

SERIE: ECONOMÍA APLICADA A LA INGENIERÍA DE PROCESOS (Parte 1) ESTIMACIÓN COSTO DEL PRODUCTO

José Porlles Loarte*

Facultad de Química e Ingeniería Química, Universidad Nacional Mayor de San Marcos

RESUMEN

Esta serie se propone revisar las bases de los modelos y técnicas de análisis económico en problemas de procesamiento, propuestos en revistas extranjeras, adecuándolos a las necesidades de la estructura productiva nacional e introduciendo los nuevos conceptos de la teoría financiera para facilitar a los ingenieros la toma de decisiones en temas estratégicos empresariales.

Palabras claves: Estimación de costos, tecnología, análisis económico, costo de producto.

ABSTRACT

In the first part of this paper we revise the fundamentals of model and techniques applied to economics analysis of process engineering.

Key words: cost estimating, technology, economic analysis, product cost.

INTRODUCCIÓN

En las actuales circunstancias el valor de un ingeniero así como de su propio futuro depende de su contribución al éxito económico de la empresa. Desafortunadamente por variados factores muchos ingenieros no están sintonizados con este nuevo paradigma.

Es entendible que toda propuesta de ampliación de planta, mejora técnica, sustitución tecnológica, mejora de productos al final se refleja en el plano económico. Entonces los ingenieros, para contribuir al proceso de modernización del aparato productivo del país, deben contar con un alto grado de prepara-

ción académica, buen *background* y dominio de las técnicas de análisis de herramientas vinculadas con las mejoras de productividad, como único camino al logro de la tan ansiada competitividad empresarial; de lo contrario las empresas nacionales pueden ser arrastradas en el nuevo entorno de mercados integrados que se avecina en el corto plazo, con la puesta en vigencia de los programas de desgravación aduanera en el marco de la CAN, MERCOSUR y TLC-USA.

Mucho se ha publicado en revistas técnicas extranjeras como *Chemical Engineering* de circulación internacional, temas de estimación de costos, pero orientados al uso direc-

* Ingeniero Químico de la UNMSM y Magister de Administración-ESAN. Profesional con experiencia en ingeniería de costos, valuación de empresas en marcha, reestructuración empresarial y formulación y evaluación de proyectos. Ha laborado en importantes empresas vinculadas con el manejo de créditos y evaluación de empresas.

to de sus profesionales y de un mercado con una estructura productiva diametralmente asimétrico con el caso peruano. Los modelos propuestos no pueden ser aplicados directamente a problemas nacionales sin previos ajustes como el caso de estimación de la inversión, estimación del costo del producto. En algunos casos es difícil para la mayoría de ingenieros, estudiantes de ingeniería química y ramas afines su cabal comprensión y facilidad de aplicación.

La revista *Chemical Engineering* en el año 1973 inició la publicación de la serie *Engineering Economics*, teniendo como fundamento la necesidad de que los ingenieros químicos tuviesen una mayor solidez en el uso de las técnicas de análisis económico para incrementar la competitividad de una moderna industria ⁽¹⁾.

Se debe entender que los modelos planteados deben cumplir con algunos requisitos: tener una aproximación sistemática, flexible en su preparación, requerir de un mínimo de preparación, proporcionar una exactitud razonable, y ser de comprensión general relativamente fácil para ingenieros y administradores no muy versados en técnicas de estimación⁽²⁾.

La preparación de esta serie tiene por objetivo la revisión de algunas bases técnicas para la estimación de costos, e incorporar los nuevos conceptos de la teoría financiera que ayudarán a realizar análisis y evaluaciones técnico-económicas más entendibles para facilitar la toma de decisiones.

Se pretende, a través de esta revista, abarcar cuatro grandes áreas en sucesivos números: 1) estimación costo del producto, la variabilidad de los costos, costos directos e indirectos, costos evitables e inevitables, costos controlables y no controlables; 2) estimación del costo de capital o costo de inversión; 3) estructuración, diferentes costos para diferentes decisiones; y 4) estimación de la rentabilidad, análisis de riesgo y sensibilidad.

ESTIMACIÓN COSTO DEL PRODUCTO

El primer artículo en esta serie tiene el propósito de revisar y cimentar la conceptualiza-

ción del costo de producto, reajustar el modelo de estimación cuando se cuenta con información limitada que son los casos más frecuentes, cuando el ingeniero se encuentra en las primeras etapas del análisis y la gerencia requiere resultados de la rentabilidad del proyecto. Es factible efectuar la estimación preliminar de una propuesta de modernización o reducción de costos operativos, para lo cual se requiere la consideración y aplicación de los conceptos y técnicas de análisis económico a problemas de procesamiento.

En realidad el costo del producto (CP) comprende variados componentes. Un buen ingeniero analista agrupará estos componentes en función del objetivo del análisis. Entonces es aconsejable conocer los modelos o esquemas principales de estructuración del costo de producto.

Clasificación de los costos según Áreas Funcionales

Esta clasificación, que se señala en la Ecuación 1, responde a una forma de asignación de recursos y responsabilidades, en donde el responsable del área administra recursos puestos a su disposición y control de costos según funciones que se desempeña en la estructura orgánica en la empresa. Este esquema coincide con la forma tradicional de presentación de los costos en el Estado de Ganancias y Pérdidas, que representa uno de los cuatro estados financieros que emite toda empresa en marcha.

$$CP = CM + GA + GV + GF \quad (1)$$

En la profusa bibliografía contable y financiera, el costo de manufactura (CM) también se conoce con el nombre de costo de fabricación o costo de producción y es responsabilidad de quien está a cargo de la fábrica, que normalmente es un ingeniero en todas las industrias. Con mayor razón, la estimación y manejo de este rubro debe ser de claro dominio de los ingenieros.

Ante el gerente general de una empresa, el gerente de fabricación es responsable del costo de fabricación, el gerente financiero-administrativo es responsable de los gastos admi-

nistrativos y financieros, y el gerente de marketing es responsable de los gastos de venta.

La necesidad de contar con modelos o técnicas de estimación rápida de los costos operativos de planta, ha impulsado que muchos ingenieros con experiencia en plantas industriales hayan desarrollado propuestas de estimación de los costos de operación como se registra en los artículos de revistas y textos de la especialidad.

Recogiendo las diversas experiencias, se propone un modelo de estimación preliminar que se señala en el Cuadro N.º 1, adecuado a la realidad nacional y con una razonable exactitud, cuando se conoce básicamente lo siguiente:

- a) El diagrama de flujo de procesos que permita hacer un balance apropiado de materiales y energía,
- b) La propuesta tecnológica vinculada al consumo de materias primas por kg de producto,
- c) La relación de consumos de los utilities o insumos de servicios por kg de producto,
- d) Los requerimientos de mano de obra de acuerdo a los equipos que se van a operar.
- e) La estimación del plan de inversión fija.

Viibrandt F. & Dryden Ch. ⁽³⁾, Hackney ⁽⁴⁾, Jenckes ^(5 y 6), Holland, Watson y Wilkinson ⁽⁷⁾, Ulrich ⁽⁸⁾, Peters y Timmerhaus ⁽⁹⁾, Turton

y otros (10) y Brown (11), han realizado importantes aportes de modelos de estimación del costo de fabricación y costo de producto.

En el citado Cuadro N.º 1 se incorpora algunas de estas propuestas que son válidas en cualquier situación, pero otras han requerido un reajuste en concordancia con nuestras propias experiencias en la industria y marco tributario vigente. Es recomendable que los ingenieros peruanos hagan el esfuerzo para conocer los parámetros anotados, ya que de lograrlo y conociendo los precios de mercado de los materiales, insumos y mano de obra directa en el país, se obtendrá un cuadro más realista del costo de producto, ya que los demás rubros están en función de dichos parámetros.

Estimación costo de mano de obra directa (MOD). De todos los parámetros anteriores, la estimación de este rubro (MOD) es más complicada. Una técnica de cálculo bastante aceptada es el método Ulrich ⁽¹²⁾, que se basa en el conocimiento del diagrama de procesos y por tanto es posible determinar el número y tipo de equipos principales. Turton y otros ⁽¹³⁾ lo toman como base para una serie de cálculos en su texto citado en las referencias. Más recientemente, Brown ⁽¹⁴⁾ incorpora ciertos ajustes de productividad a los factores en el método de Ulrich.

Cuadro N.º 1

COMPONENTES	COMENTARIOS: BASE DE CÁLCULOS
<p>COSTO DE MANUFACTURA (CM):</p> <p>a) Materia Prima Directa (MPD): materiales que sufren transformación.</p> <p>b) Mano de Obra Directa (MOD): operan los equipos de procesos.</p> <p>Gastos Indirectos de Fabricación (GIF):</p> <p>c) Servicios - Combustible - Energía Eléctrica - Agua de proceso - Otros</p> <p>d) Mano de Obra Indirecta (MOI): operan los equipos de servicios y apoyan en las labores secundarias y de limpieza en planta.</p> <p>e) Supervisión directa: ingenieros, jefes de planta</p> <p>f) Suministros de operación: gastos en grasas, aceites y similares para mantenimiento de planta.</p> <p>g) Mantenimiento y reparación.</p> <p>h) Control de Calidad (Laboratorio)</p>	<p>Relación Insumo / Producto.</p> <p>Según propuesta tecnológica: Horas hombre que requiere la planta.</p> <p>Relación Insumo / Producto Relación Insumo / Producto Relación Insumo / Producto</p> <p>Aproxim. 20% MOD.</p> <p>Aproxim. 20% costo (MOD + MOI). Aproxim. 1% costo de planta.</p> <p>Aproxim. 2 al 10% costo de planta. En promedio se puede asumir al inicio 6%. Dependiendo de la severidad de operación de la planta, puede ser mayor.</p> <p>Aproxim. 10% al 20% (MOD). Asumir 15% en principio.</p>

<p>i) Depreciación</p> <p>j) Seguro de Fábrica</p> <p>k) Regalías (Royalties)</p> <p>l) Catalizadores</p> <p>m) Empaque</p> <p>n) Gastos Generales de Planta (Plant-overhead costs)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Seguridad de la empresa - Seguridad contra incendios - Comedor - Enfermería - Servicio Social <p>GASTOS ADMINISTRATIVOS (GA):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Remuneraciones de las gerencias y altos ejecutivos (planilla de ejecutivos). - Remuneraciones de los empleados en general (contabilidad, personal, legal, informática, empleados de fábrica y otros administrativos). - Gastos por consumo de luz y agua de oficinas. - Gastos por teléfono, fax, TV cable, Internet, celulares. - Gastos de Utilería de Oficina (cuadernos, papelería, lapiceros, post it, etc.). <p>GASTOS DE VENTA (GV):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Comisión de venta de vendedores: Como porcentaje sobre volumen. - Remuneraciones básicas del equipo de ventas. - Promoción (gastos en apoyo de eventos, introducción con muestra gratis de nuevos productos). - Publicidad (a través de medios masivos: periódicos, TV, radio, revistas). - Transporte del producto de fábrica a centros de consumo. (fletes). <p>COSTO DEL PRODUCTO (CP)</p>	<p>Aproxim. 10% de costo de planta y 3% de edificaciones de la Inv. Fija depreciable (Método Línea Recta)</p> <p>Aproxim. 3% costo Inv. Fija depreciable Según situación (5% /producción o ventas)</p> <p>Según propuesta tecnológica</p> <p>Depende de la situación</p> <p>Depende de la situación</p> <p>Aproxim. 0.5% al 1.5 % de Inv. Fija depreciable (Depende de la naturaleza del proyecto. Por ejemplo, Petroperú en Talara requiere buen sistema de seguridad; entonces este rubro es relativamente alto).</p> <p>Aproxim. 15% (MOD + MOI + Supervisión + Mantenimiento y reparación).</p> <p>Aproxim. 5% de ventas o 5% del precio.</p> <p>Adicionalmente para los demás rubros de carácter fijo, depende de la situación de la empresa y del giro de negocio. Empresas de consumo requieren transporte propio y fuerte marketing. Empresas de fabricación de insumos venden ex planta, por tanto este rubro puede ser aproxim. 3% del costo del producto.</p>
--	---

Cuadro N.º 2. Necesidades Mano de Obra Directa

Tipo de Equipo	N.º de Operadores por Unidad y por Turno	Tipo de Equipo	N.º de Operadores por Unidad y por Turno
Instalaciones auxiliares:			
Plantas de aire (air plants)	0.6	Equipos de contacto gas-sólido	0.05-0.2
Calderas (boilers)	0.6	Cambiadores de calor (heat exchangers)	0.05
Chimeneas	0.0	Mezcladores (mixers)	0.2
Torres de enfriamiento	0.6	Recipientes de proceso:	
Desmineralizadores de agua	0.3	Torres (incluye bombas auxiliares y cambiadores)	0.1-0.3
Plantas de generación de corriente	1.9	Recipientes	0.0
Subestaciones eléctricas	0.0	Bombas (pumps)	0.0
Incineradores (incinerators)	1.3	Reactores (reactors)	0.3
Unidades de refrigeración	0.3	Separadores:	
Plantas de tratamiento de agua	1.3	Clarificadores y espesantes	0.1
Transportadores (conveyors)	0.1	Separadores centrífugos y filtros	0.03-0.1
Trituradoras, molinos, molidoras (crushers, mills, grinders)	0.3-0.6	Ciclones	0.0
Evaporadores (evaporators)	0.2	Filtros de bolsa (bag filters)	0.1
Vaporizadores (vaporizers)	0.03	Precipitadores electrostáticos	0.1
Hornos (furnaces)	0.3	Filtros rotatorios y de banda (rotary and belt filters)	0.05
Motores de gas y compresoras:		Filtros de placa y cuadro (plate and frame, shell and leaf filters)	0.6
Ventiladores (fans)	0.03	Criba (screens)	0.03
Sopladores y compresores (blowers and compressors)	0.05-0.1	Recipientes de almacenamiento (storage vessels)	0.0

Fuente: obras citadas de Ulrich, G., *Diseño y Economía de los Procesos de Ingeniería Química* pp. 364; y Brown, Th., *Chem. Eng.*, pp 87, August 2000.

El Cuadro N.º 2 presenta la lista de operadores necesarios de acuerdo al tipo de equipo genérico. Turton (15) determina que se requieren 4.5 operadores/año en una planta de operación continua operando 24 horas/día, tres turnos por día, 8 horas/turno y 52 semanas por año.

En cuanto al salario, el operador peruano no recibe lo que su similar en el mercado americano. Por tanto se tiene que hacer una corrección en este punto. En tanto que la tarifa horaria en USA varía entre \$18 a \$23 por hora, en el Perú es un recurso más barato; la tarifa promedio puede asumirse en \$2 por hora. Para 8 horas por turno-semana, 7 turnos por semana y 52 semanas por año, el salario anual promedio asciende a \$5,824/año, que equivale a \$485/mes (Mayo 2004).

A título de ilustración, se considera el ejemplo 3.2 de la p. 84 del texto de Turton y otros, cuando tratan de determinar el costo de mano de labor directa para una planta de proceso de Hidroalquilación de Tolueno. Del diagrama de procesos se desprende los números y tipo de equipos, así como el cálculo de operadores por turno, como se resume en el Cuadro N.º 3.

Cuadro N.º 3. Resultados de estimación de la MOD en una Unidad de Planta de Procesos

Equipo	N.ºs	Operadores por Turno y Equipo	Operadores por Turno
Compresores	1	0.10	0.10
Intercambiadores	7	0.05	0.35
Calentadores	1	0.30	0.30
Bombas	2	0.00	0.00
Reactores	1	0.30	0.30
Torres	1	0.30	0.30
Recipientes	4	0.00	0.00
Total			1.35

Nota: Los operadores por turno se han ajustado de acuerdo con el Cuadro N.º 2, que refleja los últimos resultados de productividad registrados en 1998 (Chem. Eng., August 2000).

El número de operadores requeridos por turno para dicha unidad de proceso es de 1.35.

Luego, MOD = (4.5 operadores/año) (1.35 operadores/turno) = 6.08 operadores

Costo MOD = (6 operadores) (\$5,824/año) = \$35,000 por año.

En cuanto al cómputo de los insumos o denominados utilities, en la obra citada de Turton y otros, se reporta información muy útil a precios mediados de 1966 vigentes en el mercado americano: el costo unitario para algunos insumos más utilizados (Tabla 3.4, p. 87), y precio para algunos materiales (Tabla 3.5, p. 91).

Un estimado de orden de magnitud que proporciona una primera idea del costo de producto, se obtiene cuando se cuenta con información muy limitada. Es el caso que se presenta en las etapas muy iniciales del proyecto. Sin embargo, se requiere muchas veces tener una idea general del costo sabiendo la dificultad de su cálculo e inexactitud. Es un escenario en el cual no se cuenta con un diagrama del proceso para identificar los equipos principales y no es posible conocer las relaciones insumos/producto. Solo en este caso, se aconseja tomar en cuenta el modelo propuesto por Peters and Timmerhaus (15).

En esta situación estimar el costo de producto considerando las asunciones siguientes:

- Costo de materiales (MPD): 10%-50% del costo de producto. Asumir en principio 30%.
- Costo de mano de obra directa (MOD): 10% -20% del costo de producto. Asumir en principio 10%.
- Costo de utilities (insumos de servicios): 10% -20% del costo de producto. Asumir en principio 15%.
- Los demás rubros se mantienen según la propuesta formulada en el Cuadro N.º 1.

El ingeniero debe poner a prueba su talento y mejor criterio en el uso de estas técnicas. Estos modelos no son infalibles, pueden dar resultados fuera de la realidad, dependerá como se manejen los datos y su aplicación al proyecto según su naturaleza.

Clasificación según la variabilidad de los costos

Esta clasificación responde al comportamiento de los costos en función a la variación del volumen o actividad de operación.

La importancia de esta presentación radica en su amplio uso en decisiones de ampliación de planta, planeamiento de producción, decisiones de eliminar o incorporar un producto de la línea de producción, decisiones estratégicas de impulsar o no un producto, decisiones de comprar o hacer el producto, calcular el punto de equilibrio como nivel de operación mínimo para no perder ni ganar beneficios.

Debe quedar claramente establecido lo siguiente:

- **Los costos fijos:** son una responsabilidad de la Alta Dirección de la empresa, en la medida que dicho nivel decide la escala del proyecto.
- **Los costos variables:** son una responsabilidad ineludible de quienes operan la planta; en este caso, los ingenieros supervisores, gerente de planta, gerente de producción, entre otros. Por tanto la evaluación de su desempeño estará enmarcado en cómo administren estos costos.

En el Cuadro N.º 4 se agrupan los diferentes componentes del costo de producto según su comportamiento.

Cuadro N.º 4. Variabilidad de los costos.

COSTOS FIJOS Aquellos que son independientes de la variación de volumen	COSTOS VARIABLES Aquellos que varían directamente con el volumen
<p>Costo de Manufactura</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Mano de obra directa. ❖ Mano de obra indirecta (MOI). ❖ Supervisión directa Sum inistros. ❖ Mantenimiento y reparación. ❖ Depreciación. ❖ Seguro de fábrica. ❖ Control de calidad. ❖ Gastos generales de Planta. <p>Gastos Administrativos</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Gastos administrativos <p>Gastos de Ventas</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Publicidad y Promoción. ❖ Remuneraciones fijas de la fuerza de ventas. ❖ Fletes de transporte. 	<p>Costo de Manufactura</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ Materia prima directa (MPD). ➢ Combustible. ➢ Energía eléctrica. ➢ Agua de proceso. ➢ Vapor de agua. ➢ Aire (para controles). ➢ Otros. <p>Gastos Administrativos</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ Mayormente fijos <p>Gastos de Ventas</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ Comisiones de vendedores (en función de ventas).

El caso de la mano de obra directa en el Perú, es un rubro del que se discute su comportamiento por la aplicación de un régimen laboral muy diferente del que rige en el mercado americano. Para algunos es un costo fijo, para otros se comporta como un costo variable. En todo caso se tiene que tener cuidado en definir su ubicación, dependiendo de la naturaleza del proyecto y su envergadura en cuanto a la cantidad de personal que se registra.

Aquí es importante subrayar que en los últimos 18 años en un contexto de recesión y crisis coyuntural que es periódico en el mercado peruano, el empresariado nacional en el afán de mantenerse en el mercado, tomó medidas radicales de disminución de gastos fijos, bajando el número de personal de todo tipo, sacrificando muchas veces el no contar con personal muy calificado. Por esta razón, en principio puede estimarse de manera general que la cuenta mano de obra tiene un comportamiento mayormente fijo, como se ha asumido en el presente artículo.

Costo Variable Unitario (CVU)

Para efecto de análisis relevante es indispensable calcular el CVU, parámetro que permite apreciar cuán cerca o lejos estamos del precio de venta en el mercado, además indica una medida de la **competitividad técnica** de la empresa, es decir su eficiencia en relación a la competencia.

El CVU tiene dos componentes:

- **Una variable de mercado:** corresponde a los precios vigentes en el entorno peruano. **Es una variable NO controlable.** Su incidencia es igual para todas las empresas que compiten en el medio.
- **Una variable tecnológica:** corresponde a los **parámetros de eficiencia** reflejo del nivel tecnológico con que opera la empresa. Es el signo de diferenciación de las empresas en competencia. Son posibles de mejora. **Es una variable controlable.**

Un modelo o esquema de cálculo del CVU se presenta en el Cuadro N.º 5.

Cuadro N.º 5. Esquema de presentación del CVU.

Concepto	Unidad	Variable Tecnológica (Relación insumo a producto)	Variable de Mercado (Precio de los insumos)	CVU \$/kg Prod.
❖ Materia prima directa				
- Material A	kg	kg/ kg Producto	\$/kg	
- Material B	kg	kg /kg Producto	\$/kg	
❖ Combustibles (petróleo)	gal	Gal/kg Producto	\$(gal)	
❖ Energía eléctrica	kw-h	kw-h/kg Producto	\$/kw-h	
❖ Agua de proceso	m ³	m ³ /kg Producto	\$/m ³	
❖ Vapor de agua	kg	kg/kg Producto	\$/kg	
❖ Otros				

Debe quedar claramente establecido que las únicas medidas relevantes destinadas a la reducción de costos tienen que ver con el manejo de la variable tecnológica. Si se tiene el objetivo de modernización, no hay otro camino que el aumento de la eficiencia técnica.

No hay mucha holgura en los esfuerzos en la disminución de los costos fijos. Los resultados serán más significativos si la atención se centra en una administración y manejo eficiente de los recursos y variables tecnológicas para maximizar el uso de los insumos por unidad o por cada kg de producto final.

Obviamente que estas decisiones de mejoras tecnológicas implica inversión, es decir la asignación de dinero con carácter de inmovilizado. El empresariado de la mediana y pequeña industria tiene la limitación de la solvencia económica para afrontar la modernización de los procesos productivos. Sin embargo, no hay otra opción: o se invierte o se cierra. Queda el camino de las asociaciones o alianzas estratégicas, como es el caso de los joint venture.

Clasificación basada en la Fabricación

Es muy común en el ámbito de las fábricas escuchar denominaciones como el costo primo y costo de conversión.

- Costos primos: están **directamente** identificados con el producto. Comprende a la suma del costo de materias primas directas (MPD) y mano de obra directa (MOD).
- Costos de conversión: denominado también **costo de procesamiento**. Se

aplica a las cuentas que participan en la transformación de los materiales directos en productos terminados. Comprende al costo MOD y los gastos indirectos de fabricación (GIF).

Los GIF forman parte del rubro costo de manufactura y agrupa a todos los demás componentes, a excepción del costo MOD y MPD.

Clasificación en relación con el Desempeño

En el proceso de planificación y control de gestión una partida contable es o no significativa si la misma resulta «controlable» por el responsable de un «centro de responsabilidades». Según el resultado de estas partidas, se evaluará el desempeño o gestión de dichos responsables.

- Costos controlables: son aquellos sobre los cuales pueden ejercer influencia directa los jefes de departamento o gerencia, durante un tiempo determinado. Cuando el responsable de una unidad tiene capacidad de influir en el plan de cuentas a su cargo.

Mayormente corresponde al **manejo de los costos variables**.

- Costos no controlables: son aquellos que no están directamente influenciados por un determinado jefe de departamento o nivel ejecutivo de decisión. Estos costos son asignados a una unidad de operación según ciertos criterios.

Ejemplo ilustrativo

Para cierta planta industrial en el medio peruano, se cuenta con la información siguiente:

Planta de Carbón Activado: Capacidad de planta: 900 Ton/año (opera 12 meses al año con un mes de parada para mantenimiento general). Se tiene previsto producir y vender 675 Ton/año. Los gastos estimados que forma parte de la inversión fija se consigna en el cuadro que sigue:

Concepto	Monto \$
Terreno	80,000
Edificaciones	100,000
Maquinarias/Equipos	900,000
Gastos instalación, montaje y otros	120,000
Gastos pre-operativos	40,000

Asimismo, se cuenta con información de entrada relativa a la conformación de los costos variables. En el proceso se utiliza cáscara de café en una proporción de 2.2 kg por 1 kg de producto, con un precio de \$ 0.06/kg; ácido fosfórico: 1.1 por kg de producto con un precio de \$0.38/kg; combustible: 0.60 gal por 1kg de producto con un precio de \$0.50/gal; otros costos variables se estiman en \$0.30/kg de producto.

El estudio del diagrama de flujo, disposición de planta y envergadura del proyecto, determinan que se requiere 24 operarios para el manejo de equipos de proceso-especiales en los tres turnos.

Los gastos administrativos se estiman en \$12,000/mes. Cabe indicar que en la parte comercial el producto se colocará sobre la base de un equipo de vendedores a comisión del 5% sobre las ventas, vale decir 5% del precio de venta que asciende a \$2.8 /kg.

Estimar el costo variable unitario, costo de manufactura, costo de conversión y costo total del producto unitario y total.

Solución:

Como se aprecia por el enunciado del problema, se cuenta con cierta información explíci-

ta sobre el proyecto. Pero el buen analista debe aplicar mucho criterio reflexivo y su propio *background*.

Debe preguntarse si cuenta con toda la información que afecta al proyecto, para realizar un estimado preliminar o uno de orden de magnitud. Según la información disponible es factible formular un estudio preliminar .

Siempre aplicar el criterio conservador .

Se recomienda la metodología de trabajo que se desarrolla a continuación, como un aporte para facilitar los cálculos del analista.

En primer lugar analizar el plan de inversión fija. Preguntarse ¿están razonablemente los componentes relevantes? No debe olvidarse que si se omite datos importantes, el proyecto puede quedar desfinanciado en el camino, cuando se detecte una omisión. Por ejemplo, se aprecia nítidamente que falta incluir los gastos prearranque para un proyecto que bordea un costo mayor del millón de dólares. Pero para su cómputo se requiere conocer con cierto detalle los costos variables y fijos que intervienen.

Por razones de metodología, se procederá a calcular primero los costos variables en términos del CVU, que se resumen en el Cuadro N.º 6. Su determinación comparada con el precio, permite apreciar rápidamente en qué medida el proyecto tiene sostenibilidad.

Luego se procede a calcular los costos fijos, cuyos resultados se señalan en el Cuadro N.º 7. Como ciertas cuentas se computan en función de algunos componentes de la inversión fija, dará lugar a cálculos auxiliares y paralelos para lograr el objetivo.

Costo Variable Unitario

El CVU calculado es de \$ 1.45/kg (\$1,450 / Ton).

Costo de Manufactura Unitario (CMU)

CMU = CMU variable + CMU fijo
= \$1.31 /kg + (\$529,051 /año) / (675,000 kg/año) = 1.31 + 0.78 = 2.09
CMU = \$2.09 /kg (operando a 675 T on/ año)

Cuadro N.º 6. Cómputo del CVU.

Insumo	Unidad	Consumos Por kg de Producto	Precios \$/Insumo	CVU \$/kg
❖ Costo de Fabricación:				
Cáscara de café	Kg	2.2	0.06	0.13
Acido fosfórico	Kg	1.1	0.42	0.46
Combustible	Gal	0.50	0.83	0.42
Otros costos variables				0.30
Sub total Costo Manufactura variable				1.31
❖ Gastos de ventas	5%P			0.14
Total CVU				1.45

(Gasto indirecto de fabricación variable : 0.42 + 0.30 = 0.72)

Cuadro N.º 7. Cómputo de los costos fijos.

Concepto	\$/mes	\$/año
Costo de Manufactura:		
❖ Mano de obra directa (MOD): 14 sueldos al año (21 operadores) (\$485/mes). Gasto Indirecto de Fabricación (GIF).	11,640	162,960
❖ Mano de obra indirecta (MOI): 20% de MOD.	2,328	32,592
❖ Supervisión directa: 20% de (MOD + MOI).	2,794	39,110
❖ Suministros: (1%/ costo de planta).		10,200
❖ Mantenimiento y reparación (6%/ costo de planta).		61,200
❖ Control de calidad (15% de MOD).		21,389
❖ Depreciación (10%/ Inv. Fija depreciable).		112,000
❖ Seguro de fábrica (3%/ Inv. Fija depreciable).		33,600
❖ Gastos generales de planta (0.5%/ Inv, fija depreciable)		56,000
Sub total Costo Manufactura fijos		529,051
Gastos administrativos (pago de 14 meses)	12,000	168,000
Gastos de ventas		00,000
Total Costos Fijos		697,051
Total Costos Fijos Desembolsables (sin depreciación)		585,051

Costo de Conversión (CC)

$$CC = MOD + (GIF \text{ fijo} + GIF \text{ variable})$$

$$CC = \$162,960 / \text{año} + (\$366,091 / \text{año} + \$0.72$$

$$/ \text{kg}) = \$529,051 / \text{año} + \$0.72 / \text{kg}$$

$$= 0.78 + 0.72 = 1.50$$

$$CC \text{ Unitario} = \$1.50 / \text{kg} \text{ (a } 675 \text{ Ton/ año)}$$

Costo del Producto Unitario (CPU)

$$CPU = CVU + CFU$$

$$CPU = \$1.45 / \text{kg} + (\$697,051 / \text{año}) / (675,000 \text{ kg/año}) = 1.45 + 1.03 = 2.48$$

$$CPU = \$2.48 / \text{kg} \text{ (operando a } 675 \text{ T on/año)}$$

Finalmente, es importante reportar a los niveles de decisión, los resultados obtenidos mediante un resumen ejecutivo incorporando información relevante con el propósito de ayudar en el análisis y toma de acciones correctivas, de ser pertinente, cuando se compara el nivel del CVU en relación al precio, así como el nivel del margen de contribución en relación a los costos fijos. También debe servir como herramienta de control, para evaluar el desempeño en la gestión de los costos. Un modelo de propuesta se establece en el Cuadro N.º 8.

Cálculos Auxiliares:

Concepto	Monto \$
Inversión Fija	
Terreno	80,000
Edificaciones	100,000
Maquinarias/Equipos	900,000
instalación y Montaje	120,000
Gastos preoperativos	40,000
Prearranque	*
Total IF	* Por determinar

Concepto	Monto \$
Costo de Planta	
Maquinarias	900,000
Instalación y Montaje	120,000
Total Costo de Planta	1,020,000

Concepto	Monto \$
Inv. Fija Depreciable	
Edificaciones	100,000
Maquinarias	900,000
Instalación y montaje	120,000
Total IF depreciable	1,120,000

Cuadro N.º 8. Resumen Ejecutivo, estimación Costo del Producto y Margen de Utilidad.

Producto: Carbón activado				
Producción Año 1: 675,000 kg/año				
Concepto	CVU \$ /kg	C. Fijos Miles \$ /año	Totales	
			\$ /kg	Miles \$ /año
Costo de Fabricación			2.09	1,413
❖ Costo variable	1.31			
❖ Costo fijo		529		
Gastos Administrat.			0.25	168
❖ Costo variable	0.00			
❖ Costo fijo		168		
Gastos de Venta			0.14	95
❖ Costo variable	0.14			
❖ Costo fijo		000		
Costo del Producto	1.45	697	2.48	1,676
Margen de Resultados				
Precio			2.80	
Ventas en \$				1,890
CVU			1.45	
MCU a los C. Fijos			1.35	
MCT a los C. Fijos				911
Costos fijos				697
Utilidad				214
(MCU: margen de contribución unitario)				
(MCT: margen de contribución total)				

Comentarios finales

Se ha propuesto un modelo reajustado y la metodología para la estimación del costo total del producto en industrias de procesos químicos. En el próximo artículo se ampliará la conceptualización y metodologías de uso

de costo directo e indirecto, margen de contribución, punto de equilibrio, como herramientas de ingeniería de costos a problemas de procesamiento y de gestión empresarial.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Holland, F., Watson F. y Wilkinson K., Engineering Economics for Chemical Engineers, *Chem. Eng.*, June 25, 1973.
- [2] Gallagher, J., Rapid Estimation of Plant Costs. Modern Cost-Engineering Techniques Edited by Herbert Popper, Mc Graw Hill, 1970.
- [3] Vilbrandt F. y Dryden Ch. *Chemical Engineering Plant Design*, Chapter 3, Mc Graw Hill, Fourth Edition, 1959.
- [4] Hackney J. Estimate Production Costs Quickly. *Modern Cost-Engineering Techniques* Edited by Herbert Popper, Mc Graw Hill, 1970.
- [5] Jenches L. How to Estimate Operating Costs and Depreciation, *Chem. Eng.*, December 14, 1970.
- [6] Jenckes L., Developing and Evaluating a Manufacturing-Cost Estimate, *Chem. Eng.*, January 11, 1971.
- [7] Holland, F., Watson F. y Wilkinson K. Manufacturing Costs and How to Estimate Them (Engineering Economics, Part 13), *Chem. Eng.*, April 15, 1974.
- [8] Ulrich, Gael. *Diseño y Economía de los Procesos de Ingeniería Química*, Capítulo 6, México, Editorial Interamericana, 1986.
- [9] Peters M. y Timmerhaus K., *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, Chapter 6, Inc., Fourth Edition, Mc Graw Hill, 1991.
- [10] Turton R., Bailie R., Whiting W. y Shaeiwitz J., *Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes*, Prentice Hall, 1998.
- [11] Brown Th., Estimating Product Costs, *Chem. Eng.*, August 2000.
- [12] Ulrich Gael, op. cit., pp. 360-364.
- [13] Turton R., Bailie R., Whiting W. y Shaeiwitz J., op. cit., pp. 82-85.
- [14] Brown Th., op. cit., op. cit., pp. 88-89.
- [15] Peters M. y Timmerhaus K., op. cit., pp. 209-211.