

INVERSIONES

PROYECTO INDUSTRIAL 2024

INSTITUTO DE INGENIERÍA QUÍMICA

SANTIAGO FERRO, ING. QUÍM, MBA, MENG

21 DE AGOSTO DE 2024



FACULTAD DE
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

ÍNDICE

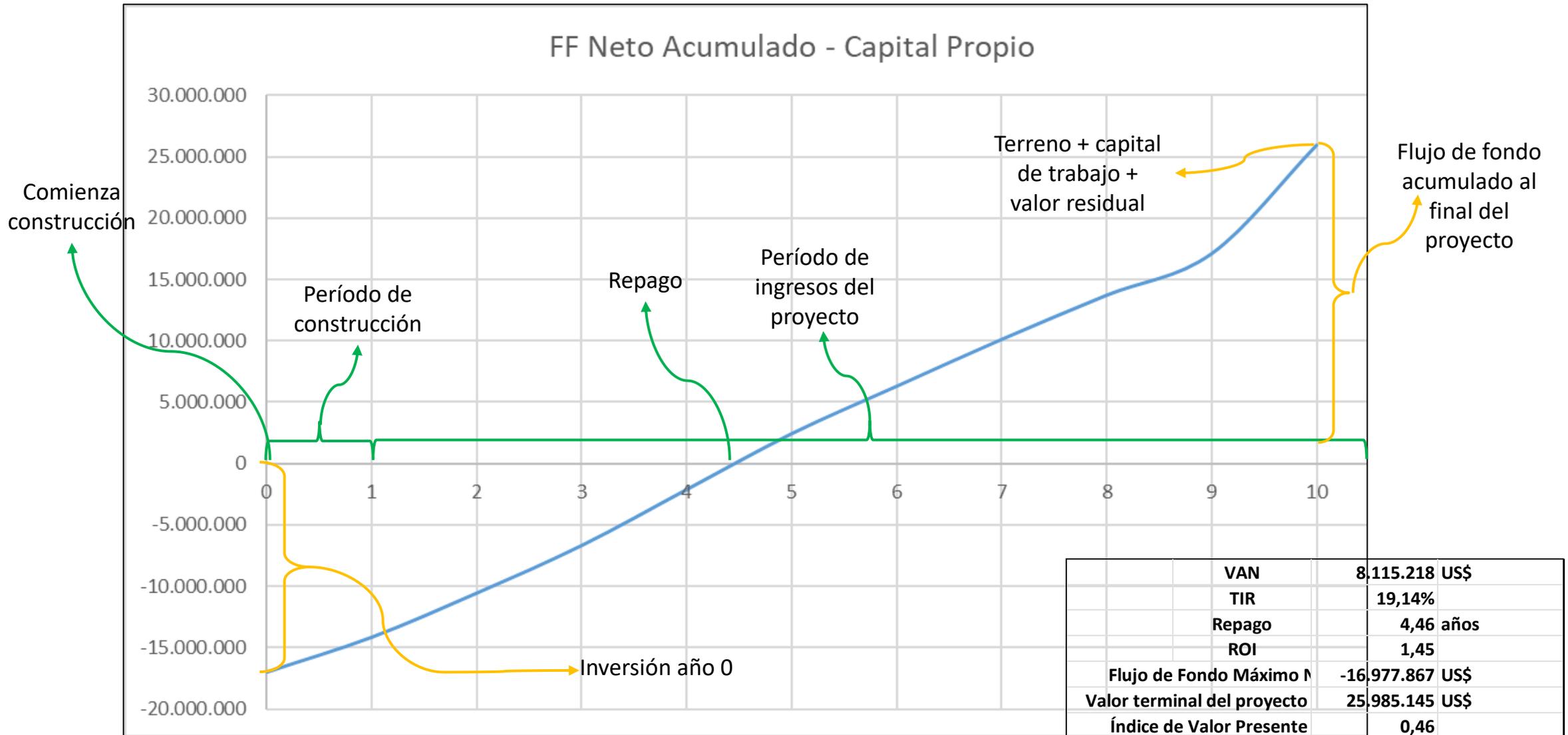
- Inversiones – Clasificación y Conceptos Generales
- Métodos para Estimación de Inversiones
- Reglas de “Oro” para distintos ítems
- Cierre

FLUJO DE FONDO DEL PROYECTO

Análisis Financiero

Año	Ingresos (US\$)	Inversiones Totales (US\$)	VP Inversiones (US\$)	Costos Operativos (US\$)	Flujo de Fondo Bruto (US\$)	Impuesto a la Renta (US\$)	Flujo de Fondo Neto (US\$)	FF Neto Acumulado (US\$)	FF Neto Descontado (US\$)	Período de Repago
0	0	16.966.682	16.966.682	11.185	-16.977.867	0	-16.977.867	-16.977.867	-16.977.867	
1	9.000.000	137.300	124.819	5.595.229	3.267.471	412.415	2.855.056	-14.122.811	2.595.506	1,00
2	10.125.000	0	0	5.925.653	4.199.347	608.770	3.590.577	-10.532.234	2.967.419	1,00
3	11.250.000	338.384	254.233	6.203.384	4.708.232	820.588	3.887.644	-6.644.590	2.920.845	1,00
4	12.375.000	236.428	161.484	6.576.507	5.562.064	1.002.917	4.559.147	-2.085.443	3.113.959	1,00
5	12.375.000	39.875	24.759	6.852.447	5.482.678	929.992	4.552.687	2.467.244	2.826.860	0,46
6	12.375.000	237.300	133.950	7.125.201	5.012.499	1.144.139	3.868.360	6.335.604	2.183.588	0,00
7	12.375.000	0	0	7.512.540	4.862.460	1.045.015	3.817.444	10.153.048	1.958.953	0,00
8	12.375.000	0	0	7.801.499	4.573.501	972.776	3.600.725	13.753.773	1.679.765	0,00
9	12.375.000	0	0	8.090.459	4.284.541	900.536	3.384.006	17.137.779	1.435.149	0,00
10	18.055.080	0	0	8.379.418	9.675.662	828.296	8.847.366	25.985.145	3.411.043	0,00
	122.680.080	17.955.971	17.665.927	70.073.521	34.650.588	8.665.443	25.985.145		8.115.218	4,46

FLUJO DE FONDO DEL PROYECTO



INVERSIONES

- La inversión constituye el acto a través del cual se afecta un bien que puede proporcionar una satisfacción inmediata a un proceso con la esperanza de obtener bienes futuros, cuyo soporte es el propio bien invertido.
- Antes de que se pueda poner en funcionamiento una planta industrial, se debe invertir una gran cantidad de dinero - para comprar e instalar las maquinarias y equipamientos necesarios, para obtener el terreno, tener disponible las instalaciones de servicio, construir la planta, instalar equipamiento auxiliar como cañerías, automatismos, control, servicios, etc y se requieren fondos con los que pagar los gastos involucrados en la operación de la planta antes de que se tener disponibles los ingresos por ventas.
- Previo a comenzar el diseño o el trabajo de ingeniería de un proyecto, se debe considerar su viabilidad. Para ello, se pueden obtener estimaciones de costos razonablemente precisas utilizando distintas metodologías de estimación preliminar

TODOS LOS RUBROS NECESARIOS PARA LLEGAR AL FINAL DEL PERÍODO 0 SON LAS INVERSIONES DEL PROYECTO

- Etapas de una inversión:
 - Idea
 - Estudios preliminares
 - Proyecto de inversión
 - Decisión sobre la ejecución del proyecto
 - Preparación de proyectos técnicos
 - Instalación
 - Puesta en marcha
- Desde la Idea a la Puesta en marcha (período 0) se debe contar con el capital necesario.
- No debe faltar ninguna inversión necesaria en este período
- Las inversiones de capital fijo usualmente se distribuyen durante todo el período de construcción e instalación

INVERSIONES

- Se clasifican las inversiones en 2 grandes grupos:
 - Inversiones amortizables
 - Tangibles (Inversiones en Activos Fijos o Inversiones de Capital Fijo)
 - Intangibles (Inversiones en Activos Intangibles)
 - Inversiones no amortizables (Capital de Trabajo) y Terreno

Inversiones del Proyecto (Inversión Total de Capital - CAPEX)	Inversiones Amortizables	Tangibles (Activos Fijos)
		Intangibles (Activos Intangibles)
	Inversiones No amortizables	Capital de Trabajo
		Terreno (*)

(*) Los terrenos son activos fijos pero no se deprecian, incluso muchas veces aumentan su valor.

INVERSIONES AMORTIZABLES

- Son aquellas correspondientes a la compra de bienes o servicios que son útiles al proyecto y que pierden valor durante la vida útil económica del bien.
- Amortizable es sinónimo de depreciable. Mientras la pérdida de valor contable de los activos fijos se denomina depreciación, la pérdida de valor contable de los activos intangibles se denomina amortización.
- La pérdida de valor de estos bienes se reflejará en los costos periódicamente (Análisis Económico)
- Al término de la vida útil del proyecto la amortización puede haberse dado total o parcialmente. Si la amortización es parcial, al término del período los bienes y servicios tienen un valor residual.
- Se dividirán en tangibles (activos fijos) e intangibles (activos intangibles)

INVERSIONES AMORTIZABLES TANGIBLES (ACTIVOS FIJOS)

- **Obras especiales sobre el terreno:** Acondicionamiento del terreno: Limpieza, Demarcación, Cerramientos, cercas. Nivelación. Caminos, aceras, Bases y fundaciones, Excavaciones, Jardinería y paisajismo
- **Instalaciones provisionarias:** Instalaciones necesarias para la ejecución de las obras pero que no quedan incorporadas: Campamentos, Obradores, Depósitos
- **Construcciones principales y complementarias:** Comprende toda la obra civil del proyecto, edificios y estructuras (edificios industriales, sala de ventas, oficinas administrativas, vías de acceso, estacionamientos, bodegas, etc).
- **Maquinarias y equipos de producción y servicios**
- **Instalaciones Externas:** Comprende todos los costos de las conexiones: UTE, Agua, Gas, Comunicaciones, Saneamiento
- **Muebles, Equipos y Útiles de oficina:** Mobiliario en general de oficina y de fábrica (escritorios, mesas, sillas, bibliotecas, roperos, etc.) así como equipamiento de oficina (computadoras, fotocopiadoras, impresoras, celulares, laptops, tablets, etc).
- **Envases:** Corresponde considerar este los envases como inversiones amortizables tangibles cuando cumplen dos condiciones: ser recuperables y ser de uso exclusivo por la empresa

MAQUINARIA Y EQUIPOS DE PRODUCCIÓN Y SERVICIOS

- Se estima en base al detalle que proporciona el estudio de Ingeniería, considerando maquinaria y equipos de producción y de servicios.
- Se determinan los valores en base a cotizaciones de proveedores, a actualización de compras anteriores, índices de publicaciones confiables.
- Además del valor de compra se deben obtener tener en cuenta gastos de transporte, seguros, instalación, etc.
- Puede ser útil agrupar los valores según sean equipos importados o suministro nacional.
- Para equipos importados se deberán considerar los gastos de internación: recargos arancelarios, gastos bancarios, derechos portuarios, gastos de descarga portuaria, derechos aduaneros, impuestos a las importaciones, etc. (INCOTERMS: EXW, FOB, CIF, DDP)
- El costo de los equipos es la base de la estimación de las inversiones de capital fijo. Sobre estos valores, se aplican factores o porcentajes empíricos, y se obtiene dicha estimación.

INVERSIONES AMORTIZABLES INTANGIBLES

- **Gasto en estudios preliminares.** Evaluación de la factibilidad de los grandes temas de la idea motivante de la inversión: ensayos de materiales, prospecciones, viajes al exterior, estudios de mercado, normativas, gestiones ante autoridades gubernamentales, etc.
- **Confección del proyecto de inversión.** Requiere el aporte de un equipo técnico, lo que genera honorarios y gastos: ingeniería, temas económico-financieros, especialistas, etc.
- **Preparación de proyectos técnicos definitivos.** Ingeniería (cañerías de agua, gas, vapor, instalaciones eléctricas), arquitectura (planos definitivos), de la organización (procedimientos, protocolos, formularios), de TI, etc.
- **Gastos especiales de promoción.** Promoción inicial importante (lanzamiento) para hacer conocer el producto inicialmente. Los gastos de promoción corrientes se incluyen en los costos.
- **Ejecución de la instalación, Director de Obra.** Técnico o empresa que dirija y administre la implantación.
- **Seguros** durante las obras de instalación

INVERSIONES AMORTIZABLES INTANGIBLES

- **Puesta en marcha.** Período en el cual se tienen todos los costos, pero aún no se obtuvieron ventas. Desde la instalación, se pone a funcionar el emprendimiento, el sector productivo y administrativo. Los costos de la misma incluyen:
 - Cambios en el proceso después de terminada la construcción
 - Pruebas preliminares, inicio de la operación hasta que alcance el funcionamiento adecuado
 - Costos durante arranque excluyendo gastos normales
 - Investigación y Desarrollo durante esta etapa
 - Costo Puesta en Marcha = (Costo diario) x (días)
 - Si el producto generado tuviera un valor de venta, se descuenta de este rubro.
- **Gastos de constitución.** Gastos legales para la formación de la sociedad. Gastos para el diseño del sistema y procedimientos administrativos y de gestión de la empresa.
- **Capacitación.** Instrucción y preparación del personal para el desarrollo de las habilidades y conocimientos que deben adquirir previo a la puesta en marcha.
- **Patentes, llaves, licencias.** Pagos por derecho de uso de una marca, fórmula, proceso productivo o tecnología.

INVERSIONES NO AMORTIZABLES

- Las inversiones en capital de trabajo no pierden valor. Constituyen el conjunto de recursos necesarios para garantizar una continuidad en la producción, es decir, la operación normal del proyecto durante un ciclo productivo, para una capacidad y tamaño determinados.
- Un ciclo productivo es el proceso que se inicia con el desembolso para la compra de los insumos de la operación y termina cuando se vende los productos terminados, percibiéndose los ingresos por las ventas.
- Comprenden la inversión en stock o inventarios necesarios de aquellos elementos que aseguran la continuidad (materia prima, insumos, productos en proceso, productos terminados)
- Estos inventarios se renuevan en forma permanente, por lo que no se deprecian

INVERSIONES NO AMORTIZABLES

- **Inventarios en efectivo.** Conveniente tener una reserva de un mes de sueldos y salarios, o una semana del costo de producción.
- **Inventario de materias primas.** Más crítico para materia prima importada o zafral (2 semanas a 1 mes del costo entregado de las materias primas)
- **Inventario de envases e insumos.** Se incluye aquí el stock de repuestos.
- **Inventario de productos en proceso.** Permanentemente se tendrá inmovilizado un capital equivalente al valor de las unidades en proceso. Esto es más relevante en industrias con operaciones largas.
 - Unidades al inicio del proceso: valor \approx materias primas
 - Unidades casi terminadas: valor \approx producto terminado
- **Inventario de productos terminados.** La comercialización determina el período de almacenamiento de los productos desde que se fabrican hasta que venden. Ej: exportación, lotes económicos. El valor del inventario de productos terminados se obtiene multiplicando el número de unidades por el costo de fabricación, deducidas las amortizaciones.
- **Inventario de productos terminados a cobrar.** Créditos a Clientes. Es como un almacenamiento de productos terminados en poder de los Clientes.

TERRENO

- Es un bien tangible, pero no es amortizable
- No sólo no pierde su valor, sino que por lo general lo aumenta
- Valor terreno + escritura (impuestos, honorarios escribanos, comisiones)
- Si el terreno se explota por sus riquezas minerales o recursos naturales, se admite su amortización y el de las riquezas que encierra.

CALENDARIO DE INVERSIONES

- Además de las inversiones previas a la puesta en marcha es importante proyectar las reinversiones de reemplazo y las nuevas inversiones por ampliación.
- Necesidad de un reemplazo se origina en:
 - Capacidad insuficiente de equipos actuales - Cambios del tamaño del proyecto (por ej: incremento de la producción) - Ampliaciones programadas
 - Económica - Aumento de costos de mantenimiento y reparación por antigüedad
 - Vida útil contable (plazo a depreciar)
 - Comercial (imagen corporativa)
 - Vida útil técnica (horas de uso)
 - Obsolescencia comparativa de la tecnología
 - Disminución de la productividad por horas detenidas para reparación o mantenimiento

INVERSIONES INTERMEDIAS

ESTUDIO
ECONÓMICO Y
FINANCIERO
CAPITAL PROPIO

Se deben realizar inversiones intermedias para acompañar el crecimiento de la demanda

Año	Fermentadores y BBts (U\$S)	Equipamiento de depósito (U\$S)	Tanques de agua (U\$S)	Chiller (U\$S)	Barriles (U\$S)	Total (U\$S)
1	6.600	1.131	-	-	4.100	11.831
2	11.325	850	-	-	5.100	17.275
3	-	1.860	-	-	6.400	8.260
4	61.490	1.797	-	34.024	8.000	105.311
5	16.610	2.590	18.143	-	10.000	47.343
6	-	3.685	8.500	-	12.500	24.685
7	28.600	3.675	-	-	15.600	47.875
8	27.935	4.047	-	-	19.500	51.482
9	27.935	5.102	-	-	24.400	57.437

LISTA DE ÍTEMS PARA ESTIMACIÓN DE INVERSIONES DE CAPITAL FIJO (de PERRY 6° Ed, Tabla 25-43) (1/4)

Terreno:

- Evaluación y valoración
- Honorarios
- Costo del terreno

Mejoramiento del terreno:

- Desmonte
- Nivelación
- Caminos de acceso e internos
- Senderos, pasarelas peatonales
- Vías férreas
- Alambrados y cercas
- Zonas de estacionamiento
- Otras zonas pavimentadas
- Muelles y andenes
- Instalaciones recreativas
- Jardinería

Edificios auxiliares:

- Administración y oficinas
- Servicio médico o enfermería
- Cafetería
- Garaje
- Almacenes para productos
- Almacén de repuestos y suministros
- Talleres de mantenimiento: eléctricos, tuberías, hojalatería (chapista), mecánico, soldadura, carpintería, instrumentos
- Vigilancia y protección
- Casetas para mangueras
- Vestuarios
- Lugares para fumar (en ciertas plantas)
- Edificio para personal
- Oficinas y plataformas para embarques
- Laboratorio de investigación y desarrollo
- Laboratorio de control

Servicios para edificios:

- Plomería en general
- Calefacción
- Ventilación
- Recolección de polvo
- Acondicionamiento de aire
- Sistema de rociadores
- Elevadores, escaleras eléctricas
- Iluminación de edificios
- Teléfonos
- Alarmas de incendio
- Sistema de llamadas, contactos, mensajería
- Sistema de intercomunicación
- Pintura

Edificio para proceso:

- (Enumerar lo necesario). Incluir según se requiera subestructura, superestructuras, plataformas, soportes, escaleras, escalas, vías de acceso, grúas, monorraíles, montacargas, elevadores

Equipo para proceso:

- (Preparar cuidadosamente la lista con los diagramas de flujo aprobados).

LISTA DE ÍTEMS PARA ESTIMACIÓN DE INVERSIONES DE CAPITAL FIJO (de PERRY 6° Ed, Tabla 25-43) (2/4)

Equipamiento general:

- Muebles y equipamiento de oficina
- Equipamiento para cafetería
- Equipamiento de seguridad y médico
- Equipamiento para talleres
- Equipamiento para mantenimiento mayor de vehículos y equipamiento de manejo de materiales
- Equipamiento de laboratorio
- Casilleros y bancos en los vestuarios
- Equipamiento para garaje y taller de vehículos
- Estanterías, cajones, tarimas, carretillas de mano
- Equipamiento para limpieza
- Extinguidores, mangueras y camiones de bomberos

Accesorios para proceso:

- Tuberías, cañerías: acero al carbono, aleación, hierro fundido, forrado de plomo, aluminio, cobre, asbesto-cemento, cerámica, plástico, goma, concreto reforzado
- Soportes y accesorios para cañerías, válvulas
- Aislaciones para tuberías y equipos
- Instrumentos
- Tableros de instrumentos
- Componentes eléctricos: tableros, interruptores, motores, conductos, cableado, accesorios, alimentadores, tierras, cableado para instrumentos y controles

Servicios generales:

- Sala de caldera
- Incinerador
- Eliminación de cenizas
- Tratamiento de agua de alimentación de calderas
- Generación de electricidad
- Subestaciones eléctricas
- Planta de refrigeración
- Planta para compresores de aire
- Pozos
- Toma de agua en ríos
- Tratamiento primario de agua: filtración, coagulación, aireación
- Tratamiento secundario de agua: desionización, desmineralización, control de pH y dureza
- Torres de enfriamiento
- Almacenamiento de agua
- Descarga de efluentes
- Alcantarilla para desechos de proceso
- Estaciones de bombeo de desechos del proceso
- Drenajes para aguas negras
- Estaciones de bombeo de aguas negras
- Embalses y estanques para recolección
- Tratamiento de efluentes y desechos, incluso gases
- Alcantarillado para agua de lluvia

LISTA DE ÍTEMES PARA ESTIMACIÓN DE INVERSIONES DE CAPITAL FIJO (de PERRY 6° Ed, Tabla 25-43) (3/4)

Patios e instalaciones fuera de edificio principal:

- Tuberías, cañerías para procesos: vapor, condensado, agua, gas, fuel oil, aire, agua para incendios, instrumentos y cableado eléctrico
- Equipos para manejo de materia prima y producto terminado: elevadores, montacargas, transportadores de banda y neumáticos, grúas
- Almacenamiento de materia prima y producto terminado: tanques, esferas, tambores, cajones, silos
- Recepción, mezcla y almacenamiento de combustibles
- Estaciones para cargar el producto
- Básculas para ferrocarril y camiones

Costos de ingeniería:

- Administrativos
- Ingeniería de proyectos, proceso y general
- Elaboración de planos
- Ingeniería de costos
- Procuración, expeditación e inspección
- Gastos de viaje y viáticos
- Reproducciones y copias
- Comunicaciones
- Maquetas
- Honorarios a arquitectos e ingenieros externos

Diversos:

- Trabajo de demolición y reformas
- Catalizadores
- Productos químicos (sólo carga inicial)
- Piezas de repuesto (refacciones) en general
- Equipo sobrante; valor de suministros y equipo
- Arrendamiento de equipo (para construcción)
- Primas de reducción de tiempo (para construcción)
- Inclusión de inflación en los costos
- Cargos por flete
- Impuestos y seguros
- Derechos de importación
- Provisión para modificaciones y construcciones adicionales durante la puesta en marcha

LISTA DE ÍTEMS PARA ESTIMACIÓN DE INVERSIONES DE CAPITAL FIJO (de PERRY 6° Ed, Tabla 25-43) (4/4)

Gastos de construcción:

- Operación y mantenimiento durante la construcción de cobertizos, oficinas, caminos, estacionamientos, vías férreas, equipamiento eléctrico, tuberías, comunicaciones y cercas
 - Herramientas y equipos para construcción
 - Personal y gastos de almacenamiento
 - Supervisión de la construcción
 - Contabilidad y control de tiempos y cronogramas
 - Compras y transporte
 - Equipo de seguridad y médico
 - Vigilantes y serenos
 - Gastos de viajes y transporte para trabajadores especializados
 - Beneficios adicionales (prestaciones)
 - Equipamiento para limpieza
 - Permisos y licencias especiales, pruebas de campo
 - Renta de espacios fuera del sitio
 - Honorarios y gastos de oficina matriz de la contratista
 - Impuestos, seguros, intereses
- La mayoría de las estimaciones de inversión de capital se basan en el costo de equipos.
 - Los errores más importantes en la estimación de la inversión de capital se deben generalmente a omisiones de equipos, servicios o instalaciones auxiliares y no a errores graves en costeo.
 - Revisen detalladamente que no estén olvidando inversiones en su proyecto

ESTIMACIÓN DE INVERSIONES

ESTIMACIÓN DE INVERSIONES

- Hacer estimaciones de costos de capital antes de los balances de masa y energía es útil
- A medida que el proyecto avanza desde el concepto inicial a la ingeniería de detalle los costos se acumulan e incrementan. Por lo tanto, hay un incentivo para tratar de estimar los costos de proyecto cuanto antes, aún si la información de diseño está incompleta
- De esta forma el proyecto puede ser optimizado y evaluado, incluso posiblemente descartado si no es atractivo.
- Cuanta más información haya disponible, más precisa será la estimación.
- El método de estimación debe ser el mejor, más preciso, consistente con el tiempo y dinero disponible para la preparación de la estimación.
- Una estimación de la inversión de capital para un proceso puede variar desde una estimación previa al diseño basado en poca información (excepto la magnitud del proyecto propuesto), hasta un detallado presupuesto elaborado a partir de planos y especificaciones completos.

CLASIFICACIÓN DE ESTIMACIÓN DE INVERSIONES (AAE)

Clase de Estimación	Nivel de Madurez en la Definición de los Entregables del Proyecto (% completado)	Uso Final (propósito de la estimación)	Metodología (típico método de estimación)	Rango Estimado de Precisión
Clase 5 Orden de Magnitud	Información muy limitada: tipo de planta, localización y tamaño 0% a 2%	Filtrado Conceptual Estudios de mercado, de localización Evaluación de necesidades de recursos y presupuesto	Poco tiempo y esfuerzo (1 a 200 horas) Parametrización de costo / capacidad Ratios de costos unitarios Costo: 0,005% del CAPEX del Proyecto	L: -20% a -50% H: +30% a +100%
Clase 4 Estudio	Información limitada: capacidad de la planta, diagrama de bloques, layout, diagramas de flujo de proceso, equipos principales 1% a 15%	Filtrado de Proyectos Planificación Estratégica Desarrollo de Negocios Estudio o Factibilidad Técnico-Económica Aprobación de Presupuesto o de seguir adelante	Esfuerzo entre 20 y 300 horas Factores de equipos, de Lang, de Hand, de Chilton, de Peters-Timmerhaus, de Guthrie, etc. Costo: 0,01% a 0,02% del CAPEX	L: -15% a -30% H: +20% a +50%
Clase 3 Preliminar	Diagrama de flujo del proceso, diagramas de cañerías e instrumentos, planos de layout avanzados, lista completa de equipos de proceso y servicios 10% a 40%	Preparado para solicitud de fondos Primera estimación para el control Autorización de Presupuesto o Control	Esfuerzo entre 150 y 1500 horas Mayor grado de líneas de costos unitarios Se pueden usar factores para otras partes menos importantes de la planta Costo: 0,015% a 0,05% del CAPEX	L: -10% a -20% H: +10% a +30%
Clase 2 Definitivo	Diagramas de flujo del proceso y de servicios, PID, balances de calor y masa, planos y layout completos, lista completa de equipos de proceso y servicios, diagramas eléctricos, cotizaciones de proveedores, plan de ejecución del Proyecto, plan de mano de obra 30% a 75%	Control del Proyecto Preparados para armar una línea de base detallada de control contra la que se monitorean los costos y el progreso del Proyecto Control o Licitación (Contratista)	Esfuerzo entre 300 y 3000 horas Estimaciones detalladas con miles de líneas de costos. Costo: 0,02% a 0,1% del CAPEX del Proyecto	L: -5% a -15% H: +5% a +20%
Clase 1 Detallado	Preparado para partes del proyecto, para licitaciones Todo el diseño de ingeniería del proyecto, así como los planes de ejecución y puesta en marcha 65% a 100%	Estimación para el Control Final contra la que se contrastan los costos y recursos reales del proyecto, para monitorear variaciones. Se usan para chequear ofertas en licitaciones, para respaldar negociaciones, reclamos y resolución de disputas.	Requieren el mayor grado de detalle. Mayor esfuerzo (entre 600 y 6000 horas), sólo para algunas áreas cruciales Todos los ítems son líneas de costos Costo: 0,025% a 0,5% del CAPEX del Proyecto	L: -3% a -10% H: +3% a +15%

CALIDAD DE LA ESTIMACIÓN DE INVERSIONES (Perry)

- **Orden de magnitud** (*estimación con ratios*).
 - Método de “reglas de oro” basados en datos de plantas similares. Precisión -30% a +50%
- **Estimación de estudio** (*estimación con factores*).
 - Este tipo requiere conocimiento de balances preliminares de masa y energía, así como los equipos principales. Precisión -25% a +30%.
- **Estimación preliminar** (*estimación para la autorización del presupuesto*).
 - Se necesita más detalles del proceso y los equipos. Precisión -20% a +25%.
- **Estimación definitiva** (*estimación para el control del proyecto*).
 - Se necesita más información que para la estimación preliminar incluyendo especificaciones y diagramas. Precisión -10% a +15%.
- **Estimación detallada** (*estimación al firme*).
 - Se necesitan las especificaciones y diagramas completos, estudios de la locación para la construcción de la planta, etc. Precisión -5% a +10%.

CLASIFICACIÓN DE ESTIMACIÓN DE INVERSIONES

Lista de insumos para la estimación

General Project Data:	ESTIMATE CLASSIFICATION				
	CLASS 5	CLASS 4	CLASS 3	CLASS 2	CLASS 1
Project Scope Description	General	Preliminary	Defined	Defined	Defined
Plant Production/Facility Capacity	Assumed	Preliminary	Defined	Defined	Defined
Plant Location	General	Approximate	Specific	Specific	Specific
Soils & Hydrology	None	Preliminary	Defined	Defined	Defined
Integrated Project Plan	None	Preliminary	Defined	Defined	Defined
Project Master Schedule	None	Preliminary	Defined	Defined	Defined
Escalation Strategy	None	Preliminary	Defined	Defined	Defined
Work Breakdown Structure	None	Preliminary	Defined	Defined	Defined
Project Code of Accounts	None	Preliminary	Defined	Defined	Defined
Contracting Strategy	Assumed	Assumed	Preliminary	Defined	Defined
Engineering Deliverables:					
Block Flow Diagrams	S/P	P/C	C	C	C
Plot Plans		S	P/C	C	C
Process Flow Diagrams (PFDs)		S/P	P/C	C	C
Utility Flow Diagrams (UFDs)		S/P	P/C	C	C
Piping & Instrument Diagrams (P&IDs)		S	P/C	C	C
Heat & Material Balances		S	P/C	C	C
Process Equipment List		S/P	P/C	C	C
Utility Equipment List		S/P	P/C	C	C
Electrical One-Line Drawings		S/P	P/C	C	C
Specifications & Datasheets		S	P/C	C	C
General Equipment Arrangement Drawings		S	P/C	C	C
Spare Parts Listings			S/P	P	C
Mechanical Discipline Drawings			S	P	P/C
Electrical Discipline Drawings			S	P	P/C
Instrumentation/Control System Discipline Drawings			S	P	P/C
Civil/Structural/Site Discipline Drawings			S	P	P/C

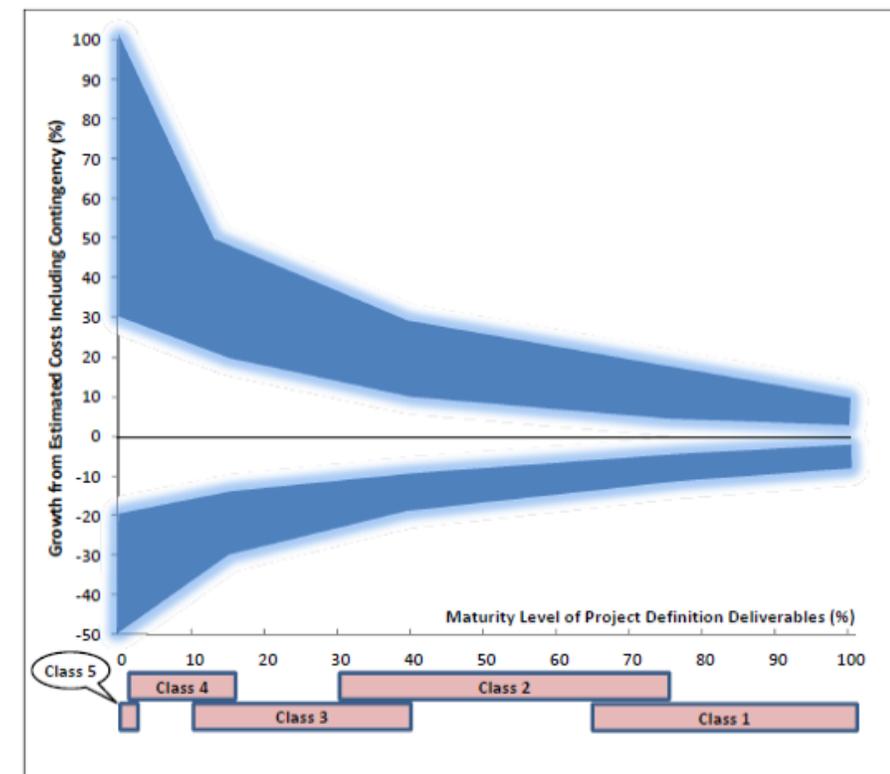
Nada (en blanco)

Comenzado (S)

Preliminar (P)

Completo (C)

Variabilidad en la precisión de la estimación



COSTO DE REALIZAR ESTIMACIONES

Typical average costs for making estimates (1990)†

Cost of project	Less than \$2,000,000	\$2,000,000 to \$10,000,000	\$10,000,000 to \$100,000,000
Order-of-magnitude estimate	\$ 3,000	\$ 6,000	\$ 13,000
Study estimate	20,000	40,000	60,000
Preliminary estimate	50,000	80,000	130,000
Definitive estimate	80,000	160,000	320,000
Detailed estimate	200,000	520,000	1,000,000

† Adapted from A. Pikulik and H. E. Diaz, Cost Estimating for Major Process Equipment, *Chem. Eng.*, 84(21):106 (Oct. 10, 1977).

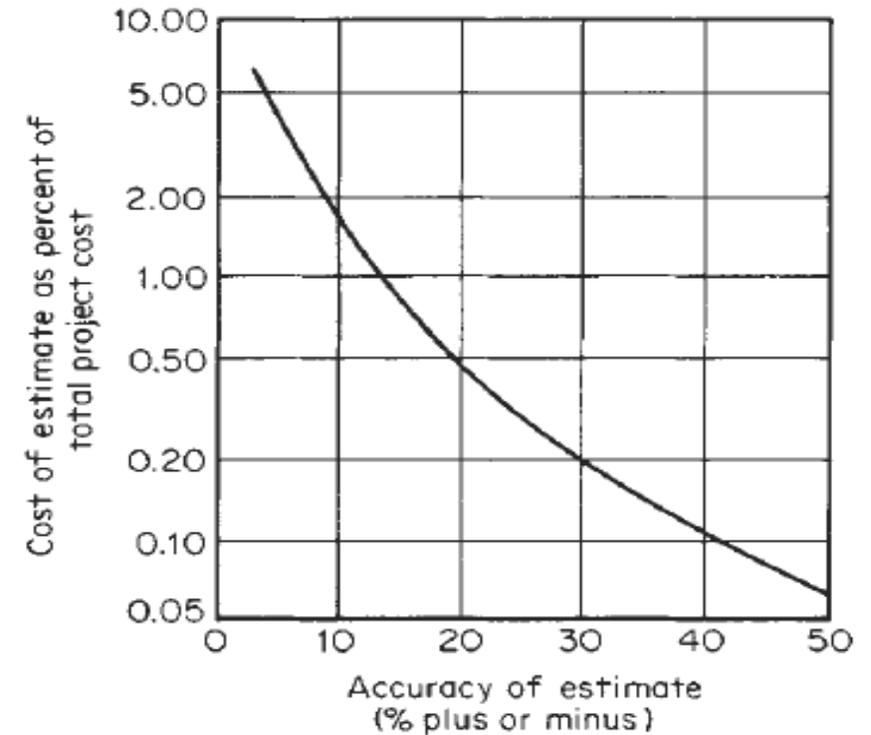
Plant Design and Economics For Chemical Engineers; Peters, Timmerhaus; 4° Ed

TABLE 4.2 Cost of Preparing a Capital Cost Estimate

Type of estimate	Cost (% of capital cost)
Order of magnitude	0.01–0.05
Study	0.10–0.20
Preliminary	0.20–0.50
Definitive	0.40–1.50
Detailed	1.00–5.00

Process Engineering Economics; Couper

Relación entre costo y precisión de los métodos de estimación de costos de capital o inversiones



Perry's Chemical Engineers Handbook; 8 Ed

¿PARA QUÉ REALIZAR UNA ESTIMACIÓN DE INVERSIONES?

- Una estimación de inversiones puede realizarse por diferentes motivos:
 - Seleccionar entre diferentes alternativas de inversión
 - Preparar un estudio de factibilidad
 - Asignar fondos a un proyecto
 - Preparar y seleccionar ofertas en una licitación
 - Facilitar el control de costos durante la implementación de un proyecto
- Dependiendo del propósito, qué tipo de estimación debería usarse:
 - En las primeras etapas del proyecto, una estimación de **orden de magnitud** puede ser suficiente para filtrar ideas
 - Las estimaciones de **estudio** pueden usarse para preparar evaluaciones económicas iniciales, basado en el conocimiento de los equipos principales
 - Si los resultados son prometedores, puede hacerse una estimación **preliminar** sobre suficiente información como para que la estimación sea presupuestada
 - Si los resultados económicos del proyecto siguen siendo prometedores, se puede realizar una estimación **definitiva** para obtener el financiamiento del proyecto y la autorización para ir adelante (FID).
 - Finalmente, para el control de costos durante la construcción se prepara una estimación **detallada**

MÉTODOS DE ORDEN DE MAGNITUD (OM)

MÉTODO DEL RATIO DE CAPITAL

- Da la inversión de capital fijo por venta bruta anual.
- Rápido pero aplicable sólo para hacer estimaciones de orden de magnitud.

TABLE 9-49 Capital Ratios for Process Industries

Industry	Capital ratio,* 1958
Chemicals, general	2.02
Carbon black	3.98
Explosives	1.64
Glass	1.46
Fibers, synthetic	3.44
Foodstuffs, processed	0.66
Inorganics, heavy	2.24
Nonferrous metals	3.31
Petroleum	3.08
Pharmaceuticals	0.92
Pigments, paints, and inks	1.04
Pulp and paper	2.01
Resins and plastics	1.90
Rubber	1.04
Soap and detergents	0.69
Steel	2.78
Sulfur	1.97
Average	2.01

*Capital ratio = (fixed-capital investment)/(annual sales revenue).

Perry's Chemical Engineers Handbook; 8 Ed

TABLE 4.6 Turnover Ratios^a

Product	TOR
Acetic acid	1.70
Acrylonitrile	1.55
Ammonia	0.65
Ammonium sulfate	3.82
Benzaldehyde	1.00
Benzene	8.25
Butadiene	1.68
Butanol	1.10
Carbon tetrachloride	1.00
Ethylene dichloride	0.51
Ethylene glycol	1.10
Ethyl ether	6.05
Methanol	1.00
Methyl chloride	2.95
Methyl isobutyl ketone	2.10
Maleic anhydride	4.82
Nitric acid	3.95
Phthalic anhydride	3.12
Polyethylene	0.40
Polypropylene	0.35
Sodium carbonate	0.39
Styrene	5.21
Sulfuric acid	0.63
Urea	2.36
Vinyl chloride	3.40

Sources: Refs. 2, 11.

$$^a \text{Turnover ratio (TOR)} = \frac{\text{annual gross sales, \$}}{\text{fixed capital investment, \$}}$$

Process Engineering Economics; Couper

MÉTODOS DE ORDEN DE MAGNITUD (OM)

MÉTODO DE COSTO UNITARIO

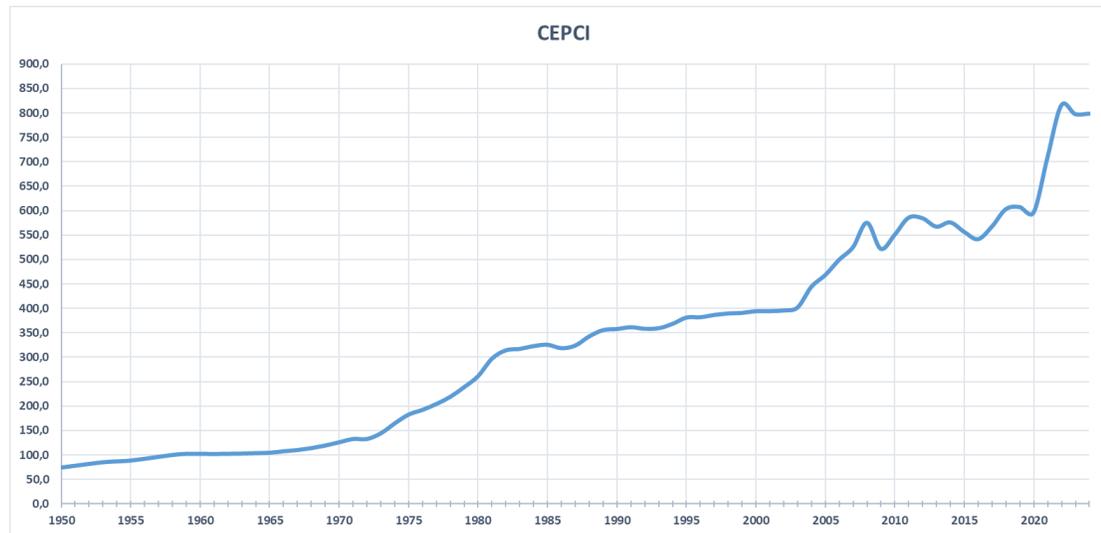
- Identifican un número de unidades y luego aplican un costo de capital promedio por unidad
- Este costo de capital promedio está asociado a la complejidad, condiciones y rendimiento del proceso, y los materiales de construcción.
- Para este método es necesario obtener el costo unitario (UC) de la Planta 1 dividiendo la Inversión (C) en dicha planta (realizada en un año x) entre su capacidad (PC)
- $UC = C_x / PC$
- Luego se multiplica el Costo Unitario (UC) por la capacidad de la Planta 2.
- Ya que la UC se obtiene en un año diferente al de la inversión en la Planta 2, se corrigen los costos de capital mediante índices (Plant Cost Index, CEPCI)
- $C = UC \times (PC_2) \times (CEPCI_{actual} / CEPCI_x)$
- Ej: HIF Global planta de e-fuels en Paysandú. <https://es.hifglobal.com/region/hif-latam>
 - 4000 MMUS\$, 250 kton/año de e-fuels → 16 MMUS\$/(kton/año)

CEPCI (CHEMICAL ENGINEERING PLANT COST INDEX)

- Índice de Costos de Plantas de Ingeniería Química (CEPCI)
- Los precios cambian considerablemente con el tiempo debido a cambios en las condiciones económicas
- Herramienta importante para actualizar los costos de construcción de plantas de procesos o de equipos de una fecha pasada a un momento posterior.
- Consta de un índice compuesto ensamblado a partir de un conjunto de cuatro subíndices: Equipos; Mano de obra de construcción; Edificios; Ingeniería y Supervisión.

Component	Weight factor, %
Equipment, machinery, and supports	61
Construction labor	22
Building materials and labor	7
Engineering and supervision	10
Total	100

Subcomponent	Weight factor, %
Heat exchangers and tanks	37
Process machinery	14
Pipe, valves, and fittings	20
Process instruments	7
Pumps and compressors	7
Electrical equipment	5
Structural supports and miscellaneous	10
Total	100



AÑO	CEPCI	AÑO	CEPCI	AÑO	CEPCI
1950	73,9	1978	218,8	2001	394,3
1953	84,7	1979	238,7	2002	395,6
1955	88,3	1980	261,2	2003	401,7
1958	99,7	1981	297,0	2004	444,2
1959	101,8	1982	314,0	2005	468,2
1960	102,0	1983	316,9	2006	499,6
1961	101,5	1984	322,7	2007	525,4
1962	102,0	1985	325,3	2008	575,4
1963	102,4	1986	318,4	2009	521,9
1964	103,3	1987	323,8	2010	550,8
1965	104,2	1988	342,5	2011	585,7
1966	107,2	1989	355,4	2012	584,6
1967	109,7	1990	357,6	2013	567,3
1968	113,6	1991	361,3	2014	576,1
1969	119,0	1992	358,2	2015	556,8
1970	125,7	1993	359,2	2016	541,7
1971	132,3	1994	368,1	2017	567,5
1972	132,3	1995	381,1	2018	603,1
1973	144,1	1996	381,7	2019	607,5
1974	164,4	1997	386,5	2020	596,2
1975	182,4	1998	389,5	2021	708,8
1976	192,1	1999	390,6	2022	816,0
1977	204,1	2000	394,1	2023	797,9

Año 2024 hasta abril: 798,8

MÉTODOS DE ORDEN DE MAGNITUD (OM)

MÉTODO EXPONENCIAL (REGLA DE LOS 7 DÉCIMOS)

- Este método usa un concepto que establece que, al incrementar el tamaño de la planta, el costo se incrementa por un exponente de 0,7.
- Sin embargo, este exponente se ajusta de acuerdo con el tipo de proceso, según lo establecido en la Tabla
- $(Costo_1/Costo_2) = (Tamaño_1/Tamaño_2)^n$
- Luego que se obtiene el costo deseado, se debe actualizar para el año en cuestión en función de los CEPCI.
- El último paso es multiplicar el resultado por la relación entre CEPCI actual y CEPCI anterior

ECONOMÍA DE ESCALA

- El exponente n es siempre menor a 1
- La inversión total de capital de plantas más grandes tiende a ser menor por unidad de producto a producir
- Esto permite vender los productos a precios más competitivos y aun así que el Proyecto sea rentable
- Esto crea un incentivo para instalar plantas de gran escala (o tamaño)

Coeficientes específicos según tipo de proceso	
Tipo de Proceso	Valor del exponente n
Proceso que usa una gran cantidad de trabajo mecánico o compresión de gas (ej: metanol, pasta de papel)	0,8 - 0,9
Procesos petroquímicos	0,7
Procesos estándares o si no hay suficiente información disponible	0,6
Pequeña escala, mucha instrumentación	0,4 - 0,5

Evaluating Preliminary Investment Feasibility

TABLE 4.8 Seven-Tenths Rule

Compound	Process	Size range	Unit	Exponent
Acetaldehyde	Ethylene	25–100	1000 tons/yr	0.70
Acetylene	Natural gas	4–37	1000 tons/yr	0.73
Ammonia	Natural gas	37–110	1000 tons/yr	0.63
Benzene				0.61
Cyclohexane	Benzene, H ₂	15–365	1000 tons/yr	0.49
Ethanol	Ethylene by direct hydration			0.72
Ethylene	Refinery gas or hydrocarbons			0.71
Ethylene oxide	Direct oxidation of ethylene			0.67
Methanol	Natural gas			0.71
Phthalic anhydride	Naphthalene or o-xylene	21–365	1000 tons/yr	0.72
Propylene				0.70
Sulfuric acid	Contact, sulfur	7–256	1000 tons/yr	0.63
Urea		20–200	1000 tons/yr	0.70
Vinyl chloride	Ethylene, Cl ₂ or HCl	27–365	1000 tons/yr	0.88

$$\text{Cost plant } B = \text{cost plant } A \left(\frac{\text{capacity plant } B}{\text{capacity plant } A} \right)^{0.7}$$

Process Engineering Economics; Couper

MÉTODO DE ESTUDIO MÉTODO DE PORCENTAJE (PETERS & TIMMERHAUS)

- Este método para estimar la inversión en capital fijo y la inversión total de capital se basa en la determinación del costo de los equipos entregados.
- Hay datos empíricos en forma de % que relacionan estas inversiones a otras categorías de costos directos e indirectos, obteniéndose así los costos totales de capital
- Los otros ítems incluidos en el costo total de la planta se estiman como % del costo de los equipos entregados.
- Los componentes adicionales de la inversión de capital se basan en % promedios del costo total de la planta o de la inversión total de capital fijo.

	Percent of delivered-equipment cost for		
	Solid processing plant ^a	Solid-Bid processing plant ^a	Fluid processing plant ^a
Direct costs			
Purchased equipment delivered (including fabricated equipment, process machinery, pumps, and compressors)	100	100	100
Purchased-equipment installation	45	39	47
Instrumentation and controls (installed)	18	26	36
Piping (installed)	16	31	68
Electrical systems (installed)	10	10	11
Buildings (including services)	25	29	18
Yard improvements	15	12	10
Service facilities (installed)	40	55	70
Total direct plant cost	269	302	360
Indirect costs			
Engineering and supervision	33	32	33
Construction expenses	39	34	41
Legal expenses	4	4	4
Contractor's fee	17	19	22
Contingency	35	37	44
Total indirect plant cost	128	126	144
Fixed-capital investment	397	428	504
Working capital (15% of total capital investment)	70	75	89
Total capital investment	467	503	593

Plant Design and Economics For Chemical Engineers; Peters, Timmerhaus; 5° Ed

MÉTODO DE ESTUDIO MÉTODO DE CHILTON

TABLE 4.14 Chilton Method

Item	Factor	% of item			
1. Delivered equipment cost	1.0	1			
2. Installed equipment cost (or directly from cost data)	1.43	1			
3. Process piping					
Type of plant					
Solid	0.07–0.10	2			
Solids–fluid	0.10–0.30	2			
Fluid	0.30–0.60	2			
4. Instrumentation					
Amount					
None	0.03–0.05	2			
Some	0.05–0.12	2			
Extensive	0.12–0.20	2			
5. Buildings and site development					
Type of plant					
Outdoor	0.10–0.30	2			
Outdoor–indoor	0.20–0.60	2			
Indoor	0.60–1.00	2			
6. Auxiliaries					
Extent					
Existing	0	2			
Minor addition	0–0.05	2			
Major addition	0.05–0.75	2			
New facilities	0.25–1.00	2			
			7. Outside lines		
			Average length		
			Short	0–0.05	2
			Intermediate	0.05–0.15	2
			Long	0.15–0.25	2
			8. Total physical plant costs		
			Σ of items 2–7		
			9. Engineering and construction		
			Complexity		
			Simple	0.20–0.35	8
			Difficult	0.35–0.60	8
			10. Contingencies		
			Process		
			Firm	0.10–0.20	8
			Subject to change	0.20–0.30	8
			Speculative	0.30–0.50	8
			11. Size factor		
			Size of plant		
			Large commercial unit > \$10MM	0–0.05	8
			Small commercial unit \$0.5MM to \$10MM	0.05–0.15	8
			Experimental unit < \$0.5MM	0.15–0.35	8
			12. Total fixed plant cost (Σ items 8–11)		

MÉTODO DE ESTUDIO FACTOR ÚNICO - LANG

- La estimación de la inversión en plantas de procesos químicos está frecuentemente basada en el costo de los equipos principales requeridos para el proceso. Los otros costos se estiman como un factor de la inversión en equipos. Estos factores dependen del tipo de industria
- Lang propone que los costos de capital de una planta (C) son dados en función del costo total de los equipos (Ce) y un factor de instalación (F). $C = F \times C_e$
- Se aplica el factor de Lang al costo de los equipos entregados a la planta.
- Los factores toman en cuenta: cañerías, instrumentación, aislación, instalación eléctrica, edificios, ingeniería y construcciones, contingencias, etc.

TABLE 9-10 Lang Factors

Type of plant	Lang factors	
	Fixed capital investment	Total capital investment
Solid processing	4.0	4.7
Solid-fluid processing	4.3	5.0
Fluid processing	5.0	6.0

Adapted from M. S. Peters, K. D. Timmerhaus, and R. West, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 5th ed., McGraw-Hill, New York, 2004.

Perry's Chemical Engineers Handbook; 8 Ed

- F = 3,10 para proyectos industriales sólidos (ej. plantas de madera, empaque de fruta)
- F = 3,63 para proyectos industriales mixtos sólido/líquidos (ej. plantas alimenticias)
- F = 4,74 para proyectos industriales líquidos (ej. refinadoras de aceite, plantas lácteas)

Process Engineering Economics; Couper

MÉTODO DE ESTUDIO

FACTOR DE LANG “MEJORADO”

- Cuando hay más información, el factor de instalación puede instalarse más rigurosamente, al considerar el costo directo de otros ítems de la construcción de una planta, además del costo de los equipos.
- Costo de capital fijo (C) = Costo total de los equipos (C_e) x ϕ_1 x ϕ_2
- $\phi_1 = 1 + f_{er} + f_p + f_i + f_{el} + f_c + f_s + f_l$ (material es acero), o
- $\phi_1 = (1 + f_p)f_m + f_{er} + f_i + f_{el} + f_c + f_s + f_l$ (material distinto de acero)
- f_m = costo material distinto al acero al carbono/costo acero al carbono
- $\phi_2 = (1 + OS)(1 + DE + X)$ donde OS son costos originados fuera del sitio, DE diseño e ingeniería y X contingencias.

TABLE 5. LANG FACTORS (BASED ON MATERIALS OF CONSTRUCTION) [5]

Material	f_m
Carbon steel	1.0
Aluminum and bronze	1.07
Cast steel	1.1
304 stainless steel	1.3
316 stainless steel	1.3
321 stainless steel	1.5
Hastelloy C	1.55
Monel	1.65
Nickel and Inconel	1.7

TABLE 4. LANG FACTORS (BASED ON INDUSTRIAL SECTOR) [5]

Item		Fluids	Fluids-Solids	Solids
Installation factor	F	4.74	3.63	3.61
Equipment erection	f_{er}	0.3	0.5	0.6
Piping	f_p	0.8	0.6	0.2
Instrumentation and control	f_i	0.3	0.3	0.2
Electrical	f_{el}	0.2	0.2	0.15
Civil	f_c	0.3	0.3	0.2
Structures and buildings	f_s	0.2	0.2	0.1
Cladding and paint	f_l	0.1	0.1	0.05
Offsites	OS	0.3	0.4	0.4
Design and engineering	DE	0.3	0.25	0.2
Contingency	X	0.1	0.1	0.1

MÉTODO PRELIMINAR FACTORES MÚLTIPLES

- El método de Hand es un refinamiento del método de Lang.
- Los factores de Hand se aplican sobre el precio FOB de compra del equipo.
- Hand agrupó los equipos por tipo: intercambiadores de calor, bombas, compresores, y determinó un factor distinto para cada tipo de equipo. Esto se debe a que no todos los equipos tienen los mismos requerimientos de cimientos, cañerías, aislaciones, instalación eléctrica, automatismo, etc.
- Wroth compiló una lista más detallada de factores de instalación de equipos. Los factores de Wroth se aplican sobre el precio del equipo entregado en la planta del cliente.

TABLE 9-11 Hand Factors

Equipment type	Factor
Fractionating columns	4.0
Pressure vessels	4.0
Heat exchangers	3.5
Fired heaters	2.0
Pumps	4.0
Compressors	2.5
Instruments	4.0
Miscellaneous equipment	2.5

Adapted from W. E. Hand, *Petroleum Refiner*, September 1958, pp. 331–334.

TABLE 9-12 Selected Wroth Factors

Equipment	Factor
Blender	2.0
Blowers and fans	2.5
Centrifuge	2.0
Compressors	
Centrifugal (motor-driven)	2.0
Centrifugal (steam-driven, including turbine)	2.0
Reciprocating (steam and gas)	2.3
Reciprocating (motor-driven less motor)	2.3
Ejectors, vacuum	2.5
Furnaces (packaged units)	2.0
Heat exchangers	4.8
Instruments	4.1
Motors, electric	3.5
Pumps	
Centrifugal (motor-driven less motor)	7.0
Centrifugal (steam-driven including turbine)	6.5
Positive-displacement (less motor)	5.0
Reactors (factor as appropriate, equivalent-type equipment)	—
Refrigeration (packaged units)	2.5
Tanks	
Process	4.1
Storage	3.5
Fabricated and field-erected 50,000+ gal	2.0
Towers (columns)	4.0

Abstracted from W. F. Wroth, *Chemical Engineering*, October 17, 1960, p. 204.

Perry's Chemical Engineers Handbook; 8 Ed

MÉTODO DEFINITIVO - MÉTODO DE GUTHRIE

- Los métodos modulares son una extensión de los métodos de múltiples factores (uno de los más completos es el de K. M. Guthrie)
 - Comienza con el costo FOB del equipo, y con los factores de la tabla se obtiene el costo de materiales de cada módulo (M)
 - Se agrega la mano de obra de instalación
 - Se agregan flete, seguros, ingeniería, etc.
 - Así se obtiene el costo total de cada módulo
 - La inversión total en capital fijo es la suma de todos los módulos.
 - Se suman si corresponde las contingencias, tarifas de contratistas, servicios, terrenos, obra civil, etc.

TABLE 9-13 Guthrie Method Factors*

Details	Exchangers			Vessels		Pump and driver	Compressor and driver	Tanks
	Furnaces	Shell and tube	Air-cooled	Vertical	Horizontal			
FOB equipment	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Piping	0.18	0.46	0.18	0.61	0.42	0.30	0.21	
Concrete	0.10	0.05	0.02	0.10	0.06	0.04	0.12	
Steel		0.03		0.08				
Instruments	0.04	0.10	0.05	0.12	0.06	0.03	0.08	
Electrical	0.02	0.02	0.12	0.05	0.05	0.31	0.16	
Insulation		0.05		0.08	0.05	0.03	0.03	
Paint			0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
Total materials = <i>M</i>	1.34	1.71	1.38	2.05	1.65	1.72	1.61	1.20
Erection and setting (<i>L</i>)	0.30	0.63	0.38	0.95	0.59	0.70	0.58	0.13
χ , excluding site preparation and auxiliaries (<i>M + L</i>)	1.64	2.34	1.76	3.00	2.24	2.42	2.19	1.33
Freight, insurance, taxes, engineering, home office, construction		0.08		0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Overhead or field expense	0.60	0.95	0.70	1.12	0.92	0.97	0.97	
Total module factor	2.24	3.37	2.46	4.20	3.24	3.47	3.24	1.41

*From K. M. Guthrie, *Chem. Eng.*, 76, 114-142 (Mar. 24, 1969). Based on FOB equipment cost = 100 (carbon steel).

MÉTODO DEFINITIVO MÉTODO DE GARRETT

- Módulos de equipos
- Se parte del costo de compra del equipo, corregido por materiales de construcción, instrumentación y localización de la planta.
- Los factores de Garrett toman en cuenta todos los equipos auxiliares y de conexión para que el equipo principal quede instalado y funcional.
- La inversión total en capital fijo es la suma de todos los módulos.

TABLE 9-14 Selected Garrett Module Factors

Equipment type (carbon steel unless otherwise noted)	Module factor
Agitators: dual-bladed turbines/single-blade propellers	2.0
Agitated tanks	2.5
Air conditioning	1.46
Blender, ribbon	2.0
Blowers, centrifugal	2.5
Centrifuges: solid-bowl, screen-bowl, pusher, stainless steel	2.0
Columns: distillation, absorption, etc.	
Horizontal	3.05
Vertical	4.16
Compressors: low-, medium-, high-pressure	2.6 avg.
Coolers, quenchers	2.7
Crystallizers	2.6 avg.
Drives/motors	
Electric, for fans, compressors, pumps	1.5
Electric for other units	2.0
Gasoline	2.0
Turbine: gas and steam	3.5
Dryers	
Fluid bed, spray	2.7
Rotary	2.3
Dust collectors	
Bag filters	2.2
Cyclones, multiclones	3.0
Evaporators, single-effect stainless steel	
Falling film	2.3
Forced circulation	2.9
Fans	2.2
Filters	
Belt, rotary drum and leaf, tilting pan	2.4
Others	2.8
Furnaces	2.1
Heat exchangers	
Air-cooled	2.2
Double-pipe	1.8
Shell-and-tube	3.2
Mills	
Hammer	2.8
Ball, rod	2.3 avg.
Pumps	
Centrifugal	5.0
Reciprocating	3.3
Turbine	1.8
Reactors, jacketed, no agitator	
304 SS	1.8
Glass-lined	2.1
Mild steel	2.3
Vacuum equipment	2.2

SOURCE: Adapted from Garrett (1989).

Perry's Chemical Engineers Handbook; 8 Ed

MÉTODO DETALLADO

- Necesidades de equipos y materiales se determinan a partir de planos completos y de la ingeniería de detalle. Estimación detallada es muy costosa, preparada por empresas (o departamentos) de ingeniería.
- Para estimaciones detalladas se usa un código para cada tipo de equipo, de forma de evitar omitir algún ítem significativo de la inversión de capital.
- Se tienen cotizaciones de todos los equipos y materiales por parte de proveedores y vendedores.
- La estimación de los costos de instalación los costos se determinan a partir de costos de mano de obra precisas, eficiencias y cálculos de horas hombre.
- Estimaciones precisas de ingeniería y horas de trabajo de los empleados de supervisión de campo.
- La estimación de costos de construcción debe partir de estudios completos del sitio y del suelo
- Se estima el costo de cada ítem y la suma es la estimación total del costo de capital.
- Se espera una precisión en el rango de ± 5 por ciento a partir de una estimación detallada.
- Esta estimación sirve para el control de costos durante la fase de construcción del proyecto.

TABLE 9-15 Code of Accounts

Category number	Direct capital cost account titles
010	Equipment items
020	Instrument items
030	Setting and testing equipment
040	Setting and testing instruments
050	Piling
060	Excavation
070	Foundations
080	Supports, platforms, and structures
090	Other building items
100	Fire protection and sprinklers
110	Piping
120	Ductwork
130	Electrical and wiring
140	Site preparation
150	Sewers, drains, and plumbing
160	Underground piping
170	Yards, roads, and fencing
180	Railroads
190	Insulation
200	Painting
210	Walls, masonry, roofs, and roofing
220	Spares
230	Lump-sum contracts
Distributives	
500	Site burden
510	Direct labor burden
530	Construction equipment, tools, and supplies
550	Rental and servicing construction equipment and tools
580	Premium wages and overtime—contractor
670	Temporary facilities
740	Cancellation charges
750	Abandoned design
760	Self-insured losses
790	Unvouchered liabilities
800	In-house engineering
810	Outside engineering
870	Undeveloped design allowances
880	Distributives transferred to expense
890	Contingencies—capital items
Expense	
900	Dismantling
910	Sales and use taxes
920	Repairs expense
930	Relocation and modification expense
940	Start-up relocation and modification expense
990	Contingencies

SOURCE: Private communication.

Perry's Chemical Engineers Handbook; 8 Ed

EJEMPLO 1) PLANTA DE AMONÍACO

- Estimar la inversión de capital fijo de una planta de amoníaco, de un tamaño de 1500 Ton/día usando el método de ratio de capital.
- El precio del amoníaco es 500 US\$/Ton y la planta operará un 90% del tiempo.
- $TOR = \text{Ventas brutas anuales} / \text{Inversión en Capital Fijo}$
- TOR para plantas de amoníaco es 0,65
- $\text{Ventas brutas anuales} = 500 \text{ US\$/Ton} * 1500 \text{ Ton / día} * 365 \text{ días /año} * 0,9 = 246 \text{ MMUS\$/año}$
- $\text{Inversión en Capital Fijo} = 379 \text{ MMUS\$}$
- La Inversión en Capital Fijo estará en un rango de 265 MMUS\$ (-30%) a 569 MMUS\$ (+50%)



EJEMPLO 2) PLANTA DE ETANOL

- Una planta que produce 125.000 ton/año de etanol tuvo una inversión total de capital de 40MMUS\$ en 1976
- Estimaremos la inversión en 2024 para una planta de producción de etanol que tenga una capacidad de 200.000 ton/año
- El costo total actual de los equipos principales entregados en la planta es de 50 MMUS\$
- El etanol tiene un precio de 600US\$/Ton



EJEMPLO 2) PLANTA DE ETANOL

MÉTODO DE COSTO UNITARIO

- $C = UC \times (PC2) \times (CEPCI_{actual}/CEPCI_x)$
- $UC = C_{1976}/PC1 = 40.000.000 \text{ US\$} / 125.000 \text{ ton/año} = 320 \text{ US\$/ton/año}$
- $CEPCI_{actual} = 798,8$ (usamos el más actual que tenemos)
- $CEPCI_{1976} = 192,1$
- $C = 320 \text{ US\$/ton/año} \times 200.000 \text{ ton/año} \times (798,8/192,1)$

- **$C = 266.128.058 \text{ US\$}$**

EJEMPLO 2) PLANTA DE ETANOL

MÉTODO EXPONENCIAL

- $(\text{Costo1}/\text{Costo2}) = (\text{Tamaño1}/\text{Tamaño2})^n$
- $n = 0,7$ (proceso petroquímico)
- $(40/\text{Costo2}) = (125/200)^{0,7}$
- $\text{Costo2} = 55,58\text{MMUS}\$$
- $C = \text{Costo2} \times (\text{CEPCIactual}/\text{CEPCIx})$
- $\text{CEPCIactual} = 798,8$
- $\text{CEPCI1976} = 192,1$
- $C = 55.583.255 \text{ US}\$ \times (798,8/192,1)$

- **$C = 231.129.123 \text{ US}\$$**

EJEMPLO 2) PLANTA DE ETANOL

MÉTODO FACTORIAL

- $C = F \times C_e$
- $F = 5$ (factor de Lang para inversión en capital fijo de una planta de procesamiento de fluidos)
- $C = 5 \times 50 \text{ MMUS\$}$
- **$C = 250.000.000 \text{ US\$}$**

- $F = 6$ (factor de Lang para inversión total de una planta de procesamiento de fluidos)
- $C = 6 \times 50 \text{ MMUS\$}$
- **$C = 300.000.000 \text{ US\$}$**

- Costo de capital fijo (C) = Costo total de los equipos (C_e) $\times \phi_1 \times \phi_2$
- $\phi_1 = 1 + f_{er} + f_p + f_i + f_{el} + f_c + f_s + f_l$ (material es acero) $= 1 + 0,3 + 0,8 + 0,3 + 0,2 + 0,3 + 0,2 + 0,1 = 3,2$
- $\phi_2 = (1 + OS)(1 + DE + X) = (1 + 0,3) \times (1 + 0,3 + 0,1) = 1,82$
- $C = 50 \times 3,2 \times 1,82 = 291.200.000 \text{ US\$}$
- **$C = 291.200.000 \text{ US\$}$**

EJEMPLO 2) PLANTA DE ETANOL

MÉTODO PORCENTUAL

- Inversión total de capital fijo
- **C = 255.000.000 US\$**

- Inversión total de capital
- **C = 299.500.000 US\$**

Categoría	Porcentaje del costo en equipamiento, %	US\$
Costos Directos		
Total del costo del equipamiento	100	50.000.000
Instalación de los equipos	47	23.500.000
Instrumentación y control	36	18.000.000
Cañerías	68	34.000.000
Instalaciones Eléctricas	11	5.500.000
Obra Civil	18	9.000.000
Mejoras del terreno	10	5.000.000
Servicios	70	35.000.000
Terreno	6	3.000.000
TOTAL COSTOS DIRECTOS	366	183.000.000
Costos Indirectos		
Ingeniería y Supervisión	33	16.500.000
Gastos de construcción	41	20.500.000
Gastos legales	4	2.000.000
Tarifas del Contratista	22	11.000.000
Contingencias	44	22.000.000
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	144	72.000.000
Costos Totales		
INVERSIÓN DE CAPITAL FIJO	510	255.000.000
Capital de Trabajo	89	44.500.000
COSTO TOTAL DE CAPITAL	599	299.500.000

EJEMPLO 2) PLANTA DE ETANOL

MÉTODO DE CHILTON

- Inversión total de capital fijo
- **C = 321.821.500 US\$**

Ítem	Factor	US\$
1 Equipo Entregado en Planta	1,00	50.000.000
2 Costo de Equipos Instalados	1,43	71.500.000
3 Cañerías	0,45	32.175.000
4 Instrumentación	0,12	8.580.000
5 Obra civil y sobre el terreno	0,50	35.750.000
6 Servicios auxiliares	0,70	50.050.000
7 Cañerías exteriores	0,15	10.725.000
8 Total Costos Planta		208.780.000
9 Ingeniería y Construcción	0,30	66.495.000
10 Contingencias	0,20	44.330.000
11 Tamaño de la planta	0,01	2.216.500
12 Total de Costos fijos		321.821.500

EJEMPLO 2) PLANTA DE ETANOL

RESULTADOS

	-%	Estimación Base	+	+
Método de Ratio de Capital	170	242	364	MMUS\$
Método de Costo Unitario	186	266	399	MMUS\$
Método Exponencial	162	231	347	MMUS\$
Método Factorial (Lang)	225	300	390	MMUS\$
Método Factorial (Lang mejorado)	218	291	379	MMUS\$
Método Porcentual (Timmerhaus)	225	300	389	MMUS\$
Método de Chilton	241	322	418	MMUS\$

Rápidamente, con muy pocos datos de partida, tenemos una estimación de cuánto será la inversión en capital del proyecto, lo que nos permite comenzar a percibir la viabilidad o no del proyecto.

Si el Etanol tiene un precio de 600US\$/Ton, los ingresos del proyecto serían 120 MMUS\$/año.

EJEMPLO 3) PLANTA DE LÍQUIDOS

- Una planta de procesamiento de líquidos va a instalar:

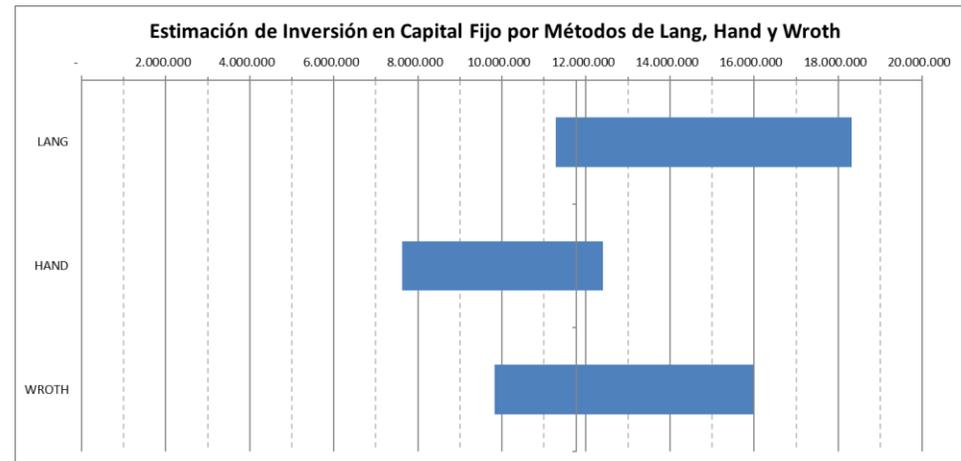
Equipamiento	Costo (US\$)
Intercambiador de calor	620.000
Torre de destilación	975.000
Tanques recibidores	320.000
Tanque almacenamiento	125.000
Bombas y motores	220.000
Controles automáticos	275.000
Varios equipos	150.000

- Los costos de entrega de los equipos son 5%.
- Estimaremos la inversión en capital fijo utilizando los factores de Lang, de Hand y de Wroth.

EJEMPLO 3) PLANTA DE LÍQUIDOS

Equipamiento	EX WORKS Costo (US\$)	Entregado Costo (US\$)	Factor LANG		Factor HAND		Factor Wroth	
Intercambiador de calor	620.000	651.000	5	3.255.000	3,5	2.170.000	4,8	3.124.800
Torre de destilación	975.000	1.023.750		5.118.750	4	3.900.000	4	4.095.000
Tanques recibidores	320.000	336.000		1.680.000	2,5	800.000	3,5	1.176.000
Tanque almacenamiento	125.000	131.250		656.250	2,5	312.500	3,5	459.375
Bombas y motores	220.000	231.000		1.155.000	4	880.000	7	1.617.000
Controles automáticos	275.000	288.750		1.443.750	4	1.100.000	4,1	1.183.875
Varios equipos	150.000	157.500		787.500	2,5	375.000	4	630.000
	2.685.000	2.819.250		14.096.250		9.537.500		12.286.050

	Baja	Base	Alta
LANG	11.277.000	14.096.250	18.325.125
HAND	7.630.000	9.537.500	12.398.750
WROTH	9.828.840	12.286.050	15.971.865

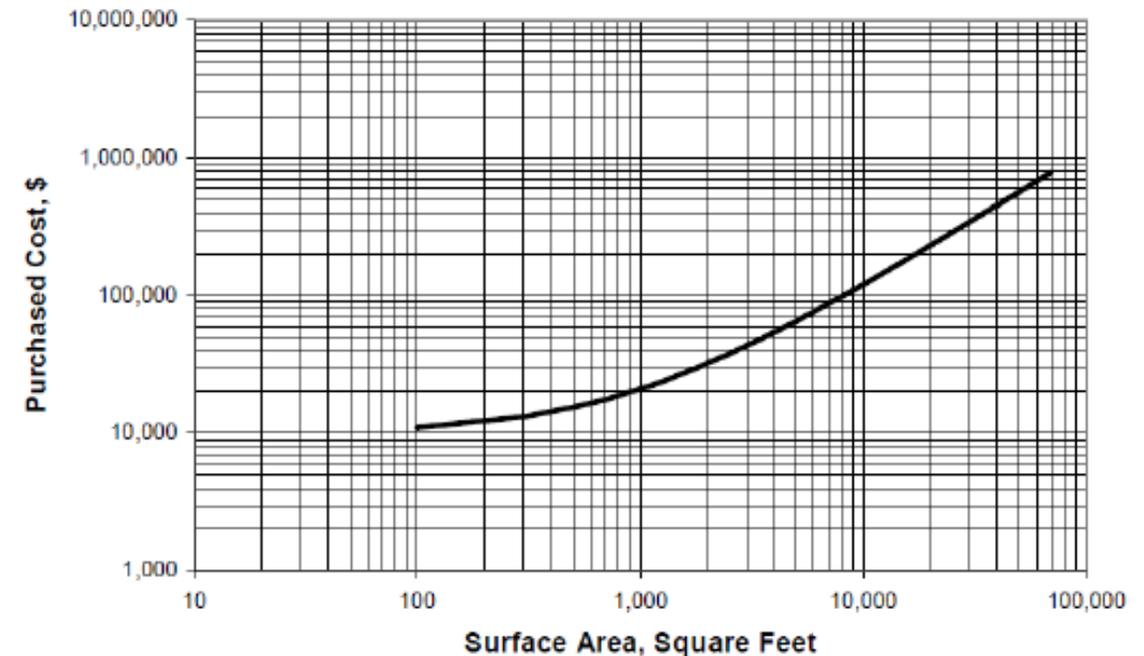


REGLAS DE “ORO” PARA LA ESTIMACIÓN DE DISTINTOS ÍTEMS DE LAS INVERSIONES

MAQUINARIA Y EQUIPOS DE PRODUCCIÓN Y SERVICIOS

- Cotización de un proveedor
 - Más preciso
 - Basado en información específica
 - Requiere trabajo de ingeniería previo significativo
- Usar el costo previo de un equipo similar y ajustarlo por tamaño y fecha
 - Razonablemente preciso
 - Ojo con extrapolaciones “muy grandes”
 - Ojo con cotizaciones “muy antiguas”
- Uso de tablas y gráficas para estimación y ajustarlo por fecha
 - Menos preciso
 - Rápido y fácil

Ejemplo de gráfico para estimación de costos



Curva de Precios de Intercambiadores de Calor de Camisa y Tubos

REGLA DE LOS 6/10

- Esta ecuación permite obtener el costo de un equipo de diferente tamaño al que uno conoce el costo.
- Para la mayoría de los equipos el exponente varía entre 0,4 y 0,8, con un promedio de 0,6.
- $(\text{Costo1}/\text{Costo2}) = (\text{Tamaño1}/\text{Tamaño2})^n$

TABLE 4.4 Cost-Capacity Exponents^a

Equipment group	Average exponent
General equipment	0.68
Heat exchange equipment	0.68
Fluid-moving equipment	0.63
Tanks, vessels, and towers	0.63
Environmental equipment	0.82

Process Engineering Economics; Couper

Table 6-4 Typical exponents for equipment cost as a function of capacity

Equipment	Size range	Exponent
Blender, double cone rotary, carbon steel (c.s.)	1.4–7.1 m ³ (50–250 ft ³)	0.49
Blower, centrifugal	0.5–4.7 m ³ /s (10 ³ –10 ⁴ ft ³ /min)	0.59
Centrifuge, solid bowl, c.s.	7.5–75 kW (10–10 ² hp) drive	0.67
Crystallizer, vacuum batch, c.s.	15–200 m ³ (500–7000 ft ³)	0.37
Compressor, reciprocating, air-cooled, two-stage, 1035-kPa discharge	0.005–0.19 m ³ (10–400 ft ³ /min)	0.69
Compressor, rotary, single-stage, sliding vane, 1035-kPa discharge	0.05–0.5 m ³ /s (10 ² –10 ³ ft ³ /min)	0.79
Dryer, drum, single vacuum	1–10 m ² (10–10 ² ft ²)	0.76
Dryer, drum, single atmospheric	1–10 m ² (10–10 ² ft ²)	0.40
Evaporator (installed), horizontal tank	10–1000 m ² (10 ² –10 ⁴ ft ²)	0.54
Fan, centrifugal	0.5–5 m ³ /s (10 ³ –10 ⁴ ft ³ /min)	0.44
Fan, centrifugal	10–35 m ³ /s (2×10 ⁴ –7×10 ⁴ ft ³ /min)	1.17
Heat exchanger, shell-and-tube, floating head, c.s.	10–40 m ² (100–400 ft ²)	0.60
Heat exchanger, shell-and-tube, fixed sheet, c.s.	10–40 m ² (100–400 ft ²)	0.44
Kettle, cast-iron, jacketed	1–3 m ³ (250–800 gal)	0.27
Kettle, glass-lined, jacketed	0.8–3 m ³ (200–800 gal)	0.31
Motor, squirrel cage, induction, 440-V, explosion-proof	4–15 kW (5–20 hp)	0.69
Motor, squirrel cage, induction, 440-V, explosion-proof	15–150 kW (20–200 hp)	0.99
Pump, reciprocating, horizontal cast-iron (includes motor)	1×10 ⁻⁴ –6×10 ⁻³ m ³ /s (2–100 gpm)	0.34
Pump, centrifugal, horizontal, cast steel (includes motor)	4–40 m ³ /s·kPa (10 ⁴ –10 ⁵ gpm·psi)	0.33
Reactor, glass-lined, jacketed (without drive)	0.2–2.2 m ³ (50–600 gal)	0.54
Reactor, stainless steel, 2070-kPa	0.4–4.0 m ³ (10 ² –10 ³ gal)	0.56
Separator, centrifugal, c.s.	1.5–7 m ³ (50–250 ft ³)	0.49
Tank, flat head, c.s.	0.4–40 m ³ (10 ² –10 ⁴ gal)	0.57
Tank, c.s., glass-lined	0.4–4.0 m ³ (10 ² –10 ³ gal)	0.49
Tower, c.s.	5×10 ² –10 ⁶ kg (10 ³ –2×10 ⁶ lb)	0.62
Tray, bubble cap, c.s.	1–3 m (3–10 ft) diameter	1.20
Tray, sieve, c.s.	1–3 m (3–10 ft) diameter	0.86

Plant Design and Economics For Chemical Engineers; Peters, Timmerhaus; 5° Ed

GRÁFICOS PARA ESTIMACIÓN PRELIMINAR DEL COSTO DE COMPRA DE EQUIPOS

9 tipos diferentes de equipos de proceso

- Agitadores
- Compresores de aire
- Calderas
- Torres de enfriamiento
- Ventiladores
- Intercambiadores de calor
- Recipientes a presión
- Bobas centrífugas
- Tanques de almacenamiento

Metodología para la estimación preliminar del costo de compra de equipos:

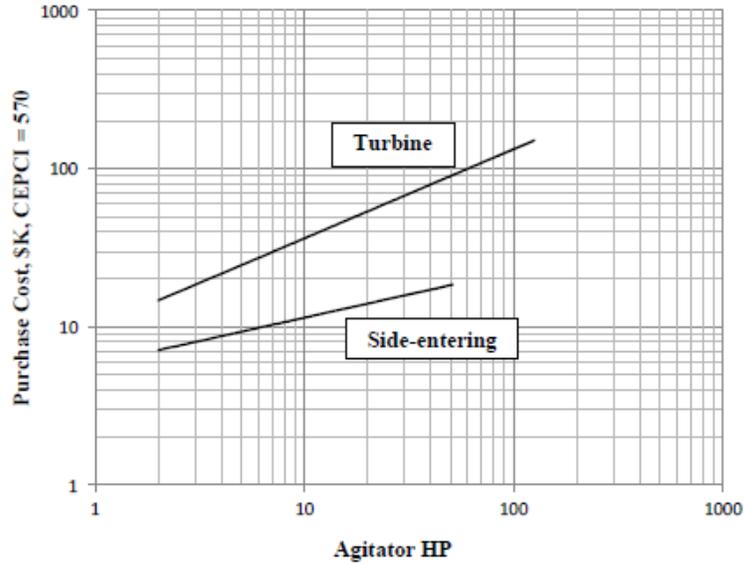
- Cada estimación comienza con un caso general
- Cada figura muestra una gráfica y una ecuación que relaciona el costo del equipo con su capacidad, así como el coeficiente n para correcciones de tamaño de ese equipo en particular
- Corrección por inflación usando el CEPCI
- Corrección por otros factores: diferentes materiales de construcción, diferente Presión de trabajo, variaciones a los equipos, etc.

Figure 1

Agitators

Side-entering: Single 316SS propeller, Stuffing box, and Motor

Top-entering: Single 316SS turbine, Stuffing box, Gear reducer, and Motor



Size Exponents

Propeller: 0.29
Turbine: 0.56

Equations

Propeller: $\$K = 5.8 * HP^{0.29}$
Turbine: $\$K = 9.9 * HP^{0.56}$

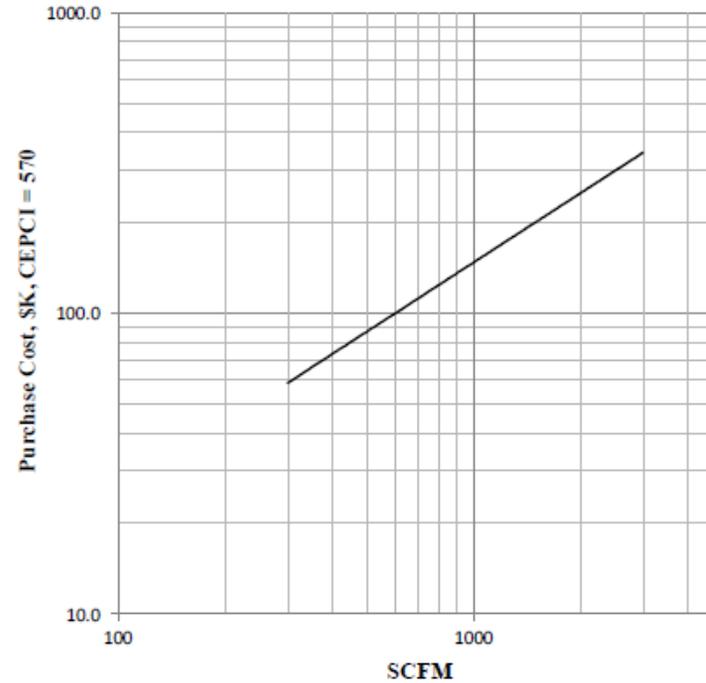
Material Factors

CS	0.8
304 SS	0.9
316 SS	1.0
Hastelloy	1.9
Monel	1.2
Other	
Mechanical seal	1.3
Two turbine blades	1.1

Figure 2

Air Compressors

Centrifugal, Rotary Screw, Reciprocating
100-150 psig discharge pressure, Oil free air,
Includes: Intercoolers/aftercoolers,
Lubrication system, TEFC motor

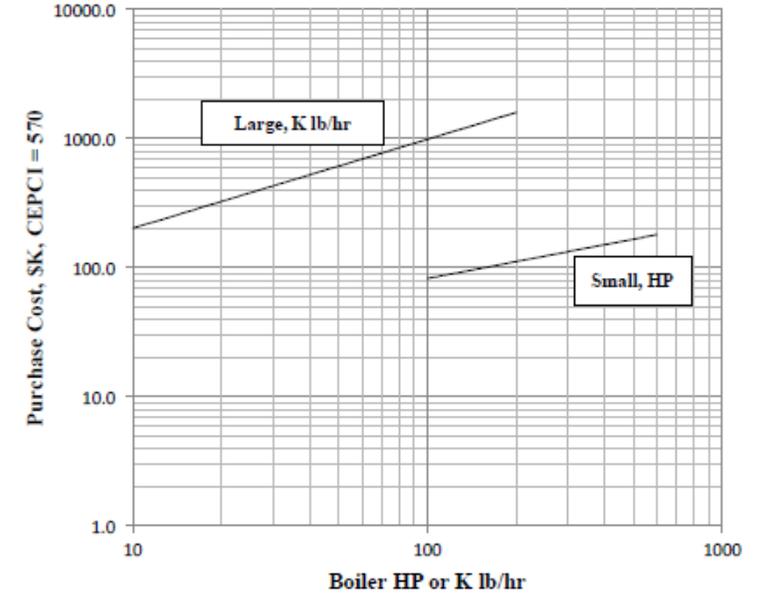


Size Exponent: 0.77
Equation: $\$K = .74 * SCFM^{0.77}$

Figure 3

Boilers, Package & Field-erected

Oil & Gas fired, No superheat
Small: 150 psig steam
Large: 250 psig steam



Size Exponents

Small: 0.44
Large: 0.69

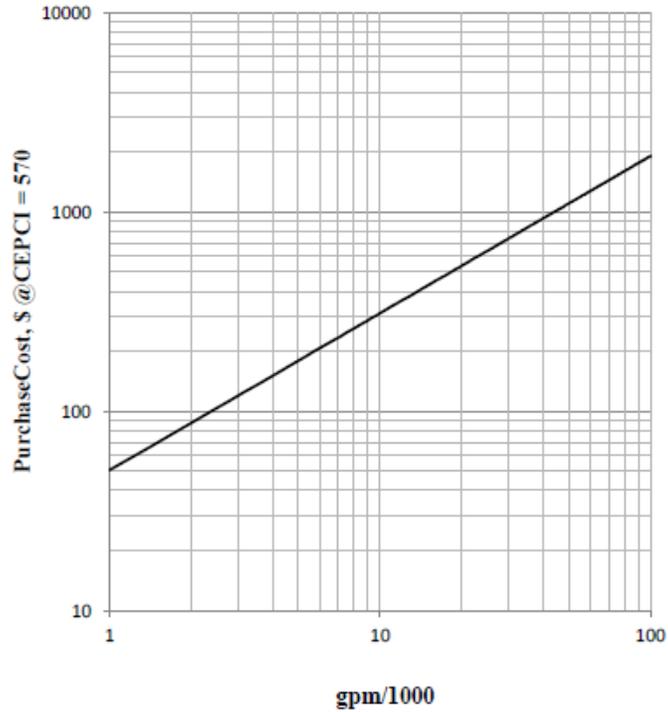
Equations

Small: $\$K = 11.1 * HP^{0.44}$
Large: $\$K = 41.6 * [(lb/hr)/1000]^{0.69}$

Pressure Factors

Small	
15 psig	0.85
150 psig	1.00
200 psig	1.05
250 psig	1.11
Large	
150 psig	0.83
250 psig	1.00
500 psig	1.15
600 psig	1.25

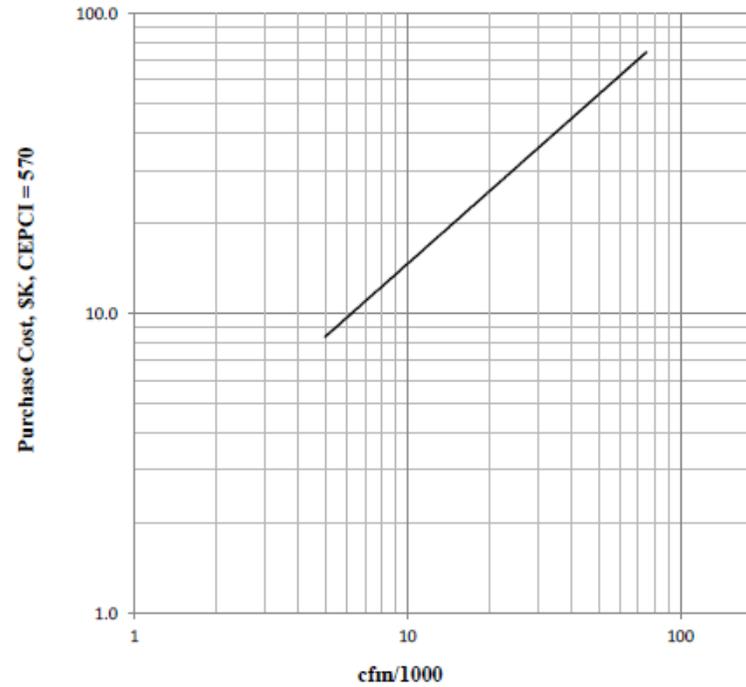
Figure 4
Cooling Towers
10-20°F Range



Size Exponent: 0.79
Equation: $SK = 50.5^{*}(gpm/1000)^{0.79}$

Figure 5
Fans

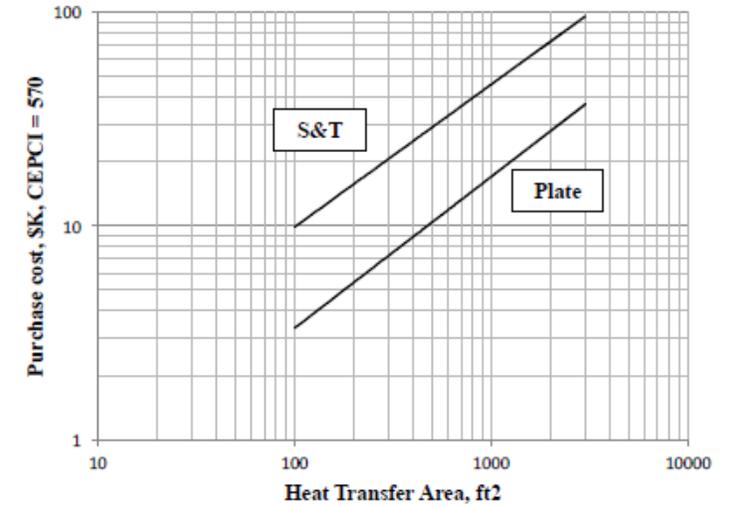
Carbon Steel, Static pressure = 10 in of water



Size Exponent: 0.81
Equation: $SK = 2.29^{*}(cfm/1000)^{0.81}$

Figure 6
Heat Exchangers

Shell & Tube: U-tube & Fixed tube sheet, Carbon steel shell and tubes, 150 psig
Plate and Frame: Stainless steel plates, Nitrile (NBR) gaskets, 150 psig



Size Exponents

Shell & Tube: 0.67
Plate & Frame: 0.71

Equations
S&T: $SK = 0.458^{*}A^{0.67}$
Plate: $SK = 0.128^{*}A^{0.71}$

Floating Head Factor: 1.3

Pressure Factors:

S&T	Plate
200 psig 1.06	235 psig 1.23
600 psig 1.26	370 psig 1.35
1000 psig 1.44	

Material Factors

S&T

CS shell/CS tubes	1.0
CS/SS	1.25
SS/SS	1.4
CS/Titanium (Ti)	2.2

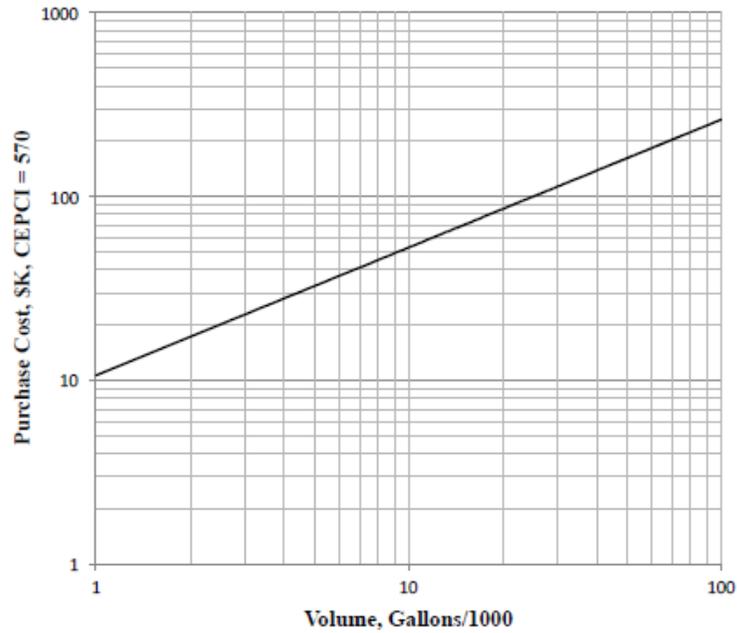
Plate & Frame

SS	1.0
Ti	1.6
Hastelloy C	3.5

Gaskets

NBR	1.0
EPDM	1.6
Viton	2.1

**Figure 7,
Pressure Vessels**
Carbon steel, 150 psig design pressure

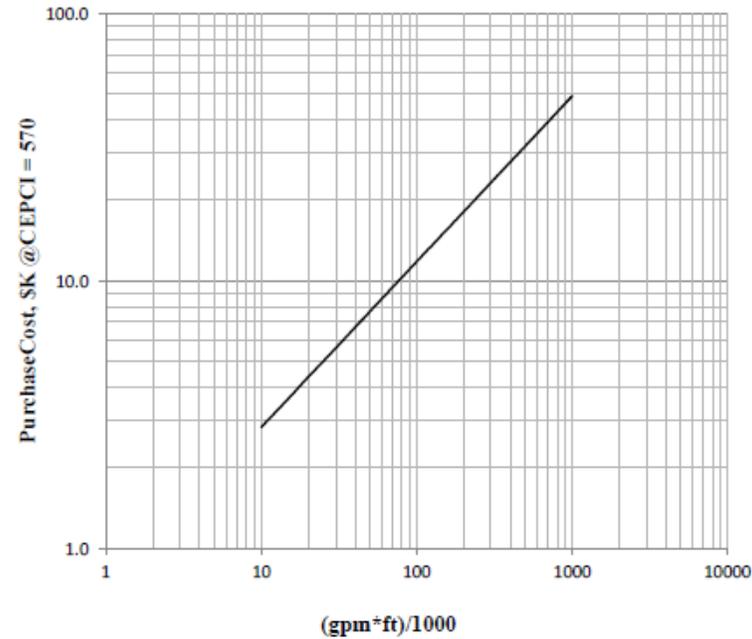


Size Exponent: 0.70
Equation: $SK = 10.6^{*}(\text{gallons}/1000)^{0.7}$

Pressure Factors
For pressures other than 150 psig
 $F = 0.0023P + 0.66$
Full vacuum 1.1

Material Factors	
CS	1.0
SS	1.4
Monel 400	3.5
Inconel 600	3.4
Titanium	2.0

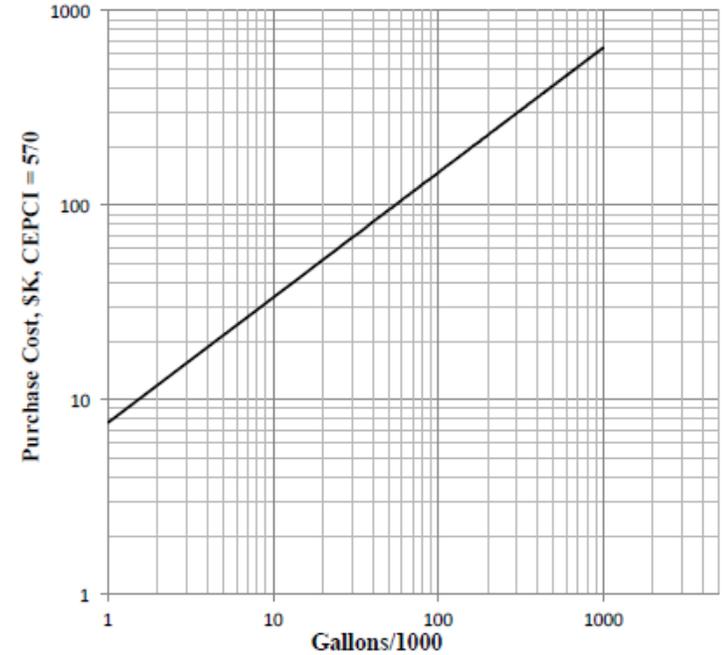
**Figure 8
Pumps, Centrifugal**
ANSI, Carbon steel, including TEFC motor



Size Exponent: 0.62
Equation:
 $SK = 0.683^{*}((\text{gpm}^{*}\text{ft})/1000)^{0.62}$
API/ANSI Factor:
 $F = 6.18^{*}((\text{gpm}^{*}\text{ft})/1000)^{-0.25}$

Material Factors	
CS	1.0
SS	1.8
Monel	4.0
Titanium	6.0

**Figure 9
Tanks**
Carbon steel, Atmospheric,
Shop & Field fabricated



Size Exponent: 0.64
Equation: $SK = 7.64^{*}(\text{gallons}/1000)^{0.64}$
Material Factors
CS 1.0
SS 1.7
Rubber-lined 1.5
Epoxy-lined 1.25

EJEMPLOS

EJEMPLO 1

- Estimar el precio de compra de una caldera grande de 100.000 lb/h para producir vapor a 150 psig.
- De la gráfica surge que el costo de la caldera es 1.005.111US\$. El factor para corregir por P es 0,83.
- Por lo tanto el costo estimado es 834.242 US\$
- Se corrige por inflación: CEPCI actual es 798,8 (y en 2019 607,5).
- Costo estimado actual: 1.096.943 US\$ \approx **1.097.000US\$**

EJEMPLO 2

- Estimar el precio de compra de un agitador de turbina de entrada superior, con sello mecánico, eje de acero al carbono, con dos aspas, reductor y motor de 25hp.
- De la gráfica (o la ecuación) de la Figura 1 se obtiene que el precio es aprox. 60.000 US\$.
- Este precio se debe ajustar por los factores: acero al carbono 0,8, sello mecánico 1,3 y dos aspas 1,1.
- Por lo tanto el precio sería 68.640US\$.
- Por último, ajustamos el precio por inflación con el CEPCI (factor 798,8 /607,5)
- Costo estimado actual: 90.254 US\$ \approx **90.000US\$**



office (405) 340-2673
fax (866) 583-3035
toll-free (800) 525-6277

Home | About | News | Products | Services | Calendar | Contact

Matches provides conceptual process, cost and optimization engineering services to the chemical and metallurgical industry. This educational content should assist you in the evaluation of process alternatives. We hope you will comment (below).



Matches' Process Equipment Cost Estimates

Matches provides conceptual (order-of-magnitude) process equipment cost estimates for over 275 types of equipment used in the chemical and metallurgical industry. We provide this educational process equipment cost information to help you establish project scope in evaluation of process alternatives. This is **active content written in Javascript** that runs on your internet browser. To access this content you may have to alter your browser security settings.

Cost Estimates - Click on the type of process equipment for which you desire a capital cost. Your browser must interpret **JavaScript** for you to obtain an estimate. An estimated costs is helpful during a project's early phase of development and budgeting. The actual cost of a piece of equipment depend upon many factors. You should exercise caution in use of this educational content.

Cost Information Exchange

Have you recently purchased process equipment? If you would like to share process equipment cost, just follow the link below. When we update the cost pages we will consider placing the information you and others provide on Matches' website. Click here to go to [Shared Equipment Cost](#) form.

Home | About | Calendar | Contact | Affiliates | Equipment Cost | FAQ | Information Links | News | Photo Gallery | Press | Products | Promotions | Services | Site Map



office (405) 340-2673
fax (866) 583-3035
toll-free (800) 525-6277

Home | About | News | Products | Services | Calendar | Contact

Matches provides conceptual process, cost and optimization engineering services to the chemical and metallurgical industry. This educational content should assist you in the evaluation of process alternatives. We hope you will comment (below).

Reactor Cost Estimate - An interactive JavaScript equipment capital cost estimating aid (order-of-magnitude). These costs are helpful during a project's early development and budgeting. The actual cost of a piece of equipment depend upon many factors. You should exercise caution in use of this educational content.

Reactor Type:

Volume should be between 500 and 10000 gallo

Reactor Volume : gallons

Material:

Internal Pressure:

Cost 2014 US \$: **105300**

F.O.B. Gulf Coast U.S.A.

Cost Information Exchange

Have you recently purchased process equipment? If you would like to share process equipment cost, just follow the link below. When we update the cost pages we will consider placing the information you and others provide on Matches' website. Click here to go to [Shared Equipment Cost](#) form.

Home | About | Calendar | Contact | Affiliates | Equipment Cost | FAQ | Information Links | News | Photo Gallery | Press | Products | Promotions | Services | Site Map

Referencia que puede resultarles útil

FACTOR DE CORRECCIÓN POR LOCALIZACIÓN

- La mayoría de los datos de costos de plantas o equipos se dan en la Costa del GOM de EEUU (USGC) o Noroeste (NWE) de Europa.
- El costo de construir una planta en cualquier otra ubicación dependerá de:
 - Infraestructura local de fabricación y construcción
 - Disponibilidad y costo de mano de obra local
 - Costos de flete o transporte de equipos al sitio.
 - Tasa de importación u otras tarifas locales
 - Tasas de cambio de moneda, que afectan el costo relativo de los artículos comprados localmente
- Estas diferencias se capturan en la estimación de costos mediante el uso de un factor de localización.
- Costo de la planta en la localización X = costo de la planta en USGC x FL_x

Table 7.7 Location Factors

Country	Region	Location Factor
United States	Gulf Coast	1.00
	East Coast	1.04
	West Coast	1.07
	Midwest	1.02
Canada	Ontario	1.00
	Fort McMurray	1.60
Mexico		1.03
Brazil		1.14
China	imported	1.12
	indigenous	0.61
Japan		1.26
SE Asia		1.12
Australia		1.21
India		1.02
Middle East		1.07
France		1.13
Germany		1.11
Italy		1.14
Netherlands		1.19
Russia		1.53
United Kingdom		1.02

Chemical Engineering Design Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design; Towler & Sinnott, 2nd Ed

ENTREGA DE EQUIPOS COMPRADOS

- Los precios de los equipos comprados generalmente se cotizan como FOB
- Claramente, los costos de flete dependen de muchos factores, como el peso y tamaño del equipo, la distancia de la fuente a la planta y el método de transporte.
- Para estimaciones de pre-diseño, se recomienda una asignación del 10-15% del costo de compra del equipo por concepto de entrega (para el transporte interno en Uruguay y MERCOSUR).
- Para estimaciones de pre-diseño, se recomienda una asignación del 30% del costo de compra del equipo por concepto de entrega (para el transporte internacional fuera de la zona del MERCOSUR).

INSTALACIÓN DE EQUIPOS COMO % DEL COSTO TOTAL DEL EQUIPO COMPRADO

- El costo de compra de un equipo en típicas plantas de procesos químicos varía de 65 a 80% del costo total instalado del equipo.
- El costo de instalación de los equipos, está estimado que varía en promedio de 25 a 55% del costo del equipo comprado y entregado en planta.

Table 6-5 Installation cost for process equipment as a percentage of purchased-equipment cost[†]

Type of equipment	Installation cost, %
Centrifugal separators	20–60
Compressors	30–60
Dryers	25–60
Evaporators	25–90
Filters	65–80
Heat exchangers	30–60
Mechanical crystallizers	30–60
Metal tanks	30–60
Mixers	20–40
Pumps	25–60
Towers	60–90
Vacuum crystallizers	40–70
Wood tanks	30–60

[†]Modified from K. M. Guthrie, *Process Plant Estimating, Evaluation, and Control*, Craftsman Book Company of America, Solana Beach, CA, 1974.

Plant Design and Economics For Chemical Engineers; Peters, Timmerhaus; 5° Ed

COSTO DE CAPITAL EN INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

- La inversión total en instrumentación y control depende del tipo de proceso, el requerimiento de control, etc. y puede significar entre un 8 y 50% del costo total de todos los equipos entregados en planta.
- Para una planta típica de procesos químicos se usa 26% del costo total de todos los equipos entregados en planta para estimar el costo total de instrumentación
- Este costo representa un 5% de la inversión total de capital.

COSTO DE CAPITAL EN CAÑERÍAS

- La inversión en cañerías incluye mano de obra, válvulas, cañerías, soportes, accesorios (reducciones, “T”), etc. de materias primas, productos intermedios, productos terminados, vapor, aire, agua, saneamiento y otros servicios.
- El costo de capital en cañerías puede ser hasta un 80% del costo de compra de los equipos entregados en planta, o 20% del costo total de capital.

Table 6-6 Estimated cost of piping

Types of process plant	Percent of purchased equipment			Percent of fixed-capital equipment
	Material	Labor	Total	
Solid [†]	9	7	16	4
Solid-fluid [‡]	17	14	31	7
Fluid [§]	38	30	68	13

[†]A coal briquetting plant would be a typical solid-processing plant.

[‡]A shale oil plant with crushing, grinding, retorting, and extraction would be a typical solid-fluid processing plant.

[§]A distillation separation system would be a typical fluid-processing plant.

COSTO DE CAPITAL EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS

- Consiste en la mano de obra y materiales para instalaciones de potencia e iluminación
- En plantas típicas de procesos químicos, las inversiones en instalaciones eléctricas pueden ser de 10 a 15% del valor de compra de los equipos entregados en planta, o sea se estima generalmente entre 4 y 8% de la inversión de capital fijo.

Component	Range, %	Typical value, %
Power wiring	25-50	40
Lighting	1-25	12
Transformation and service	9-65	40
Instrument control wiring	3-8	5

The lower range is generally applicable to grass-roots single-product plants; the higher percentages apply to complex chemical plants and expansions to major chemical plants.

COSTOS DE CAPITAL EN AISLACIONES

- Puede ser importante en procesos que involucran temperaturas muy altas o muy bajas
- El costo total de mano de obra y materiales requerido para aislar equipos y cañerías en plantas de procesos químicos es aproximadamente 8 – 9 % del costo de compra del equipo.
- Esto es aprox. 2% de la inversión total de capital

TERRENO Y OBRAS ESPECIALES SOBRE EL TERRENO

- Como valor promedio, los costos del terreno para plantas industriales corresponden a un 4 a 8% del costo de compra de los equipos o de 1 a 2% de la inversión total de capital.
- El costo de las obras especiales sobre el terreno (cercado, nivelación, calles, aceras, jardinería, etc.) en la mayoría las plantas químicas representan aproximadamente del 10 al 20 por ciento del costo del equipo comprado. Esto es equivalente a aproximadamente del 2 al 5 por ciento de la inversión de capital fijo.

Mejoras sobre el Terreno

TABLE 12
Typical variation in percent of fixed-capital investment
for yard improvements

Yard improvement	Range, %	Typical value, %
Site clearing	0.4-1.2	0.8
Roads and walks	0.2-1.2	0.6
Railroads	0.3-0.9	0.6
Fences	0.1-0.3	0.2
Yard and fence lighting	0.1-0.3	0.2
Parking areas	0.1-0.3	0.2
Landscaping	0.1-0.2	0.1
Other improvements	0.2-0.6	0.3

COSTO DE LA OBRA CIVIL / EDIFICIOS

- El costo de los edificios, incluidos los edificios de servicios, incluye los gastos de mano de obra, materiales y suministros involucrados en la construcción de todos los edificios conectados con la planta.
- Se incluyen también los costos de sanitaria, calefacción, iluminación, ventilación y edificios similares.
- Esta Inversión puede ser estimada en base a las dimensiones y características del edificio, aplicando un costo por m² de construcción.

Table 6-7 Cost of buildings including services based on purchased-equipment cost or on fixed-capital investment

Type of process plant	Percentage of purchased-equipment cost			Percentage of fixed-capital investment		
	New plant at new site ^a	New unit at existing site ^a	Expansion at existing site	New plant at new site ^a	New plant at existing site ^a	Expansion at existing site
Solid	68	25	15	18	7	4
Solid-fluid	47	29	7	12	7	2
Fluid	45	5-18 [†]	6	10	2-4 [‡]	2

[†]See Table 6-6 for description of types of process plants.

[‡]Generally referred to as a grass-roots plant.

[§]Designated as a battery-limit plant.

[¶]Smaller figure is applicable to petroleum refining and related industries.

CUADRO COMPARATIVO DE PRECIOS UNITARIOS POR METRO CUADRADO DE CONSTRUCCIÓN PERIODO AGOSTO 2018-AGOSTO 2019

Tipología	AGO/18	OCT/18	DIC/18	FEB/19	ABR /19	JUN/19	AGO/19
Vivienda eco.aislada	41825	41983	42120	42424	42641	42653	43994
Vivienda Planta Baja	39182	39360	39489	39770	39923	39954	41855
Vivienda Duplex	41992	42184	42324	42670	42871	42910	44560
Viv. P.B. y 3 P.Alta	34941	35068	35178	35393	35587	35599	36964
Local Ind. c/Oficina	28619	28719	28833	28996	29082	29093	30368

Valores en Pesos uruguayos

COSTO DE INSTALACIONES DE SERVICIOS

- Instalaciones de servicios para vapor, agua, energía eléctrica, aire comprimido, combustible, tratamiento de efluentes, instalaciones para protección contra incendios, etc.
- También se incluyen dentro de este concepto otros ítems también como taller de mantenimiento, primeros auxilios – enfermería, cafetería – comedor, etc.
- El costo total para instalaciones de servicio generalmente está en el rango de 30 a 80% del costo de compra de equipos (55% promedio para una planta típica de procesos químicos).
 - Para plantas de un único producto, pequeñas, proceso continuo el costo estará más cerca de 30%
 - Para grandes plantas, multiprocesos, en una nueva localización, los costos estarán más cerca del límite superior.
- El costo de las instalaciones de servicio, está en un rango del 8 al 20% de la inversión total de capital, siendo 14% un promedio a considerar.

Table 6-8 Typical variation in percent of fixed-capital investment for service facilities

Service facilities	Range, %	Typical value, %
Steam generation	2.6–6.0	3.0
Steam distribution	0.2–2.0	1.0
Water supply, cooling, and pumping	0.4–3.7	1.8
Water treatment	0.5–2.1	1.3
Water distribution	0.1–2.0	0.8
Electric substation	0.9–2.6	1.3
Electric distribution	0.4–2.1	1.0
Gas supply and distribution	0.2–0.4	0.3
Air compression and distribution	0.2–3.0	1.0
Refrigeration including distribution	0.5–2.0	1.0
Process waste disposal	0.6–2.4	1.5
Sanitary waste disposal	0.2–0.6	0.4
Communications	0.1–0.3	0.2
Raw material storage	0.3–3.2	0.5
Finished-product storage	0.7–2.4	1.5
Fire protection system	0.3–1.0	0.5
Safety installations	0.2–0.6	0.4

Plant Design and Economics For Chemical Engineers; Peters, Timmerhaus; 5° Ed

ÍTEMES SIGNIFICATIVOS DE COSTOS (PARA ESTIMACIONES PRELIMINARES)

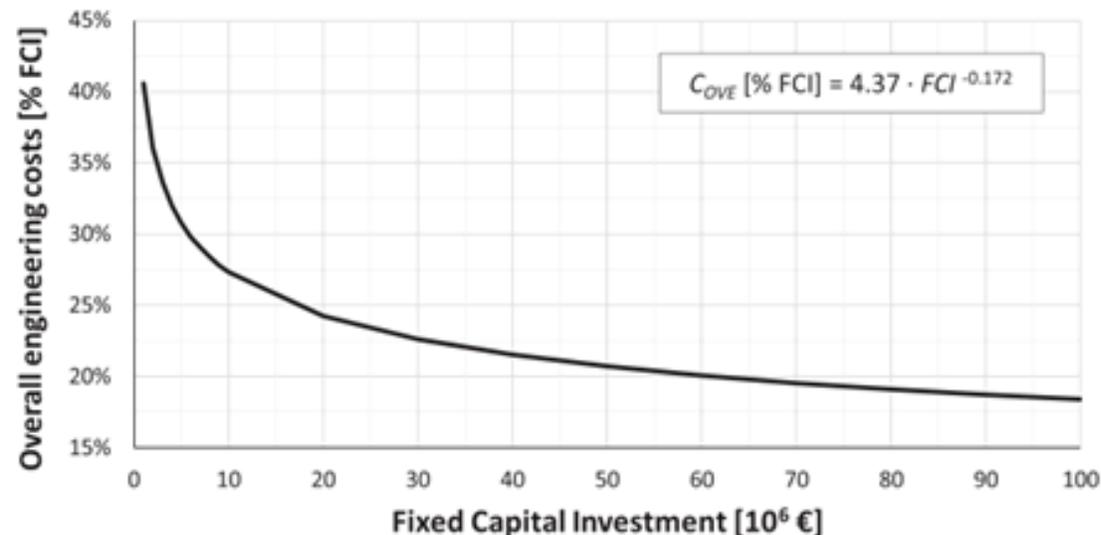
Concepto	Comprende	% de inversión sobre el costo FOB de los equipos	% de inversión en capital fijo
Cañerías	caños, instalación, válvulas, accesorios, soportes	80-100%	20-30%
Electricidad	transformadores, cableado, instrumentación, control	20-40%	5-10%
Edificios y estructuras	construcción, sanitaria, ventilación, acondicionamiento aire	20-50%	10-20%
Caminería	calles, cercos, muelles	15-20%	3-7%
Instalaciones de servicio	vapor, agua, generación eléctrica, combustible, aire comprimido, taller, cafetería		10-20%
Tratamiento de efluentes		No hay guías generales. Difícil de estimar debido a la gran variabilidad en función del proceso.	

INVERSIONES AMORTIZABLES INTANGIBLES

- **Ingeniería y Supervisión:** aproximadamente el 30% del costo del equipo entregado o el 8 % de la inversión de capital fijo para la planta de proceso.
- **Gastos legales:** compra de terrenos y equipos, contratos de construcción, seguros, cumplimiento de normas, temas impositivos, etc. Usualmente del 1 al 3% de la inversión total en capital fijo.
- **Gastos de construcción:** construcción de obradores, alquiler de maquinaria, seguros y otros gastos de construcción. A veces se incluye dentro de la estimación del costo de instalación de equipos o en la Ingeniería y Supervisión. Para plantas típicas de procesos químicos, este gasto es del 8 al 10% de la inversión en capital fijo de la planta.
- **Honorarios del contratista:** 2 a 8% del costo de la planta, o de 1,5 a 6% de la inversión en capital fijo
- **Contingencias:** 5-15% de la inversión en capital fijo, 8% valor promedio razonable

INGENIERÍA Y DIRECCIÓN DE OBRA

- Una vez estimado el costo total, considerar los siguientes puntos para calcular el costo de la ingeniería y dirección de obra:
 - El costo del diseño, ingeniería, dirección de obra, gestión de proyectos y gestión de compras varía típicamente entre un 15 y 30% del costo total.
 - Cuanto más pequeño es el proyecto, mayor será la proporción de costo de ingeniería y dirección de obra.



OVE incluye los costos de ingeniería básica y de detalle, gestión del Proyecto, dirección de obra en sitio y puesta en marcha.

Valores con un CEPCI=585.7

EPC: Engineering, Procurement and Construction (“*epecista*”)

PUESTA EN MARCHA

- Una vez que la planta fue construida, hay frecuentemente ajustes que deben realizarse antes que la planta pueda operar a las máximas condiciones de diseño.
- Estos cambios implican gastos de materiales, insumos, energía, mano de obra, etc. mientras la planta está parada o está operando a capacidad parcial.
- La inversión en esta puesta en marcha es esencial para el éxito del emprendimiento, por lo tanto debe considerarse
- Pueden ser tan altos como el 10-12% de la inversión de capital fijo. La experiencia ha mostrado que los costos de puesta en marcha son un porcentaje de la inversión en capital fijo del orden, en promedio, del 3%.
- También puede estimarse como: $\text{Costo Puesta en Marcha} = (\text{Costo diario}) \times (\text{días})$

CONTINGENCIAS

- El uso de reservas y contingencias es importante para traducir la incertidumbre y riesgo existente en el proyecto en montos reservados dentro del presupuesto. Cuanto mayor incertidumbre y riesgo exista, mayores deben ser los montos de reserva.
- Hay de 2 tipos: del proceso y del proyecto
 - Incertidumbres de proyecto: errores de ingeniería y omisiones, errores en estimaciones, problemas de construcción, cambios en costo de mano de obra, huelgas, problemas relacionados con el clima, etc.
 - Incertidumbres de proceso: incertidumbres técnicas en la performance de equipos, escalado, parámetros de proceso, etc.
- Para estimaciones preliminares debe considerarse 15% a 20% para contingencias de proyecto (si la información del proceso es conocida, si no se agrega otro 15-20% como contingencia de proceso).
- Si la calidad de la estimación es definitiva o detallada, el valor de contingencia puede bajarse a 10-15% y 5-10% respectivamente.
- Cuanto más chico es el proyecto, mayor debe ser el % reservado para contingencias.

PORCENTAJES TÍPICOS DE INVERSIÓN DE CAPITAL FIJO PARA NUEVAS PLANTAS

Table 6-3 Typical percentages of fixed-capital investment values for direct and indirect cost segments for multipurpose plants or large additions to existing facilities

Component	Range of FCI, %
Direct costs	
Purchased equipment	15–40
Purchased-equipment installation	6–14
Instrumentation and controls (installed)	2–12
Piping (installed)	4–17
Electrical systems (installed)	2–10
Buildings (including services)	2–18
Yard improvements	2–5
Service facilities (installed)	8–30
Land	1–2
Indirect costs	
Engineering and supervision	4–20
Construction expenses	4–17
Legal expenses	1–3
Contractor's fee	2–6
Contingency	5–15

Plant Design and Economics For Chemical Engineers; Peters, Timmerhaus; 5^o Ed

INVERSIONES NO AMORTIZABLES

CAPITAL DE TRABAJO

- Son los fondos necesarios para llevar adelante la operativa diaria de la empresa. Continuamente se liquida y se repone. Son fondos requeridos para comprar materia prima, insumos, etc. También contempla flexibilidad para cubrir gastos en caso de paros, demoras, accidentes, etc.
- El Capital de Trabajo se estima mejor a partir del costo de producción que como un % a partir de las inversiones de capital. Estas reglas sirven para hacer estimaciones preliminares del capital de trabajo requerido.
- Los métodos de porcentaje son adecuados para estimaciones preliminares
- El capital de trabajo varía de 5% de la inversión de capital fijo para un proceso simple, de un único producto, con poco almacenamiento de producto, a 30% para procesos con un diverso rango de productos. Un número típico promedio para plantas químicas es 15% del capital fijo (Towler & Sinnott)
- La relación entre el capital de trabajo y la inversión de capital total varía según las diferentes empresas, pero la mayoría de las plantas químicas utilizan un capital de trabajo inicial que asciende a 10 a 20% de la inversión total de capital. (Peters & Timmerhaus)
 - 15-25% de la inversión total de capital (Perry 8°Ed)
 - 15-45% de los ingresos por ventas, 30-35% valor promedio razonable (Perry 8° Ed)
- Método de Inventarios:
 - 1 mes de dinero para salarios, jornales, etc.
 - Materias primas: 1 mes de producción valuados a su precio
 - Productos terminados en stock: 1 mes de producción al costo
 - Crédito a 30 días, 1 mes de producción al costo

CIERRE

CONCLUSIONES / RESUMEN

- Vimos cuáles son las Inversiones del Proyecto y cómo se clasifican
- Surgen del Capítulo de Ingeniería
- Su estimación es la 1° etapa de la Evaluación Económico-Financiera del Proyecto
- DESDE YA pueden aplicar Métodos de Orden de Magnitud para estimar la inversión total de su proyecto. Compárenla con los Ingresos anuales / totales de su Proyecto
- En el capítulo de Evaluación Económico-Financiera del Proyecto deben estimar las inversiones utilizando alguno de los Métodos de Estudio, Preliminares o Detallados
- En cualquiera de los casos se parte del costo estimado de los equipos principales del proceso y la planta (FOB o entregados en planta). Cotización de proveedores o estimación.
- El resto de los ítems de inversión se estiman en base al costo de los equipos. Cotización de proveedores puede sustituir la estimación.
- Verifiquen % de inversión total de capital fijo con valores de referencia

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Manual para la preparación de proyectos de inversión y su evaluación; Washington García Pouquette ; Jorge C. Caviglia; Isaac Jerouchalmi; 3° Edición; Montevideo; 2003.
- Plant Design and Economics For Chemical Engineers; Max S. Peters, Klaus D. Timmerhaus; 5° Edición; McGraw-Hill; NY; 2003.
- Perry Manual del Ingeniero Químico; 6° Edición (3° Ed en español); McGraw-Hill; México; 1992.
- Perry s Chemical Engineers Handbook ; James O Maloney ; 8 Edición; McGraw Hill; USA; 2008.
- Evaluating Preliminary Investment Feasibility; Chemical Engineering; Diciembre 2016
- Preparación y evaluación de proyectos; Nassir y Reinaldo Sapag Chain; 5° Edición; McGraw-Hill Interamericana S.A.; Bogotá; 2008
- Process Engineering Economics; James R. Couper; CRC Press; 2003
- Buenas Prácticas en la Estimación del Costo de un Proyecto Industrial; Joaquín Arocena; Proyectos Ingeniería SRL (PI)
- Chemical Engineering Design Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design; Gavin Towler & Ray Sinnott; 2nd Ed; Elsevier; Oxford, UK.
- Chemical Engineering, www.chemengonline.com; CEPCI
- CHEMICAL ENGINEERING WWW.CHEMENGONLINE.COM; JANUARY 2019; Cost Engineering: Equipment Purchase Costs
- ACE International Recommended Practice No. 18R-97; COST ESTIMATE CLASSIFICATION SYSTEM – AS APPLIED IN ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION FOR THE PROCESS INDUSTRIES; TCM Framework: 7.3 – Cost Estimating and Budgeting

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN

¿PREGUNTAS? ¿COMENTARIOS?

SFERRO@FING.EDU.UY