiones que se hacen para conocer zonas del país que tienen rendimientos de mano de obra y maquinaria similares.

Renta de maquinaria. La constructora en ocasiones renta maquinaria para cumplir con sus compromisos contractuales de obra.

Seguros. El costo de obtener protección financiera para reemplazar el valor del equipo, etc., en caso de pérdida.

Subcontratación. Es el contrato que una constructora hace con otra empresa para una parte de la obra.

Vida económica. Período durante el cual el capital o los bienes permanecen eficientes y útiles.

Bibliografía

- ARIAS, JOSÉ
«Operación de maquinaria», Artículo en I Reunión de Analistas, 1975.
- CABEZUT BOO, JORGE
«Vida económica de la maquinaria», Artículo en I Reunión de Analistas, 1975.
- CASTILLO TUTIÑO, JORGE LUIS
El ABC de la ingeniería de costos, México, IMCYC, 2011.
- CORIA, ALBERT
«Consumo y operación de maquinaria», Artículo en I Reunión de Analistas, 1975.
- GALINDO, ALFONSO
«Renta de maquinaria», Artículo en I Reunión de Analistas, 1975.
- LANDA, MANUEL
«Costos de reparación» Artículo en I Reunión de Analistas, 1975.

- ORR, WILLIAM
Sistema de ingeniería de costos, E.U.A, 1982.
- PEURIFOY, ROBERT
Construction Planning, Equipment and Methods, McGraw-Hill, 1956-1970.
- SMIC
Memorias de la I Reunión Nacional de Analistas de Precios Unitarios, México, 1975.
- Memoria de la II Reunión Nacional de Analistas de Precios Unitarios, 1976.
- ARELLANO, LEOPOLDO
Ingeniería de costos. Teoría y práctica en construcción, México, Varela Ingeniería de Costos e Intercost, 2011.
- Costos por metro cuadrado de construcción*, México, Varela Ingeniería de Costos e Intercost, 2011.
- Costos de construcción y edificaciones*, México, Varela Ingeniería de Costos e Intercost, 2011.
- Costos de construcción pesada*, México, Varela Ingeniería de Costos e Intercost, 2011.
- Costos de construcción industrial*, México, Varela Ingeniería de Costos e Intercost, 2011.
- Costos de tubería plástica*, México, Varela Ingeniería de Costos e Intercost, 2011.
- Costos de instalaciones hidrosanitarias*, México, Varela Ingeniería de Costos e Intercost, 2011.
- Costos de instalaciones eléctricas*, México, Varela Ingeniería de Costos e Intercost, 2011.
- PEIMBERT, J.
Legislación de obra pública para ingeniería de costos, México, Varela Ingeniería de Costos e Intercost, 2011.
- SUÁREZ SALAZAR, CARLOS
Costos y Tiempo, Limusa.
- VARGAS, FROLÁN
«Metodología de cargos fijos», Artículo en I Reunión de Analistas, 1975.