

ESTIMACION Y CONTROL DE COSTOS

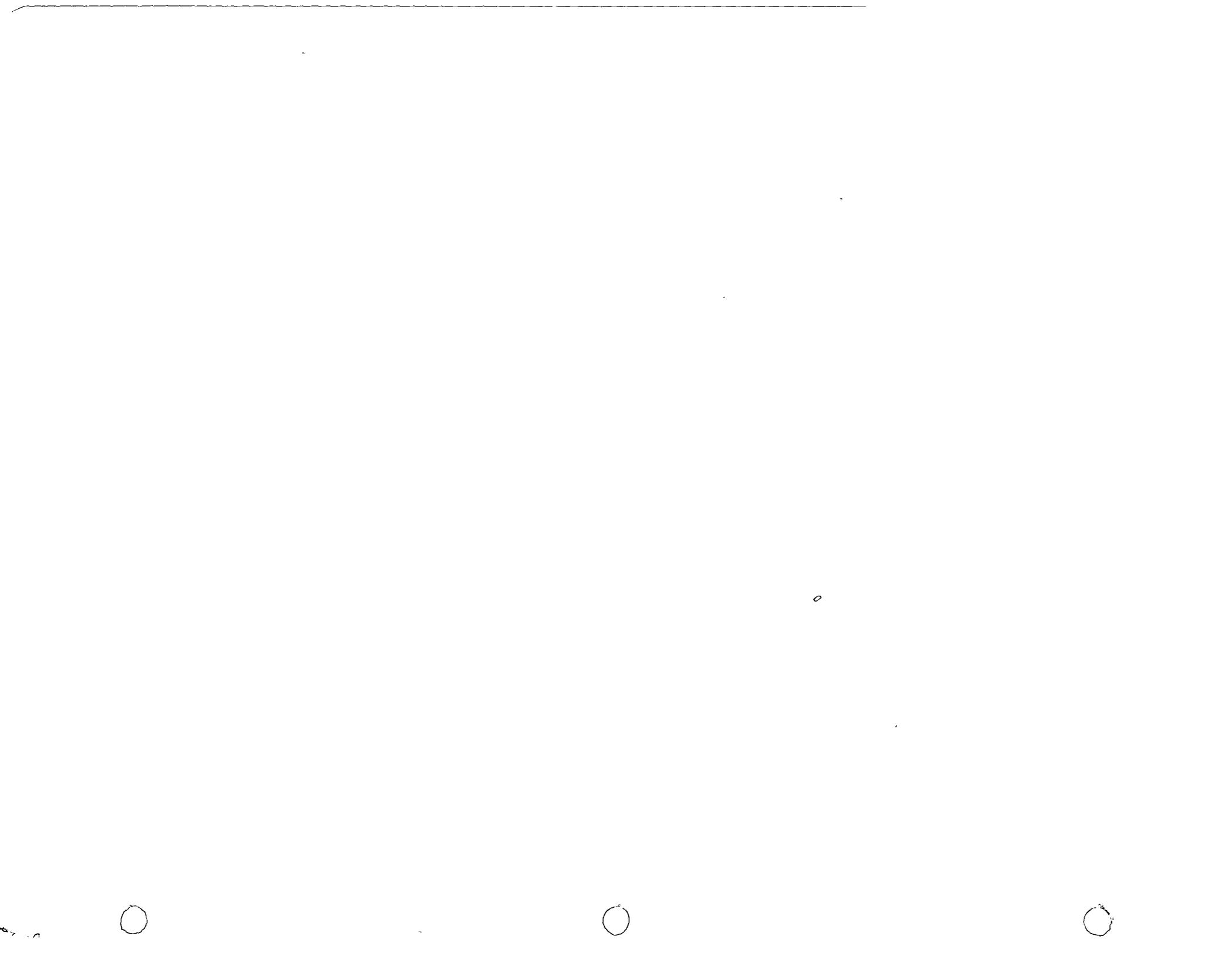
Fecha	Duración	Tema	Profesor
Agosto 30	18 a 21 h	CONCEPTOS SOBRE SISTEMAS	ING. CARLOS URIEGAS TORRES
		Definición y características Evolución de un sistema Tipos de insumos Modelo económico Estimación y control de costos	
		BASES PARA LA ESTIMACION DE COSTOS	ING. CARLOS URIEGAS TORRES
		Análisis de procesos Análisis por insumo-producto Análisis por producto Análisis paramétrico Modelo agregativo de costos Costos como variables aleatorias Costos como series cronológicas	
Septiembre 3 y 6	18 a 21 h c/día	ESTADISTICA APLICADA A LOS COSTOS	ING. ENRIQUE NOVELO BERRON
		Histogramas de costos Distribuciones de probabilidad y sus parámetros Intervalos de confianza, de tolerancia y de predicción Margen de error y análisis de riesgo Correlación entre variables aleatorias Análisis de regresión: funciones de costo Análisis de series de tiempo	
Septiembre 8	18 a 21 h	INDICES DE COSTOS	ING. ELISEO CORTES SALCEDO
		Fenómenos inflacionarios Normalización de las cifras de costos Tipos de índices por insumos Determinación de la base de un índice Jerarquización de índices Índices por producto	

ESTIMACION Y CONTROL DE COSTOS

Fecha	Duración	Tema	Profesor
Sept. 8		<p>COSTOS DE INTEGRACION: INGENIERIA</p> <p>Procedimientos de estimación Costos directos e indirectos Tarifas de ingeniería Honorarios profesionales</p>	ING. ELISEO CORTES SALCEDO
Sept. 10 y 13	18 a 21 h c/día	<p>ESTIMACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION</p> <p>Estimados de costos por actividades Factores de costo de los insumos: mano de obra, materiales, maquinaria Parámetros de costo; relaciones paramétricas Estimados a base de módulos o subsistemas Estimados de costo globales Otros métodos de estimación</p>	ING. EDGAR FERNANDEZ GOM
Sep. 20	18 a 21 h	<p>ESTIMADOS DE COSTOS DE PRODUCCION</p> <p>A. Productos termoplásticos Introducción Procedimiento de cálculo Cálculo para la estimación de tarifas horarias Determinación del costo de la materia prima y gastos de material Determinación de la máquina a usar Determinación del ciclo de trabajo con gastos y salarios correspondientes Gastos de preparación de la máquina Gastos de amortización de las herramientas Determinación del costo</p>	ING. SAMUEL ZUÑIGA GARCIA
Sep. 22	18 a 20 h	<p>B. Productos metálicos Introducción Procedimiento de cálculo Cálculos para la estimación de tarifas horarias Determinación del costo de la materia prima y gastos de material</p>	ING. EDUARDO PORTILLO

tema
Determinación de la máquina a usar
Determinación del método y ciclos de trabajo con
gastos y salarios correspondientes
Evaluación del método más económico y estructuración del costo

Sept. 22	20 a 21 h	PRINCIPIOS SOBRE EL CONTROL DE COSTOS	ING. CARLOS URIEGAS TORRES
		Naturaleza del control Relación entre estimación y control de costos Requisitos del sistema de control de costos Relación entre control y contabilidad de costos	
Sept. 24	18 a 21 h	CONTROL DE COSTOS DE CONSTRUCCION	ING. JUAN MORALES VERA
		Catálogo de cuentas Control con base en la programación Control de costos de ingeniería Control integrado costo-tiempo Control financiero de la obra Relaciones con la contabilidad	
Sept. 27	18 a 21 h	CONTROL DE COSTOS DE PRODUCCION	ING. JORGE SALAZAR ATONDO
		Introducción Sistema de costos estándar Diferencia entre costos estándar y estimados Relación de los costos estándar y los presupuestos Costo estándar del material Costo estándar de mano de obra Costo estándar de gastos Técnica de los costos estándar Desviación del estándar Resultados de operación	
Sept. 29 Oct. 1°	18 a 21 h c/día	OPTIMIZACION DE OPERACIONES	DR. JORGE DIAZ PADILLA DR. ALEJANDRO LOPEZ TOLEDO
		Punto de equilibrio de la producción Vida económica del equipo Curva de aprendizaje Control de inventarios Modelos de líneas de espera Modelos de programación	



DIRECTORIO DE PROFESORES DEL CURSO
ESTIMACION Y CONTROL DE COSTOS

ING. ELISEO CORTES SALCEDO
Jefe del Depto. de Ing. de Costos
Gerencia de Inspección y Verificación
P E M E X
Marina Nal. 329 Edif. 1810-8°
Tel.: 531.61.49

ING. EDGAR FERNANDEZ GOMEZ
Director de Servicios de Ingeniería
Bufete Industrial
Dante 36-6° Piso
Tel.: 5 28.68.91

ING. JUAN MORALES VERA
Gerente de Control de Costos
Bufete Industrial
Dante 36-6°
Tel.: 533.18.20 Ext. 117

DR. JORGE DIAZ PADILLA
Director Técnico
Ochoa Rosso y Asociados
Av. Revolución 1909-7°
Tel.: 548.92.11

DR. ALEJANDRO LOPEZ TOLEDO
Ochoa Rosso y Asociados
Av. Revolución 1909-7°
Tel.: 548.92.11

ING. ENRIQUE NOVELO BERRON
Profesor
División de Estudios Superiores
Facultad de Ingeniería, UNAM
Tel.: 548.58.77

ING. EDUARDO PORTILLO GOMEZ
Phillips Mexicana
Norte 45 No. 669
Col. Industrial Vallejo
Tel.: 567.21.11 Ext. 327

ING. CARLOS URIEGAS TORRES
Subgerente
Gerencia de Inspección y Verificación
P E M E X
Marina Nacional 329 Edif. 1810-8°
Tel.: 531.07.43

ING. SAMUEL ZUÑIGA GARCIA
Gerente
Técnica Eficiencia y Organización
Phillips Mexicana
Norte 45 No. 669
C l. Industrial Vallejo
Tel.: 567.21.11 Ext. 244

'edcs.

ESTIMACION Y CONTROL DE COSTOS

CONCEPTO SOBRE SISTEMAS

ING. CARLOS URIEGAS TORRES

AGOSTO DE 1976.

CONCEPTOS SOBRE SISTEMAS

1. INTRODUCCION A LOS SISTEMAS

El ingeniero o el ejecutivo en una empresa cotidianamente se enfrenta con problemas relativos a sistemas, en función de los cuales se toman decisiones y finalmente se actúa. Los siguientes ejemplos son ilustrativos de los elementos que configuran los sistemas y de los problemas que éstos plantean.

a) Máquina para construcción:

Una grúa o un bulldozer, por ejemplo, es un sistema mecánico capaz de ejecutar determinadas operaciones que forman parte del proceso constructivo de una obra. Desde el punto de vista del constructor podrían considerarse las siguientes cuestiones: ¿Qué características debe tener la máquina? ¿Conviene comprarla o alquilarla? ¿Conviene conservarla cuando ha llegado a una edad determinada? ¿Qué inventario de refacciones conviene tener para su mantenimiento? y otras más cuyas respuestas se investigan en función del objetivo de operación óptima.

b) Máquina con operador:

Considérese la misma máquina del ejemplo anterior, pero incluyendo a su o sus operadores; este sistema, un poco más complejo, plantea otros problemas, como los siguientes: ¿Cómo seleccionar al operador? ¿Conviene contratarlo permanentemente? ¿En qué forma se puede controlar y mejorar la productividad del sistema máquina operador? ¿De qué manera se pueden disminuir los riesgos de operación de la máquina? La adecuada respuesta a estas cuestiones tiende a obtener la mayor eficiencia del sistema dentro del contexto en que éste opera.

c) Obra:

Una obra es un sistema mucho más complejo; está compuesto generalmente por muchos elementos, entre los cuales destacan: máquinas, instalaciones, operadores, operarios, obreros, ingenieros y administradores. Se plantean las siguientes interrogantes: ¿Qué plan de construcción conviene seguir? ¿Qué secuencias de actividades deben establecerse? ¿Qué maquinaria conviene emplear? ¿Cuántas máquinas de cada clase? ¿Qué técnicas de construcción? ¿Cómo lograr el costo mínimo de la obra dentro

de las restricciones establecidas? y muchísimas otras.

d) Empresa constructora:

La empresa de construcción constituye un sistema socio-económico y técnico, establecido con el fin de obtener utilidades mediante la prestación de un servicio dentro de la industria de la construcción. Los problemas de una empresa son aún más complejos: ¿En qué campo específico de la construcción operar? ¿Qué tipo de organización adoptar? ¿En qué concursos de obras participar? ¿Qué equipo adquirir? ¿Qué actividades y servicios centralizar? y así sucesivamente.

Los ejemplos anteriores demuestran algunas características comunes a todos los sistemas:

1. Los sistemas están compuestos por elementos que pueden ser objetos físicos, máquinas, hombres y aún cosas inmateriales, como energía e información.
2. Los elementos que integran el sistema deben actuar de manera armónica para lograr objetivos determinados.
3. Todos los sistemas producen algo, que puede consistir en trabajos materiales, objetos físicos, o servicios diversos.
4. Los sistemas, por lo general, consumen recursos para llenar su objetivo; dichos recursos pueden ser de muy diversas clases.
5. Todo sistema forma parte de sistemas más amplios, y comprende a su vez sistemas más reducidos.

Obsérvese que el sistema "empresa" abarca uno o más sistemas "obra" y que cada uno de éstos comprende uno o más sistemas "máquina".

Otros ejemplos de sistemas escalonados a diferentes niveles de complejidad serían:

- Conjunto urbano
- Edificio
- Estructura
- Miembro estructural

o bien:

- Sistema regional de transporte de petróleo
- Oleoducto entre A y B
- Estación de bombeo
- Bomba

6. El término "sistema" se asocia comunmente a conjuntos complejos. Sin embargo, la complejidad depende del punto de vista del analista: Una máquina es un elemento simple desde el punto de vista del que la utiliza, pero es un sistema muy complejo desde el punto de vista del que la diseña y fabrica.

2. CONCEPTOS SOBRE SISTEMAS

Los ejemplos antes expuestos ilustran la siguiente definición general:

Un sistema es un conjunto de elementos que actúan coordinadamente para la consecución de objetivos determinados.

Esta definición implica los siguientes conceptos, que es importante corroborar, aplicándolos mentalmente a los ejemplos anteriores.

a) Complejidad

Los sistemas son conjuntos, es decir, entidades complejas. Un objeto simple (desde el punto de vista del analista) no constituye un sistema. Los elementos que componen un sistema pueden ser físicos (piezas, máquinas, personas...) o abstractos (datos, informes, metas, normas...)

b) Organización

Los elementos que integran un sistema están relacionados entre sí y estructurados de tal manera que el sistema constituye una unidad, diferente de la mera agregación de las partes. La relación e interacción entre las partes es a menudo más importante que las partes mismas. Un conjunto amorfo no constituye un sistema.

Cuando se habla de un "punto de vista de sistemas" o "enfoque de sistemas" se quiere hacer resaltar el hecho de que para diseñar un sistema

óptimo (o como se dice comunmente, para optimizar un sistema) es necesario considerarlo como un todo. La optimización de cada una de las partes de un sistema, consideradas aisladamente, no significa por lo general la optimización del sistema completo. Sólo analizando las relaciones entre las partes, así como las partes mismas, es posible llegar al sistema óptimo.

c) Acción

Todo sistema realiza una función o efectúa un proceso, o varias funciones o procesos interdependientes, que operan sobre ciertas entradas o insumos del sistema, dando por resultado determinadas salidas o productos del mismo. Las entradas y las salidas pueden ser también elementos físicos o abstractos. Se ha visto, por ejemplo, como el sistema "obra" actúa sobre determinados materiales de construcción y equipos, para producir un edificio, una planta industrial, una presa, u otra obra cualquiera.

Por otra parte, un sistema de información opera sobre datos y produce información relevante y oportuna para el cliente del sistema.

d) Finalidad

Todo sistema obedece a propósitos u objetivos definidos, que determinan la composición, estructura y acción del sistema. En otras palabras, los sistemas se diseñan, construyen y operan con vista a objetivos claramente especificados. Los productos o salidas del sistema deben responder a los objetivos de éste.

e) Fronteras

Todo sistema debe estar limitado para ser susceptible de análisis. Las fronteras del sistema quedan definidas al especificar los componentes del mismo, ya sea enumerándolos explícitamente o dando las características distintivas de los mismos. Puesto que, según se dijo, todo sistema forma parte de otros más amplios, a la vez que comprende sistemas más reducidos, las fronteras del sistema en estudio las fija el analista de acuerdo con los requisitos del análisis.

En un edificio, las fronteras del sistema "estructura" se podrían definir así: "El sistema estructural comprende todos los elementos destinados a soportar o transmitir cargas"; sin embargo, según el punto de vista del analista, podría incluirse o no el sistema de cimentación. Para el análisis estructural convendría considerar la cimentación dentro del sistema "estructura"; sin embargo, para un análisis de

costos quizá convendría separar ambos sistemas, ya que el costo de la cimentación varía mucho según las características del subsuelo.

f) Ambiente

Todo aquello que no forma parte del sistema, pero que influye sobre él o sufre influencia del mismo, se denomina ambiente del sistema. Elementos muy importantes del ambiente son los sistemas que, junto con el sistema analizado, constituyen sistemas de orden inmediato superior. Respecto a uno de los ejemplos anteriores, dentro del ambiente del sistema "máquina-operador" figuran como elementos importantes otras máquinas, hombres e instalaciones que constituyen el sistema "obra" (de orden superior al sistema "máquina-operador"), ya que deben existir interacciones y relaciones de coordinación entre todos los elementos que integran la obra. Son también elementos muy importantes del ambiente el propietario para quien se contruye o instala el sistema y los clientes o usuarios de éste, en su caso. ⁵

EJEMPLO 1

Considérese el sistema estructural de un edificio. Entre los elementos que constituyen el ambiente de este sistema pueden mencionarse:

- a) El sistema de espacios útiles: La estructura no debe interferir con el buen aprovechamiento de dichos espacios .
- b) Los sistemas de instalaciones: La estructura debe permitir y facilitar la colocación de tuberías, elementos mecánicos y aparatos eléctricos; debe permitir también los cambios previsibles de dichas instalaciones durante la vida útil del edificio.
- c) El propietario del edificio: Exige durabilidad, seguridad y economía en el diseño. Puede imponer restricciones, por ejemplo, respecto al uso de ciertos materiales.
- d) Los clientes del edificio: Exigen que la estructura garantice seguridad aún en condiciones críticas, tales como sismos o incendios. La demanda de espacios para renta se ve afectada por las características estéticas de la estructura.

- e) El Gobierno : Exige que se respete el Reglamento de construcciones, el de Ingeniería Sanitaria, etc.

Los sistemas a) y b) antes mencionados forman parte del sistema "edificio" (sistema de orden inmediato superior al sistema estructura). Los elementos c), d) y e) forman parte de orden superior al sistema edificio.

EJEMPLO 2

Supóngase que en cierta obra se utiliza una pala cargadora para servir a una flotilla de camiones. Al analizar la eficiencia de esta operación, no conviene considerar aisladamente la pala cargadora; por lo tanto, al definir las fronteras del sistema, se consideraría dentro de éste la pala y los camiones, incluyendo sus operadores. De esta manera se trataría de "balancear" la capacidad de carga de la pala con la capacidad de transporte de la flotilla.

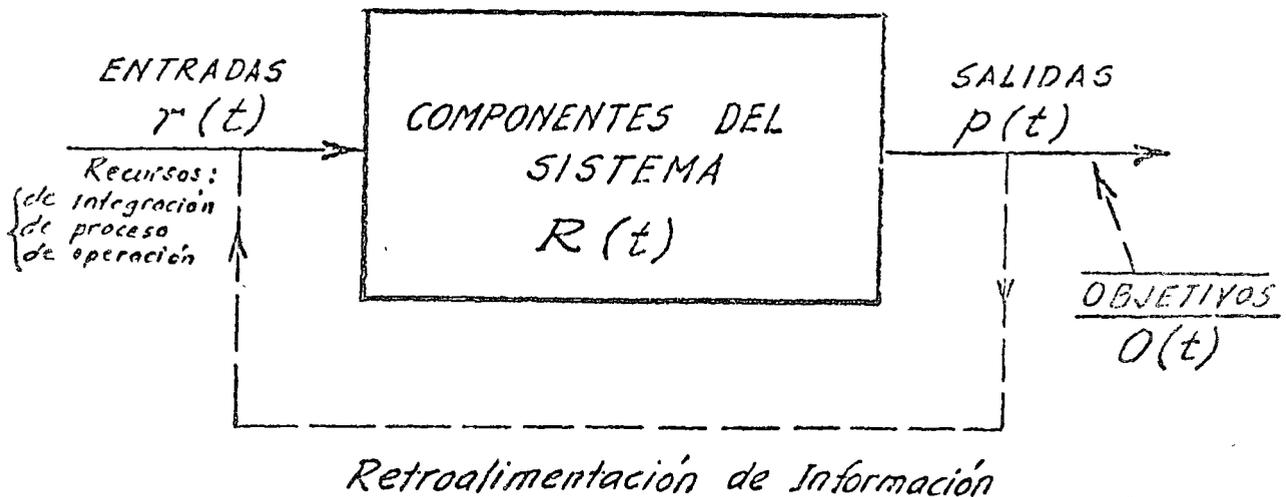
Los principales factores del ambiente que influirían sobre el sistema serían:

- a) La obra : Es el sistema de orden inmediato superior. El sistema que se analiza debe operar dentro del programa general de la obra. La contratación de los operadores, el mantenimiento de las máquinas y otros servicios constituyen interacciones entre el sistema "pala-camiones" y el sistema "obra".
- b) El propietario del sistema: La empresa constructora propietaria del equipo se preocupa porque la pala y los camiones se utilicen el mayor tiempo posible, reduciendo al mínimo los períodos de inactividad.
- c) El cliente de la obra: Exige que ésta se realice de acuerdo con el contrato y las especificaciones.
- d) El ambiente físico : Las condiciones del terreno, de los caminos y de la atmósfera influyen grandemente en la eficiencia de la operación.

3. SISTEMAS PRODUCTIVOS

Desde el punto de vista del Análisis Económico de Proyectos, interesan especialmente los sistemas que desarrollan un proceso de producción de bie-

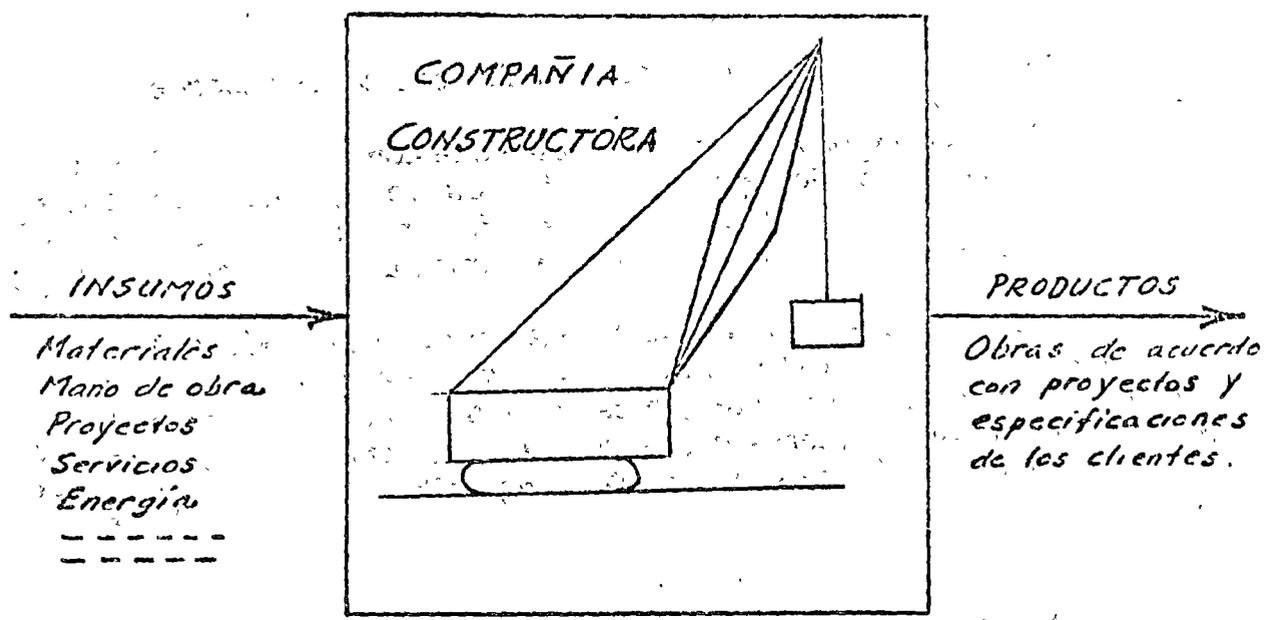
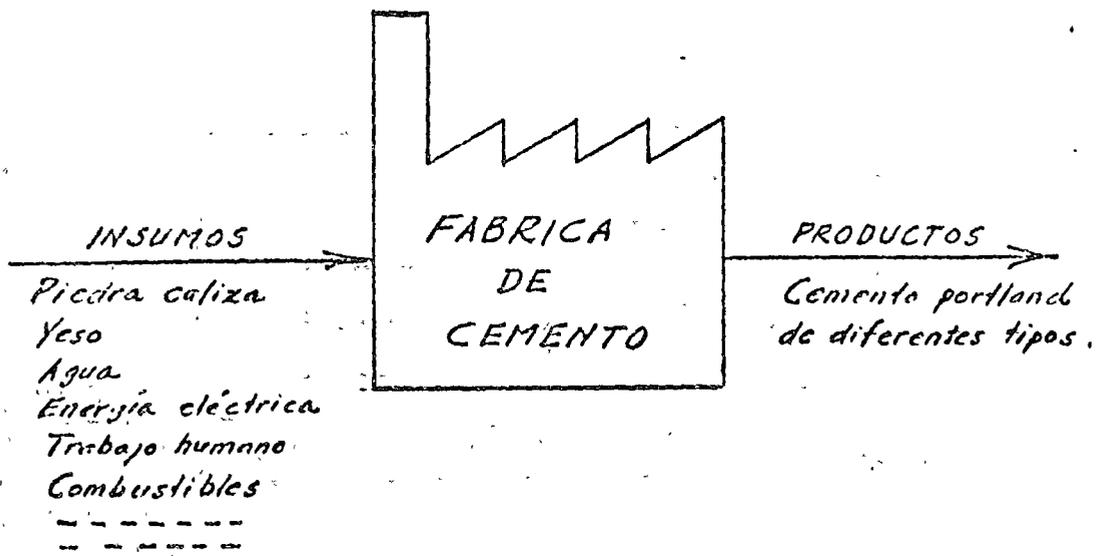
nes o servicios, o que realizan una parte de dicho proceso.

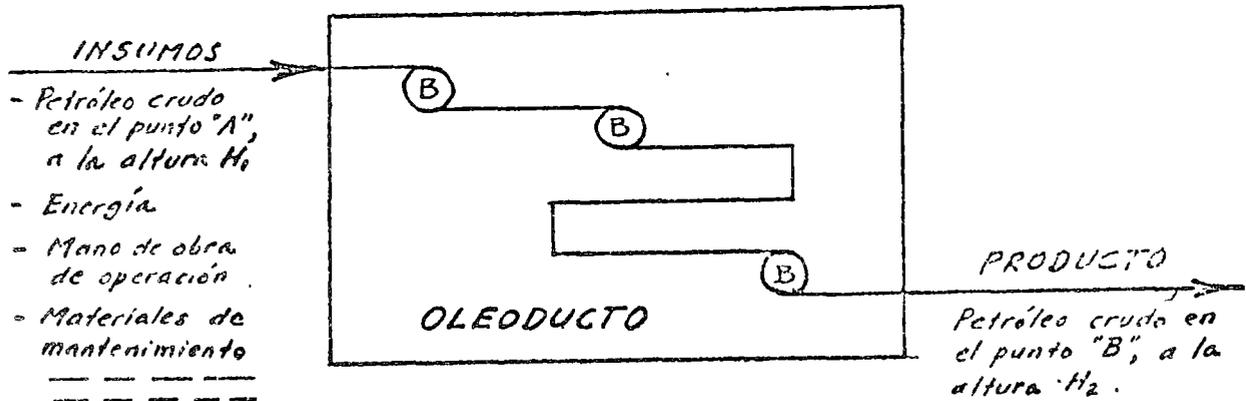


La representación elemental de un sistema de esta clase se muestra en la figura. Los elementos componentes del sistema $R(t)$ serán todos aquellos recursos (hombres, máquinas, dinero, información, etc.) que sea necesario acumular y organizar para alcanzar los objetivos propuestos.

Todo aquello que no forma parte del sistema, pero que influye sobre él, constituye su "ambiente". Para realizar sus objetivos, el sistema toma del ambiente los recursos necesarios, $r(t)$ que constituyen, como ya se dijo, las entradas o insumos del sistema. Este último lleva a cabo un proceso o conjunto de procesos sobre los insumos, a fin de transformar éstos en bienes o servicios útiles, que son las salidas o productos $p(t)$ del sistema, a través de los cuales el sistema trata de realizar sus objetivos.

Las figuras siguientes ilustran en forma simplificada los conceptos anteriores.





Los recursos insumidos por un sistema pueden ser de tres clases:

1. Insumos de Integración. Un sistema empieza con una simple idea o proyecto; ésta se convierte en realidad mediante el proceso de construcción o instalación del sistema. Los elementos que se van acumulando para integrar el sistema se denominan insumos de integración.

La corriente de estos insumos tiene lugar durante el proceso de construcción, pero no cesa al terminar ésta, ya que casi siempre le siguen los procesos de mantenimiento, ajustes, modificaciones y/o ampliaciones, en forma más o menos continua. Los desmantelamientos implican una corriente inversa de recursos de integración (del sistema hacia el ambiente).

2. Insumos de proceso. Son los insumos primarios o materias primas que, transformados por el sistema, se convierten en productos terminados. Los insumos de proceso no siempre son materiales; pueden consistir en energía, que se transforma en otro tipo o nivel de energía; o en información, que se procesa para producir información más útil.
3. Insumos de operación. Son los materiales, energía, información o servicios que se consumen internamente en el sistema para poder llevar a

cabo los procesos que éste requiere. Especialmente importante es la energía humana (mano de obra) que consume el sistema. Pertenecen también a esta clase de insumos: combustibles, energía eléctrica, agua, comunicaciones e información.

Los sistemas productivos tienen un carácter eminentemente dinámico. Las entradas, las salidas y los elementos componentes del sistema son funciones del tiempo, según se indica en la figura 1. Los insumos de integración son muy variables, según se hizo notar; los insumos de proceso y de operación varían de acuerdo con el volumen de producción; y los recursos acumulados, $R(t)$, que constituyen el sistema varían de acuerdo con el flujo de recursos de integración que entran o salen del sistema. El flujo de productos $p(t)$ también es variable; una parte de él puede integrarse al sistema $R(t)$, el cual puede así crear parte de su propio potencial; por ejemplo el sistema puede ampliarse usando sus propios elementos, o bien los productos del mismo pueden almacenarse para aumentar las existencias a la mano. Como resultado de la experiencia y evolución del sistema, los objetivos de éste también sufren cambios, por lo que deben considerarse como funciones del tiempo, $O(t)$.

4. MODELOS DE SISTEMAS

Los atributos (o características) de los elementos que componen un sistema son muy numerosos y variados. Una máquina podría describirse en función de su potencia, peso, velocidad, precio de adquisición, ubicación y otras muchas características; mientras que, entre los atributos de un empleado o trabajador de una empresa pudieran considerarse: edad, estudios realizados, experiencia, sueldo, puesto que desempeña, etc.

El gran número de atributos de los elementos componentes de un sistema da origen a una infinidad de relaciones entre dichos atributos. Así por ejemplo, el precio de adquisición de una máquina está relacionado con su potencia; el nivel de estudios de una persona guarda relación con su sueldo y con el puesto que desempeña; la complejidad de una máquina exige determinada preparación del operador; y así sucesivamente. El tipo de análisis por efectuar determina los atributos y las relaciones entre éstos que es pertinente tomar en cuenta.

Por lo tanto, cabe el análisis de un sistema desde diferentes puntos de vista que interesan al ingeniero o al ejecutivo. Se puede así hablar, respecto a un sistema dado, de análisis o diseño estructural, hidráulico, termodinámico, geométrico, organizacional, de dinámica de grupos, etc.

Por ejemplo, tratándose de un edificio, es posible hacer referencia: a) al análisis arquitectónico, que considera los espacios internos, las relaciones

entre ellos y las relaciones del edificio con los espacios exteriores;
 b) el análisis estructural, en el cual cada elemento del edificio se considera desde el punto de vista de su aportación a las fuerzas (cargas) que obran sobre el mismo y de su capacidad para resistir dichas cargas;
 c) al análisis térmico, que considera los componentes y ocupantes del edificio como fuentes de calor, barreras térmicas, conductores o aislantes caloríficos, etc.

Al analizar el comportamiento de un sistema desde un punto de vista determinado, se empieza por formular hipótesis que expliquen dicho comportamiento. Estas hipótesis, desarrolladas y formalizadas constituyen "modelos" del sistema.

La representación o descripción del comportamiento de un sistema, desde un punto de vista determinado, en términos físicos, verbales, gráficos o matemáticos se denomina un modelo del sistema.

Podemos construir modelos geométricos (maquetas, planos), modelos matemáticos estructurales, modelos hidráulicos (físicos o matemáticos), modelos organizacionales (gráficos y verbales) y muchos otros.

EJEMPLO 3

La fórmula de la esquadria

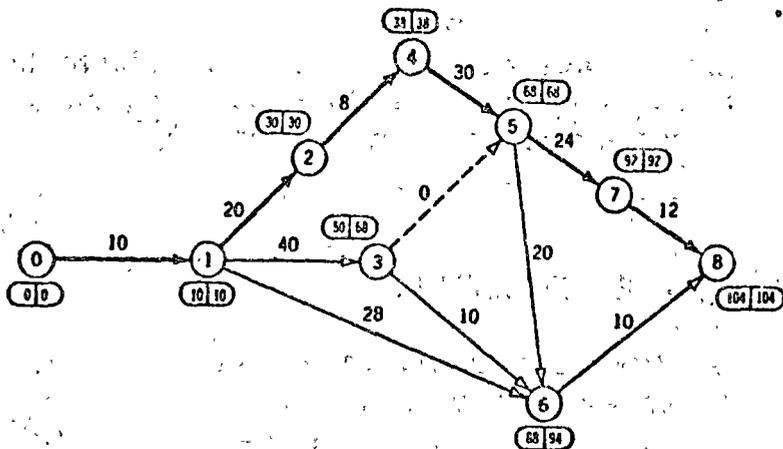
$$\sigma = \frac{M \cdot z}{I}$$

es un modelo matemático que describe la distribución de los esfuerzos de tensión o compresión σ en la sección transversal de una viga de material homogéneo y elástico, sobre la que actúa un momento flexionante M , siendo I momento de inercia de la sección y z distancia del punto considerado al eje neutro de la sección. Sabemos que éste modelo matemático no es exacto, pero es suficientemente aproximado para usarse con provecho en el diseño estructural de vigas.

EJEMPLO 4

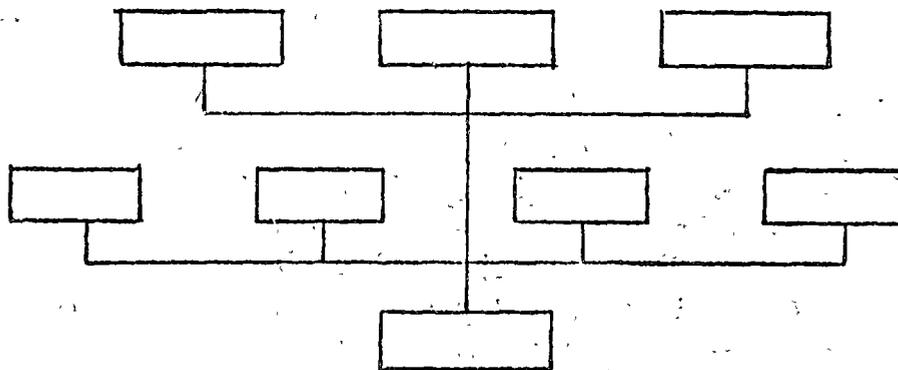
Una red de actividades es un modelo gráfico-matemático de programación, que representa las secuencias y duraciones de las actividades que componen un proyecto. Algunos parámetros matemáticos asociados a este modelo serían: la duración total del proyecto, la secuencia de actividades que determina dicha duración total, denominada "ruta-crítica", las holguras de las

actividades, y los tiempos más próximos y los más remotos de iniciación y terminación de cada actividad.



EJEMPLO 5

Un organigrama es un modelo gráfico de la organización de una empresa, que muestra las relaciones de autoridad y dependencia entre los diversos grupos que la componen.



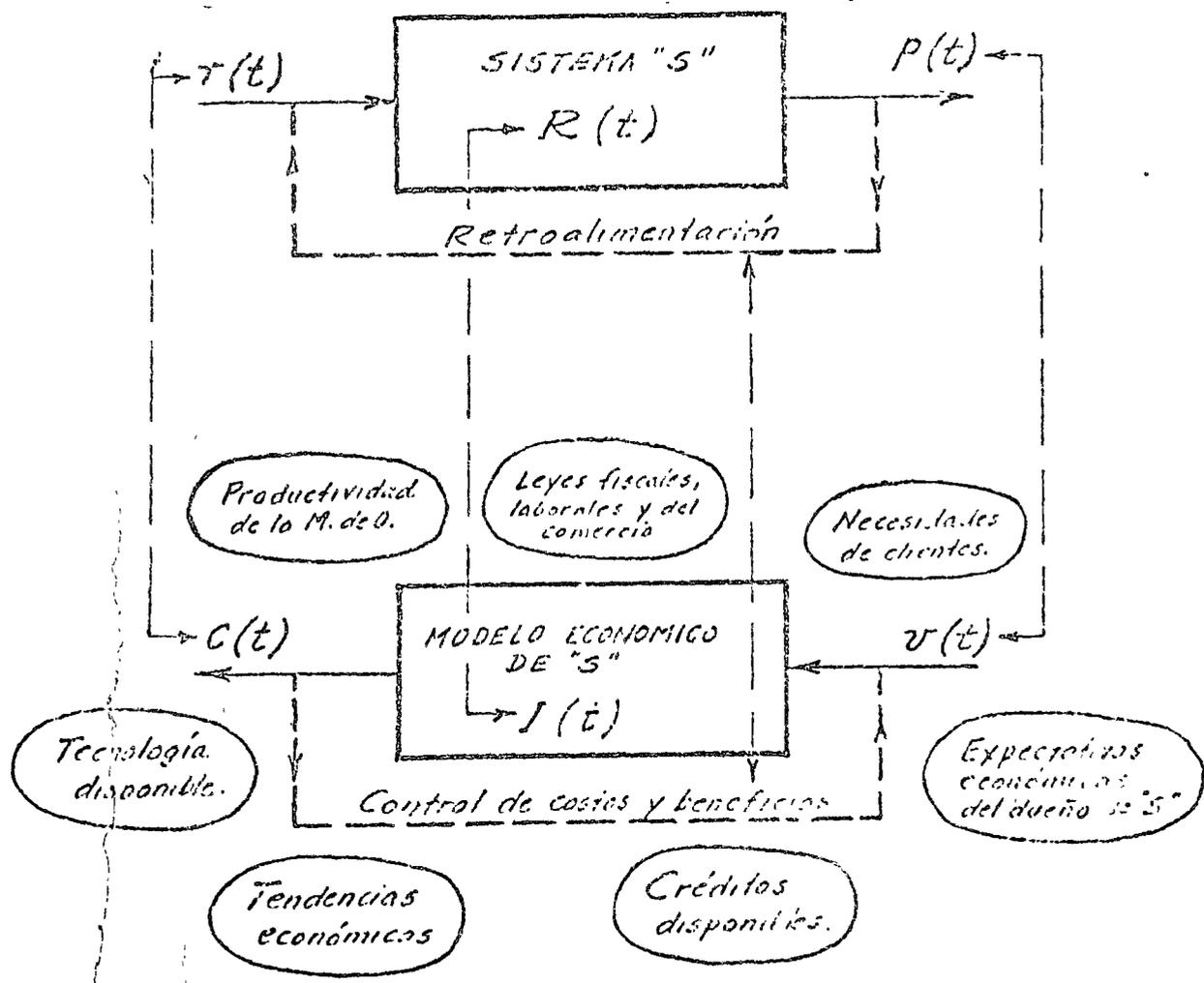
Los modelos son abstracciones, simplificaciones o idealizaciones de los sistemas respectivos; son útiles en tanto que sirven para predecir con exactitud aceptable los fenómenos del mundo real; de ellos no puede decirse que sean verdaderos ni falsos, ya que su utilidad se juzga por su contribución al entendimiento de los sistemas que describen. Los modelos matemáticos (algoritmos, ecuaciones, tablas, programas de computadora) son especialmente útiles para estudiar las variaciones cuantitativas de los atributos de un sistema y de sus componentes; los modelos gráficos ayudan

a la comprensión de los fenómenos, y a menudo complementan a los modelos matemáticos. La figura 1 es un modelo gráfico elemental de un sistema, según ya se explicó.

Entre los muchos modelos de un sistema que pueden ser objeto de estudio, interesa especialmente en este curso el modelo económico, es decir, la representación del sistema desde el punto de vista económico.

5. MODELO ECONOMICO DE UN SISTEMA

El Análisis Económico de Proyectos no es otra cosa que el estudio del modelo económico de un sistema o, dicho de otro modo, el estudio del comportamiento de un sistema desde el punto de vista económico. Por tanto, es necesario identificar con claridad los elementos componentes de dicho modelo.



La representación elemental del modelo económico de un sistema (fig. 7) se obtiene traduciendo a términos económicos los elementos del modelo conceptual de la figura 1.

Al flujo de recursos, $r(t)$, que el sistema toma del ambiente, corresponde un flujo de costos, $c(t)$, de sentido inverso, que el sistema debe pagar por ellos.

A la corriente de productos $p(t)$ que el sistema entrega al ambiente, corresponde un flujo $v(t)$ de valores o beneficios que recibe el sistema. El flujo $v(t)$ no siempre es determinable, en especial cuando el sistema entrega sus productos a otros que integran un sistema de orden superior.

Considérese, por ejemplo, un equipo de proceso que es parte de una planta; en este caso, el flujo $v(t)$ podría determinarse para la planta completa, pero no para cada uno de los equipos de proceso que la forman. Cuando la corriente $v(t)$ de un sistema es determinable, se dice que dicho sistema es económicamente autónomo. La empresa es un ejemplo típico.

El flujo de costos y el de valores, considerados en conjunto y expresados en dinero (cuando ésto es posible), reciben el nombre de flujo de efectivo. Este se toma como negativo para los costos y positivo para los valores, reflejando así lo que el sistema recibe.

Los recursos $R(t)$ que componen el sistema, resultan de la acumulación de los insumos de integración durante el período de construcción o instalación del mismo. A dichos recursos $R(t)$ corresponde la inversión, $I(t)$, resultante de la acumulación del flujo de costos, $c(t)$, durante ese período, los cuales se denominan, en consecuencia, costos de inversión. Cuando el sistema se adquiere completo (como en el caso de una máquina), la inversión consiste en el costo de adquisición.

Los costos en que incurre el sistema ya instalado o adquirido, durante su vida útil, con objeto de realizar el proceso de producción, se denominan costos de operación e incluyen los necesarios para el mantenimiento del sistema.

Nótese que la inversión $I(t)$ tiene un valor potencial susceptible de materializarse en el flujo de valores $v(t)$ mediante la operación del sistema.

La retroalimentación en el modelo económico equivale al control económico del sistema, consistente en la determinación de costos y beneficios y de las relaciones entre ambos; la comparación de las cifras obtenidas con las previamente estimadas; y la toma de decisiones tendientes a alcanzar los objetivos económicos del sistema.

En resumen, el FLUJO DE EFECTIVO de un sistema comprende:

- a) los costos de inversión,
- b) los costos de operación y
- c) los ingresos por venta de los productos del sistema, cuando son determinables.

EL FLUJO DE EFECTIVO es la imagen económica de un sistema; es lo que determina si el sistema es o no económicamente deseable.

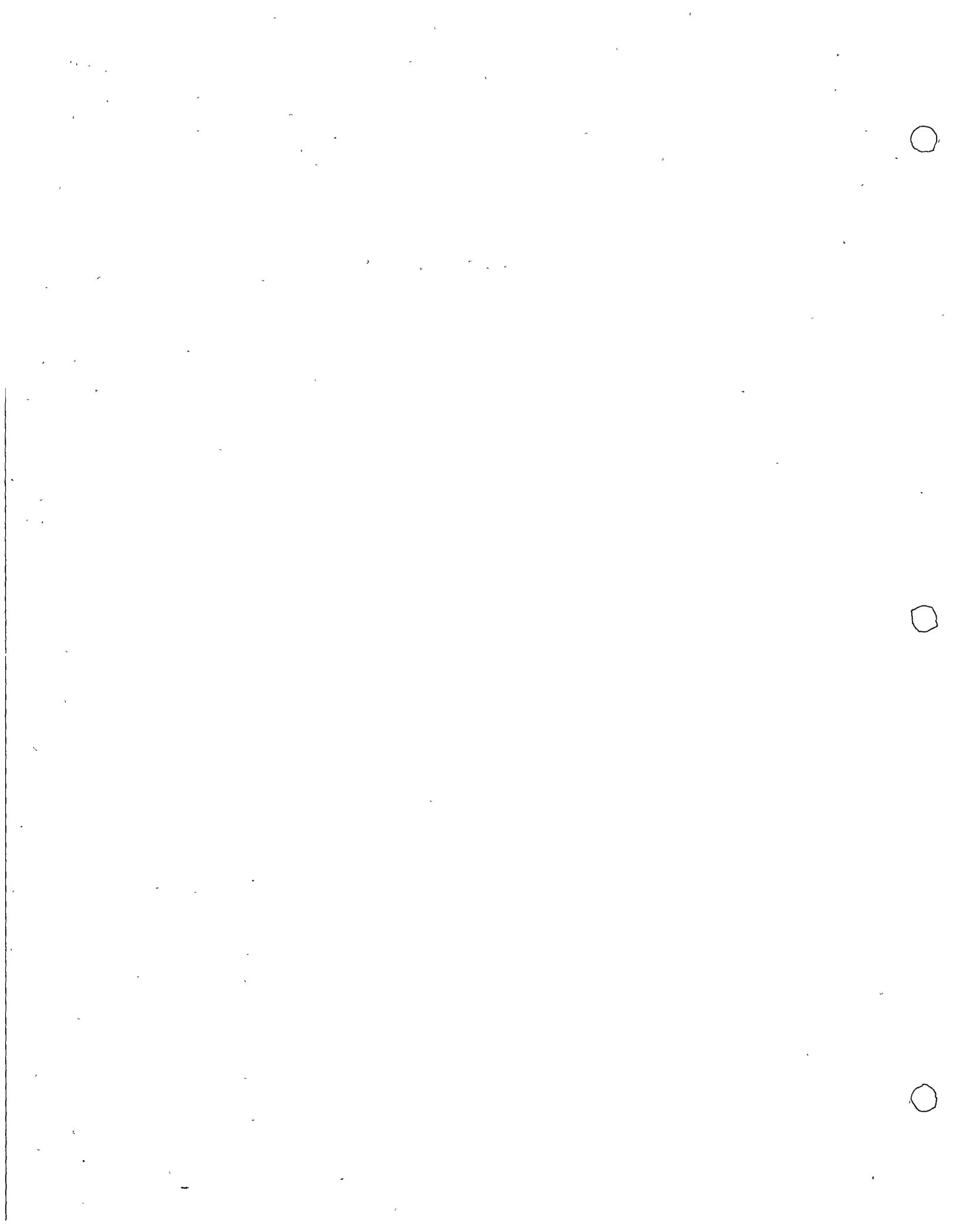
El ambiente en el modelo económico comprende, en primer lugar, las necesidades de los clientes potenciales del sistema, posibles consumidores de sus productos; en segundo término, las expectativas económicas del propietario del sistema, en cuanto al balance entre costos y beneficios derivados de éste; y en un entorno más amplio, las condiciones económicas generales de la localidad, la región y el país, incluyendo características del mercado, productividad de la mano de obra, estado de avance de la tecnología nacional, cambios tecnológicos que se prevén en los procesos de producción, estabilidad de los precios o inflación, ambiente de competencia, situación de los créditos y muchas otras. El ambiente económico comprende también las restricciones y regulaciones impuestas por el Gobierno, particularmente las leyes laborales y fiscales; las del comercio, incluyendo las restricciones y concesiones arancelarias, y las leyes bancarias y crediticias.

ESTIMACION Y CONTROL DE COSTOS

BASES PARA LA ESTIMACION DE COSTOS

ING. CARLOS URIEGAS TORRES

AGOSTO DE 1976.



BASES PARA LA ESTIMACION DE COSTOS

1. CARACTER EMPIRICO DE LOS COSTOS

La estimación de costos de un sistema cualquiera tiene necesariamente una base empírica. La observación de los costos de integración y operación de sistemas ya construidos es el punto de partida obligado para la estimación de costos de sistemas por construir. Estos no se pueden calcular por medio de fórmulas matemáticas, de la manera en que se calculan los esfuerzos en una estructura, la velocidad del flujo en una tubería o las corrientes en una red eléctrica. ¿A qué se debe este carácter empírico de la estimación de costos?

Los fenómenos físicos están sujetos a leyes inmutables, expresables en fórmulas o modelos matemáticos. La experimentación permite aislar las causas de los fenómenos y determinar la relación entre causas y efectos. La experimentación consiste en observar y medir ciertas variables asociadas a un fenómeno, cuando se fija arbitrariamente el valor de otras, con lo cual se puede observar el efecto que el cambio de una variable tiene sobre los demás, y deducir de este modo relaciones funcionales de carácter matemático. La experimentación es, por tanto, la realización iterativa de un fenómeno en un ambiente controlado definido por las variables cuyo valor se fija arbitrariamente.

Es indudable que los fenómenos económicos y sociales también están sujetos a leyes; sin embargo, difieren de los fenómenos físicos en dos aspectos muy importantes:

- a) En ellos interviene como principal agente el hombre, cuyo comportamiento, producto de su inteligencia y su voluntad, no sigue jamás patrones inmutables y deterministas. La conducta del hombre y de los grupos humanos es esencialmente aleatoria.
- b) Los fenómenos socio-económicos pueden observarse y estudiarse, pero no en ambientes controlados, sino en las condiciones reales en que se dan, por lo cual la experimentación no es posible.

Lo anterior no significa que los fenómenos económicos y sociales no se puedan estudiar aplicando el método científico; significa simplemente que el enfoque científico debe tener por base la estadística y no la experimentación.

Los sistemas productivos objeto del análisis de costos son de carácter socio-económico, porque en ellos interviene el hombre como factor de la

producción y como rector de los procesos intra y extra-sistémicos. Por consiguiente, la estimación de sus costos debe fundamentarse en la estadística, o sea, en una experiencia cuantificada, registrada, ordenada e interpretada sistemáticamente.

A veces se piensa que el costo de algunos procesos puede calcularse sin una base empírica, especialmente cuando se trata de ciclos de operaciones automatizadas hasta cierto grado. Pudiera parecer que en estos casos los tiempos empleados en las operaciones y los costos respectivos pueden calcularse con base en las especificaciones y características de las máquinas, sin referirse a ninguna experiencia anterior. La verdad es que, en la medida en que interviene el hombre, se introducen en el proceso aspectos aleatorios, cuantificables únicamente con referencia a experiencias pasadas; tal es el caso de las operaciones de mantenimiento, las labores de inspección, la distribución de trabajo entre varias máquinas, el aprovisionamiento de materiales y herramientas, y muchas otras fases de los procesos en que es necesaria la intervención humana. La eficiencia y productividad de las máquinas mismas es también afectada por las condiciones del ambiente físico en que operan, particularmente en los procesos de construcción.

2. CARACTER CIENTIFICO DE LA ESTIMACION DE COSTOS

Es necesario insistir en que la estadística de costos no es otra cosa que una experiencia sistematizada y expresada en cifras. Con frecuencia se citan en la literatura técnica procedimientos de estimación de costos, haciendo la advertencia de que su aplicación requiere de amplia experiencia y buen criterio, lo que significa llanamente que el modelo propuesto es vago e impreciso, y puede conducir a resultados diferentes, según la forma de interpretarlo y aplicarlo. No es común hallar esta clase de advertencias en textos de mecánica, electricidad, hidráulica u otras disciplinas "exactas" de la ingeniería. La experiencia, traducida a cifras empíricas, sólo es aprovechable cuando permite hacer inferencias y tener una idea del margen de error de las cifras estimadas (inferidas).

La experiencia personal conduce a juicios subjetivos que llamamos intuición. La persona con una gran experiencia en cierto campo de actividad puede llegar a hacer estimaciones de costos (o de cualquier otra variable) con bastante exactitud. Sin embargo, el conocimiento intuitivo presenta una limitación trascendental: la de no poderse enseñar explícitamente, sino mediante la comunicación personal y sostenida maestro-alumno. El conocimiento intuitivo es, por ello, pre-científico; la ciencia proporciona principios y estructura que integran las experiencias indi-

viduales en una disciplina o marco de referencia común, aplicable a situaciones nuevas. El estudiante puede así heredar un legado intelectual y, a partir de ahí, sumar sus propios desarrollos y experiencias, en vez de volver al punto en donde empezaron sus predecesores.

Se concluye que las cifras de costos empíricas, producto de la experiencia constituyen la base del sistema de estimación de costos.

Sin embargo, para que éste último tenga carácter científico se requiere :

- a) Planear la clase de cifras que es necesario observar y registrar, con vista a su ulterior aplicación.
- b) Establecer un sistema para la obtención y registro de los datos de costos.
- c) Aplicar los principios y métodos de la estadística y la probabilidad para procesar los datos registrados, y hacer evaluaciones e inferencias de diversas clases.

En relación con el primer requisito mencionado, es pertinente considerar, en primer lugar, cómo puede dividirse un sistema para la evaluación de sus costos, y en segundo lugar, cuáles son los métodos generales de estimación de costos. Estos dos aspectos se analizarán en las siguientes secciones.

En cuanto al sistema para obtención y registro de los datos de costos, éste se tratará ampliamente en los capítulos relativos a control de los costos, con el cual está íntimamente relacionado.

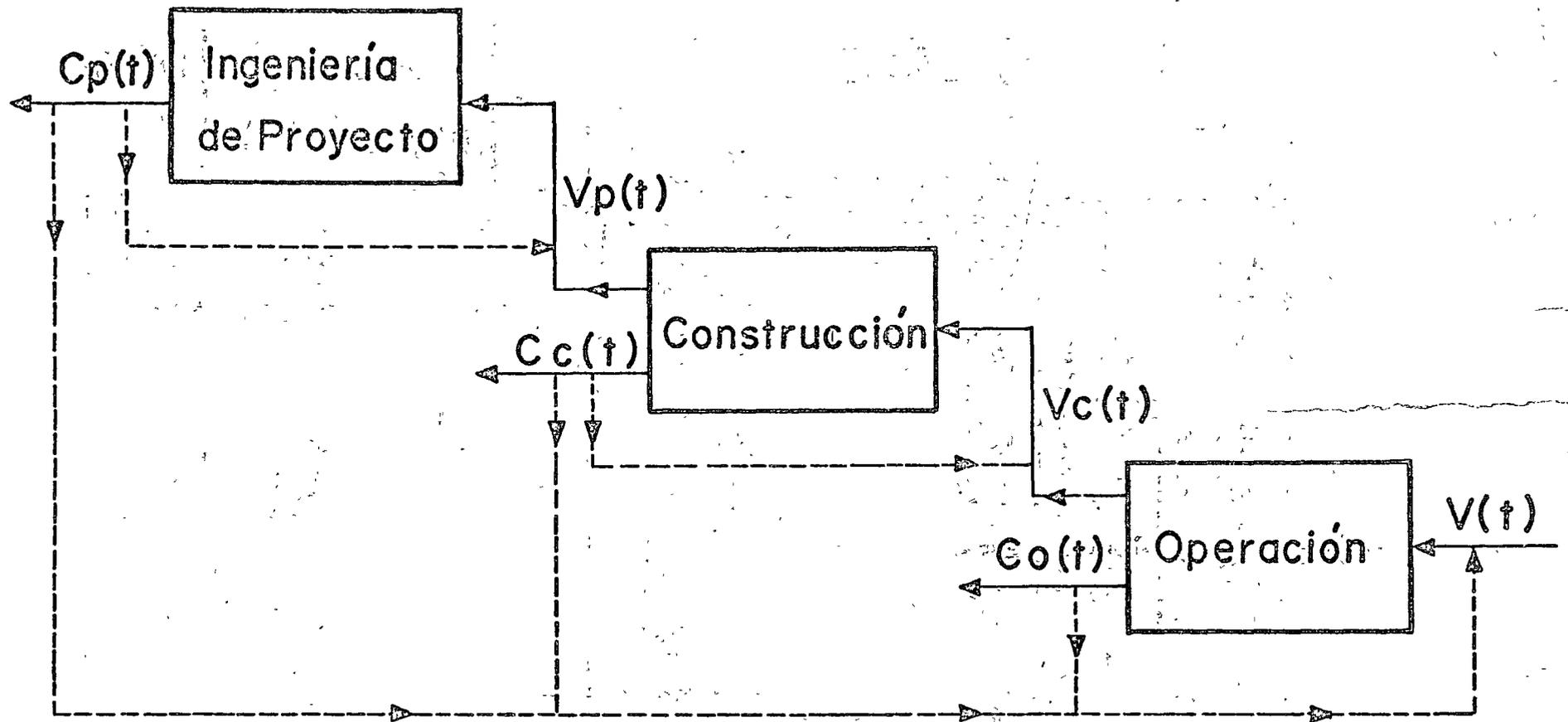
Por último, el tratamiento estadístico de las cifras de costos será objeto del capítulo 3 de este curso.

3. MODELO AGREGATIVO DE COSTOS DE UN SISTEMA

El costo total de un sistema comprende el de todos los elementos necesarios para planearlo, diseñarlo, construirlo y operarlo durante su vida útil, integrándolo debidamente a los sistemas de orden superior. Siendo dichos elementos tan numerosos y variables de un sistema a otro, es poco probable que el costo total pueda determinarse, con el grado de exactitud requerido, por comparación directa con el de otros sistemas similares existentes. Más frecuentemente, es necesario considerar al sistema dividido en partes (subsistemas), cuyo costo se pueda estimar con base en una estadística de costos de subsistemas de la misma clase ya construidos y en operación.

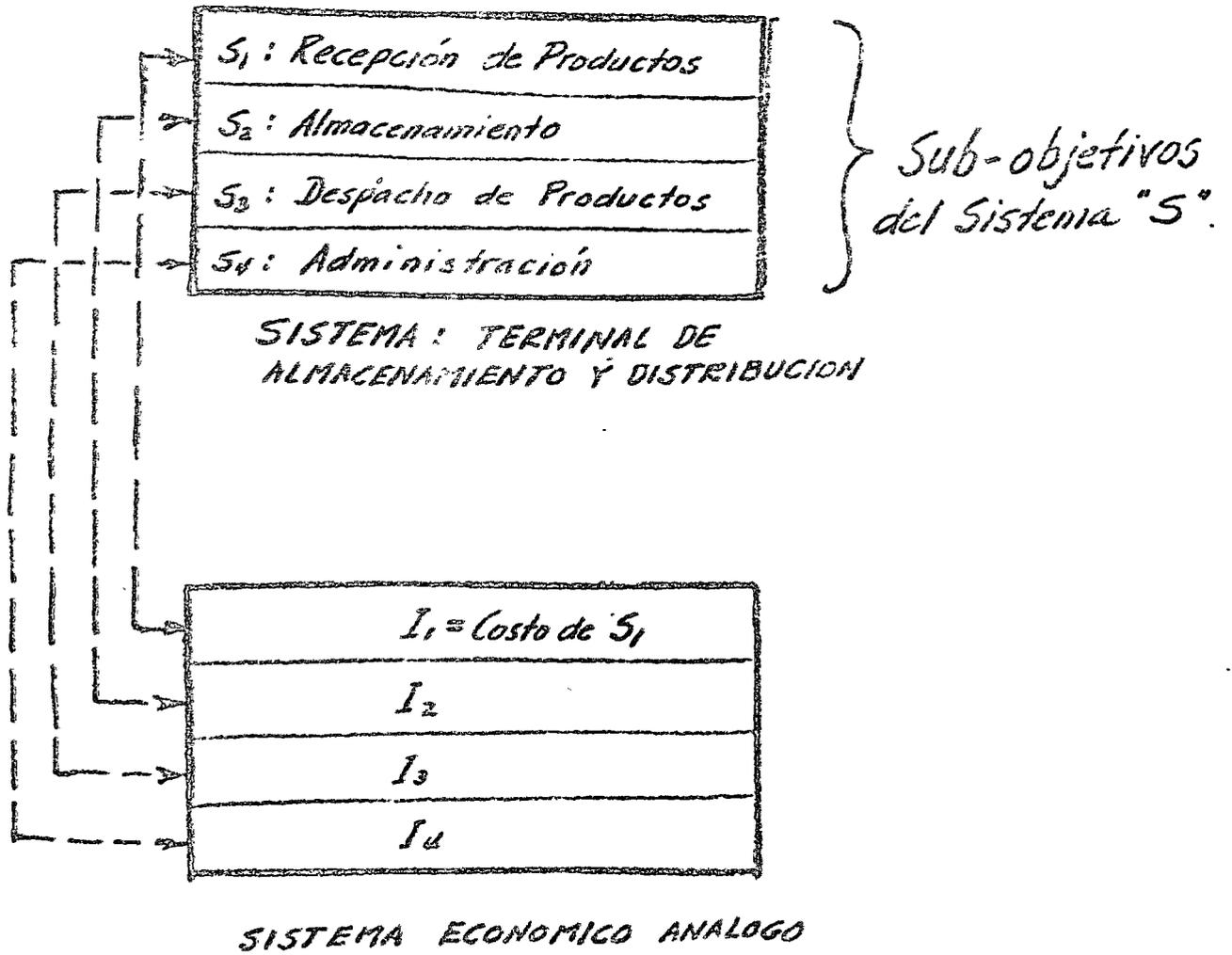
El número de partes a considerar puede ser muy grande, como por ejemplo, en un estimado detallado de costos de construcción de una planta; por ello, es preciso establecer una metodología que evite omisiones importantes y que conduzca a la formulación de un modelo matemático conveniente. Para determinar la estructura del modelo de costos, conviene considerar las siguientes clases de subsistemas:

- a) Subsistemas Evolutivos: Corresponden a las etapas de crecimiento y evolución del sistema. En la figura (2.1) se muestra el modelo económico de los subsistemas de Ingeniería, Construcción y Operación que son característicos de los sistemas productivos. Al analizar cada subsistema es necesario considerar los costos que se transfieren de un subsistema al siguiente. El influjo de valores $v(t)$ debe compararse con la suma de los flujos de costos de proyecto $C_p(t)$, de construcción $C_c(t)$ y de operación $C_o(t)$. Cuando el sistema está en la etapa de proyecto deben estimarse los flujos de costos C_p , C_c y C_o en que se incurrirá durante toda la vida económica del sistema, así como el flujo de beneficios $v(t)$. Resulta evidente la necesidad de contar con buenas técnicas de predicción.
- b) Subsistemas funcionales: Corresponden a las funciones o subobjetivos del sistema, derivados de sus objetivos básicos; por ejemplo: proceso químico, almacenamiento de materias primas, envase de productos, etc. Algunos de estos subsistemas pueden dividirse aún más. Desde el punto de vista administrativo, los subsistemas funcionales son la base de la estructura organizativa. Se ilustran en la figura 2.2.
- c) Subsistemas Constructivos: Comprenden conjuntos de elementos considerados desde el punto de vista de la actividad constructiva. Pueden describirse como actividades, v.gr. excavaciones, instalaciones, protección anti corrosiva, etc., o bien como partes físicas de la obra resultado de los procesos de construcción, v.gr. recipientes, tuberías, pavimentos, estructuras, etc. (Ver figura 2.3) Desde luego que los subsistemas constructivos podrían considerarse como funcionales, en el sentido de que todo elemento de un sistema tiene una función que desempeñar; sin embargo, las funciones de estos subsistemas son de carácter general constructivo y no están ligados directamente con el objetivo específico del sistema.
- d) Subsistemas de Recursos : Puesto que el sistema está constituido por una acumulación de recursos multidimensionales, pueden considerarse subsistemas monodimensionales correspondientes a fuerza de trabajo, materiales, capital, terrenos o cualquier otro recurso (figura 2.4)



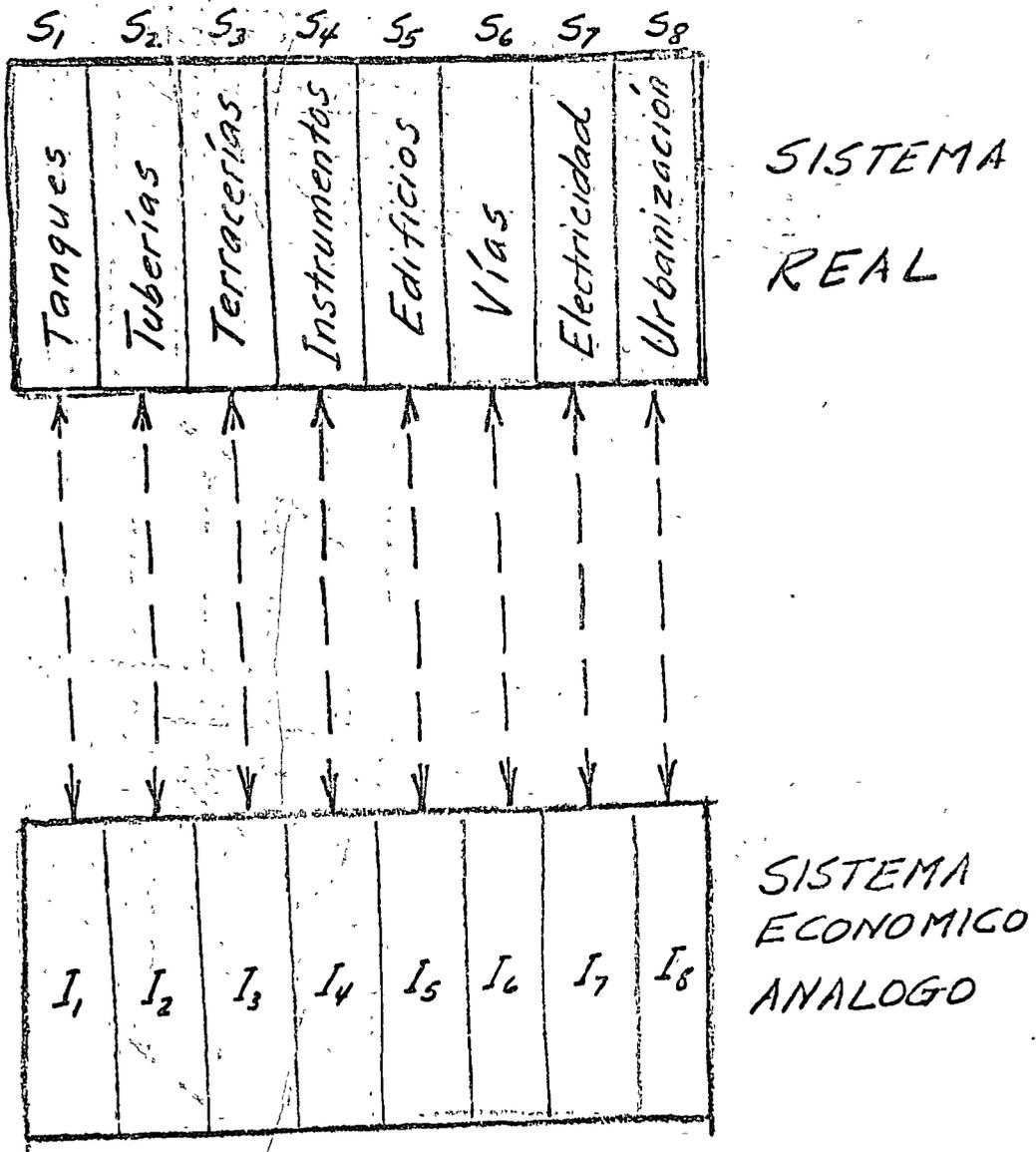
SUBSISTEMAS EVOLUTIVOS

Fig. N° 8 | 2.1



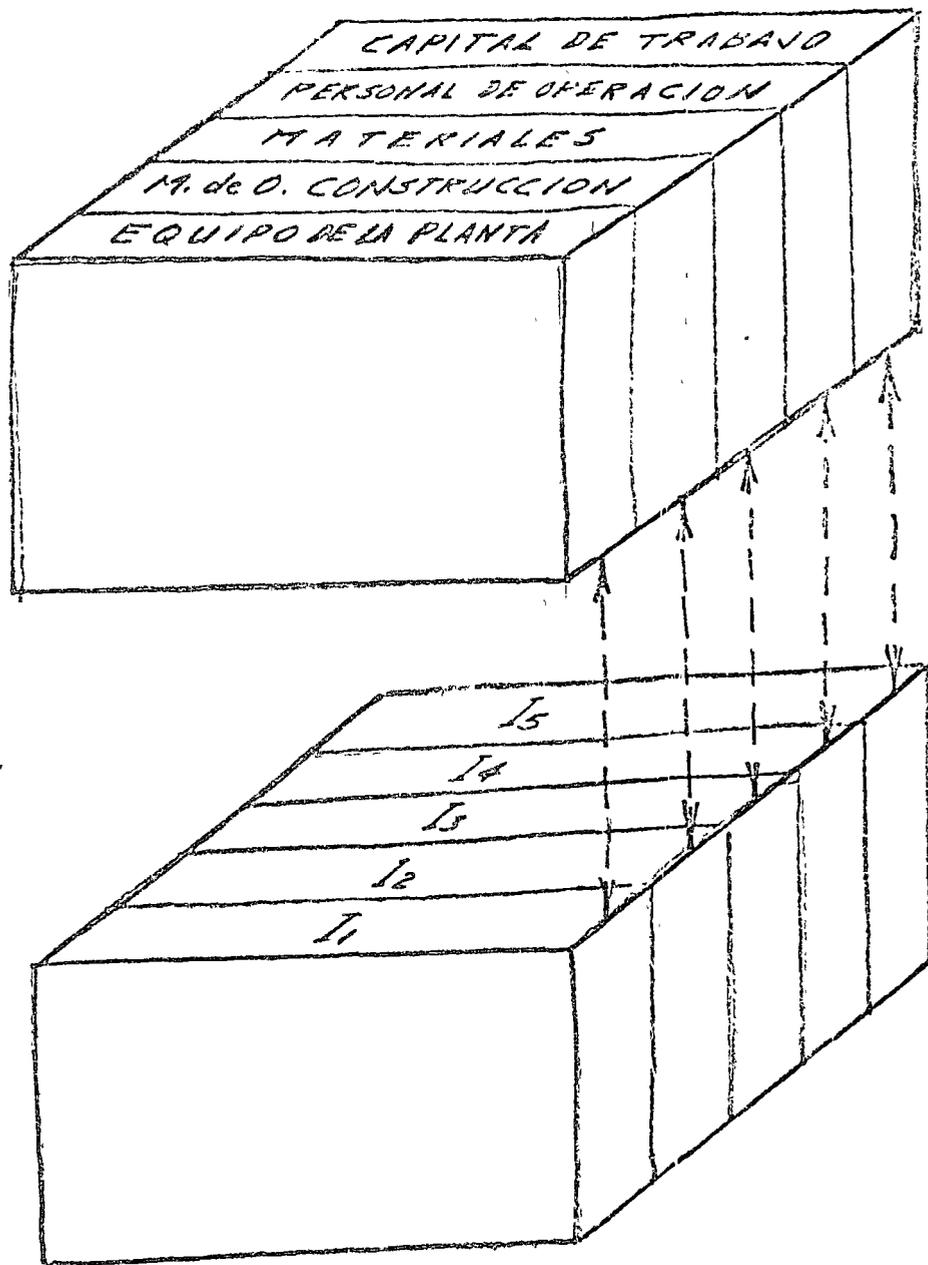
SUBSISTEMAS FUNCIONALES

Fig. 2.2



SUBSISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Fig. 2.3.



SUBSISTEMAS DE RECURSOS

Fig. 2.4.

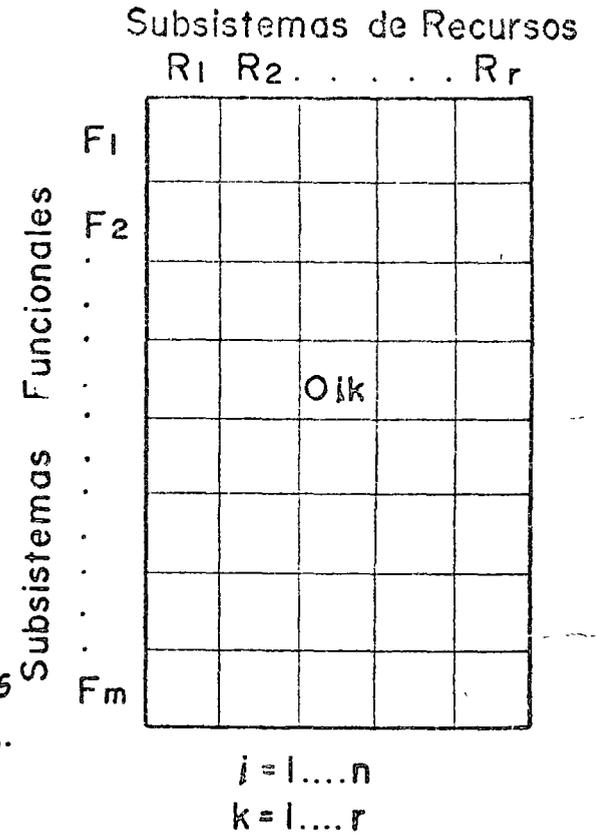
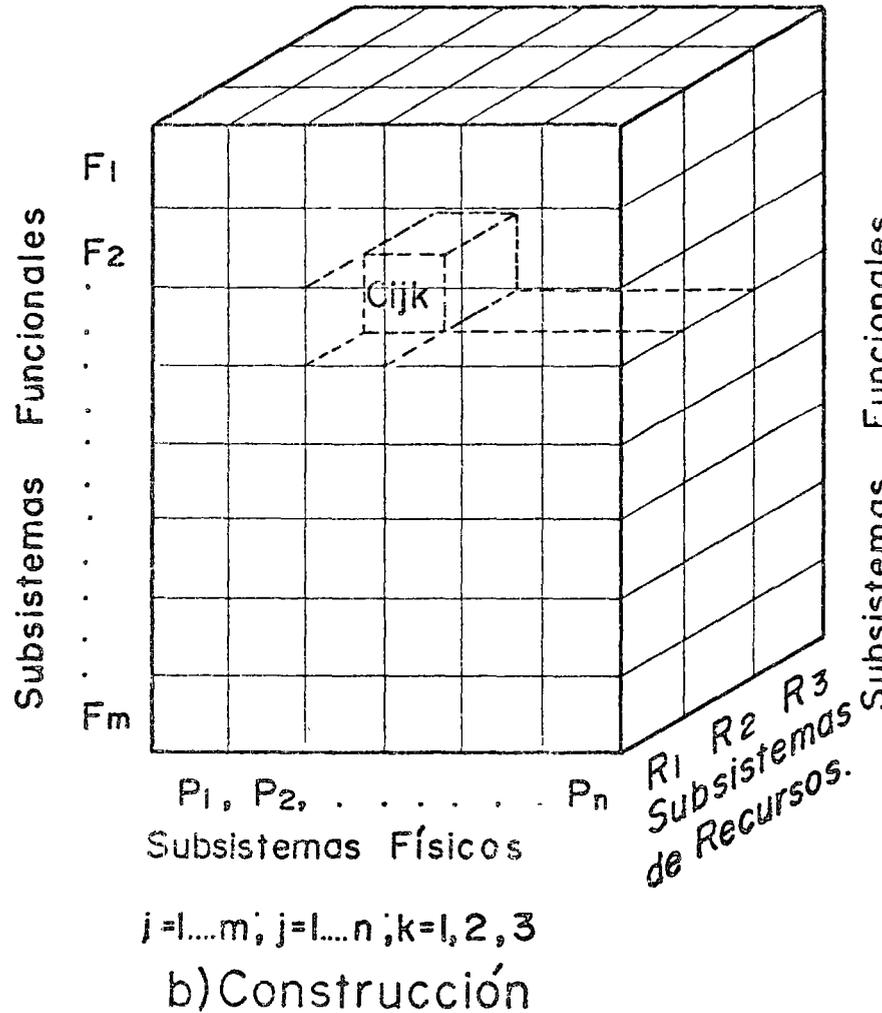
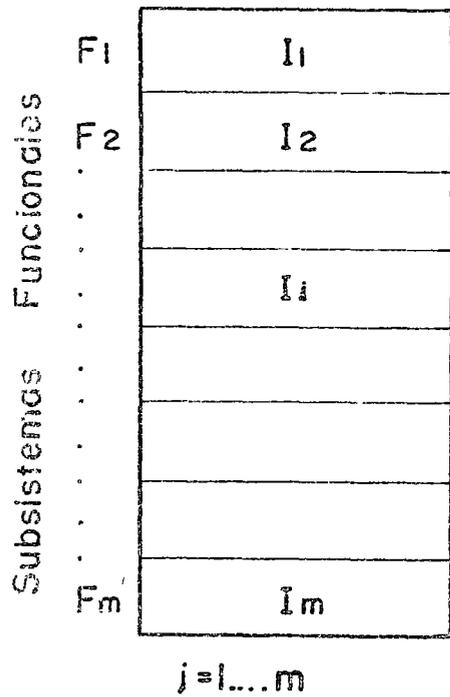
El modelo de costos consiste en una matriz de tantas dimensiones como clases de subsistemas se consideren. En la figura (2.5) se han separado los modelos matriciales correspondientes a los subsistemas o etapas de ingeniería, construcción y operación. El primero, correspondiente a ingeniería, ilustra una matriz unidimensional (vector); el segundo modelo referente a construcción, consiste en una matriz de tres dimensiones; y el último, correspondiente a operación, supone que se requieren dos dimensiones.

El uso de estos modelos es muy flexible, ya que en ellos pueden considerarse submatrices de cualquier tamaño y dimensión, que posteriormente pueden dividirse según lo permita el avance del proyecto. Usando un índice para cada dimensión, los costos se pueden clasificar y agrupar mediante computadora si el tamaño del sistema lo hace deseable o necesario. Llamaremos subsistemas elementales a los subsistemas de menor tamaño considerados para fines de estimación de costos, limitados en una o más de las dimensiones mencionadas.

En la aplicación de estos modelos a problemas específicos surge la pregunta: ¿Qué clases de subsistemas deben considerarse y hasta qué grado conviene llevar la división de los mismos? La respuesta depende principalmente del grado de definición del proyecto. Cuando éste se halla en la etapa conceptual, puede considerarse el sistema completo; por ejemplo, para una planta de proceso químico, el costo global puede estimarse con referencia a su capacidad y algunos otros requisitos básicos; más adelante, cuando se cuenta con el diagrama de flujo de proceso y el plano general de distribución, pueden definirse varios subsistemas funcionales y constructivos, cuyo costo se puede estimar con mayor exactitud. A medida que avanza el proyecto, los grandes subsistemas considerados inicialmente se pueden ir dividiendo y analizando con mayor detalle. La división máxima se alcanza cuando se obtienen listas detalladas de materiales y estimaciones de horas-hombre requeridas para cada operación constructiva, así como programas de operación de la planta, incluyendo el personal y materiales por utilizar en cada línea de proceso.

Puesto que, en cada paso, el costo de la estimación aumenta considerablemente, es necesario establecer un equilibrio entre la exactitud deseable y el costo de elaboración del estimado. Es necesario tener en cuenta que un mayor grado de detalle en el estimado no siempre conduce a mayor exactitud del mismo; un sistema no debe dividirse cuando el costo de cada parte no pueda definirse independientemente del de los demás, o cuando no se cuente con estadísticas más precisas relativas al costo de cada parte.

$$\text{Costo Total} = \sum_{i,j,k=1}^{m,n,r} I_i + C_{ijk} + O_{ik}$$



a) Ingeniería

b) Construcción

c) Operación

2.5

Fig. N° 12 Modelo de Costos de un Sistema.

4. METODOS GENERALES DE ESTIMACION DE COSTOS

Cualquiera que sea la división del sistema que se considere, el siguiente paso consistirá en evaluar el costo de cada uno de los subsistemas componentes. La estimación de costos de un sistema puede hacerse de varias maneras, según el grado de información disponible y la precisión requerida. Con relación al modelo de un sistema anteriormente descrito (fig. 2.6) es posible adoptar cualquiera de los siguientes enfoques:

1. Análisis del proceso. Se abre la caja "negra" a fin de examinar en detalle el proceso o conjunto de procesos de conversión que efectúa el sistema y que da por resultado el producto final.
2. Análisis insumo-producto. Se utiliza el concepto de "caja negra", es decir, se hace abstracción de lo que pasa en el interior del sistema y se analiza únicamente la relación entre los productos del mismo y los insumos correspondientes.
3. Análisis por producto. Se fija la atención en el producto únicamente, sin llevar registro de cada uno de los insumos del sistema. Los costos totales se relacionan con la cantidad de producto.
4. Análisis paramétrico. Es una variante del método anterior. Se relaciona el costo del producto con una o varias características o parámetros técnicos del sistema; se obtienen así parámetros de costo.
5. Análisis de relaciones. Se relacionan los costos de un sistema con los de otros que, junto con el analizado, integran un sistema de orden superior.

El orden en que se han mencionado los métodos descritos es representativo del grado de información necesaria para el estimado de costo y del grado de detalle de éste. El análisis de los procesos exige el máximo grado de información y los tres últimos métodos de análisis citados requieren el mínimo de datos relativos al sistema. El orden mencionado es también, hasta cierto punto, representativo del grado de exactitud del estimado, aunque hay notables excepciones, según ya se hizo notar adelante. Por ahora, es necesario explicar con mayor detalle cada uno de los métodos o enfoques señalados.

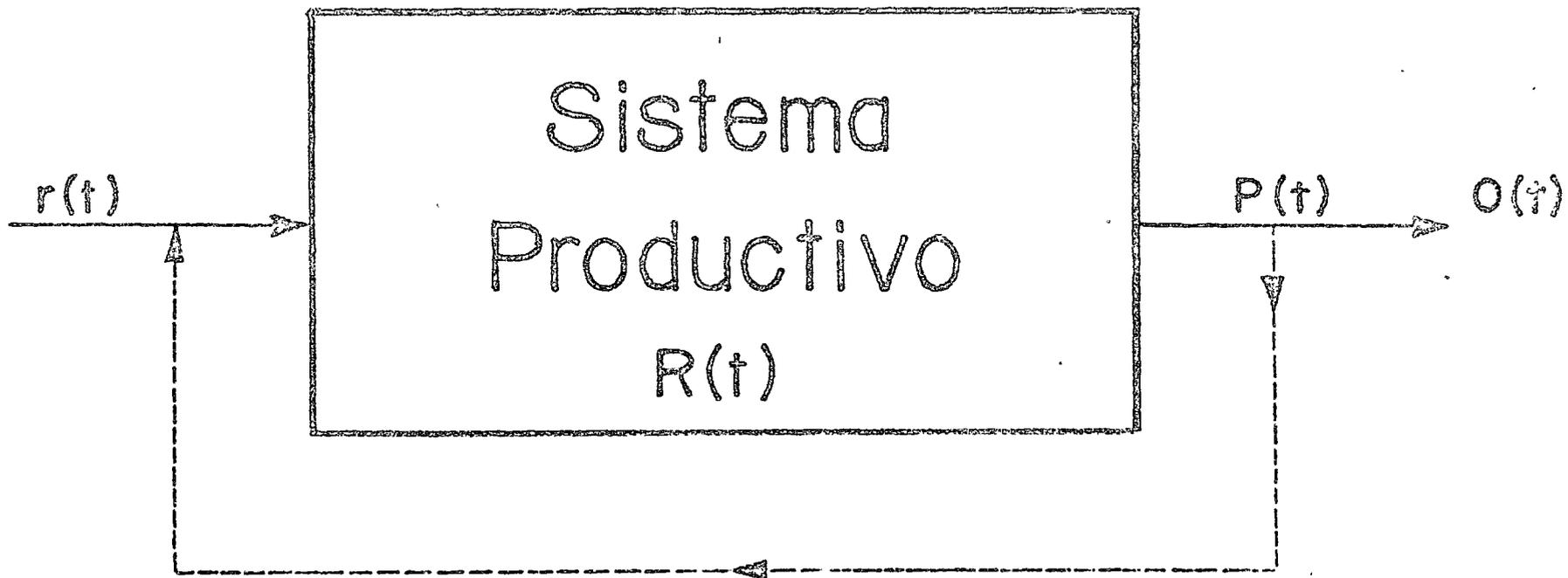


Fig. N° 2.6

5. - ESTIMACION DE COSTOS DE PROCESOS

La estimación del costo de un proceso se hace determinando los tiempos de utilización de las máquinas que intervienen en el mismo, y los consumos de energía humana (mano de obra) y de materiales en las operaciones efectuadas.

Los procesos de construcción y de manufactura constan típicamente de ciclos de trabajo o ciclos de operaciones. El tiempo empleado en cada ciclo puede expresarse en la siguiente forma

$$t_c = \sum \frac{L}{v} + t_f + t_p \quad (1)$$

siendo t_c = duración del ciclo, min.

L = longitud de un recorrido o una operación simple

v = velocidad del recorrido o la operación, unidades de L /min

t_f = tiempo en que la máquina o herramienta permanece inmóvil (carga, posicionamiento, cambio de herramienta, etc)., min

t_p = tiempo perdido o de inactividad, min

El cálculo de t_c requiere el conocimiento de la tecnología del proceso y el registro histórico de los tiempos empleados en operaciones de la misma clase. Muchos de estos datos están contenidos en manuales especializados.

Si la producción por ciclo es p_c unidades, la producción horaria será:

$$P = p_c \cdot \frac{60}{t_c} \cdot e \quad (2)$$

siendo $e < 1$ un factor de eficiencia del proceso que toma en cuenta interrupciones y tiempos perdidos por diversas causas.

Para un equipo de n máquinas independientes, el costo del proceso por concepto de equipo:

$$C_e = \sum_{i=1}^n \frac{r_i}{P_i} \quad (\$/u) \quad (3)$$

siendo r_i = renta horaria de la máquina "i"

P_i = producción horaria de la máquina "i"

Análogamente, para un grupo de m trabajadores que trabajan independientemente:

$$C_h = \sum_{j=1}^m \frac{s_j}{P_j} \quad (\$/u) \quad (4)$$

siendo s_j = salario por hora del trabajador "j"

P_j = rendimiento horario del trabajador "j"

Cuando un "frente de trabajo" o equipo de producción está integrado por hombres y máquinas que deben emplearse simultánea y coordinadamente en un proceso, de tal manera que la velocidad o ritmo de uso de alguno de los recursos determina la de los otros:

$P_i = R =$ rendimiento del frente, para todas las máquinas y trabajadores. En este caso

$$C_e = \frac{1}{R} \sum_{i=1}^n r_i \quad (3a)$$

$$C_h = \frac{1}{R} \sum_{j=1}^m s_j \quad (4a)$$

El rendimiento R depende del grado de coordinación de las operaciones; mientras mayor sea ésta, menores serán los tiempos perdidos.

Para los materiales empleados en el proceso:

$$C_m = \sum_{k=1}^l q_k \cdot p_k \quad (5)$$

siendo q_k = cantidad del material "k"

p_k = precio unitario del material "k"

El costo total por unidad producida será

$$C = C_e + C_h + C_m \quad (6)$$

EJEMPLO

Análisis del costo de excavaciones en cortes y adicionales abajo de la subrasante de un camino, en material "A".

Proceso: Ataque, carga y acarreo a 100 m con escrepas jaladas por tractores y ayudadas en la carga por empujador; a firmamiento del corte con motoconformadora.

Equipo utilizado :

Descripción	Renta diaria por unidad	Renta diaria
2 tractores D8 Serie H con doble tambor	198.84	
2 Escrepas de arrastre Cat. 463-18-26 yd3	73.97	545.62
1 Tractor D8 Serie H con bulldozer	225.89	225.89
1 Motoconformadora Cat. 12	132.65	132.65

ANALISIS:

El ciclo de trabajo, sin considerar el acarreo es:

Carga	1.00 min
vueltas	0.50
descarga	0.50
	<hr/>
	2.00 min

Para el transporte o acarreo:

Velocidad en 2a.	3.3 Km/h.
Velocidad en 3a.	4.6 Km/h

y los tiempos respectivos:

$$\text{Cargada } \frac{0.100 \text{ Km} \times 60}{3.3 \text{ Km/h}} = 1.82 \text{ min}$$

$$\text{Vacía } \frac{0.100 \text{ Km} \times 60}{4.6 \text{ Km/h}} = \frac{1.30}{3.12} \text{ min}$$

La producción horaria, incluyendo transporte, considerando $e = 0.80$ y $1 \text{ yd}^3 = 0.76 \text{ m}^3$, será:

$$2 \times \frac{18 \text{ Yd}^3 \times 0.76 \times 0.80 \times 60}{1.20 \text{ abund.} \times (2 + 3.12)} = \frac{656.64}{6.14} \times 2 = 214 \text{ m}^3/\text{h}$$

Resumen:

Extracción y tendido	\$ $\frac{545.62}{214 \text{ M}^3}$	= \$2.55
Empujador	\$ $\frac{225.89}{214 \text{ M}^3}$	= \$1.06
Afinamiento corte	\$ $\frac{132.65}{214 \text{ M}^3}$	= \$0.62
Costo unitario		\$4.23 /m ³

6. ESTIMACION DE COSTOS POR ANALISIS INSUMO-PRODUCTO

Este método presupone un registro estadístico de los recursos consumidos para obtener cantidades conocidas de un producto, desentendiéndose de los detalles del proceso de producción.

En diferentes edificios, por ejemplo, pueden medirse y registrarse las cantidades de materiales, mano de obra y tiempo de equipo consumidas para construir la estructura de concreto de cada uno de ellos; de la estadística correspondiente puede deducirse el consumo medio de ambos recursos por metro cúbico de concreto.

La estimación de costos por insumo-producto es aplicable a procesos de construcción o de fabricación cuya tecnología cambia apreciablemente de un proyecto a otro. Tal es el caso, de muchos procesos de construcción, especialmente los de albañilería, en los cuales se siguen procedimientos de construcción tradicionales.

Las cantidades de recursos necesarias para producir una unidad de producto en condiciones medias normales, se consignan generalmente en tablas o formularios de cálculo como el que se ilustra en la fig. 2.7. Debe reconocerse que dichas cantidades, así como los rendimientos de la mano de obra y la maquinaria, son variables aleatorias susceptibles de definirse mediante parámetros estadísticos tales como un valor medio, una variancia, etc.

La estimación de costos de construcción a base de cantidades de obra y precios unitarios es una aplicación muy frecuente del método insumo-producto. La obra se divide en "conceptos de obra" o "conceptos de trabajo" y para cada uno de ellos se determina un costo unitario (o precio unitario); el cálculo de éste último se hace teniendo en cuenta las cantidades de recursos consumidos por unidad de obra del concepto que se analiza (fig 2.7).

El método de insumo-producto se puede aplicar también a obras completas, si se dispone de una estadística de las cantidades de recursos consumidos y su distribución a lo largo del período de construcción, para varias obras similares. Ello permite hacer una estimación y programación de recursos en la etapa de planeación, cuando aún no se define el proyecto detalladamente.

PETROLEOS MEXICANOS
GERENCIA DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION
ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

OBRA: _____ CONCEPTO: Elaboración de Concreto f'c = 175 Kg/cm².
Empleando agregado grueso de 3/4", Cemento
 LUGAR: _____
 ZONA _____ CONTRATÓ: _____
 FORMULÓ: _____ REVISÓ: _____

Jornada	Hs.	Tabulador:	UNIDAD:	CLASIF.:	Hoja	De
8		365	M3.			
1.0 MATERIALES						
1.1			0.310 Ton.	\$	\$	
1.2			0.515 M3.	\$	\$	
1.3			0.705 M3.	\$	\$	
1.4			0.200 M3.	\$	\$	
				SUMA:	\$	
				25% Indirectos:	\$	
				Importe por Materiales:	\$	
2.0 MANO DE OBRA.						
2.1			0.5 J.	\$	\$	
2.2			1.0 J.	\$	\$	
2.3			1.0 J.	\$	\$	
2.4			6.0 J.	\$	\$	
				SUMA:	\$	
				Rendimiento 14.3 M3/día.		
				Importe por Mano de Obra:	\$	
3.0 MAQUINARIA.						
3.1			6.5 Hr.	\$	\$	
3.2			1.0 Hr.	\$	\$	
				SUMA:	\$	
				Rendimiento 14.3 M3/día.		
				Importe por Maquinaria:	\$	

OBSERVACIONES: _____

P. UNITARIO: _____ \$ _____

Autorizaciones:
 G.P.C. _____ G.I.V.C. _____

Fig. 2.7

7. ESTIMACION DE COSTOS CON BASE EN EL PRODUCTO

El costo de construcción u operación de un sistema puede calcularse con relación a las salidas del mismo, cuando éstas consisten en un solo producto cuya cantidad puede expresarse en unidades simples como m³ ó ton.

El costo total de construcción de una planta de proceso químico puede expresarse en función de su capacidad de producción:

$$C = K q \quad (7)$$

siendo C = Costo de la planta

K = coeficiente empírico (constante) resultante de la estadística de construcción de varias plantas similares

q = capacidad de producción en ton/año u otra unidad semejante

Una variante de la fórmula anterior, de mucha aplicación para estimar el costo de máquinas y equipos de muy diversas clases es la relación exponencial

$$C = k q^n \quad (8)$$

en la que el exponente n se obtiene también de la estadística de precios o costos de construcción de equipos de la misma clase.

A un mayor nivel de detalle, la estimación de costos de una construcción puede hacerse a base de precios unitarios no analizados, sino derivados de una estadística directa de los mismos. Así por ejemplo, se puede llevar un registro histórico de los costos o precios unitarios de construcción de un metro cúbico de concreto, un metro cuadrado de muro o de pavimento, o una salida eléctrica, en diferentes edificios; los precios unitarios aplicables a una nueva construcción pueden inferirse de la estadística mencionada. Obsérvese que los precios unitarios son los costos de los productos del sistema de obra.

La estimación de costos con base en el producto exige el uso de índices de costo para corregir los efectos de la inflación y reducir todas las cifras de costos a la unidad monetaria de una fecha determinada. Los índices de costo son indicadores del aumento relativo de los precios, ocasionado por la disminución del poder adquisitivo de la moneda; por medio de ellos, el costo de una unidad de obra, expresado en pesos de cierta fecha, puede traducirse a pesos de otra fecha cualquiera. De este modo se logra homogenizar la estadística de costos históricos.

8. ANALISIS PARAMETRICO

La estimación de costos por parámetros es una extensión del método anterior. La estadística de costos de cierto producto puede mostrar grandes fluctuaciones debidas a la variación de sus características; por ejemplo, el costo de construcción de un edificio varía en función de la superficie cubierta y del tipo de estructura, acabados e instalaciones; el costo de un motor eléctrico depende de su potencia y de su clase, y así sucesivamente.

Cuando se relaciona el costo de un sistema o de un producto con alguna de sus características o "parámetros técnicos" se obtiene un parámetro de costo. Así, al referir el costo de un edificio a su superficie cubierta (uno de sus parámetros técnicos), se obtiene el costo/m² de construcción (parámetro de costo); análogamente, el costo de un motor puede expresarse en función de su potencia (parámetro técnico) para obtener el costo/hp instalado (parámetro de costo). Con objeto de que los parámetros de costo resulten significativos, se escoge para cada sistema o producto el parámetro técnico que mayor influencia tenga sobre el costo del mismo.

Tratándose de edificios, viviendas o naves industriales, el parámetro más comúnmente seleccionado es el area de construcción o superficie cubierta, la cual se obtiene sumando la de todos los pisos que comprende el edificio. Nótese que en este caso, como en todos, es indispensable fijar un criterio de medición del parámetro técnico seleccionado; la superficie de voladizos, por ejemplo, puede no incluirse, o tomarse a la mitad de su magnitud real, o medirse de la misma manera que el resto de las superficies; las areas pueden medirse hasta los ejes perimetrales o hasta los linderos exteriores; la superficie de los sótanos puede incluirse o no, etc.

Para un mismo producto pueden considerarse diversos parámetros de costo; el mejor de ellos será aquel cuya estadística muestre la mínima variancia, ya que permitirá hacer con menor incertidumbre los estimados de costos futuros. Para un edificio, se ha seleccionado frecuentemente como parámetro técnico su volumen total, obteniendo así el parámetro costo/m³. También se ha usado como parámetro técnico determinante del costo, la superficie total de los elementos limitantes de espacios, incluyendo entrepisos, muros, fachadas y techos: el parámetro de costo respectivo es el costo/m² de elementos limitantes.

La estadística de un parámetro de costo relativo a determinada clase de productos o sistemas puede mostrar variaciones tales, que no permita estimar con la aproximación necesaria el costo de un sistema en proyecto; por ejemplo, la estadística del costo/m² de edificios de oficinas ya construidos podría mostrar grandes variaciones de este

parámetro, de tal manera que no pudiera estimarse el costo de un edificio en proyecto con la exactitud deseable. En estos casos, la precisión del estimado puede mejorarse aplicando funciones de costo.

Para obtener una función de costo, se seleccionan, además del parámetro técnico fundamental, otros (uno o más) que influyan considerablemente en el costo del sistema. Volviendo al ejemplo de un edificio para oficinas; además del parámetro básico "superficie cubierta", se podrían seleccionar otros como "area promedio de locales" o "clase de acabados". Se halla después una correlación estadística entre el parámetro de costo básico y los parámetros técnicos auxiliares:

$$C = f (x_1 , x_2 \dots)$$

siendo C = parámetro de costo

$x_1 , x_2 \dots$ parámetros técnicos auxiliares

Al expresar C como función de las características medidas por las variables x_1 , x_2 etc, se puede mejorar considerablemente la exactitud del estimado de C .

La función f no es necesariamente de carácter analítico, sino que puede consistir en tabulaciones, o en una ecuación suplementada con tablas de factores que reflejan la influencia de $x_1 , x_2 \dots$

No debe olvidarse que la estimación de costos de sistemas complejos (como un edificio o una planta industrial) se hace generalmente dividiéndolos en sub-sistemas; los parámetros de costo se refieren a los subsistemas de menor nivel. Así, en un edificio se pueden considerar como sub-sistemas: la cimentación, la estructura, las fachadas, los cancelos y muros divisorios, la instalación hidráulica, la instalación eléctrica, etc. Para cada uno de estos subsistemas pueden establecerse parámetros de costo y, si fuera conveniente, funciones de costo. Los parámetros y funciones de costo también pueden aplicarse al sistema completo, pero en este caso la exactitud del estimado generalmente es menor.

9. ANALISIS DE RELACIONES

Los subsistemas que integran un sistema guardan entre sí relaciones de tamaño y de funcionamiento que aseguran su coordinación y la unidad del conjunto. Es natural que entre los costos de dichos subsistemas existan también relaciones predecibles que pueden aprovecharse para estimar costos de sistemas por construir. Algunas de las relaciones de costos más usadas se expresan a continuación.

a) Relaciones porcentuales

El costo, C_i , del subsistema "i" puede expresarse como fracción del costo total, C , del sistema:

$$C_i = K_i C$$

Pueden establecerse relaciones del mismo tipo entre los costos de los subsistemas "i" y "j":

$$C_i = K_{ij} C_j$$

Los valores de K_i o K_{ij} pueden tabularse para diferentes tipos de sistemas y de acuerdo a las características de los subsistemas respectivos.

b) Relaciones entre subsistemas de recursos

Entre los costos de diversos recursos de integración de un sistema (equipo, materiales, mano de obra, etc) existen relaciones que pueden expresarse por medio de coeficientes deducidos de la estadística de costos. Por ejemplo, para un módulo o subsistema de una planta industrial pueden establecerse las siguientes relaciones:

Costo del equipo	E	
Materiales para instalación	M	
Costo directo de Materiales	$\frac{E+M}{E+M}$	= E (FM)
Costo directo de M. de O.	I	= E (FH)
Costo directo del módulo, CD =	$E+M+I$	= E (FCD)
Costo indirecto	CI	= CD (FI)
Costo neto del módulo, CN =	$CD - CI$	= E (FCN)
Contingencias	CTG	
Costo total del Módulo	CT	= E (FCT)

Los coeficientes

FM = factor de materiales

FH = factor de mano de obra

FCD = factor de costo directo

FCN = factor de costo neto

FCT = factor de costo total

son aplicables al costo del equipo, E.

El coeficiente

FI = factor de indirectos
es aplicable al costo directo.

Conociendo el costo del equipo, ya sea por cotizaciones directas o por estadística, se puede calcular el costo de los demás elementos de los costos de integración de la planta.

c) Modulación

Cuando un sistema puede dividirse en módulos con características semejantes, el costo total puede inferirse del de uno de los módulos. Se podría analizar, por ejemplo, el costo de un entre-eje de la estructura de un edificio y extrapolar el resultado para estimar el costo total de la estructura.

10. FACTORES DE LOS COSTOS

La variabilidad de los costos de construcción y operación de sistemas se debe a una gran diversidad de factores. Algunos de ellos tienen su origen en el producto o en el sistema de producción y por ello se denominan factores endógenos de los costos; otros, en cambio, se deben a la acción de agentes externos al sistema, que forman parte de su ambiente, y por esta razón se llaman factores exógenos de los costos.

Algunos factores endógenos están asociados directamente al proceso de producción: la organización y administración de dicho proceso, el grado de mecanización y la tecnología empleada, y la productividad de la mano de obra. Otros factores endógenos se refieren al producto mismo: sus características, la cantidad producida y la variedad de la producción; en realidad, estos factores están también asociados, aunque indirectamente, al proceso de producción, ya que el volumen y las características de ésta determinan en buena medida la tecnología del proceso y la productividad.

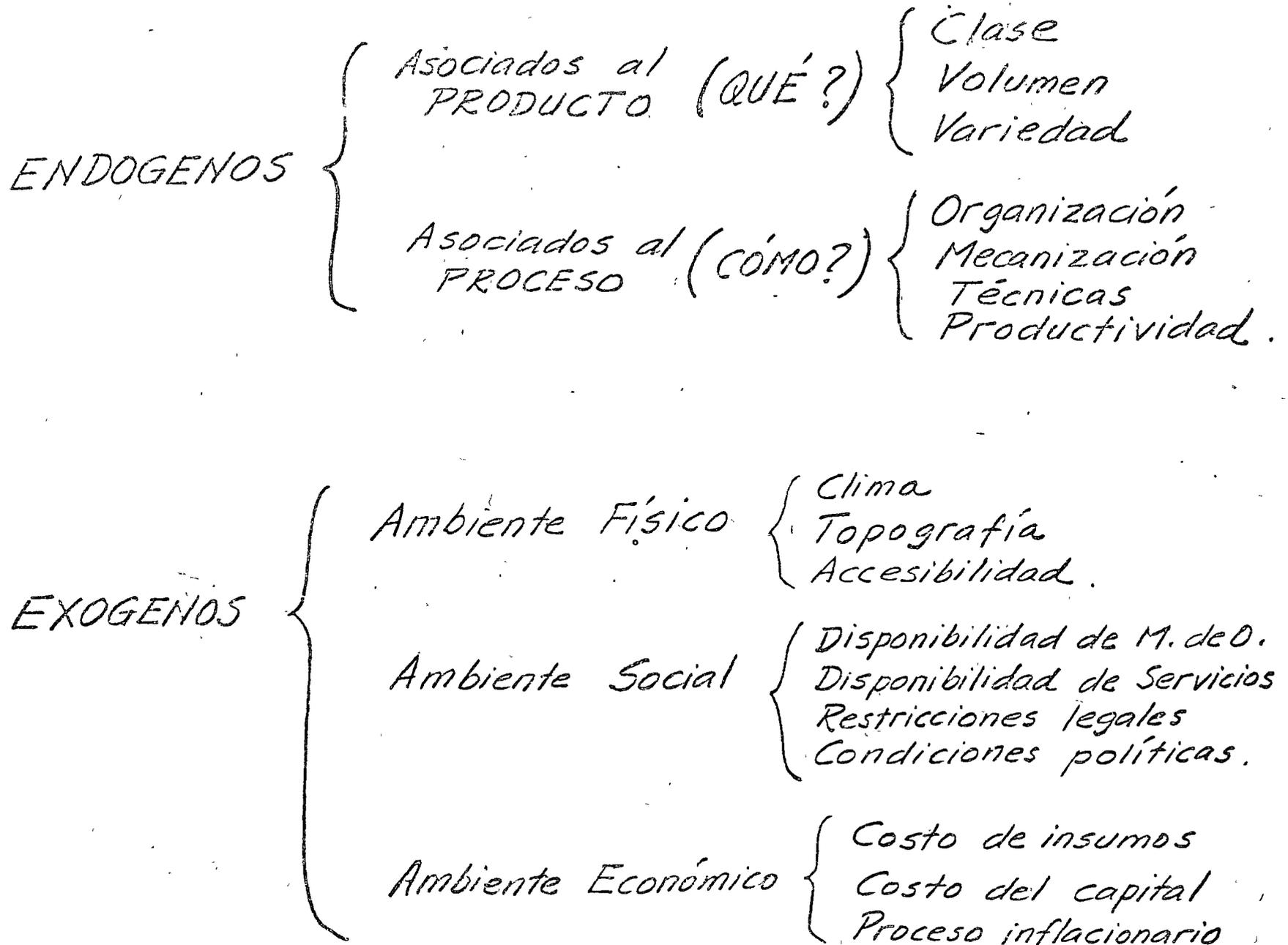
Los factores exógenos de los costos se originan en los ambientes físico, social y económico del sistema productivo. El ambiente físico influye principalmente sobre los costos de construcción, ya que los procesos correspondientes tienen que realizarse en una gran variedad de climas y condiciones topográficas y de accesibilidad. Los costos de operación de una planta resultan menos afectados por el ambiente físico, por estar éste controlado; sin embargo, el calor, el ruido, el nivel de iluminación y otros factores, pueden influir considerablemente sobre la productividad.

El ambiente social determina la disponibilidad y costo de la mano de obra común y especializada, la disponibilidad de servicios necesarios para la producción, las obligaciones legales de los patrones y las normas laborales. Las condiciones políticas prevalecientes también pueden influir grandemente sobre los costos.

Finalmente, el ambiente económico determina el costo de los insumos de la producción, la competencia entre empresas, el costo del capital y el proceso inflacionario. El cuadro anexo resume todos los factores de los costos antes mencionados.

La estadística de costos debe permitir establecer correlaciones entre los costos de producción y los factores mencionados, que se traduzcan en coeficientes de corrección o ajuste aplicables a las condiciones particulares en que deba realizarse cada trabajo.

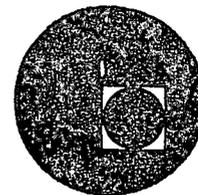
FACTORES DE LOS COSTOS



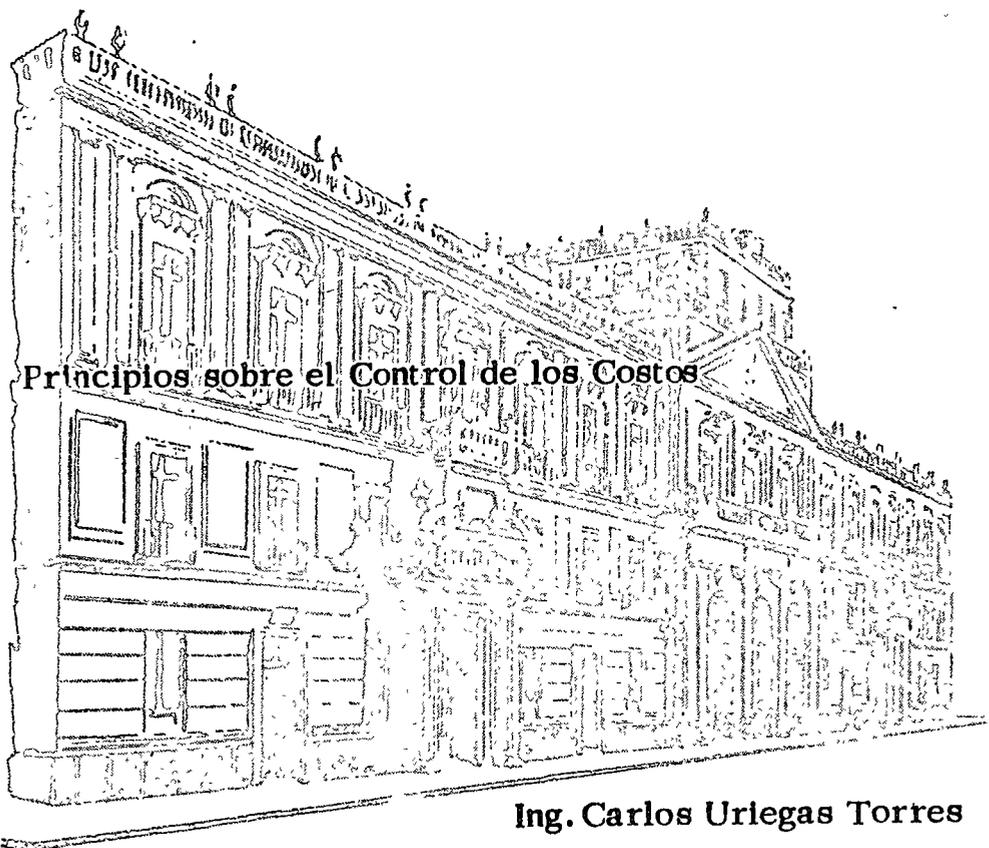




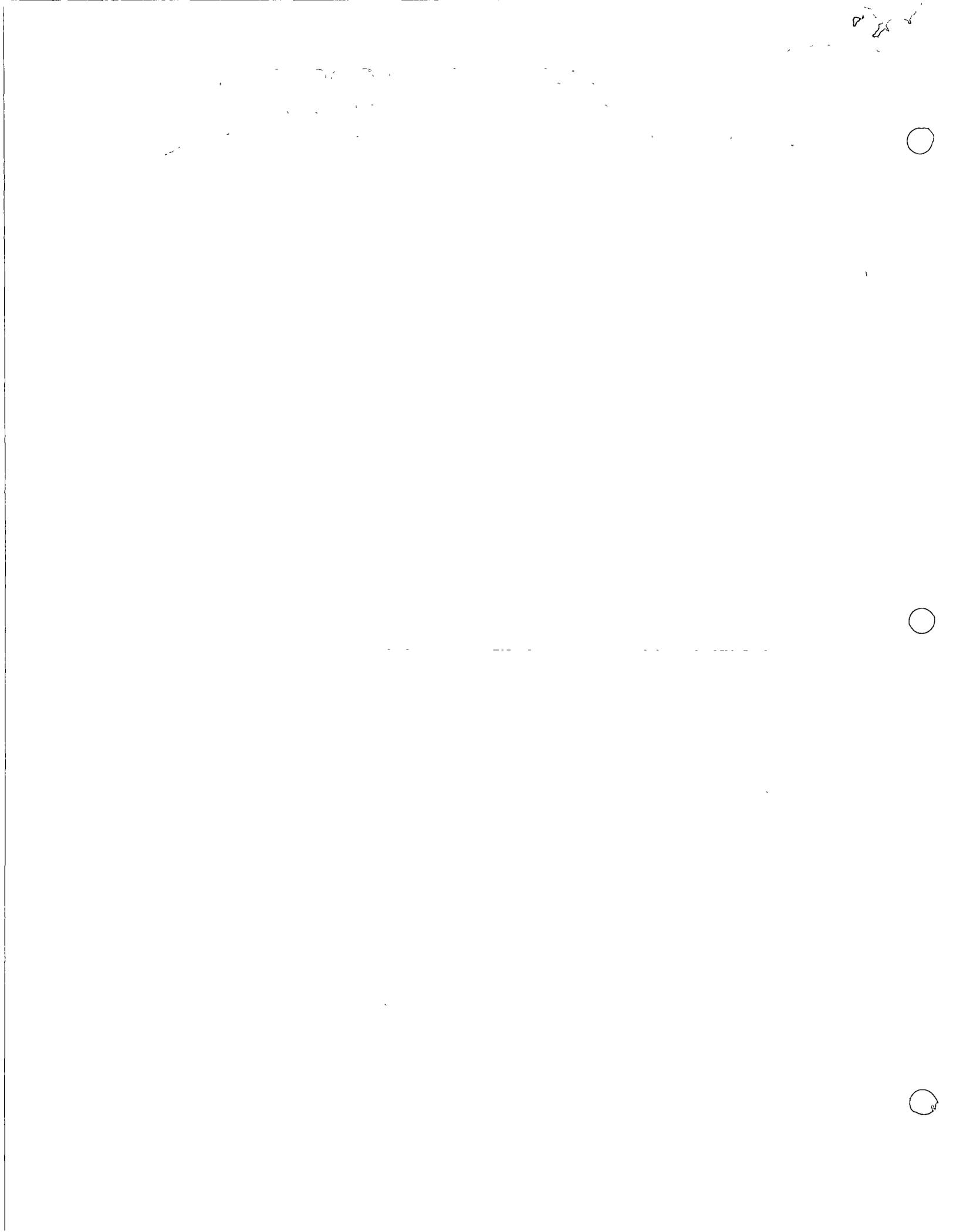
centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



ESTIMACION Y CONTROL DE COSTOS



Ing. Carlos Urlegas Torres



PRINCIPIOS SOBRE EL CONTROL DE LOS COSTOS

1. CONCEPTO DE CONTROL

El control es una de las funciones primordiales que componen el ciclo administrativo. Controlar implica, en general, medir lo logrado en relación con un plan, norma o estándar pre-fijado, y corregir las desviaciones observadas para asegurar la consecución de los objetivos y metas de la empresa. La esencia del control es cierto tipo de "retroalimentación" que permite conocer las desviaciones de los resultados de las actividades de una organización, con relación a los planes.

Debe observarse la íntima relación que existe entre las funciones de planeación y de control, ya que de hecho son inseparables. En efecto, si no existe un plan, no hay forma de evaluar la ejecución, es decir, no hay nada que controlar; y si no existe el control, los planes tienen escaso valor, puesto que no podemos advertir las desviaciones de dichos planes ni podemos asegurar que aquéllos se cumplan. Por ello, muchas técnicas que se presentan como herramientas de planeación deben también considerarse como herramientas de control, y viceversa; tal es el caso de las técnicas de planeación de proyectos a base de redes de actividades, como PERT, CPM y otras. Cuando estas técnicas se utilizan únicamente para formular un plan inicial, sin que se aprovechen posteriormente para llevar un control continuo y sistemático del proyecto, pierden casi totalmente su valor.

Los sistemas de control pueden visualizarse también como elementos de un sistema cibernético. Se ha definido ya sistema como un conjunto de entes, de sus atributos y de las relaciones entre los mismos, organizados para un fin determinado. En un sistema cibernético, el control se visualiza como la "retroalimentación" que introduce los datos relativos a los resultados o "salidas" del sistema a los datos de "entrada" para que el dispositivo de corrección y control pueda percibir las desviaciones y ejercer la acción conveniente. Así, en un sistema de piloto automático, cualquier desviación del rumbo se percibe a través de instrumentos que hacen actuar a los mecanismos de control, para corregir automáticamente la posición del timón y mantener a la nave en el rumbo prefijado.

Es necesario enfatizar que el control implica corrección de las desviaciones. Hay ejecutivos que suponen tener control de las operaciones por el hecho de estar informados respecto las mismas, aunque la información que reciben no les induzca a tomar ninguna acción. En realidad, dicha información sólo es útil cuando se recibe oportunamente y está presentada en tal forma que se pueda comparar con un estándar, permitiendo así aplicar las medidas correctivas necesarias.

Lo ideal sería evitar cada una de las posibles desviaciones de los planes mediante una acción previsoramente adecuada; siendo esto imposible, conviene corregir las desviaciones a medida que ocurren. Los proyectos están constituidos por cadenas o redes de actividades, de tal manera que al presentarse una desviación en alguna de ellas, puede preverse el efecto que la misma tendrá sobre las demás y sobre la meta final, lo cual permite a su vez hacer los ajustes convenientes en las siguientes actividades, a fin de alcanzar los objetivos con la desviación mínima y sin perturbaciones inaceptables del sistema.

Los sistemas de control siempre tienen un determinado "tiempo de respuesta", es decir, un tiempo que media entre el instante que se produce la desviación y el instante en que se aplica la acción correctiva. Lo importante es que este tiempo de respuesta sea suficientemente corto, y la acción suficientemente frecuente, para que las correcciones puedan efectuarse sin afectar la meta última y sin que se produzcan desviaciones exageradas e inaceptables. Volviendo al ejemplo del piloto automático, diríamos que el servo-mecanismo de control debe tener un tiempo de respuesta tal, que las desviaciones respecto al rumbo prefijado puedan corregirse sin producir desviaciones o bandazos exagerados y sin poner en peligro el destino de la nave.

Nótese, por lo tanto, que controlar implica:

- 1o) Fijar un plan, norma o estándar
- 2o) Diseñar un sistema de medición de los resultados; y
- 3o) Establecer los medios adecuados para corregir las desviaciones de los resultados respecto a los planes o estándares.

La figura 1 ilustra el ciclo de medición, evaluación, planeación, acción y resultados de la acción, que caracteriza al control.

2. CONTROLES Y CONTROL EN LA EMPRESA

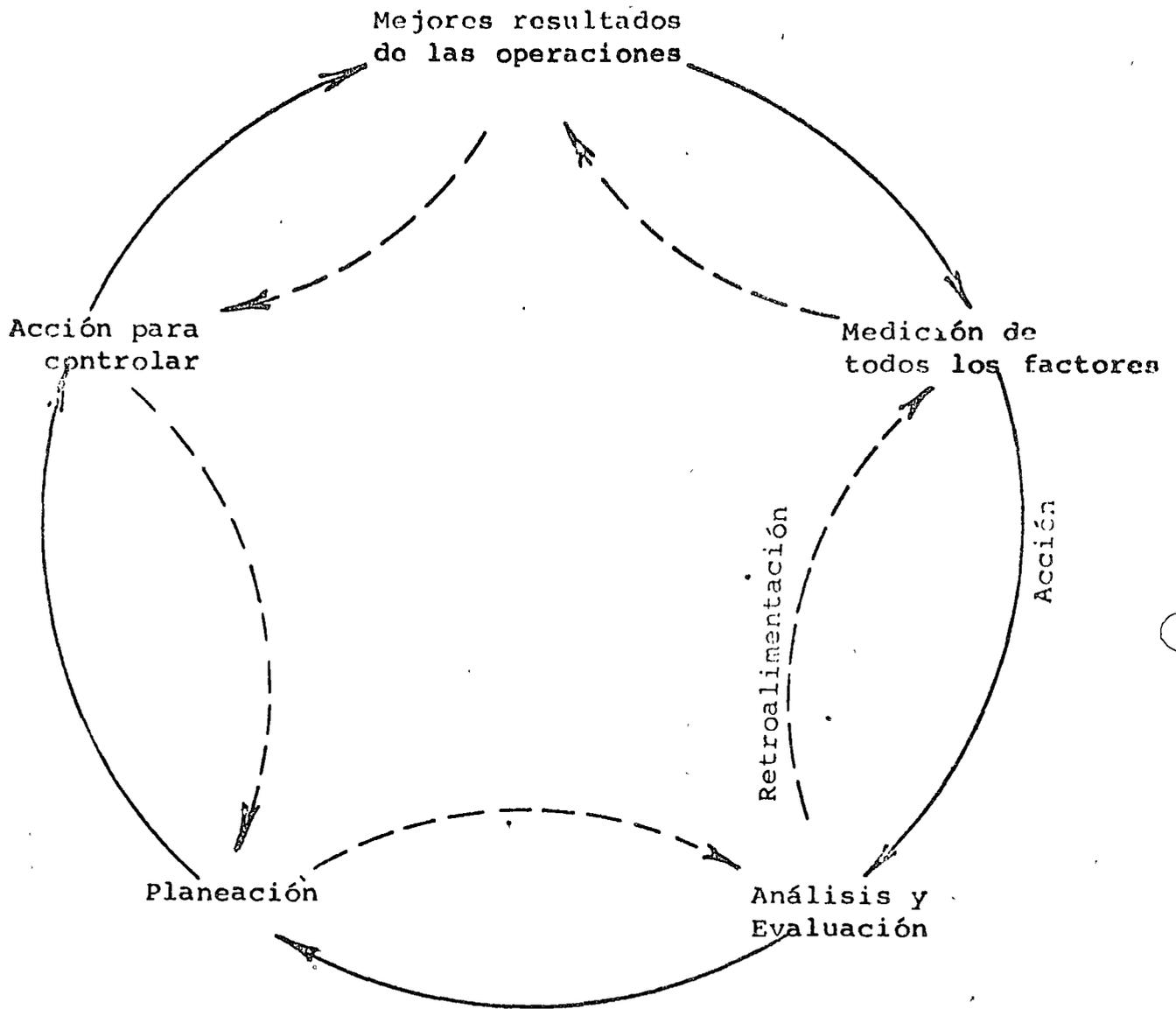
Hay que distinguir entre controles y control, porque el primer término no es el plural del segundo. Controles equivale a medición e información, mientras que control es sinónimo de dirección. Los controles son medios; el control es el fin. Los controles, son analíticos, y se refieren a lo que fué y lo que es; el control es normativo y se ocupa de lo que debe ser.

Cuando tratamos con seres humanos en una organización social, los controles deben constituir una motivación personal que conduzca al control. En una institución humana-social el sistema de control no debe ser mecánico, sino volitivo, es decir, rector de la voluntad. Antes de que ésta pueda actuar, la información proporcionada por los controles debe traducirse a otra clase de información interna, llamada percepción. Percepción y motivación constituyen la base del control.

En un sistema mecánico, la respuesta apropiada a una situación manifestada por los controles está perfectamente definida, pero en un sistema social existen multitud de respuestas a un evento, sin que pueda deducirse de éste cuál es la apropiada o la correcta; el evento mismo podría carecer de significación. Las decisiones en un sistema social requieren de suposiciones respecto al futuro, que tienen siempre un grado mayor o menor de incertidumbre.

La empresa es una entidad, una persona moral, que tiene sus propios objetivos, valores y exigencias; pero es al mismo tiempo una institución social compuesta por individuos, cada uno con sus propios objetivos, valores y exigencias. La empresa tiene que satisfacer las ambiciones y necesidades de sus miembros, mediante un sistema de premios, castigos e incentivos de carácter institucional. En este sistema radica esencialmente el control, o sea la base de la conducta de los miembros y la motivación para su acción.

Un sistema de controles que no esté de acuerdo con este control verdadero, efectivo y último de la organización, que radica en la voluntad y decisiones de sus miembros, será necesariamente inefectivo y una fuente potencial de conflictos. Un sistema de control de costos necesita estar respaldado por una actitud de la gerencia que refleje su auténtica preocupación por los costos y se manifieste en un sistema de premios e incentivos congruente con dicha preocupación.



CICLO CARACTERISTICO DEL CONTROL

FIGURA 1.

3. CONTROL DE LOS COSTOS

Para el control de los costos, los estándares o normas están constituidos por estimados de costo, que pueden referirse a un proyecto completo, a una fase del mismo, a un conjunto de operaciones o a una operación aislada. Los costos constituyen variables aleatorias, que no pueden analizarse y preverse más que en función de los datos aportados por experiencias pasadas. Qué tan buena sea la extrapolación de los datos derivados de dichas experiencias para aplicarlos a la obra por ejecutar, depende fundamentalmente de las correlaciones que puedan establecerse entre los costos observados y los parámetros significativos que afecten el valor de los mismos.

En muchas ocasiones se pone en duda la utilidad de los métodos estadísticos como medio para prever los costos de obras futuras. En realidad, lo que resulta de validez dudosa es la aplicación de promedios ciegos, que no tienen en cuenta las características y circunstancias en que se realizaron las obras respectivas, y que se aplican indiscriminadamente a las obras futuras; pero esto ciertamente no es estadístico.

Se dijo anteriormente que controlar implica diseñar un sistema de medición de los resultados. Es esencial que al realizar observaciones de costos en las obras, se busquen las correlaciones ya mencionadas entre dichos costos y los parámetros numéricos, que midan fielmente los diversos factores que influyen en los mismos. El establecimiento de correlaciones estadísticas de esta clase, para las diferentes etapas de un proyecto, constituye un campo fértil y poco explorado de la ingeniería de costos.

De lo anterior puede concluirse que el control de costos y la estimación de costos constituyen un ciclo cerrado, con interacciones mutuas. No puede formularse un estimado de costo aceptable sino se cuenta con datos significativos derivados del control de costos llevado en obras anteriores. Tampoco se puede intentar el control de costos de una obra sino se cuenta con un estimado razonablemente exacto, que sirva de patrón contra el cual comparar la ejecución, para tener idea de si los costos en que se está incurriendo son aceptables.

La tercera etapa del control de costos, que consiste en establecer los medios adecuados para corregir las desviaciones de los estimados o presupuestos, puede realizarse en diferentes formas. La empresa contratante de la obra puede modificar las bases del proyecto, hacer cambios de diseño, suprimir partes no indispensables del mismo, o modificar los métodos de contratación, administración y control de los proyectos. La empresa contratista puede mejorar sus sistemas y procedimientos de construcción, cambiar su organización para definir mejor las funciones y responsabilidades de cada puesto, mejorando así la coordinación de las actividades, o modificar los sistemas de dirección de la empresa, incluyendo una mejor

selección y entrenamiento del personal, mejores procedimientos administrativos y mejores sistemas de información y control.

Como consecuencia del control de costos, puede reducirse la inversión real y mejorar la rentabilidad del proyecto, o aumentar los beneficios del contratista, generalmente muy por encima del gasto necesario para ejercer el control. Cuando la decisión para ejecutar un proyecto sea basada en hipótesis falsas respecto a los costos, el control de éstos generalmente revela prontamente este hecho, permitiendo así una oportuna revaluación y corrección de los planes. Por supuesto que el control de costos no puede corregir los defectos en los estimados de costo, pero la misma experiencia derivada del control permitirá realizar estimados cada vez mejores.

4. REQUISITOS DE UN SISTEMA DE CONTROL DE COSTOS

Koontz y O'Donnell señalan diez exigencias de un sistema de control adecuado. A continuación se aplicará cada una de ellas al control de los costos, haciendo los comentarios pertinentes.

- 4.1. Los controles deben reflejar la naturaleza y las necesidades de la actividad. Las cifras de costos deben referirse a actividades o componentes cuyo alcance esté perfectamente definido, de tal manera que no presten a interpretaciones y conclusiones equivocadas.

Por otra parte, el sistema para controlar los costos de ingeniería de proyecto será indudablemente distinto del que se use para controlar los costos de construcción. Los sistemas o instrumentos adecuados para controlar los costos de construcción de una planta industrial son diferentes de los que deben usarse en la construcción de una presa. Los costos de operación y mantenimiento requieren procedimientos de control especiales, y lo mismo puede decirse de los costos de producción en serie. Por lo tanto, los catálogos de cuentas de costos y los sistemas de información correspondientes tienen que diseñarse para las necesidades de cada empresa y las características de cada tipo de actividad.

- 4.2. Los controles deben indicar oportunamente las desviaciones. Ya se hizo notar anteriormente la importancia del "tiempo de respuesta" de un sistema de control. Tratándose de actividades de construcción, los sistemas de contabilidad tradicionales generalmente tienen un tiempo de respuesta exageradamente largo; debido a que tienen que satisfacer diversos requisitos legales, además de servir para el control financiero de la empresa, deben ser meticulosamente exactos y reportar únicamente transacciones completa-

mente terminadas y debidamente documentadas. Por lo tanto, su funcionamiento es a menudo lento y un tanto inflexible. El control de los costos de construcción requiere el establecimiento de un sistema de información ágil y flexible, que permita conocer rápidamente las desviaciones de los planes y apreciar con igual rapidez los efectos de las medidas correctivas. El procesamiento electrónico de datos constituye una valiosa herramienta para lograr sistemas de control de respuesta rápida. Es importante, sin embargo, que exista una fuente de datos común para el sistema contable y el de control de costos, de tal manera que exista armonía y complementación entre ellos.

4.3. Los controles deben mirar hacia adelante.

Los sistemas contables están orientados al pasado, es decir, tienen el carácter de registros de las transacciones realizadas en el pasado. Por lo tanto, se concluye, como en el punto anterior, que es necesario establecer sistemas de control de costos orientados al futuro o, lo que es lo mismo, capaces de predecir las consecuencias de las desviaciones de los planes. Los sistemas de programación y control de obras por redes de actividades constituyen instrumentos idóneos para proyectar hacia el futuro el efecto de las desviaciones presentes.

4.4. Los controles deben señalar las excepciones en los puntos estratégicos.

Se hace referencia aquí al principio de control por excepción, según el cual el ejecutivo debe concentrar su atención en los casos de excepción, es decir, en aquéllos en que lo logrado se aparta de las normas o planes establecidos. Los sistemas de programación por ruta crítica, al señalar claramente la secuencia de actividades cuyo cumplimiento es crítico para la consecución de la meta prefijada, facilitan la identificación de los puntos estratégicos. Para poder apreciar las desviaciones significativas en los costos, es indispensable que los presupuestos y estimados de costo sean enteramente congruentes con el programa de obra aprobado y se elaboren mediante un análisis de las secuencias de operaciones por realizar. Podrá así advertirse fácilmente cuando el costo se aparta en forma inconveniente del presupuesto y de los estándares prefijados.

4.5. Los controles deben ser objetivos

Es necesario subrayar aquí nuevamente la importancia de basar el control de costos en un buen estimado de costo. Sin él, la apreciación que pueda hacerse respecto a los costos observados en la obra o en el proceso de producción, se convierte en algo totalmente subjetivo y de escasa significación. Cuando el estimado de costo se integra con el programa de obra o el de producción, de tal manera que se fija un costo directo para cada actividad, el control de costos adquiere máxima objetividad y oportunidad.

4.6. Los controles deben ser flexibles

Con frecuencia, diversas circunstancias fuera del control del ejecutivo hacen que se tengan que cambiar los planes. Los sistemas de control de costos deben adaptarse fácilmente a estos cambios sin perder su validez y utilidad. Sucede en ocasiones que al elaborar un programa por CPM, se pretende darle un carácter estático e inflexible, que lo hace obsoleto rápidamente, debido a que no se ha previsto su frecuente revisión y actualización, de acuerdo con los cambios impuestos por las circunstancias. Los estimados de costo deben mantenerse actualizados, para que siempre señalen en forma realista las metas alcanzables.

4.7. Los controles deben reflejar el modelo de organización.

En toda buena organización las responsabilidades de los diferentes niveles ejecutivos y de los diferentes puestos están perfectamente definidos. Es indispensable que los sistemas de control prevean a cada ejecutivo de una información congruente con sus responsabilidades. Se infiere la necesidad de establecer reportes de costos adecuados a cada nivel administrativo. Así por ejemplo, el reporte que reciba el responsable de una fase de la obra será más detallado y más específico que el que reciba el superintendente general de la misma, y el que éste reciba, más detallado y menos general que el que se dé al gerente de la empresa constructora.

4.8. Los controles deben ser económicos

Deben distinguirse claramente el volumen de información y el valor de la información. Dar mayor número de datos no significa necesariamente mejorar la información; por el contrario, en muchas ocasiones el exceso de información provoca incertidumbre, indecisión e incapacidad para interpretar adecuadamente la gran cantidad de datos que se reciben. Por lo tanto hay que establecer un equilibrio adecuado entre la cantidad de datos que conviene generar y el costo de procesarlos y distribuirlos para convertirlos en información utilizable. En general sólo debe proporcionarse la información indispensable para que cada ejecutivo pueda tomar las decisiones que le competen.

4.9 Los controles deben ser comprensibles

Los reportes de costos deben tener siempre una interpretación fácil y presentarse en forma inmediatamente utilizable. Resultan de poca utilidad los datos de costos que el ejecutivo deba todavía procesar y analizar para que adquieran significado.

4.10 Los controles deben indicar una acción correctiva

Ya se expresó anteriormente que si no hay acción correctiva no existe control. Por lo tanto, los informes de costos deben pre-

sentarse de tal manera que se puedan apreciar claramente las causas de las desviaciones, los responsables de las mismas y las medidas que puedan adoptarse para corregirlas.

5. INSTRUMENTOS PARA EL CONTROL DE COSTOS

Entre los instrumentos necesarios para establecer un sistema de control de costos figura en lugar prominente el Catálogo de Cuentas o Código de Costos, que sirve de base para la clasificación y registro de los costos en las diferentes etapas de un proyecto.

El catálogo de cuentas debe ser compatible con el sistema general de contabilidad de la compañía, con objeto de que los informes de costos globales puedan compararse con los resultados que arroja el sistema contable; debe, además, contener clasificaciones que sean útiles para la formulación de futuros estimados de costo con base en los datos obtenidos de las operaciones de la empresa.

El catálogo de cuentas tiene importancia fundamental para el control y la estimación de los costos de obras. En efecto, si no se establecen clasificaciones estándar, no es posible fijar parámetros de costo ni efectuar correlaciones estadísticas, ya que en cada caso la división de los costos se hará en forma diferente.

Un buen control de los costos de un proyecto debe empezar con un conocimiento cabal de las bases y el alcance del mismo, consignado claramente en un documento que se distribuya en todos los niveles de la organización encargada de controlar los costos, con objeto de que el personal tenga una idea cabal de los objetivos, alcance y requisitos de la obra, aprobados por la gerencia de la empresa o por el tiempo. En esta forma puede determinarse si un cambio propuesto durante el período de ejecución del proyecto cae dentro del alcance y requisitos aprobados, y debe cargarse al presupuesto pactado, o no.

Otro documento básico para el control de costos de un proyecto lo constituye el estimado definitivo o presupuesto aprobado, en el cual se indican claramente los costos directos correspondientes a cada parte de la obra, y los indirectos derivados de gastos generales y de administración.

El estimado definitivo o presupuesto aprobado debe complementarse con el programa aprobado del proyecto. Es esencial que las actividades y grupos de costos contenidos en estos dos documentos sean congruentes con las clasificaciones establecidas en el catálogo de cuentas; de otra manera sería imposible comparar los costos reales con los estimados.

El control de costos debe extenderse a todas las fases de un proyecto, incluyendo las de estudio, ingeniería básica, ingeniería detallada, construc-

ción y operación de las instalaciones. A través de cada una de estas fases deberán elaborarse informes periódicos que indiquen el avance del proyecto, las inversiones hechas a la fecha, las proyecciones de tiempo y costo hacia el futuro y el estimado de costos actualizado. En estos reportes deben apreciarse claramente los orígenes de las desviaciones, los departamentos responsables y la forma adecuada de corregir dichas desviaciones. Debe tenerse en cuenta la tendencia que hay de reportar los hechos favorables y de ocultar los desfavorables. Son precisamente estas condiciones desfavorables o de excepción las que, según ya se hizo notar, interesan más a la administración para poder ejercer el control de las operaciones.

El informe final de costos de cada obra constituye un documento de fundamental importancia. En él se hace un resumen de los costos, de acuerdo con las clasificaciones establecidas en el catálogo; se establecen relaciones entre los costos y los parámetros que los determinan, y se establecen las bases para la estadística de costos.

Por último, conviene apuntar que en cada etapa en que se revisan los costos, el proyecto debe revisarse igualmente respecto a la rentabilidad de la inversión, con objeto de que el producto final tenga el máximo valor para el cliente por cada peso invertido.

6. CONCLUSIONES

Trátese de una empresa industrial o de un organismo o dependencia estatal, el control de los costos es elemento indispensable para asegurar la rentabilidad de las inversiones. Sin un control de costos establecido, sobre bases sistemáticas, carecen de significación los planes y programas de inversiones.

Para la empresa industrial, el control de costos es la función que asegura su posición competitiva y su supervivencia. La integración del sistema de control de costos y del sistema contable en un sistema de información total y unificado en el que se aprovechan las ventajas del procesamiento electrónico de datos, ofrece grandes posibilidades de economías para la empresa moderna. A fin de aprovechar más íntegramente los datos que aportan estos sistemas, es necesario desarrollar nuevas técnicas de ingeniería de costos que conduzcan a mejores estimados, presupuestos más realistas y evaluaciones económicas más significativas.

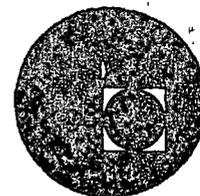
REFERENCIAS

- (1) H. Koontz y C. O'Donnell, "Curso de Administración Moderna" (3a. Ed.) Mc. Graw Hill Book Co., 1967. Los capítulos 28 a 30 contienen un tratamiento moderno y completo de la función administrativa del control.
- (2) Peter F. Drucker, "Management - Tasks, Responsibilities, Practices", Harper and Row, Publishers, New York, 1974; capítulo 39. Analiza los aspectos humanos del control.
- (3) E. W. Nitchie, "Modern Accounting Methods Supply Vital Cost Information for Decision Making", Chemical Engineering, Jan. 16, 1967. Tercero de una serie de tres artículos en los que se analiza el papel de la contabilidad moderna dentro de los sistemas de información y control de la empresa.
- (4) J. Horowitz, "Capital Cost Control - How Effective is it?" Paper 66-B.4, presented at Am. Soc., Cost. Engrs. 10th National Meeting, June 1966. Se analizan los requisitos de un buen control de costos y se sugieren medidas organizativas y de política general.
- (5) S. Ludwing, "A Nueva Era, Nueva Contabilidad", International Management (en español), Feb. 1969. Se reseñan las tendencias modernas de la contabilidad como profesión.
- (6) A. P. McNulty, "Parameter Estimate Guides Costs", Engineering-News Record, Dec. 19, 1968. Describe un ejemplo muy interesante de la aplicación de la técnica de estimación por "parámetros de costo" para mantener un control de costos muy efectivo.

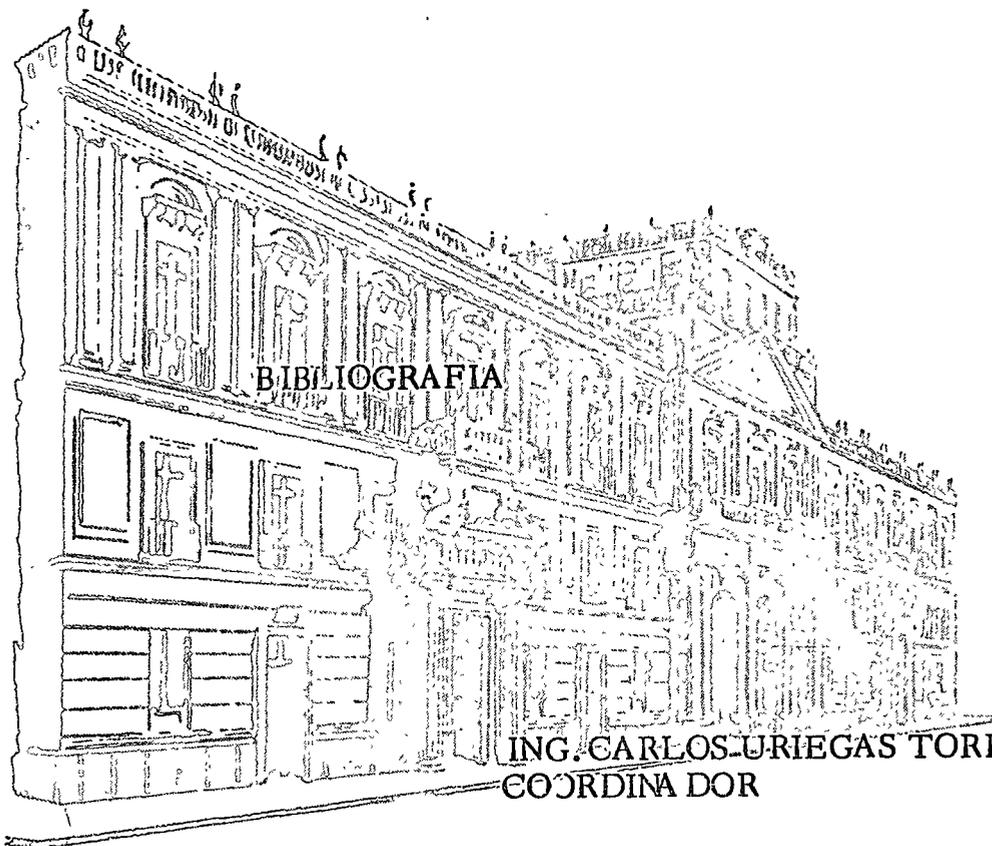




centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



ESTIMACION Y CONTROL DE COSTOS



ING. CARLOS URIEGAS TORRES
COORDINADOR

Septiembre, 1976.



BIBLIOGRAFIA SOBRE
ESTIMACION Y CONTROL DE COSTOS

REFERENCIAS GENERALES

1. OSTWALD, P. F., Cost Estimating for Engineering and Management, Prentice Hall, Inc., N. Jersey, 1974
2. HACKNEY, J. W., Control and Management of Capital Projects, J. Wiley and Sons, New York, 1965.
3. POPPER, Herbert, Ed., Modern-Cost-Engineering Techniques, Mc Graw-Hill, Inc., New York, 1970
4. BAUMAN, H. C., Fundamentals of Cost Engineering in the Chemical Industry, Reinhold Publishing Corp., New York, 1964.
5. JELEN, F. C., Editor, Cost and Optimization Engineering Mc Graw Hill Book Co., New York, 1970.
6. SOCIEDAD MEXICANA DE INGENIERIA DE COSTOS (SMIC), Memorias de los congresos nacionales I, II y III, celebrados en Sept. 1970, Oct. 1972 y Feb. 1975.
7. AMERICAN ASSOCIATION OF COST ENGINEERS (AAACE), Transactions, años 1956 a 1976.
8. PARK, W. R., Cost Engineering Analysis, J. Wiley and Sons, New York, 1973.

ANALISIS ESTADISTICO

1. WILLOUGHBY, S. S., Probabilidad y Estadística, 3a. Reimpresión, Publicaciones Cultural, S. A., México, D. F., 1974.
2. MORENO BONETT, A. y JAUFFRED, F. J., Elementos de Probabilidad y Estadística, Representaciones y Servicios de Ingeniería, S. A., México, 1974.
3. BENJAMIN, J. R. and CORNELL, C. A., Probability, Statistics and Decisión for Civil Engineers, Mc Graw Hill, Inc., New York, 1970.
4. HAHN, G. J. y SHAPIRO, S. S., Statistical Models in Engineering J. Wiley and Sons, Inc., New York, 1967.

ASPECTOS ESPECIALES

1. PEURIFOY, Estimating Construction Costs, Mc Graw Hill, 1975.
2. CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION (CNIC), Cuadernos Nos. 1-73 a 6-73, Análisis de Costos Directos de Construcción, México, 1973.
3. SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS, Manual sobre el Cálculo de Precios Unitarios de Trabajos de Construcción, México.
4. PAGE, J.S. Estimator's General Construction Man-Hour Manual (1959).
Estimator's Mechanical and Plumbing Man-Hour Manual (1961)
Estimator's Electrical Man-Hour Manual (1959)
Estimator's Equipment Installation Man-Hour Manual (1964)
5. GUTHRIE, K.M., Process Plant Estimating, Evaluation and Control, Craftsman Book Company of America, 1974.
6. VERNON, I. R., Realistic Cost Estimating for Manufacturing, Society of Manufacturing Engineers, Dearborn, Mich., 1968.
7. MATZ, A. and CURRY, O.J., Cost Accounting-Planning and Control, Southwestern Publishing Co., Cincinnati, Ohio, 1972.

JOURNAL OF THE CONSTRUCTION DIVISION

PROBABILISTIC ESTIMATING

By James E. Spooner,¹ M. ASCE

INTRODUCTION

The cost estimate of a construction project as conventionally produced is a deterministic mathematical model of that project. Since the actual results are random with respect to the original estimate, it seems apparent that a probabilistic formulation of the cost model may be at least instructive if not actually useful.

The problem that faces the estimator at the pre-bid stage is one of accurately predicting all the tangible and intangible costs associated with a project so that the final result, several months or years in the future, bears an acceptable relationship to the estimate. This process is usually predicated on historical records from previous projects and from the many years of experience which have developed a deep sensitivity in the estimator to changing economic, technical, and personnel conditions.

Even the best of estimators, however, will not expect that all the individual estimates of the budget will be close to actual costs. A minority of accounts having errors of less than 10% might be considered excellent performance. Thus variations between estimated and actual costs are expected but it is also expected that the "pluses will offset the minuses." This statement accurately describes the qualitative behavior of a good estimate, but it is quantitatively useless. As a result of this property, however, it will be assumed that over a long period of time the sum of estimated costs for all projects will approach cumulative actual costs of those projects.

The uncertainties which produce this variation and which are subjectively evaluated by the estimator can be grouped into two broad categories: (1) *Predictable* uncertainties in which information, historical data, or experience will permit a quantitative assessment of the risks involved, even though remote, and still have confidence that the result is sufficiently accurate to use; and (2) *unpredictable* uncertainties which are qualitatively detectable, but not enough information exists to assess the risk quantitatively. Perhaps the best example

Note.—Discussion open until August 1, 1974. To extend the closing date one month, a written request must be filed with the Editor of Technical Publications, ASCE. This paper is part of the copyrighted Journal of the Construction Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol. 100, No. CO1, March, 1974. Manuscript was submitted for review for possible publication on June 12, 1973.

¹Asst. Prof. of Civ. Engrg., Univ. of Missouri-Rolla, Rolla, Mo.

of a predictable uncertainty is the weather. Contracting is notoriously sensitive to weather conditions and estimates must reflect the conditions to be expected on the job. Wage and price escalation, productivity of labor and various other conditions are but a few of the many uncertainties which must be anticipated. Examples of unpredictable uncertainties would include wildcat labor dropouts, contract conditions requiring action at the discretion of the owner, contract litigation, and subcontractor default.

The essential assumptions to be made with respect to estimator performance is that his estimates are unbiased with respect to actual results, and that he is capable of assessing the variation to be expected between estimated and actual cost of an isolated element of the project. It is evident that the assessment of variation can only consider uncertainties of a predictable nature. In order for his estimates to be unbiased, the estimator must be capable of quantitatively evaluating the effects of time, location, and technology on the cost of performing the work. Neither of the assumptions stated appear to be contrary to competent estimator performance.

PREVIOUS WORK

Although extensive work has been done in the defense industries in the area of probabilistic estimating, only a limited amount of published information was found which related directly to construction.

A probabilistic procedure for estimating is presented by Campbell (1). This procedure relies heavily on the subjective evaluations of the estimator and suffers only in the precision required, five points, for establishing the probability density function of the difference between estimated and actual costs. Hemphill (3) demonstrates the reliability of several methods of estimating for both building and chemical process plant construction. He also delineates a probabilistic estimating system which assumes the normal probability function is applicable and the estimator is operating at a 95% confidence level when placing bounds on the estimate. Gates (2) also offers suggestions upon the topic which notably include data for the coefficients of variation of various classifications of labor items.

PROJECT MODEL

Mathematical Background.—The uncertain behavior of estimated versus actual costs is a characteristic of random variables, and this area of mathematics will be used to model the behavior of the real system. Initially the only operations needed will be summation of correlated variables and multiplication of independent variables. These operations can be summarized as follows.

For the summation of correlated variables

$$Y = X_1 + X_2 + X_3 + \dots \dots \dots (1a)$$

$$\bar{Y} = \bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \dots \dots \dots (1b)$$

$$\sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \dots + 2\sigma_{12} + 2\sigma_{13} + 2\sigma_{23} + \dots \dots \dots (1c)$$

For the multiplication of independent variables

$$Y = X_1 X_2 \dots \dots \dots (2a)$$

$$\bar{Y} = \bar{X}_1 \bar{X}_2 \dots \dots \dots (2b)$$

$$\sigma^2 = \bar{X}_1^2 \sigma_2^2 + \bar{X}_2^2 \sigma_1^2 + \sigma_1^2 \sigma_2^2 \dots \dots \dots (2c)$$

in which \bar{Y} = the mean value of the random variable, Y ; σ^2 = the variance; and σ_{12} = the covariance of the random variables X_1 and X_2 . For independent variables, the covariance = 0.

Where the coefficient of variation, $v = \sigma/\bar{X}$, is less than about 0.3, an abbreviated form of Eq. 2c

$$v_y^2 = v_1^2 + v_2^2 + \dots v_n^2 \dots \dots \dots (2d)$$

will provide an excellent approximation and is a more convenient form than 2c for more than two variables.

Although there are other characteristics of random variables, the mean or expected value, $\mathcal{E}\{\cdot\}$, as an indicator of the central tendency of the data, the standard deviation, σ , as an indicator of absolute error, and the coefficient of variation as a measure of relative error will be quite sufficient. The arithmetic manipulations performed in the estimating process will now be duplicated using the relationships presented previously so that not only the mean value but also the standard deviation of the total estimate can be developed.

The Estimate.—The basis for the development here is a conventional unit cost-unit man-hour system in which the direct costs are broken down into major accounts according to functions, material, predominant craft, or some other common characteristic. These major accounts are then further divided into subaccounts for costing. A similar division is made for items in job overhead although usually on a more empirical basis. The resulting budget should adequately represent all the cost generating features of the job, conform to historical records, and encourage timely and accurate job cost accounting.

A format for such a system is shown in Table 1. Item i is the code number for the account and will be numbered consecutively 1- n for this analysis. The primary quantities of the estimate are indicated in Cols. 2,3,5, and 7, and must be determined by quantity take off and estimator assignment. The remaining quantities, e_{ik} , are obtained by extension where k is the column number from Table 1. (Note that double subscripts will be used on e only when necessary, otherwise the account subscript "i" will be dropped and only the column subscript "k" will be retained.)

$$\text{Man-hours: } e_{13} = e_{11} \times e_{12} \dots \dots \dots (3a)$$

$$\text{Labor cost: } e_{15} = e_{13} \times e_{14} \dots \dots \dots (3b)$$

$$\text{Material cost: } e_{17} = e_{11} \times e_{16} \dots \dots \dots (3c)$$

$$\text{Total cost: } e_{18} = e_{15} + e_{17} \dots \dots \dots (3d)$$

Totals may be found in any of these categories by summing the column, thus

$$\text{Total man-hours: } E_3 = \sum e_{13} \dots \dots \dots (4a)$$

$$\text{Total labor cost: } E_5 = \sum e_{15} \dots \dots \dots (4b)$$

$$\text{Total material cost: } E_7 = \sum e_{17} \dots \dots \dots (4c)$$

TABLE 1—

Account number (1)	Quantity unit (2)	Man-hours	
		Per unit (3)	Total (4)
1	e_{11}	e_{12}	e_{13}
2	e_{21}	e_{22}	e_{23}
⋮	⋮	⋮	⋮
i	e_{i1}	e_{i2}	e_{i3}
⋮	⋮	⋮	⋮
n	e_{n1}	e_{n2}	e_{n3}/E_3

$$\text{Total estimate: } E_8 = \sum e_{18} \dots \dots \dots (4d)$$

$$E_8 = E_5 + E_7 \dots \dots \dots (4e)$$

The last two equations allow a check for arithmetic error.

Estimating with Uncertainty.—The estimate, e , will be taken as an attempt to locate the mean value of the actual cost. Thus as a limit this process must be unbiased

$$\mathcal{E}\{e\} = \mathcal{E}\{a\} = \bar{a} \dots \dots \dots (5)$$

Although \bar{a} is never known, e as an unbiased estimator may be added and multiplied according to Eq. 3 and 4 to give an unbiased estimator of the total cost. Thus conventional procedure is justified under the assumption that the estimated cost is an unbiased estimator of the actual cost. The variance of an estimate quantity, $\mathcal{V}\{e\}$, must be measured in terms of the difference between estimated and actual values and accordingly define

$$s^2 = \mathcal{E}\{(e - a)^2\} = \mathcal{V}\{e\} \dots \dots \dots (6)$$

The manipulation of the variances is somewhat more complex since in some cases correlation exists. The quantities e_i and e_j are linear functions of a_i within an account, and correlation will exist in the summation of the former two to give e_8 . Also for some labor items, correlation will be assumed to exist between accounts because the crews do not change. Where correlation is recognized to exist by the estimator in accounts i and j in the labor category, Col. 2, the correlation coefficient, r_{ij} , will be taken conservatively as

$$(r_{ij})_2 = 1 \dots \dots \dots (7)$$

Since the results for two accounts can be extended to any number of accounts, the variance of two accounts i and j is, where only the correlations considered previously are recognized as being nonzero

$$\begin{aligned} \mathcal{V}\{e_{18} + e_{18}\} &= \mathcal{E}\{[(a_{15} - e_{15}) + (a_{17} - e_{17}) + (a_{15} - e_{15}) + (a_{17} - e_{17})]^2\}; \\ \mathcal{V}\{e_{18} + e_{18}\} &= \mathcal{E}\{(a_{15} - e_{15})^2 + (a_{17} - e_{17})^2 + (a_{15} - e_{15})^2 + (a_{17} - e_{17})^2 + 2 \\ &(a_{15} - e_{15})(a_{17} - e_{17}) + 2(a_{15} - e_{15})(a_{17} - e_{17}) + 2(a_{15} - e_{15})(a_{15} - e_{15}) \dots \dots \dots (8) \end{aligned}$$

Labor Cost		Material Cost		
Wage, in dollars per hour (5)	Total, in dollars (6)	Cost per unit (7)	Total, in dollars (8)	Total cost, in dollars (9)
e_{14}	e_{15}	e_{16}	e_{17}	e_{18}
e_{24}	e_{25}	e_{26}	e_{27}	e_{28}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
e_{14}	e_{15}	e_{16}	e_{17}	e_{18}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
e_{n4}	e_{n5}/E_5	e_{n6}	e_{n7}/E_7	e_{n8}/E_8

The first four terms of Eqs. 8 are recognized as the variances of the estimate quantities and the last three terms are the covariances between quantities. Within an account, s_{57} = the covariance between material and labor cost and by definition $s_{57} = \mathcal{E}\{(a_5 - e_5)(a_7 - e_7)\}$ which can be transformed because of the independence of the primary quantities within an account

$$s_{57} = \mathcal{E}\{a_1^2 a_2 a_4 a_6 - a_5 e_7 - e_5 a_7 + e_5 e_7\}; \quad s_{57} = (e_1^2 + s_1^2) e_2 e_4 e_6 - e_5 e_7; \quad s_{57} = e_5 e_7 v_1^2 \dots (9)$$

The coefficient of correlation for this relationship is

$$r_{57} = \frac{s_{57}}{s_5 s_7}; \quad r_{57} = \frac{v_1^2}{\sqrt{v_1^2 + v_2^2 + v_4^2} \sqrt{v_1^2 + v_6^2}} \dots (10)$$

Now proceeding with the development, the covariance of labor quantities is $(s_{ij})_5 = \mathcal{E}\{(a_{i5} - e_{i5})(a_{j5} - e_{j5})\}$ and $(s_{ij})_5 = \mathcal{E}\{a_{i5} a_{j5} - e_{i5} e_{j5}\}$. Substituting $e_5 = e_1 e_2 e_4$ and similarly for a_5 , then $(s_{ij})_5 = (e_1 e_4)_i (e_1 e_4)_j \mathcal{E}\{a_{i2} a_{j2} - e_{i2} e_{j2}\}$ and since the expectation is the covariance of the unit labor quantities in Col. 3 and $(r_{ij})_2 = 1$ by assumption: $(s_{ij})_5 = (e_1 e_4)_i (e_1 e_4)_j s_{i2} s_{j2}$. Where coefficients of variation are constant in a column

$$(s_{ij})_5 = e_{i5} e_{j5} v_2^2 \dots (11)$$

$$\text{and } (r_{ij})_5 = \frac{(s_{ij})_5}{s_{i5} s_{j5}} \dots (12)$$

$$(r_{ij})_5 = \frac{v_2^2}{v_1^2 + v_2^2 + v_4^2}$$

Since it will be convenient for presentation of results let

$$s_5^2 = 2s_{57} \dots (13a)$$

$$s_{10}^2 = \sum_{i,j} (s_{ij})_5 \dots (13b)$$

Account number (1)	Quantity unit, e_1 (2)	Unit labor, e_2 , in man-hours per unit (3)	Mean		
			Total labor, e_3 , in man-hours (4)	Labor rate, e_4 , in dollars per man-hour (5)	Total labor cost, e_5 , in dollars (6)
1.1	20	10	200	6	1,200
1.2	150	20	3,000	7	21,000
1.3	30	50	1,500	6	9,000
1.4	25	20	500	6	3,000
1.5	300	9	2,700	7	18,900
Subtotal 1.0					53,100
2.1	700	20	14,000	6	84,000
2.2	40	50	2,000	5	10,000
2.3	120	40	4,800	6	28,800
Subtotal 2.0					122,800
3.1	30	5	150	7	1,050
3.2	90	9	810	7	5,670
Subtotal 3.0					6,720
4.1	110	7	770	5	3,850
4.2	240	25	6,000	5	30,000
4.3	90	110	9,900	6	59,400
4.4	370	12	4,440	6	26,640
Subtotal 4.0					119,890
5.1	120	15	1,800	7	12,600
Subtotal 5.0					12,600
6.1	5	15	75	7	525
6.2	550	6	3,300	7	23,100
6.3	220	21	4,620	6	27,720
6.4	75	12	900	5	4,500
6.5	80	17	1,360	7	9,520
Subtotal 6.0					65,365
Column Totals					380,475

Note: Estimate Totals: Mean = 756,860, Standard Deviation = 35,142.

The variance of the total estimate for the n direct accounts then can be presented in general terms as

$$S_8^2 = \Sigma s_{15}^2 + \Sigma s_{17}^2 + \Sigma s_{19}^2 + s_{10}^2 \dots (14)$$

When the assumption of the constancy of the coefficients of variation in columns is made, Eq 14 becomes

$$S_8^2 = v_5^2 \Sigma e_{i5}^2 + v_7^2 \Sigma e_{i7}^2 + 2v_1^2 \Sigma e_{i5} e_{i7} + v_2^2 \sum_{i,j} e_{i5} e_{j5} \dots (15)$$

The only item lacking from this consideration of project field costs is job

Example Estimate

Unit material cost, e_6 , in dollars per unit (7)	Total material cost, e_7 , in dollars (8)	Standard Deviation			
		Labor, s_8 , in dollars (9)	Material, s_7 , in dollars (10)	Minor account covariance, s_9 , in dollars (11)	Major account covariance, s_{10} , in dollars (12)
25	500	199	35	55	
15	2,250	3,482	159	486	
60	1,800	1,492	127	285	
100	2,500	497	177	194	
50	15,000	3,134	1,061	1,191	
	22,050	4,946	1,095	1,332	7,285
200	140,000	13,930	9,899	7,668	
120	4,800	1,658	339	490	
500	60,000	4,776	4,243	2,939	
	204,800	14,819	10,776	8,227	13,968
30	900	174	64	69	
10	900	940	64	169	
	1,800	956	90	174	572
12	1,320	638	93	159	
60	14,400	4,975	1,018	1,470	
70	6,300	9,850	445	1,328	
90	33,300	4,418	2,355	2,106	
	55,320	11,904	2,605	2,914	15,924
300	36,000	2,089	2,546	1,506	
	36,000	2,089	2,546	1,506	—
120	600	87	42	40	
70	38,500	3,831	2,722	2,109	
24	5,280	4,597	373	855	
121	9,075	746	642	452	
37	2,960	1,579	209	375	
	56,415	6,234	2,830	2,351	8,868
	376,385	20,734	11,773	9,261	24,098

overhead, E_9 . Although correlation can be assumed to exist between direct costs, E_8 , and job overhead, the nature of the relationship and the values of the correlation coefficients is recognized as significant enough to merit an empirical investigation and no specific assumptions will be made herein.

Example.—Although the development is by no means complete, an example will be useful in demonstrating the principles and will aid in the succeeding developments. Therefore a fictitious estimate based on figures of Table 2 has been made according to the procedures developed previously. The mean values and variances of each of the primary quantities, $e_{1,2,4,6}$, have been assumed to be readily estimated. In calculating variances, coefficients of variation $v_{1,4,6}$

have been taken constant at 0.05 and the value for v_2 is constant at 0.15. The variances are calculated assuming that correlation exists among the labor accounts within, but not between, the six major cost categories. The effect of this covariance, which corresponds to the last term in Eq. 15, is entered as a subtotal on each of these major accounts.

The results indicate that the influence of covariance is highly significant since nearly 50% of the total variance can be traced to the covariance in the labor accounts. Thus even though the total number of accounts in a budget may become very high and the effect of the first three terms in Eq. 15 becomes relatively small, the last term will still provide a significant variance since the number of independent major accounts will be limited. Determination of the existence of covariance among the accounts is then seen as one of the most important areas of judgment to be exercised by the estimator in this probabilistic system.

Returning again to the results of Table 2, note that even with the enlarging effect of covariance, the coefficient of variation of E_8 is 0.046 as compared to 0.15 for the unit labor accounts and 0.05 for the others. For E_7 , which is the sum of six independent elements, $V_7 = 31,800/380,475 = 0.084$. For the 20 independent material accounts this error is $V_7 = 11,773/376,385 = 0.031$. The remaining variance in E_8 is due to the covariance item s_9^2 and although small, is not significant.

Obviously the process of multiplication tends to increase the error of the estimate at the account level but addition of just a few independent accounts rapidly reduces the error of the total estimate to manageable levels. As noted earlier, it is this latter property that estimators have always relied upon, i.e., "plusses offset minuses," but were in no position to quantify.

The variances can be seen to offer an excellent criterion for judging where extra effort should be placed in improving the precision of the estimate. Recalling the "20/80" rule, i.e., 20% of the accounts will produce 80% of the error, it can be seen that accounts 2.1 and 4.3 contribute almost 70% of the total variance in S_8^2 , and 2.1 contributes the same amount to S_7^2 . Special attention paid to decreasing the variance of these accounts seems well justified. The fact that these values correspond to the largest mean values is not unexpected due to the assumption of constant coefficient of variation, but in the absence of this assumption, ranking the variances rather than the means provides a more rational basis for sensitivity analysis and additionally would provide a measure of any improvement produced.

Distribution of Input.—In order to implement the procedure previously developed, it is necessary to provide methods for determining the mean and variance of the input quantities. Although the lack of data appears to prevent handling this problem in a quantitative fashion, it is possible to describe the qualities that can be expected in the distribution probability density function (PDF). These include the following.

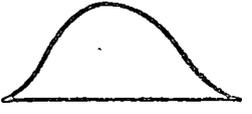
1. **Limits**—On any estimate, upper and lower limits exist beyond which the estimator is relatively certain that no values will occur. The actual placement of these extreme limits may be uncertain but this uncertainty will not be in subsequent developments since it is considered of secondary importance.
2. **Continuity**—There is no reason to believe that the PDF is discontinuous.

3. **Convexity**—It will be assumed that the probability of occurrence of an event decreases as the upper and lower limits are approached. In addition it will be assumed that the distribution is unimodal.

4. **Skewness**—Since actual costs have a greater freedom to be higher than lower with respect to the estimate, skewness to the right should be expected.

The approximate properties of several distributions which reflect these characteristics are shown in Table 3 in terms of upper and lower limits e_u and e_l and the mode, e_m .

TABLE 3.—Properties of Distributions

Beta	Triangular	Uniform
		
e_l e_m e_u	e_l e_m e_u	e_l e_u
(1)	(2)	(3)
Mean $1/6(e_l + 4e_m + e_u)$	$1/3(e_l + e_m + e_u)$	$1/2(e_l + e_u)$
Variance $1/36(e_u - e_l)^2$	$1/20(e_u - e_l)^2$	$1/12(e_u - e_l)^2$

*These are not exact, see MacCrimmon (4) for an analysis of errors involved.

From an inspection in Table 3, it can be seen that once a choice of PDF has been made, the values of the resulting means and variances will be biased with respect to a different choice. If the beta and uniform distributions are accepted as the extremes of reasonable behavior, then the triangular offers an acceptable compromise and introduces an error of only 2%-3% in the mean values with respect to either extreme. Sherman (5) and Sobel (6), as well as Gates (?) and Hemphill (3) previously cited, pay significant attention to the problem of determining the proper PDF for describing the variability of cost. A common conclusion can be drawn, although the beta, triangular, normal, and log-normal are investigated. Zusman (7) also demonstrates how the nonparametric Tchebycheff inequality may be used in this situation.

Although the use of three-number estimates is not new, being an integral part of the PERT procedure, the foregoing analysis does indicate the choice of transformation into mean and variance is not unimportant. An additional problem for which the writer has found little examination is the confidence level to be associated with the upper and lower limits. Limited and crude experiments by the writer indicate that the confidence level of the range of the subjective three-number estimate is about 80%. This is quite different than the 98% assumed in PERT. The only conclusion that can be drawn at this time is that the empirical studies should be made in this area. If however a distribution must be adopted, the properties of the triangular appear to offer a simple approach to reality.

Distribution of Output.—Since the ultimate purpose of this investigation is to place a numerical value on the risk involved, the distribution of the total

estimate must be found before the calculations of mean and variance have any quantitative significance.

The primary elements of the estimate will be symmetrically distributed, or possibly skewed to the right, thus the distributions of the account estimates in Cols. 6 and 8 in Table 1, will be skewed to the right due to the process of multiplication, and the sums in these columns will then also be skewed right. However, application of the central limit theorem of probability suggests that the limiting distribution of the sum of these random variables may be normal.

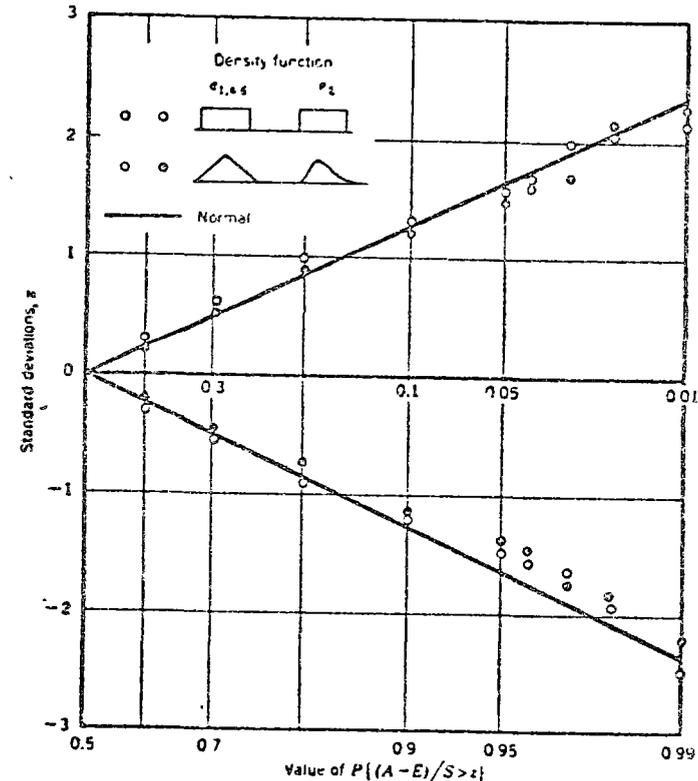


FIG. 1.—Cumulative Probability Distribution of Output for Example Problem

Because of the inconsistencies between the central limit theorem and the present case, it was decided to investigate the problem by means of a Monte Carlo simulation. The values for the various elements are identical to those already given for the example problem in Table 2. The results of the simulation are shown in Fig. 1 for two different assumptions on the assumed shape of the primary quantity distributions. The assumed values of PDF for the first simulation was a uniform distribution for all primary quantities, whereas the second simulation was performed with a symmetrical triangular distribution for $e_{1,2}$ and a skewed-right distribution for the e_3 . It can be seen that both simulations produced results which closely followed the normal distribution. Thus the distribution of the output is not highly sensitive to radically different assumptions.

on the form of the input as long as the input statistics do not vary and it appears reasonable to adopt the normal PDF for the output. Remember, however, that the choice of input PDF would have affected the mean and variance of the input and this is transmitted to the output.

Calculation of Contingency.—The contingency for a project can now be interpreted as the amount which, when added to the mean or estimated value, will produce an acceptable level of risk as measured by the probability of failure. Thus a simple procedure:

1. Set the level of risk, i.e., $\mathcal{P}\{A \geq E + zS\}$.
2. Determine z from tables for the normal distribution in which z is taken as the value of the standardized normal variate which produces the desired probability.

The value, zS , is then the contingency value, C_c , for the estimate.

For the example problem with $\mathcal{P}\{A \geq E + zS\} = 0.1$, z will be 1.28. With the assumptions: $E_o = 0.1E_s$; $v_o = 0.15$; and $r_{os} = 0.5$; then $E = 756,860 + 0.1 * 380,475$; $E = 794,907$; $S^2 \cong (35,142)^2 + (0.15 * 38,047)^2 + 2 * 0.5 * 5,700 \sqrt{20,734^2 + 24,098^2}$; $S^2 = (1,240 + 32.4 + 181) * 10^6$; $S^2 = 1,453 \times 10^6$; $S = 38,100$; $C_c = 1.28 * 38,100$; and $C_c = 48,800$. This value of contingency amounts to 6.1% of the project field costs. Inspection of the figures reveals that the degree of correlation between overhead and direct labor costs (assumed) does not significantly affect the magnitude of contingency.

Under the assumption that the coefficient of correlation in correlated accounts is always taken conservatively as 1.0, a simpler procedure than that demonstrated in Table 2 can be proposed. Since at $r_{ij} = 1.0$

$$s_i^2 + s_j^2 + 2s_i s_j = (s_i + s_j)^2 \dots \dots \dots (16)$$

it is necessary only to add standard deviations of correlated values in order to obtain the standard deviation for the aggregate value. This standard deviation could then be handled statistically as for any other independent variable. A simple procedure would be to: (1) Find mean and standard deviation for all values in the estimate; (2) group according to whether correlation exists; (3) standard deviations within separate groupings; and (4) square the group standard deviations and add to give the variance of the estimates.

This procedure does not include the minor account covariance, s_o^2 , but the latter should be small with respect to the total variance. This error can be considered as an offset to the error in assuming that the coefficient of correlation is 1.0.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

From the foregoing development of the model on the individual project, it is possible to arrive at a mean and variance of the total estimate based on the means and variances for the individual elements. The implementation of such a model would require subjective three-value estimates for the primary quantities in each account as well as judgments on correlation between accounts. None of these evaluations are considered to be abnormally difficult for a competent estimator and in fact may make the job a somewhat less anxious



experience. It would appear that the estimator would be able to place greater limits on the range of an estimate with greater certainty than on a single number as in a conventional system. Realizing that variance from the calculation is to be expected, he may stop worrying excessively about picking the "best" value.

The standard deviation produced in this procedure is a measure of contingency found in the conventional estimate with the additional feature of assigned probability of loss. The problem of assigning contingency thus becomes an administrative decision of determining an acceptable probability of loss for a given project. While the result has the appearance of being an improvement over the traditional approach, this conclusion may be deceptive. The probability is still subject to administrative decision. Thus the old problem of assigning a magnitude to contingency has been replaced by the new problem of assigning a magnitude to the probability of failure, however, the latter conforms more closely to actual human decision making.

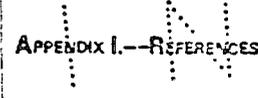
Since the estimate model has produced no strategy for choosing the appropriate probability of loss, it may easily happen that a probability that is truly acceptable to administration, such as 0.1, will produce a contingency quantity that is unrealistically high. As an alternative, an unrealistically high, say 0.3, probability may be chosen because it results in an acceptable magnitude for contingency. The latter situation seems to be the more probable result from the proposed model since the magnitudes of contingency at reasonable, i.e. low, risk levels seem to be competitively unsound.

The model of the estimating process developed herein is intended to provide a rational basis for a better understanding of the process. Although all the assumptions made are not necessary or even desirable, the conformity with traditional results substantiates the authenticity of the output: (1) Estimates are manipulated in standard algebraic fashion; (2) the percentage error of the total estimate tends to be much smaller than the errors in the individual accounts; (3) a small minority of the accounts can produce a majority of the error; and (4) the percentage error of the total estimate tends to diminish with increasing number of accounts, but eventually levels off.

Suggestions have been given for the translation of the theory into a system suitable for practice, but several points must await this practical application before being resolved. However the model presented does demonstrate that the risk and uncertainty associated with a bid can be quantified, and the performance required of the estimator should not be beyond what is presently possible.

APPENDIX I.—REFERENCES

1. Campbell, D. W. "Risk Analysis," *American Association of Cost Engineers Bulletin*, American Association of Cost Engineers, Aug.-Oct., 1971, pp 8-11.
2. Gates, M., "Bidding Contingencies and Probabilities," *Journal of the Construction Division*, ASCE, Vol 97, No. CO2, Proc. Paper 3524, Nov., 1971, pp 277-303
3. Hemphill, R. B., "A Method for Predicting the Accuracy of a Construction Estimate," thesis presented to Drexel Institute of Technology, at Philadelphia, Pa. in 1967 in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science.
4. MacCrimmon, K. R., and Ryavec, C. A., "An Analytical Study of the PERT Assumptions," *Memorandum RM-3408-PR*, The Rand Corporation, Santa Monica, CA, 1962.



5. Sherman, A., "Uncertainties in Cost Estimating as Applied to Microelectronic Component Manufacturing," *IBM Technical Report 2, 761*, IBM Components Division, East Fishkill, N.Y., 1969
6. Sobel, S., "A Computerized Technique to Express Uncertainty in Advanced System Cost Estimates," *Technical Report No. ESD-TR-65-79*, The Mitre Corporation, Bedford, Mass., 1965.
7. Zusman, M. J., "The Use of Tchebychev Type Inequalities to Bound the Upper Limit of a Cost Estimate," *Research Paper P-478*, Institute for Defense Analysis, Arlington, Va., 1969.

APPENDIX II.—NOTATION.

The following symbols are used in this paper:

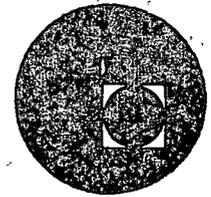
- a, A = actual costs;
- C_f = contingency value;
- $E\{\cdot\}$ = expected (mean) value;
- e, E = estimated costs;
- $P\{\cdot\}$ = probability;
- r_{ij} = correlation coefficient;
- s, S = standard deviation;
- $V\{\cdot\}$ = variance;
- v, V = coefficient of variation;
- X, Y = random variables;
- z = unit normal random variable;
- σ = standard deviation;
- σ_{ij} = covariance of variables i and j ; and
- σ^2 = variance.

11-1-11





centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



ESTIMACION Y CONTROL DE COSTOS



Ing. Enrique Novelo Berrón

Septiembre 1976.

Number one...
...
...

→ a



Modelo para la estimación de costos de un proyecto. (12)

Es conveniente recordar que, si X_1, X_2, \dots son variables aleatorias correlacionadas:

$$Y = X_1 + X_2 + X_3 + \dots \quad (1a)$$

$$\bar{Y} = \bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \dots \quad (1b)$$

$$\sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \dots + 2\sigma_{12} + 2\sigma_{13} + 2\sigma_{23} + \dots \quad (1c)$$

Si X_1 y X_2 son independientes:

$$Y = X_1 X_2 \quad (2a)$$

$$\bar{Y} = \bar{X}_1 \bar{X}_2 \quad (2b)$$

$$\sigma^2 = \bar{X}_1^2 \sigma_2^2 + \bar{X}_2^2 \sigma_1^2 + \sigma_1^2 \sigma_2^2 \quad (2c)$$

donde \bar{Y} valor esperado de la v.a. Y

σ^2 variancia

σ_{12} covariancia de las v.a. X_1, X_2 . Para v.a. independientes = 0.

Cuando el coeficiente de variancia $v = \frac{\sigma}{\bar{X}} < 0.3$, puede escribirse

$$v_y^2 = v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2 \quad (2d)$$

En la siguiente página aparece un formato útil para el procedimiento de estimación.

Las cantidades que deben estimarse primeramente aparecen en las columnas 2, 3, 5 y 7. Las otras cantidades se calculan de acuerdo con las siguientes expresiones.

Formato para la estimación

Número de cuenta (1)	Cantidades, en unidades (2)	Horas - hombre		Costos por mano de obra		Costos por materiales		Costo total, en pesos (9)
		Por unidad (3)	Total (4)	Salarios, en pesos por hora (5)	Total, en pesos (6)	Costo, por unidad (7)	Total, en pesos (8)	
1	e_{11}	e_{12}	e_{13}	e_{14}	e_{15}	e_{16}	e_{17}	e_{18}
2	e_{21}	e_{22}	e_{23}	e_{24}	e_{25}	e_{26}	e_{27}	e_{28}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n	e_{n1}	e_{n2}	e_{n3}	e_{n4}	e_{n5}	e_{n6}	e_{n7}	e_{n8}
			E_3		E_5		E_7	E_8

Horas-hombre $e_{i3} = e_{i1} \times e_{i2}$ (3a)

Estimación total $E_8 = \sum e_{i8}$ (4d)

Costos por mano de obra $e_{i5} = e_{i3} \times e_{i4}$ (3b)

& $E_8 = E_5 + E_7$ (4e)

Costos por materiales $e_{i7} = e_{i1} \times e_{i6}$ (3c)

Costo Total $e_{i8} = e_{i5} + e_{i7}$ (3d)

Total de horas-hombre $E_3 = \sum e_{i3}$ (4a)

Total de costos por mano de obra $E_5 = \sum e_{i5}$ (4b)

Total de costos por materiales $E_7 = \sum e_{i7}$ (4c)

1/2/2008

Distribuciones de las primeras estimaciones

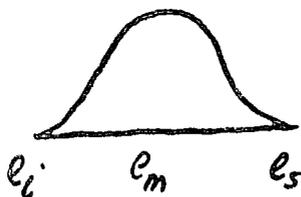
(11)

Las funciones deben satisfacer las siguientes condiciones:

1. Límites. Para una estimación dada existen límites superiores e inferiores fuera de los cuales existe relativa certeza de que no ocurrirá ningún valor.
2. Continuidad. No hay razón para suponer que las funciones de densidad son discontinuas.
3. Convexidad. Se supondrá que la probabilidad de ocurrencia de un evento decrece conforme se acerque a los límites superior o inferior. También, se supondrá que la distribución es unimodal.
4. Asimetría. Ya que los costos tienen mayor libertad para crecer que para decrecer, debe esperarse una asimetría hacia la derecha de la media.

Algunas funciones de densidad con las características enunciadas son:

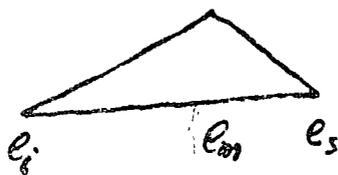
Beta



$$\text{media } \frac{1}{6} (e_i + 4e_m + e_s)$$

$$\text{variancia } \frac{1}{36} (e_s - e_i)^2$$

Triangular



$$\text{media } \frac{1}{3} (e_i + e_m + e_s)$$

$$\text{variancia } \frac{1}{20} (e_s - e_i)^2$$

Uniforme



$$\text{media } \frac{1}{2} (e_i + e_s)$$

$$\text{variancia } \frac{1}{12} (e_s - e_i)^2$$

Con el modelo de estimación propuesto:

1. Es posible calcular la media y la variancia de la estimación total basada en las medias y las variancias de los elementos individuales
2. Se necesitan juicios acerca de la correlación entre cuentas.
3. La desviación estándar producida en este método es una medida de la contingencia.

Comentarios:

Como e_{is} y e_{it} son funciones lineales de e_{i1} , existe correlación al sumarse para formar e_{is} .

También, existe correlación entre algunos elementos en la mano de obra con respecto a varios números de cuenta, pues las cuadrillas se utilizan en varias operaciones.

Cuando se reconozca correlación entre dos i, j , col. 2, en mano de obra; r_{ij} puede tomarse como $(r_{ij})_2 = 1$

La variancia de la estimación total es:

(16)

$$s_8^2 = \sum s_{i5}^2 + \sum s_{i7}^2 + \sum s_{i9}^2 + s_{10}^2$$

Cuando se suponen coeficientes de variancia constantes en las columnas:

$$s_8^2 = v_5^2 \sum e_{i5}^2 + v_7^2 \sum e_{i7}^2 + 2v_1^2 \sum e_{i5} e_{i7} + v_2^2 \sum_{i \neq j} \sum e_{i5} e_{j5}$$

donde

$$s_9^2 = 2 e_5 e_7 v_1^2 = 2 s_{57}$$

s_{57} = covariancia entre costos de material y m. de o. / cada venta.

$$s_{10}^2 = \sum_{i \neq j} (s_{ij})_5 = (s_{12})_5 + \dots + (s_{1n})_5 + (s_{21})_5 + (s_{33})_5 + \dots + (s_{m,n})_5$$

$$(s_{ij})_5 = (e, e_4)_i (e, e_4)_j \cdot s_{i2} s_{j2}$$

Cuando los coeff. de variancia son ctes. en una col.

$$(s_{ij})_5 = e_{i5} e_{j5} v_2^2$$

En una venta.

$$s_{57} = e_5 e_7 v_1^2$$

Cálculo de la contingencia

La contingencia de un proyecto puede interpretarse ~~por~~ con la cantidad que cuando se suma al valor estimado, producirá un nivel aceptable de riesgo, medido este por una probabilidad de falla.

El procedimiento es:

1. Fije un nivel de riesgo, $P\{CR \geq E + zS\}$

donde CR = costo real

$zS = C_c$ = costo por contingencias.

2. Determine el valor de z en una distribución normal, en donde z se toma como el valor de la normal estandarizada que produce la probabilidad deseada.

Ejemplo:

Suposiciones $U_1 = U_4 = U_6 = 0.05$ constantes

$$U_2 = 0.15$$

Ejemplos

Desviaciones estándar

(1)	Ejemplos							Desviaciones estándar			Covarianza S ₁₀
	(2) e ₁	(3) e ₂	(4) e ₃	(5) e ₄	(6) e ₅	(7) e ₆	(8) e ₇	Med. Material S ₅	S ₇	S ₉	
1.1	20	10	200	6	1200	25	500	199	35	55	
1.2	150	20	3000	7	21000	15	2250	3482	159	486	
1.3	30	50	1500	6	9000	-60	1800	1492	127	285	
1.4	25	20	500	6	3000	100	2500	497	177	194	
1.5	300	9	2700	7	18900	50	15000	3134	1061	1191	
2.1	700	20	14000	6	84000	200	140000	13930	9899	7668	
2.2	40	50	2000	5	10000	120	4800	1658	3339	490	
2.3	120	40	4800	6	28800	500	60000	4776	4243	2939	
3.1	30	5	150	7	1050	30	900	174	64	69	
3.2	90	9	810	7	5670	10	900	940	64	169	
3.3	110	7	770	5	3850	12	1320	638	93	159	
4.2	240	25	6000	5	30000	60	14400	4975	1018	1470	
4.3	90	110	9900	6	59400	70	6300	9850	445	1328	
4.4	370	12	4440	6	26640	90	33300	4418	2355	2106	
5.1	120	15	1800	7	12600	300	36000	2089	2546	1506	
6.1	5	15	75	7	525	120	600	87	42	40	
6.2	550	6	3300	7	23100	70	38500	3831	2722	2109	
6.3	220	21	4620	6	27720	24	5280	4597	373	855	
6.4	75	12	900	5	4500	121	9075	796	642	452	
6.5	80	17	1360	7	9520	37	2960	1579	209	375	
Totales					380475		376385	20734	11773	9261	24098

Media estimada = 756860

Desviación estándar = 35142

En el ejemplo

$$P\{CR \geq E + zS\} = 0.1$$

$$z = 1.28$$

Si suponemos que $E_0 = 0.1 E_5$

$$V_0 = 0.15$$

$$r_{05} = 0.5$$

entonces $E = 756\,860 + 0.1(380\,475) = 794\,907$

$$S^2 \approx (35\,142)^2 + (0.15 \times 38\,047)^2 + 2 \times 0.5 \times 5700 \sqrt{20734^2 + 24098^2}$$

$$S^2 = 1453 \times 10^6$$

$$S = 38100$$

$$C_c = 1.28 \times 38100 = 48\,800$$

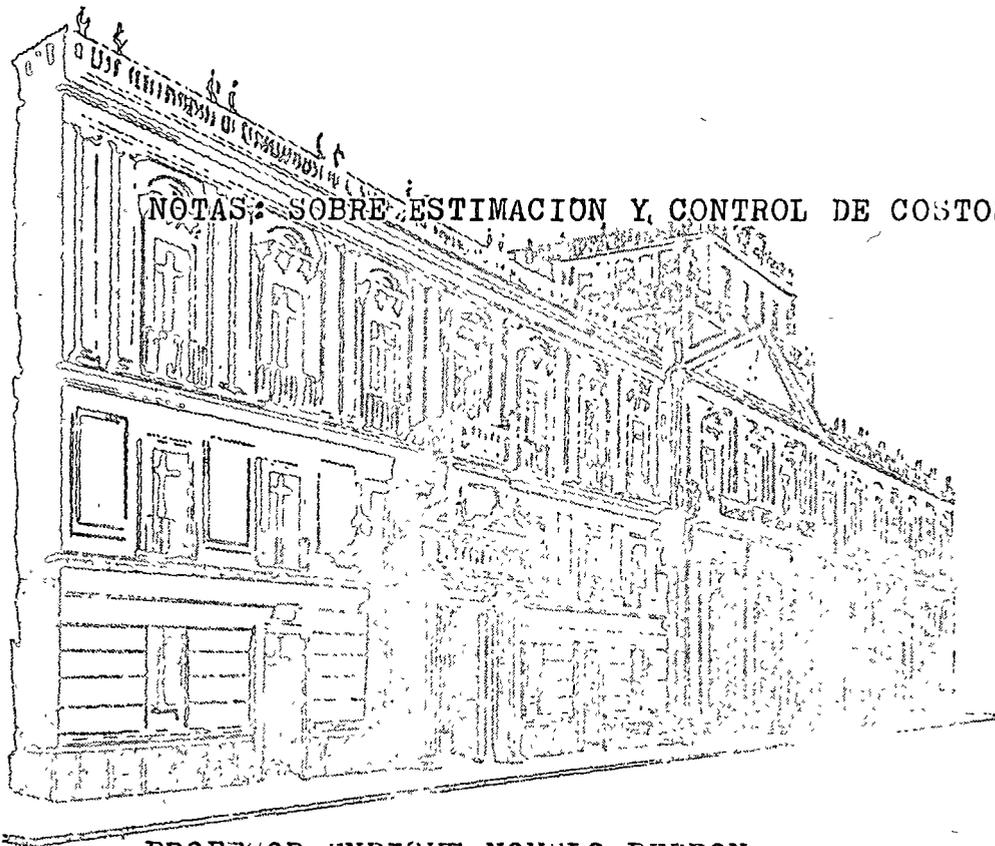
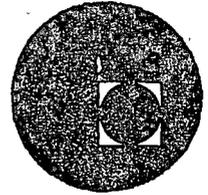
El C_c aumenta el 6.1 % al costo estimado total del proyecto.

Por lo tanto:

$$ETP = 843707$$



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PROFESOR: ENRIQUE NOVELO BERRON.

Septiembre de 1976.

Handwritten text at the top of the page, possibly a header or title, which is mostly illegible due to fading and blurring.



APUNTES PARA EL CURSO: ESTIMACION Y CONTROL DE COSTOS.

PROF. ENRIQUE NOVELD BERLON. SEPTIEMBRE DE 1976. (1)

I. HISTOGRAMAS DE COSTOS.

Un conjunto desordenado de datos es amorfo y, por lo tanto, de poco valor. Suponga que cuenta con las siguientes 70 observaciones:

39	54	21	42	66	50	56
62	59	40	41	75	63	58
32	43	51	60	65	48	61
27	46	60	73	36	38	54
60	36	35	76	54	55	45
71	54	46	47	42	52	47
62	55	49	39	40	69	58
52	78	56	55	62	32	57
45	84	36	58	64	67	62
51	36	73	37	42	53	49

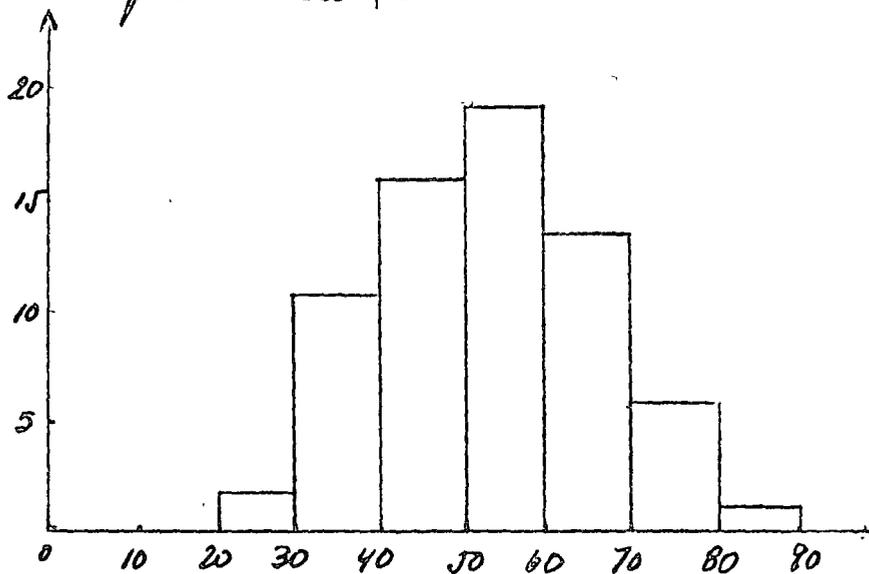
Estas observaciones aparecen en el orden en que ocurrieron. Sin embargo, nos interesan las regiones donde están más agrupados los datos y en donde lo están menos, los valores más frecuentes y el rango en el que ocurren las observaciones. En ocasiones interesa también el comportamiento general de esos valores, lo que se conoce como función de distribución.

Para obtener una distribución de frecuencias se clasifican los datos en una tabla de frecuencias. Por ahora aceptemos que el rango se divide en intervalos de clase de igual tamaño; en este caso de 10 unidades cada uno. En la tabla de frecuencias se presentan los números de observaciones (las frecuencias) que corresponden a los intervalos seleccionados.

Tabla de frecuencias

Intervalos de clase	frecuencias
20-29	2
30-39	11
40-49	16
50-59	20
60-69	14
70-79	6
80-89	1

La tabla de frecuencias da por sí misma una idea de cómo se distribuyen las frecuencias. Aún podemos mejorar nuestra visión si representamos las frecuencias con barras.



Histograma

Para no desvirtuar la naturaleza de la distribución, no debemos escoger el número de intervalos muy grande o muy pequeño. Si este es chico, la naturaleza de la distribución se vuelve oscura; si es grande el histograma se vuelve confuso y no mostrará la regularidad que pudieran tener los datos.

Para cada conjunto de datos podemos encontrar un ancho de intervalo adecuado. Si k es el número de intervalos

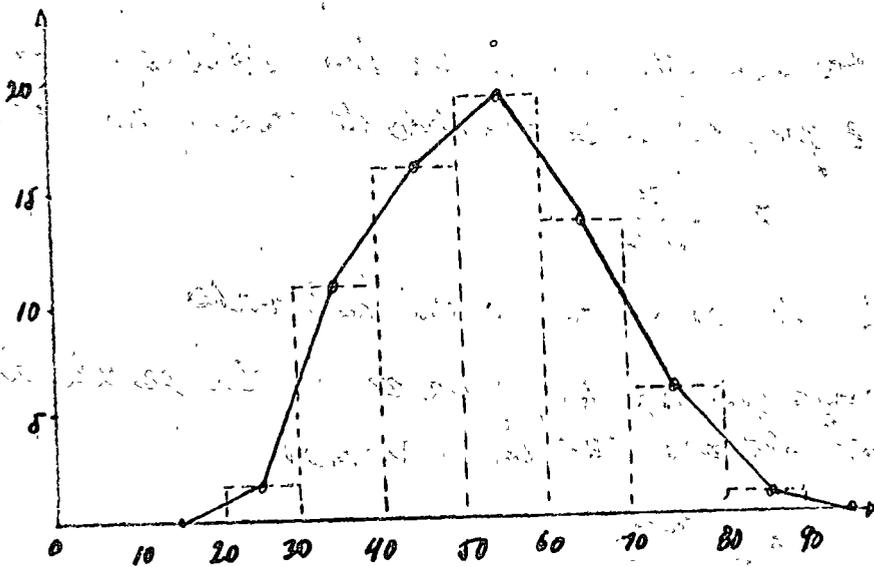
$$k = \frac{\text{rango de las observaciones}}{\text{ancho del intervalo}}$$

El número de intervalos crece con un número mayor de datos. Sin embargo, esto no es suficiente para encontrar el número k más apropiado. Si el número de datos no es muy grande puede utilizarse:

$$K = 1 + 3.3 \log_{10} N$$

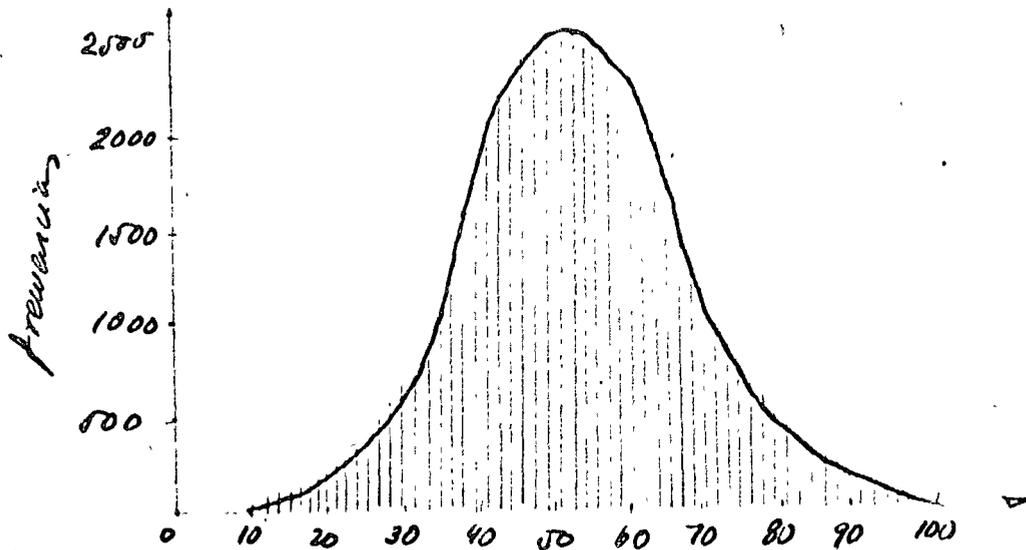
donde N = número de datos.

Al unir los puntos centrales de las partes superiores de las barras se obtiene un polígono de frecuencias.



Si pudiésemos estudiar un número mucho mayor de datos, 1000 o 10000, el número de intervalos de clase aumentaría y los puntos del polígono de frecuencias se juntarían aún más, pudiéndose reemplazar la línea quebrada del polígono de frecuencias por una curva, llamada curva de frecuencias (siguiente página).

A continuación cambiaremos la escala de la ordenada de manera que el área bajo la curva de distribución de frecuencias sea unitaria.



Curva de distribución de frecuencias

Si la escala de frecuencias es k en las ordenadas, podemos calcular un valor z que dará el cambio de escala en la ordenada

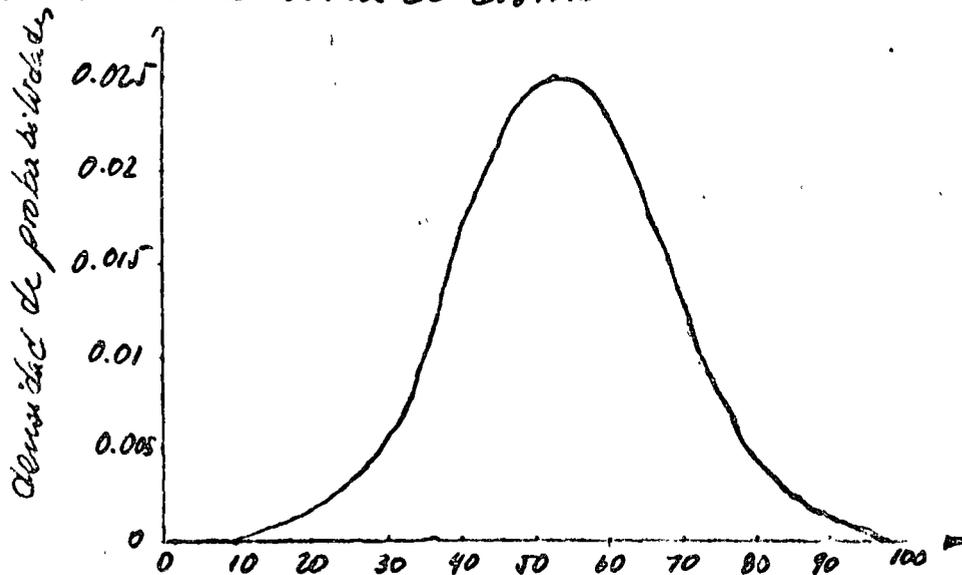
$$z = \frac{k}{NA}$$

donde A es el ancho del intervalo

Como ejemplo, suponga que en la figura de arriba se usaron 80000 observaciones y el ancho del intervalo, 1.25. Como $k=1000$

$$z = \frac{1000}{80000(1.25)} = 0.01$$

La figura siguiente muestra la nueva escala en las ordenadas. A esta curva la llamamos curva de distribución



curva de distribución

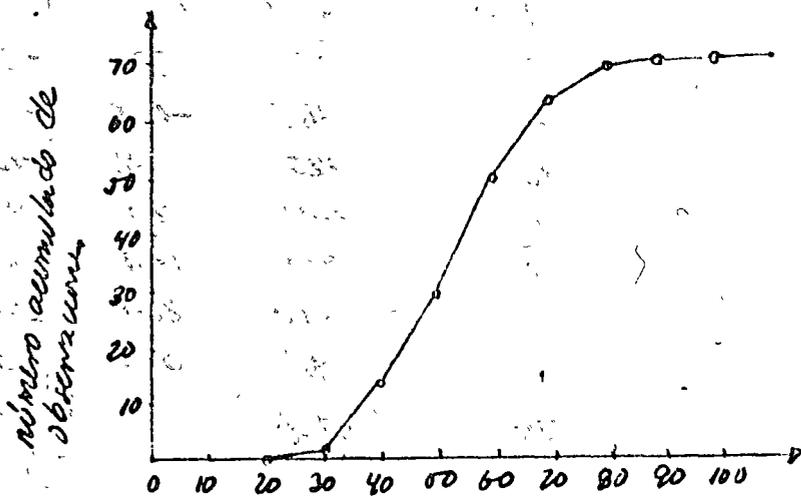
2. DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD Y SUS PARÁMETROS.

Para responder a la pregunta de cuántas observaciones son iguales o menores que un valor específico x ?, se acumulan los números de observaciones como sigue:

Tabla de frecuencia acumulada

Intervalo de clase	Frecuencia	Frecuencia acumulada
0-19	0	0
20-29	2	2
30-39	11	13
40-49	16	29
50-59	20	49
60-69	14	63
70-79	6	69
80-89	1	70
90 o mayor	0	70

Tomando los puntos finales de los intervalos de clase como una aproximación para representar gráficamente las observaciones acumuladas, obtenemos el polígono de frecuencias acumuladas



Como el conjunto de datos tiende a condensarse en pocos números, no se calculan algunos parámetros asociados con una distribución. Los más importantes son las medidas de la tendencia central y la dispersión de los datos. El modo es donde se localiza el valor más frecuente de la distribución. En el ejemplo es 53.

La mediana es el punto que divide el área bajo la curva de distribución en dos mitades; en el ejemplo, 55.

La medida de tendencia central más importante es la media aritmética y corresponde al centro de gravedad de la distribución. Así, la media de una muestra de N observaciones x_1, x_2, \dots, x_N se calcula con

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

En el ejemplo, 52.3

Puede usarse también la tabla de frecuencias para obtener una buena aproximación de la media. Si llamamos al punto central del j -ésimo intervalo de clase como x_j y a la frecuencia del mismo intervalo por f_j :

$$\bar{x} = \frac{1}{\sum_{j=1}^k f_j} \sum_{j=1}^k f_j x_j$$

Intervalo de clase	Centro del intervalo de clase	Frecuencias				
	x_j	f_j	$f_j x_j$	$x_j - \bar{x}$	$f_j(x_j - \bar{x})$	$f_j(x_j - \bar{x})^2$
20-29	25	2	50	-27.9	-55.8	1560
30-39	35	11	385	-17.9	-196.9	3510
40-49	45	16	720	-7.9	-126.4	1000
50-59	55	20	1100	2.1	42.0	90
60-69	65	14	910	12.1	169.4	2050
70-79	75	6	450	22.1	132.6	2930
80-89	85	1	85	32.1	32.1	1030
Σ		70	3700		-3.0	12170

$$\bar{x} = \frac{3700}{70} = 52.9$$

$$s = \sqrt{\frac{12170}{69}} = 13.3$$

Las diferencias obtenidas en el cálculo de la media se deben a la concentración de todos los valores de un intervalo de clase en el centro de la clase.

Las medidas de dispersión son:

El rango $r = x_{\max} - x_{\min}$ = diferencia de la mayor y la ^{menor} observación.

En el ejemplo $r = 84 - 21 = 63$

El rango no es una medida de dispersión satisfactoria ya que depende en mucho de N y tiende a crecer conforme N aumenta.

Una mejor medida de dispersión es la desviación estándar

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

En el ejemplo, $s = 13$

Si usamos la tabla de frecuencias para calcular s

$$s = \sqrt{\frac{1}{\left(\sum_{j=1}^k p_j\right) - 1} \sum_{j=1}^k p_j (x_j - \bar{x})^2}$$

La desviación estándar de una distribución corresponde al radio de giro del área bajo la curva de distribución relacionado con el eje que pasa en la media

El cuadrado de la desviación estándar, la variancia s^2 , se usa a menudo como una medida de dispersión.

El cociente de la desviación estándar y la media se llama coeficiente de variación y, en ocasiones, es de mayor utilidad al comparar la variabilidad de las funciones de distribución

$$k_2 = \frac{s}{\bar{x}}$$

Existen otras medidas de dispersión como los momentos, los momentos centrales, etc.

Otras medidas que ayudan a comparar o a conocer a las funciones de distribución son los coeficientes de asimetría y de forma.

3. INTERVALOS DE CONFIANZA, DE TOLERANCIA Y DE PREDICCIÓN.

A continuación se describirán los procedimientos para construir tres tipos de intervalos estadísticos:

1. Un intervalo de confianza que contenga la media de la población.
2. Un intervalo de tolerancia que contenga una proporción dada de la población.
3. Un intervalo de predicción que contenga todas las observaciones futuras que se especifiquen.

Intervalo de confianza para la media de la población.

La media muestral $\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$; donde las x_i son observaciones, una estimación de la media poblacional, pero varía de muestra a muestra y eso la hace diferente a la media poblacional. Sin embargo es posible construir un intervalo estadístico conocido como "Intervalo de confianza para la media poblacional μ ". Este intervalo incluye a μ con una probabilidad seleccionada. A esta probabilidad se conoce como el nivel de confianza.

Así, un intervalo de confianza para la media poblacional al 95% de nivel de confianza es un intervalo que incluye a μ con una probabilidad de 95%.

La forma de calcularlo es

$$\bar{y} \pm C_M(n) \cdot s$$

donde \bar{y} es la media muestral

s desviación estándar muestral

$C_M(n)$ factor constante, para una muestra de tamaño

tamaño n y un nivel de confianza de 95%

Los valores típicos de $C_{95}(n)$, para $M=95\%$, se muestran en la siguiente tabla.

n	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	20	25	30	40	60	100
$C_{95}(n)$	1.59	1.24	1.05	0.92	0.84	0.77	0.72	0.67	0.64	0.55	0.47	0.41	0.37	0.32	0.25	0

Ejemplo: Suponga que se tienen las siguientes cinco observaciones de un parámetro cuyo comportamiento sigue una distribución normal: 51.4, 49.5, 48.7, 49.3 y 51.6.

Deseamos construir un intervalo de confianza al 95% de nivel de confianza para el valor medio del parámetro.

Sol. $\bar{y} = 50.1$, $s = 1.31$, $C_{95}(n) = 1.24$

$$50.1 \pm (1.24)(1.31)$$

Así, podemos asegurar con un nivel de confianza del 95% que el intervalo (48.48, 51.12) contiene el valor de la media poblacional.

Note que esta declaración de probabilidad se relaciona con el intervalo y no con el valor del parámetro que se está estimando. O sea, se dice que el intervalo contiene el valor de la media con una probabilidad del $x\%$, y no que la media está contenida en el intervalo con una probabilidad del $x\%$. Esto es porque, para un intervalo dado, el valor de la media está o no contenido en el intervalo. En cambio sí podemos decir que ese valor que está contenido en un intervalo calculado con una confianza del $x\%$ es el intervalo de confianza que contenga una porción específica de la población (Intervalo de tolerancia).

Aquí, debemos construir un intervalo que comprenda una parte especificada de la población, que en este caso consideraremos ser

Si conocemos \bar{y} y s podemos calcular el intervalo de confianza que contenga, con una probabilidad T , al menos el 95, 90, 85 o 80% de la población, de acuerdo con

$$\bar{y} \pm C_{T, \% \text{ población}} (n) \times S$$

Los valores típicos de $C_{T, \%} (n)$, para $T=95\%$ se muestran en la siguiente tabla.

n	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	20	25	30	40	60	∞
$C_{95, 90} (n)$	5.31	4.28	3.71	3.31	3.14	2.97	2.84	2.74	2.66	2.48	2.31	2.21	2.14	2.05	1.87	1.64
$C_{95, 95} (n)$	6.31	5.08	4.41	4.01	3.83	3.65	3.52	3.42	3.34	3.15	2.97	2.87	2.80	2.71	2.53	2.30
$C_{95, 99} (n)$	8.30	6.63	5.78	5.25	4.87	4.63	4.43	4.28	4.15	3.88	3.62	3.46	3.35	3.21	2.97	2.65

En nuestro ejemplo, al 95% de confianza, el intervalo de confianza es

$$50.1 \pm (4.28)(1.31)$$

Es decir, uno puede afirmar, con un nivel de confianza del 95%, que el intervalo (44.49, 55.71) contiene al menos el 90% de la población muestreada.

Intervalo de predicción que contenga todas las observaciones futuras que se especifiquen.

Para k observaciones futuras de una población normal podemos construir un intervalo que las contenga, con un nivel de confianza relacionado, de acuerdo con

$$\bar{y} \pm C_{p, k} \times S$$

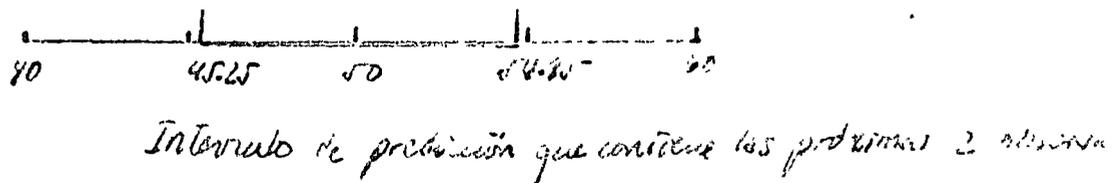
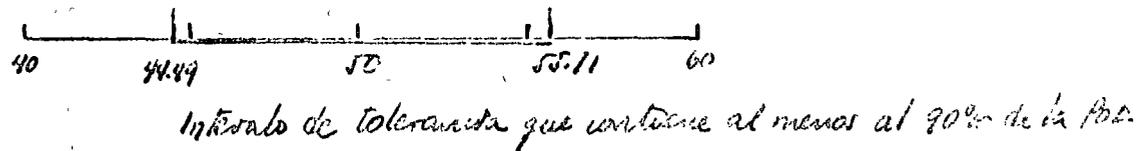
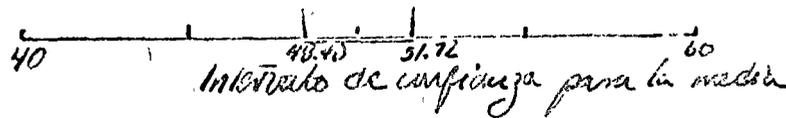
Los valores típicos de $C_{p, k}$, para un 95% de confianza se muestran en la siguiente tabla.

n	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	20	25	30	40	60	∞
$C_{95,1}(n)$	3.56	3.04	2.78	2.62	2.51	2.43	2.31	2.23	2.19	2.22	2.24	2.10	2.08	2.05	2.02	1.96
$C_{95,2}(n)$	4.41	3.70	3.33	3.11	2.97	2.86	2.74	2.72	2.68	2.51	2.48	2.43	2.39	2.35	2.31	2.24
$C_{95,5}(n)$	5.56	4.58	4.08	3.77	3.57	3.43	3.32	3.24	3.17	3.03	2.90	2.83	2.78	2.73	2.67	2.57
$C_{95,10}(n)$	6.41	5.23	4.63	4.26	4.02	3.85	3.72	3.62	3.53	3.36	3.21	3.12	3.06	2.99	2.93	2.80
$C_{95,20}(n)$	7.21	5.85	5.16	4.74	4.46	4.26	4.10	3.98	3.89	3.69	3.50	3.40	3.33	3.25	3.17	2.92

En el ejemplo, si se tomaran dos observaciones adicionales, $k=2$, estas estarían localizadas en el intervalo.

$$50.1 \pm (3.7)(1.31) \text{ con una probabilidad del } 95\%$$

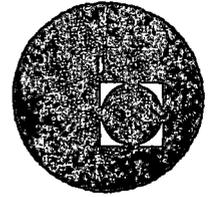
Comparación entre intervalos
nivel de confianza 95%







centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



ESTIMACION Y CONTROL DE COSTOS



Ing. Eliseo Cortés Salcedo



THE
 UNITED STATES OF AMERICA
 DISTRICT COURT OF THE DISTRICT OF COLUMBIA
 IN RE:

INDICES DE COSTOS

I.- INTRODUCCION

Es un hecho cierto que en cualquier economía se presenta un proceso inflacionario, debido principalmente al incremento en la mano de obra, pero en el que están involucrados otros aspectos económicos. Por otra parte, el avance tecnológico se refleja en los costos y tiende a abatirlos.

Por tanto, resulta manifiesta la necesidad de conocer la variación del costo de grupos afines de bienes, lo cual se consigue por medio de los índices de costo.

El estudio de los números índice representa una de las técnicas - dirigidas al análisis de datos clasificados; la otra es el estudio de series cronológicas.

Con frecuencia se emplea el término "índice" como sinónimo de porcentaje o proporción entre números, y se le concibe como una cantidad absoluta que sirve para medir.

Un número índice compara una medida actual con otra, anterior, o de un lapso escogido como base. Dicho de otro modo, un índice sirve para describir o indicar, ya que no es posible substituir un conjunto de datos observados, por una cifra única, sin que se pierda información.

II.- FENOMENOS INFLACIONARIOS

En toda economía se presentan fenómenos inflacionarios que propenden una tendencia al alza en el nivel general de precios de la --

producción en curso, aunque también es posible que haya inflación sin aumento de los precios cuando se ejercen diversos controles - para impedir incrementos en los mismos, que concurrirían en otras circunstancias; a un estado de la economía como este último descrito se le denomina "inflación reprimida".

En realidad, cuando se habla de inflación, hay necesidad de referirse a cualquiera de las dos posibilidades siguientes:

- a) Un estado de exceso en la demanda global, en el cual puede ser libre o reprimida el alza de precios; o
- b) Una condición de alza en los precios sin que se presente exceso en la demanda.

TIPOS DE INFLACION

Suelen distinguirse tres tipos de inflación: por demanda excesiva de producción, por aumento en los costos, o por incremento de las ganancias.

A efecto de proceder a describir, así sea brevemente, cada uno de tales tipos de inflación, resulta conveniente definir los conceptos que siguen:

Producto Nacional Bruto.- Es la suma de gastos personales de bienes y servicios, más gastos del gobierno en bienes y servicios, más la inversión bruta en equipo, construcción e incremento de inventarios. Suele definirse también como la suma de los costos de los factores de la producción (salarios, intereses, rentas y utilidades, -excepto los costos de los bienes intermedios-, más los impuestos indirectos de los negocios y los costos de depreciación.

○ Producto Nacional Neto.- Es el producto nacional bruto, menos los costos de depreciación de los bienes de capital; es decir, incluye inversiones netas. Se puede establecer:

$$PNN = C + I + G$$

donde PNN = producto nacional neto

C = gastos de consumo

I = inversión neta

G = gastos del gobierno

siendo $I = APN + ANN + ANG$

en la que APN = ahorro personal neto

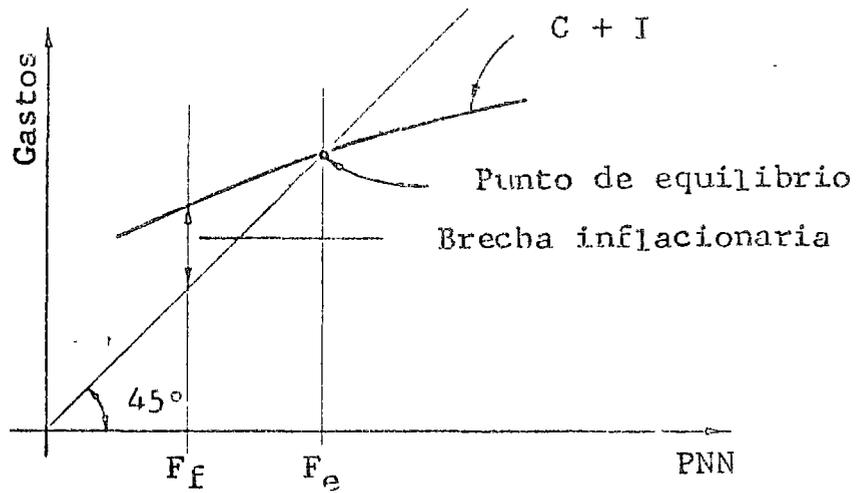
ANN = ahorro de los negocios, neto

ANG = ahorro neto del gobierno

○ Ingreso Disponible.- Si al PNN se deducen las utilidades de los negocios no distribuidas como dividendos, y los impuestos directos e indirectos, y se le suman los pagos de transferencia (como gastos del gobierno en bienestar y seguridad social, o pagos de intereses sobre la deuda pública), se obtiene el ingreso disponible, es decir, lo que se dispone para gastar

Inflación por Demanda Excesiva

○ Cuando el ahorro es menor que la inversión, a empleo pleno, existe una "brecha inflacionaria" que mide el exceso de la inversión, respecto al ahorro, como se muestra en la siguiente gráfica.



La demanda excesiva de producción, que significa también exceso en la demanda de insumos, aumenta los precios de los productos e insumos, siempre que los precios estén en libertad para subir; el sistema continúa en desequilibrio hasta que el propio desarrollo de la economía eleva F_f al nivel de F_e , o bien hasta que algún cambio autónomo disminuye la función demanda global en su valor, reduciendo F_e al nivel F_f , o bien hasta que mediante ciertos efectos inducidos el proceso del aumento de precios disminuye la demanda global y reduce F_e a la igualdad con F_f .

Si por medio de control gubernamental se impide la inflación libre, se presenta la inflación reprimida, pudiendo ocurrir que los efectos equilibradores del alza de precios queden suprimidos, o bien que la expectativa de escasez futura aumente el exceso de la demanda; en estas circunstancias el problema puede ser mayor aún.

Inflación por Aumento en los Costos

Incrementos en la mano de obra, es decir, en los salarios, llevan a aumentos en los costos de producción, y estos a su vez, a aumento en los precios, aún no existiendo demanda excesiva. Lo anterior, en virtud de que los aumentos en los salarios son independientes de la curva de demanda de mano de obra; las tasas de salarios no tienen -

equilibrio, y representan fuerzas autónomas dentro del sistema, por lo que se colige que son los salarios los que fomentan el aumento de precios.

Inflación por Aumento en las Ganancias

Cuando los gastos generales fijos de operación (ventas, administración, investigación y desarrollo) aumentan aún para niveles de salarios constantes, impulsan ascendentemente el nivel de los precios; se considera que los empresarios tienen por interés la obtención máxima de utilidades, o bien, a cierta tasa determinada como objetivo de rendimiento en la inversión; aunado esto a la inestabilidad de la demanda, da origen a aumentos autónomos en los precios.

Inflación Progresiva y Sostenida

Si en un contexto global no existe una excesiva demanda, sino que está distribuida de modo que en algunos sectores de la economía sea excesiva, e inadecuada en otros, puede presentarse un mecanismo inflacionario con componentes de los anteriores; en una economía de precios "controlados" existe una marcada rigidez hacia la baja de precios. En los sectores donde hay exceso de demanda suben los precios, pero no bajan en los sectores donde la demanda es escasa, dando por resultado neto un alza en el nivel total de precios.

El exceso de la demanda induce un alza y los precios controlados impiden la baja compensatoria; por esto, se le suele denominar también "inflación de retén".

III.- NUMEROS INDICE

Los números índice son métodos estadísticos que se emplean para medir las diferencias en la magnitud de una variable, o de un conjunto

de variables relacionadas; dichas variables pueden ser; precios de artículos o de servicios, cantidad física de artículos, eficiencia, etc..., y las comparaciones se pueden hacer entre períodos de tiempo, lugares, categorías semejantes, etc...

Clases de números índice

Números índice simples.- Son aquellos que se refieren a un bien particular y pueden elaborarse aún cuando solo se disponga de una sola serie cronológica.

Números índice compuestos.- Son aquellos que se refieren, en términos generales, a cambios en cantidad, precio ó valor, de diversos bienes; para su elaboración se requiere de varias series cronológicas para bienes afines.

Consideraciones para elaborar número índice

Los factores que deben considerarse para elaborar los números índice, son los siguientes:

- a) Selección de series
- b) Selección de fuentes de datos
- c) Determinación de la base
- d) Método para combinar datos
- e) Sistema de ponderación

Cabe citar que no todos los factores tienen la misma importancia, ni son siempre independientes unos de otros. Así, un sistema simple de ponderación requiere una relación de bienes diferente que ha de emplearse en un método de ponderación separada para cada subgrupo de un índice; por otra parte, el sistema de ponderación depende, en parte, del método para combinar los datos.

Puesto que la finalidad de los números índice es mostrar los cambios de un grupo de variables relacionadas, conviene precisar primero algunas clases de medidas que pueden representarse por medio de dichos números:

Relativo de Precio.- Es en realidad el concepto más simple de números índice, y puede ser definido como la razón del precio de un bien determinado en un cierto período, al precio del mismo bien en otro período, llamado período base o de referencia; se supone que el precio del bien permanece constante dentro de cualquiera de los períodos mencionados. Se establece:

$$\text{Relativo de precio} = \frac{P_n}{P_o} \cdot 100$$

donde: P_n = precio del bien en el período considerado, y
 P_o = precio del mismo bien en el período base

Los relativos de precio tienen por propiedades, las siguientes:

a) De Identidad.- El relativo de precio para un cierto período, con respecto al mismo período, es igual a 100%; es decir:

$$P_a/a = 1$$

b) Tiempo Inverso.- Al intercambiarse dos períodos, sus correspondientes relativos de precio son recíprocos entre sí; queda:

$$P_{a/b} = \frac{1}{P_{b/a}}$$

c) Cíclica o Circular.- Se expresa:

$$P_{a/b} \times P_{b/c} \times P_{c/a} = 1$$

d) Cíclica o Circular Modificada

$$P_{a/b} \times P_{b/c} = \frac{1}{P_{c/a}} = P_{a/c}$$

Relativo de Cantidad o Volumen.- Análogamente al concepto de relativo de precio, se establece

$$\text{Relativo de Cantidad o Volumen} = \frac{q_n}{q_0} \times 100$$

Relativo de Valor.- La razón del valor total de un bien (producto del precio del bien por la cantidad o volumen producido) en un cierto período, con respecto al valor total del bien en otro período, define el relativo de valor, que se expresa:

$$\text{Relativo de Valor} = \frac{P_u}{P_o} \times \frac{q_u}{q_o} = \frac{P_u q_u}{P_o q_o} = \frac{V_u}{V_o}$$

Tanto a los relativos de cantidad o volumen, como a los relativos de valor, son aplicables las propiedades de los relativos de precio.

Enlaces y Cadenas Relativas.- Los relativos de precio, cantidad o volumen, o valor, para un período dado, con respecto al período base, puede expresarse en término de enlaces relativos. Así:

$$P_{5/2} = P_{5/4} \times P_{4/3} \times P_{3/2} \text{ , o bien:}$$

$$\frac{P_2}{P_5} = \frac{P_2}{P_3} \times \frac{P_3}{P_4} \times \frac{P_4}{P_5} = P_{5/2}$$

Selección de las Series

En la práctica, suele ser común que se presenten simultáneamente comparaciones de precios, cantidades o volúmenes y valores. Por tanto, el cálculo de números índice compuestos que incluyen un gran número de bienes, implica la necesidad de identificar, primero, la extensión de bienes que describirán en el índice, y después - -

seleccionar el muestreo de dichos bienes para el cálculo del índice.

Es fundamental emplear el muestreo de los bienes que se consideren a la vez que representativos comparables entre períodos, en base a su importancia, evaluada con respecto al total de bienes; esto dá por resultado un muestreo de juicio, por lo que no son aplicables los métodos de inferencia estadística para su evaluación.

Para que los números índice compuestos sean comparables de período a período, conviene utilizar el mismo período base en todo el análisis, incluir el mismo muestreo de bienes en cada período y asignar idéntica ponderación a cada bien entre ambos períodos.

El empleo de "medias" en el cálculo de números índice es de gran importancia, ya que hay necesidad de resumir gran cantidad de información para obtener un índice sencillo.

Selección de Fuentes de Datos

La selección de datos de costos para la elaboración de un índice reviste gran importancia, debiendo ser exactos y comparables, además de adecuados con respecto al índice por obtener. Para el caso, las fuentes de información deben ser siempre las mismas para una misma región y homogéneas para todo el sistema; por otra parte, dichas fuentes han de ser suficientemente representativas del mercado. Los datos deben reunir como características:

a) Exactitud.- Solo son dignos de confianza los datos estadísticos que se reporten en forma precisa.

b) Comparabilidad.- Para que los datos de costos resulten útiles, han de ser comparables entre sí y en las diferentes épocas, de tal forma que si la proporción en que interviene cierto material tiene

variaciones en el tiempo, o es substituído por otro, se observe su influencia en el índice respectivo, el cual se debe revisar al modificarse estos conceptos.

c) Grado de Representación.- Debe tomarse una muestra que se comporte como el conjunto del que se obtuvo.

d) Suficiencia.- Debe hacerse una elección de los casos que hagan suficientemente representativo el índice para los fines que se persigan.

Determinación de la Base

Cualquiera que sea la fórmula que se emplee para ponderar y combinar los datos, es usual elegir un período de tiempo (generalmente un año) como 100% con el cual comparar los otros números índice.

Solo hay una norma general para seleccionar el año base del índice, y es que el año tomado como tal sea "normal", es decir, que no sea de inflación o deflación muy marcadas, o bien un año en el que se realicen censos económicos.

Con todo, es probable que ningún año sea lo bastante normal; aún cuando no tan específico, un promedio de varios años da por resultado un período base mejor.

Ahora bien; un año base puede ser satisfactorio durante varios años, pero al paso del tiempo pierde significación y puede ser conveniente cambiar a un período más reciente; entre las razones que lo determinan cabe citar:

a) La dispersión de los relativos de precio se hace tan grande que ningún promedio merece confianza.

b) La norma de consumo cambia a grado tal que no puede encontrarse ningún grupo de artículos que incluya los principales gastos comunes a ambos periodos.

c) La calidad de muchos productos, nominalmente la misma, cambia con el tiempo.

En la práctica, se pretende que el período base elegido para comparación sea económicamente estable, y cercano al momento con el que se compara; por tanto, en ocasiones es necesario cambiar ese período base.

Según lo anterior, se puede proceder como sigue:

a) Calcular nuevamente todos los números índices para el nuevo período base.

b) Hacer una aproximación, dividiendo los números índice para los diferentes años correspondientes al período base original, por el número índice que corresponde al año que se ha escogido como nueva base, expresando los resultados en porcentaje.

Desde el punto de vista matemático, la segunda posibilidad solo es aplicable cuando los números índice satisfacen la prueba circular; empero, para muchos tipos de números índice la aproximación es buena.

Puede tenerse una base indirecta de comparación usando un sistema de índices en cadena, si bien este método no es del todo satisfactorio.

Para la determinación de la base de un índice deben tomarse en consideración los siguientes factores:

- 1.- Selección y determinación del número de bienes.- Han de hacerse de manera que estos resulten representativos de aquellos cuyos cambios de costos se obtendrán por medio del índice.
- 2.- Ponderación de elementos.- Se asigna "peso"(porcentaje) a cada uno de los elementos que integran la base, de acuerdo con las cantidades de participación de los mismos en el total.
- 3.- Determinación del nivel de obtención de los datos.- Se tomará en cuenta el nivel de costos que representará el índice (costos de mayoreo, menudeo o consumidor).
- 4.- Especificaciones de los elementos.- Puesto que un mismo elemento puede tener diferentes calidades o características, se deben especificar las de los elementos a los cuales hará referencia el índice.
- 5.- Solidez de las fuentes de obtención de datos.- De la fidelidad de los datos está cifrada en gran medida, la razón de ser de los índices, por lo que las fuentes de información han de ser capaces de suministrarla por largo tiempo, y lo más fidedignas posible.

Cálculos de Números Índice.

Los métodos para determinación de números índice más empleados en la práctica, y que utilizan diferentes tipos de promedios, se mencionan a continuación.

Aún cuando se enfocan a precios, son aplicables a cantidades o volúmenes y valores.

Un número índice para un grupo de bienes, que tenga por válida una propiedad para los índices individuales, tiene una prueba asociada

a esa propiedad. Cabe citar que el índice que más pruebas importantes reúne es el de Fisher, por lo que se le llama "ideal".

Método de Agregación Simple.- En este método, refiriéndose a precios, se expresa el total de los precios de bienes en período considerado, como un porcentaje del total de los precios de bienes en el período base. Así:

$$I = \frac{\sum P_u}{\sum P_o}$$

donde:

I = índice de precios

P_n = precio de un bien en el período considerado

P_o = precio de un bien en el período base

La ponderación de un índice acumulado por una unidad comercial de cada artículo representado, no es necesaria, pues deja de considerar la importancia real de los diferentes bienes, y esta es una de sus grandes desventajas; la otra, que las unidades en las cotizaciones de los bienes, afectan el valor del índice.

La ventaja de este método estriba en su facilidad de aplicación.

Método de Media de Relativos Simples.- Dependiendo del procedimiento que se emplee, caben varias posibilidades para promediar los relativos de precios: media aritmética, media geométrica, mediana, armónica, etc.; empleando la media aritmética se tiene:

$$\frac{\sum P_n/p_o}{N}$$

donde p = índice de media aritmética simple de relativos de precio

$\sum P_u/p_o$ = suma de todos los relativos de precio de bienes

N = número de relativos de precio empleados

Un inconveniente de este método es que no toma en consideración la importancia relativa de los bienes; sin embargo, las unidades usadas en las cotizaciones de los precios dejan de tener efecto sobre el índice.

Método de Agregación Ponderada.- Este método suprime las desventajas del de agregación simple, pues se asigna "peso" al precio de cada bien mediante un factor adecuado.

La fórmula general es la siguiente:

$$I = \frac{\sum P_n q}{\sum P_o q}$$

donde q es la cantidad del bien producido, es decir, es la cantidad de ponderación o multiplicador; según sea considerado el año base, el año determinado o el año típico, para utilizar las cantidades que se asocien a los precios correspondientes, existen tres fórmulas a saber:

a) Índice de Laspeyres o Método del año base

$$I_l^p = \frac{\sum P_n q_o}{\sum P_o q_o}$$

b) Índice de Paasche o Método del año dado

$$I_p^p = \frac{\sum P_n q_n}{\sum P_o q_n}$$

c) Método del año típico

$$I_t^p = \frac{\sum P_n q_t}{\sum P_o q_t}$$

Índice Ideal, o de Fischer.- Este índice es la media geométrica de los índices de Laspeyres y de Paasche, y satisface las pruebas de tiempo inverso y del factor inverso, lo cual lo hace más ventajoso sobre otros métodos.

$$I_f^p = \left[\left(\frac{P_n q_o}{P_o q_o} \right) \left(\frac{P_n q_n}{P_o q_n} \right) \right]^{0.5}$$

Indice de Marshall-Edgeworth.- Emplea el método de agregación ponderada en un año tipo, donde los "pesos" se toman como media aritmética de las cantidades o volúmenes del año base y del año dado, es decir:

$$q_t = \frac{1}{2} (q_o + q_n)$$

sustituyendo este valor en la fórmula del año típico se obtiene

$$I_{m-e}^p = \frac{\sum p_n (q_o + q_n)}{\sum p_o (q_o + q_n)}$$

Método de Media de Relativos Ponderada.- Evita los inconvenientes del de media de relativos simple. El "peso" que más frecuentemente se usa es la media aritmética ponderada, si bien pueden emplearse otras.

En este método se pesa cada relativo de precio con el valor total de un bien, valor que se obtiene multiplicando el precio del bien por la cantidad.

Pueden utilizarse valores del año base, del año dado o del año - - típico, resultando las expresiones siguientes:

a) Media aritmética ponderada de relativos de precio, usando los valores del año dado

$$I = \frac{\sum (p_n/p_o) (p_o q_o)}{\sum p_o q_o} = \frac{\sum p_n q_o}{\sum p_o q_o}$$

b) Media aritmética ponderada de relativos de precio, usando los valores del año dado

$$I = \frac{\sum (p_n/p_o) (p_n q_n)}{\sum p_n q_n}$$

c) Media aritmética ponderada de relativos de precio, usando los valores del año tipo

$$I = \frac{\sum (p_n/p_o) (p_t q_t)}{\sum p_t q_t}$$

Número Índice Cuantitativos

Con algunas modificaciones, se emplean las mismas fórmulas que se usan para los números índice de precios. Así, un número índice - acumulado de cantidad (volumen físico), o cuantitativo, se obtiene por la fórmula general:

$$I^c = \frac{\sum q_n p}{\sum q_o p}$$

Se observa que, de hecho, es la misma fórmula que para números - índice de precios, en la que se substituyó p por q. De la misma forma pueden obtenerse las expresiones para calcular los índices cuantitativos.

Números Índice de Valor

De manera similar a como se obtuvieron las fórmulas para índices de precios o de cantidad, pueden obtenerse para números índice - de valor. Así, un índice de agregación simple, de valor, resulta:

$$I^v = \frac{\sum p_n q_n}{\sum p_o q_o}$$

donde $\sum p_n q_n$ = valor total de los bienes en el año dado, y
 $\sum p_o q_o$ = valor total de los bienes en el año base

Tipos de Índices por Insumos

Para relacionar el costo de un producto con sus características, resultan útiles los índices basados en los insumos, o en los elementos componentes. Estos índices se refieren a los elementos de un sistema, y dentro de este tipo cabe distinguir los de base fija y los de base variable (correctada).

Indices de Base Fija.- Son aquellos del tipo Laspeyres (Método del año base) y no presentan ninguna corrección para los valores que se obtienen en esta forma.

Estos índices presentan el inconveniente de que al pasar el tiempo las relaciones de porcentaje entre la mano de obra y materiales de un producto, varían notablemente al aumentar la productividad de la mano de obra, y en consecuencia, a medida que transcurre el tiempo, el índice tiende a ser menos representativo del tipo de producto para el que se diseñó.

Si se obtiene un número índice que muestre las variaciones en el costo de la mano de obra y otro que las muestre en el costo de los materiales, puede ocurrir que el precio de los materiales haya aumentado muy poco en proporción al aumento del costo de la mano de obra; esto ocurriría por la aparición de nuevos adelantos tecnológicos que propician un incremento en la productividad de la mano de obra; es decir, el volumen de obra por cada hora-hombre debe ser mayor que tiempo atrás.

Indices de Base Variable.- Este tipo de índice sufre modificación en su base, es decir, ésta es variable; el que más se acercaría a la realidad, es del tipo de Paasche.

En este índice se cambia la base año con año; llevar esto a la práctica implica el empleo de un gran número de horas-hombre y resultaría oneroso, por lo cual se prefiere usar los métodos que se citan a continuación:

- 1.- La base del índice se modifica periódicamente (cada 5 ó 10 años), consiguiendo en esta forma actualizar los elementos que -

figuran en ella y por lo mismo se obtienen valores que se acercan más a los reales, que los que se obtendrían con un índice de base fija.

2.- Los valores del índice se van corrigiendo por el cambio de productividad de la mano de obra al transcurrir el tiempo, lo cual puede lograrse multiplicando los valores del índice por un factor de corrección.

Mediante la valorización de los datos históricos se hace una determinación aproximada de los aumentos a largo plazo que se logran en la productividad.

Indices por Producto.

Atendiendo al producto terminado y no a los elementos que lo forman, en la obtención de números índice por producto tiene interés el análisis de los costos como producto, hasta el momento que puede entrar a servicio.

Cabe observar que un número índice por producto puede desglosarse al nivel que convenga, dando así lugar a un cierto número de sub-índices basados en el producto, o partes determinadas de una obra.

Lo anterior presenta como ventaja que es posible visualizar el efecto que sobre el costo total de un producto, tiene una variación en el costo de cualquier componente.

También suele expresarse el costo de una obra o producto en base al servicio que presta.

Como ejemplo, el índice de costos de obras hidráulicas, se considera subdividido en los siguientes subíndices.

Canceles, conductos y distribución

Presas

Plantas hidroeléctricas

Plantas de bombeo

Sistemas de transmisión

Líneas de tubería de concreto

Caminos y puentes

Edificios

Algunos de tales subíndices, por ejemplo el de caminos y puentes, a su vez se ha subdividido en:

Puentes

Caminos de primer orden

Caminos secundarios (sin pavimentar)

Jerarquización de Índices.

Todo índice forma parte de índices más amplios, y comprende, a su vez, índices más reducidos, de acuerdo a las fronteras o límites que se fijan previamente.

Es necesaria una jerarquización de índices, para darles un orden - según su importancia o grado de aplicación; se presentan varias - formas de análisis por lo que, desde este punto de vista, conviene dividir.

A continuación se presenta una idea de como se puede subdividir un índice en subíndices, los cuales a su vez pueden aún dividirse. Se ejemplifica, para la industria de la construcción en México; se - presentan 18 índices primarios que representan el total a nivel na-

... que se obtienen índices secundarios, etc...

Indices Primarios

- 1.- Carreteras
- 2.- Vías férreas
- 3.- Aeropuertos
- 4.- Obras portuarias
- 5.- Presas
- 6.- Abastecimiento y tratamiento de agua
- 7.- Control y tratamiento de aguas negras
e industriales
- 8.- Plantas hidro eléctricas
- 9.- Plantas termoelectricas

- 10.- Sistemas de transmisión, transformación y distribución
de la energía eléctrica
- 11.- Unidades y conjuntos habitacionales
- 12.- Sistemas hospitalarios y asistenciales
- 13.- Oficinas
- 14.- Centros educativos, culturales y deportivos
- 15.- Sistemas telegráficos y telefónicos
- 16.- Sistemas de radio y televisión
- 17.- Aprovechamiento del petróleo y del gas natural
- 18.- Industrias de transformación

Indice "Carreteras"

Carreteras	A.- Terracerías	a.- Equipo	1.- Equipo
		b.- Materiales	2.- Asfalto
		c.- Mano de obra	3.- Mano de obra
	B.- Pavimento	d.- Sub-base	4.- Tubería Armco
		e.- Base	5.- Cemento
		f.- Carpeta	6.- Acero estructural
			7.- Acero de refuerzo
	C.- Obras de Arte		8.- Grava
			9.- Arena
		g.- Alcantarilla	10.- Explosivos
h.- Cunetas			
i.- Contracunetas			
j.- Registros			
	k.- Puentes		
	l.- Señalamiento		
	m.- etc.		

1

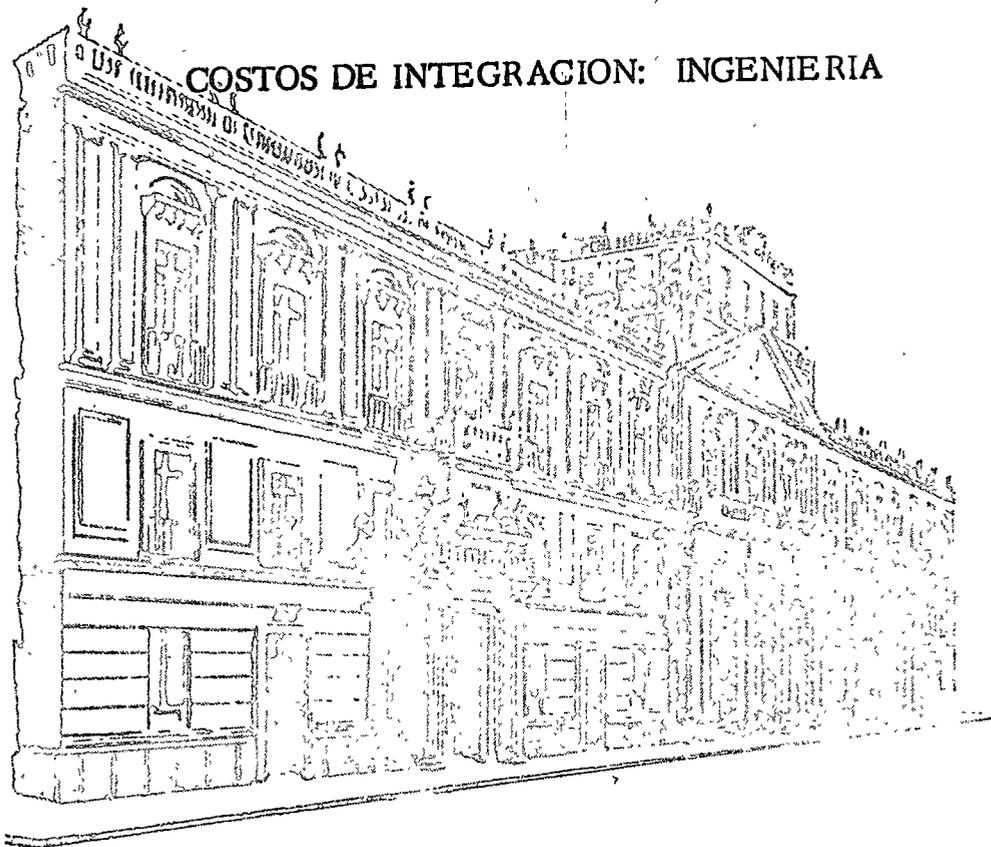




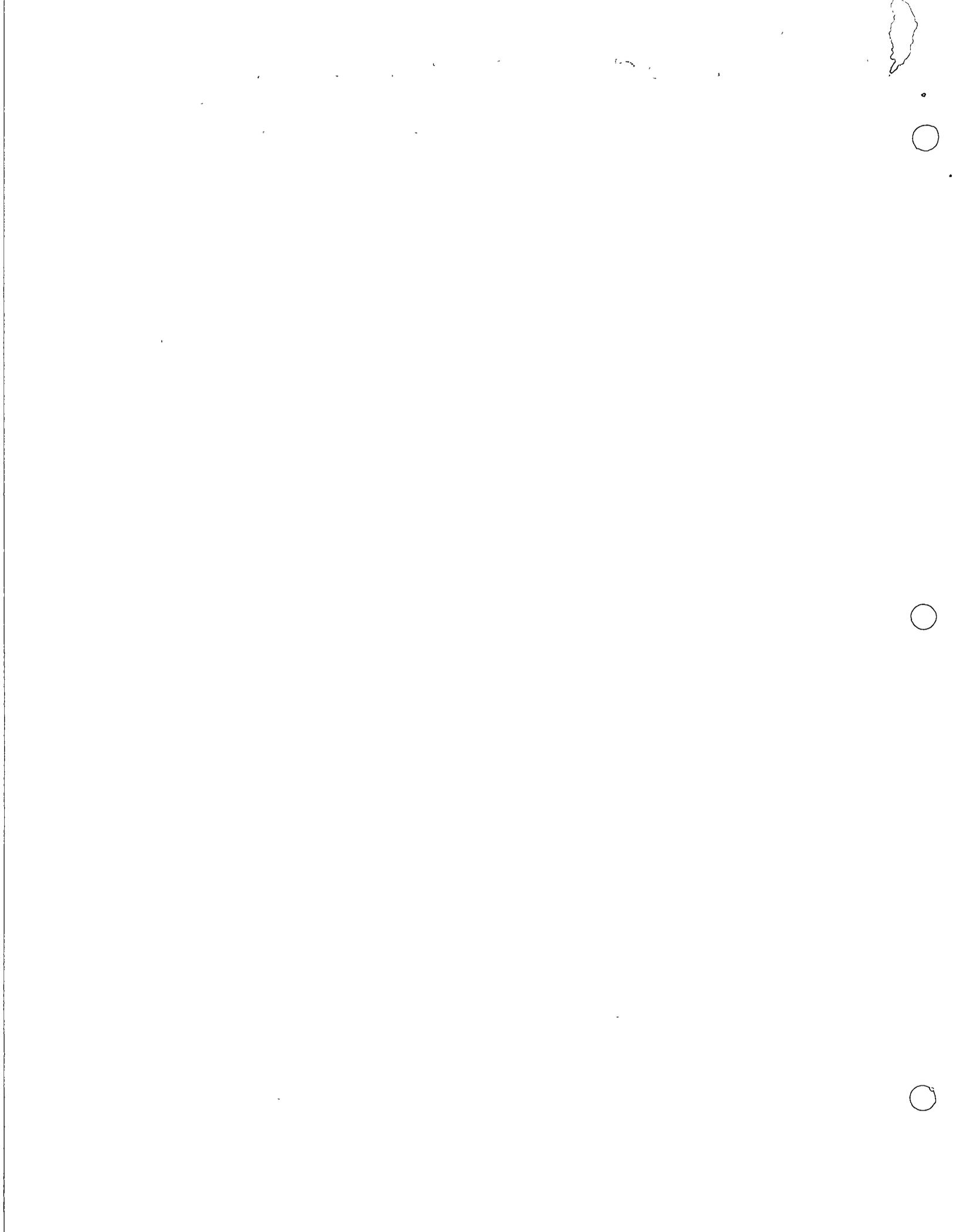
centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



ESTIMACIÓN Y CONTROL DE COSTOS



Ing. Eliseo Cortés Salcedo.



COSTOS DE INTEGRACION: INGENIERIA

INTRODUCCION

La magnitud y la complejidad de ciertos proyectos, principalmente industriales, implica la participación de un gran número de profesionistas de diversas disciplinas para su realización, máxime que la información -- normalmente se utiliza a medida que se va produciendo.

Cuando una empresa no dispone de recursos humanos propios para ejecutar un proyecto, ó estos no son suficientes, generalmente recurre a su contratación con firmas especializadas, mediante determinados procesos de licitación en los que los costos y honorarios juegan importante papel para la asignación.

Lo anterior involucra la necesidad de conocer previamente el alcance del proyecto (lo que debe cubrir) y el requerimiento en tiempo de los profesionistas de las diferentes especialidades, a quienes se encomendará su -- realización, actividades que revisten gran importancia y que relacionadas con el tabulador de salarios directos respectivo, sirven de base para establecer el monto del contrato.

Evidentemente dichos conocimientos serán tanto más confiables cuanto mayor sea la información que se tenga de proyectos similares, es decir, cuanto mayor sea la experiencia acumulada, lo que ratifica la base empírica de los costos .

I. - COSTOS DE INGENIERIA

Se consideran costos de ingeniería todos aquellos en los que se incurre en la oficina principal o en el campo, para realizar los estudios y el proyecto completos de una obra, y que corresponden básicamente a los siguientes aspectos:

- 1) Estudios de Factibilidad Técnica y Económica. - Incluye los estudios de tecnologías aplicables, mercados, localización de instalaciones, rentabilidad y financiamiento de inversiones.
- 2) Estudios relativos al Sitio. -
 - a) Condiciones del Medio Físico: Climatología, geología, topografía, hidrología, mecánica de suelos, etc.
 - b) Disponibilidad de Servicios: Agua cruda y potable, energía eléctrica, combustibles, vías de acceso, telecomunicaciones, etc.
- 3) Ingeniería Básica. - Incluye especificación y descripción del proceso, características y cantidades de materias y productos relativos al proceso, definición de los componentes del proyecto, especificaciones de proyecto para cada componente y para el conjunto, como son: requerimientos mínimos de capacidad o tamaño de operación, de mantenimiento, de seguridad..., selección de normas de proyecto, recomendación de especificaciones de materiales, etc...
- 4) Ingeniería de Detalle. - Comprende el cálculo, dimensionamiento y especificación de los componentes del proyecto, elaboración de planos y especificaciones técnicas de construcción, formulación de listas de materiales y de cantidades de obra, y elaboración de toda-

la información técnica necesaria para ejecutar la construcción.

- 5) Servicios para Adquisición de Equipo y Materiales. - Incluye la preparación de especificaciones, solicitudes de cotización, preparación de tabulaciones de ofertas, evaluación de propuestas, - recomendación de proveedores más convenientes, preparación de las órdenes de compra, trámites de expeditación e inspección en su caso.
- 6) Ingeniería de Campo. - Comprende asesoría técnica durante la construcción, inspección y control de calidad, elaboración de planos relativos a cambios durante la construcción, certificación de estimaciones y pagos al constructor.

II. - PROCEDIMIENTOS DE ESTIMACION.

La base de todos los procedimientos de estimación de costos de ingeniería es la experiencia, pues ella es necesaria para definir en forma adecuada los parámetros siguientes:

Definición del Alcance de los Trabajos.

Tiempo necesario para la ejecución de los trabajos.

Costos por Hora-Hombre.

En función de tales parámetros es posible obtener los costos de ingeniería.

1. - Definición del Alcance de los Trabajos.

Tomando en consideración el servicio que se encargue a una cierta firma de ingeniería, debe definirse con el mayor detalle posible el --

plantas que forman parte de un complejo industrial.

En el alcance de los trabajos deberá precisarse, asimismo, si los trámites de adquisición de materiales y equipos estarán a cargo de la firma proyectista.

Con todo, existen casos para los que no es posible definir completamente el alcance de los trabajos, bien sea porque se carece de experiencia para determinarlo, o porque se prevé la necesidad de solicitar servicios adicionales, si bien siempre deberá tenderse a definir dicho alcance en forma completa.

2. - Estimación del tiempo de ejecución.

1) Por número de planos.

Una vez que el alcance de los trabajos ha sido suficientemente definido, hay necesidad de determinar el tiempo, generalmente medido en horas hombre, requerido para desarrollar el proyecto con dicho alcance. Lo anterior puede conseguirse traduciendo el alcance de los trabajos en un número total de planos y especificaciones.

Para aquellos proyectos de índole repetitiva, también es posible obtener en forma bastante aproximada el número de planos estándar que los conforman, en sus diferentes especialidades, por ejemplo: localización, proceso, urbanización-drenajes, cimentaciones-estructuras de concreto, estructuras metálicas, tuberías, sistemas eléctricos, arquitectura, etc.

En términos de la complejidad del proyecto de que se trate, y de la experiencia previa, se estiman las horas-hombre necesarias para el

borar los planos de cada especialidad, así como las especificaciones. Cabe hacer mención que el número de horas-hombre al que se hace referencia, corresponde a la labor directa del personal aplicado al desarrollo del proyecto en sus fases de ingeniería y dibujo.

Sin embargo, además de la labor directa mencionada debe considerarse el número de horas-hombre que corresponden a la coordinación y supervisión técnicas, trabajo administrativo, y en su caso, tramitación de compras, de materiales y equipos. Estas actividades suelen estimarse como porcentajes de la labor de ingeniería y dibujo, ó de acuerdo con la duración total del proyecto.

En el anexo II se indican algunos consumos de horas hombre necesarias para la ejecución de planos y especificaciones.

2) Por número de piezas de Equipo Mayor.

El número total de piezas de equipo mayor involucradas en un proyecto industrial, principalmente de aquellos que guardan similitud entre sí, suele servir de base para evaluar el número total de horas hombre de ingeniería, siempre y cuando se disponga de información estadística de buen número de proyectos de características similares.

En efecto, se ha observado que existe una correlación entre el número de equipos de una planta y las horas hombre que se requieren para realizar la ingeniería, teniendo como parámetros el tamaño y tipo de la planta y si el proyecto incluye o no la ingeniería básica.

Así pues, es posible conocer por esta vía el total de horas hombre

requeridas como labor directa para realizar la ingeniería, y si bien no existe correlación entre el número de equipos y la labor de coordinación y adquisición de materiales y equipos, ésta puede estimarse en función del tiempo de ejecución del proyecto y el número de personas involucradas; la suma de la labor directa de ingeniería más la de coordinación y adquisición de materiales, es el total de horas hombre del proyecto.

Es necesario contabilizar el número de equipos para lo cual se requiere disponer de los diagramas de proceso, por lo menos, siendo mejor aún el disponer de los diagramas de tubería e instrumentos. Tomando como base aquellos diagramas, los equipos por considerar son: tanques, tolvas, bombas, compresores, cambiadores de calor, hornos, reactores, filtros, secadores, agitadores, centrífugas, transportadores, evaporadores, eyectores, etc.

La gran mayoría de los equipos antes mencionados contienen equipos o partes integrantes tales como: internos y empaques de columnas, ciclones, motores, turbinas, ventiladores, arrestadores de flama, serpentines y algunas especialidades de tubería (difusores, distribuidores, etc.), los cuales no deben de tomarse en cuenta.

Por otra parte, deben hacerse las siguientes consideraciones:

a) Algunos equipos se desglosan debido a su complejidad en varios componentes, como compresores de gran tamaño, que se pueden dividir en: compresor, turbina, condensador de superficie, sistema de vacío y sistema de lubricación, para una cuenta total de 5 equipos por-

cada compresor.

b) En el caso de equipo con unidad de relevo, se contará ésta y el equipo de operación normal, es decir, dos equipos.

c) Los cambiadores de calor, calentadores de fuego directo, etc. presentan una dificultad especial, ya que los diagramas de proceso representan sólo un cuerpo por equipo, que se puede transformar en varios cuerpos al desarrollar la ingeniería de detalle; este número de cuerpos deberá ser considerado con criterio, ya que una consideración incorrecta puede introducir errores considerables al estimado.

d) Los sistemas auxiliares tales como sistemas de emergencia, sistemas de tratamientos de efluentes, generadores de gas inerte, sistemas de refrigeración, tanques de balance entre áreas, sistemas de aire, etc., que con frecuencia se hallan dentro de límites de batería, normalmente deben indicarse en los diagramas de flujo; pero cuando por simplicidad no se muestren en los diagramas de proceso, tendrán que ser visualizados para poder contabilizar los equipos involucrados en estos sistemas.

e) Al número total de equipos contados, se debe añadir algún porcentaje por contingencias.

3. - Costos por Hora-Hombre.

Conocidos el alcance de los trabajos y por consecuencia el total de horas hombre del personal directamente aplicado a la realización de un proyecto en sus diferentes especialidades, sólo falta conocer los costos por hora-hombre en cada una de las categorías. Este costo horario

generalmente es de la forma siguiente:

$$C_{h-h} = S_D (1 + P) (1 + C_A)$$

en la que: C_{h-h} = costo total por hora hombre.

S_D = Salarios directos del personal que se ocupa en la ejecución del proyecto.

P = % de prestaciones del personal directamente involucrado en el proyecto.

C_A = Costo administrativo como un porcentaje de las erogaciones directas, que incluye salarios y prestaciones del personal directivo y administrativo, y de personal técnico implicado solo parcialmente en el proyecto, además de gastos como: renta de inmuebles, luz, agua, depreciación y mantenimiento de equipo, comunicaciones, etc.

III. - COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS.

En la expresión con la que se obtiene el costo por hora hombre se puede observar que dicho costo está integrado por costos directos e indirectos.

Costos Directos. - Corresponden a salarios y prestaciones del personal dedicado de manera directa a las labores de ingeniería, dibujo, elaboración de especificaciones, supervisión departamental, listas de materiales, estudios varios, en su caso elaboración de maquetas y trámites de adquisición de materiales y equipos. Asimismo, suelen inte-

grarse a los costos directos, los salarios y prestaciones de secretarías, mensajeros, operarios de copiadores, etc., cuando ejecutan labores de apoyo directamente ligadas al proyecto.

Costos Indirectos.-Corresponden a los salarios y prestaciones del personal administrativo y directo de la firma de ingeniería (Director General, Gerentes, Subgerentes, Contador General, Contralor, Auditor, Jefes Jurídicos y de Relaciones Públicas, etc.) salarios y prestaciones del personal que carga parcialmente al proyecto, gastos de capacitación al personal, depreciación y mantenimiento de equipos, comunicaciones (servicio telefónico local), publicidad, renta de inmuebles y aseo de los mismos, consumos (agua, luz), vigilancia, etc...

A estos costos indirectos se les conoce como "overhead" y generalmente se establecen como un porcentaje de los costos directos.

Las prestaciones a que se ha hecho referencia representan el incremento sobre los salarios por concepto de: días no laborados (festivos, descanso obligatorio, vacaciones, enfermedad), seguros de vida, fondos de retiro, seguridad social, etc...

En el anexo III se muestra la forma como es usual distribuir los diferentes cargos, donde también se citan aquellos de carácter reembolsable que no corresponden a ninguno de los mencionados y que como su nombre lo indica deben reintegrarse a la firma proyectista, cuando están debidamente soportados.

IV.- TARIFAS DE INGENIERIA.

La suma de los costos directos más los indirectos, es decir, los

salarios y prestaciones más el "overhead" totales constituyen los costos de operación para realizar un determinado proyecto.

El costo total de un proyecto incluye, además de los costos de operación y los reembolsables, la utilidad de la firma proyectista, o tarifa de ingeniería.

Las tarifas de ingeniería suelen establecerse como una cantidad por cada hora hombre consumida en el proyecto, o como una cifra fija global conocida como "fee".

V. - HONORARIOS PROFESIONALES.

Suele ocurrir que una firma proyectista solicite los servicios, en un campo específico, de especialistas a los que de hecho subcontrata, teniendo necesidad de cubrirle los honorarios profesionales correspondientes, que normalmente nunca son mayores que los de la propia Firma.

VI. - OBTENCION DE COSTOS DE INGENIERIA.

Sea cual fuere el procedimiento para la estimación del consumo de horas hombre derivado de un proyecto específico, el conocimiento de dicho consumo y el de los costos por hora hombre, representan una forma de obtener el costo de ingeniería de dicho proyecto.

Otra manera de obtener el costo de ingeniería de un proyecto, es mediante el conocimiento del costo aproximado total de la instalación para la que se requiere el proyecto, como porcentaje de dicho costo, si bien este procedimiento requiere tanta o mayor experiencia que el

primero, pues se basa en información estadística de buen número de proyectos de tipo similar al que se estudia.

a) Por número de horas hombre.

El costo total se obtiene por medio de la siguiente expresión:

$$C_T = N_{hh} \cdot C_{hh} + T_F \cdot N_{hh} + CR$$

donde T_F = cantidad que como utilidad debe cubrirse a la firma proyectista.

CR= Costos reembolsables totales.

N_{hh} = Número total de horas hombre consumidas por el proyecto.

b) En función del costo total.

El costo de la ingeniería puede obtenerse en función del costo total de la instalación, cuando se cuenta con aranceles de organismos colegiados, como es el caso de proyectos arquitectónicos, o en base a la experiencia mediante información resumida como la del gráfico del Anexo IV, en el que se establecen rangos de variación del costo del proyecto.

VII. - INFLUENCIA DE LA DURACION DE UN PROYECTO EN SU COSTO.

La mayor o menor duración de un proyecto, repercuten en un incremento en el costo de dicho proyecto, lo cual implica que existe una duración que se considera la óptima, para su realización.

En efecto, si se desea reducir el lapso de ejecución de un proyecto, se recurre a incrementar personal o asignar tiempo extra o ambas circunstancias, lo que evidentemente incrementa el costo total.

Por otra parte, si la duración del proyecto excede el tiempo óptimo, son mayores los costos de ingeniería y los cargos indirectos, siendo mayor también el costo total del proyecto.

Lo anteriormente dicho se muestra en la gráfica del anexo V

VII. - FORMAS DE CONTRATACION.

Son usuales las dos siguientes formas de contratación de proyectos de ingeniería: a precio fijo o precio alzado, y por administración; cada una de ellas presenta variantes que dependen de ciertas características específicas, como son: cantidad de información disponible al inicio del proyecto, control que vaya a ejercer el contratante durante la ejecución del proyecto, tiempo en el que se requiere el proyecto, multas o incentivos impuestos al proyectista, etc...

Contrato a Precio Alzado o por Precio Fijo. - Generalmente se emplea esta forma de contratación cuando es posible proporcionar a la firma de ingeniería las bases de diseño y de funcionamiento claramente definidas, incluyendo datos relativos al sitio de la obra (condiciones del medio físico: topografía, hidrología, mecánica de suelos, etc... y disponibilidad de servicios: agua, energía eléctrica, vías de acceso, etc...)

Contrato por Administración. - Cuando tan solo se dispone de un mínimo de información o de especificaciones generales y dibujos preliminares de construcción, o bien cuando alguna parte del proyecto va a ser ejecutado por personal del contratante (casos de integración de plantas en complejos industriales), se utilizan contratos por administración, en los que su monto está formado por la suma de los costos incurridos, más la utilidad del contratista, que puede ser fija o en función de aquéllos.

ECS'mms
VIII-27-76

ANEXO I
CONSUMOS NORMALES EN HORAS-HOMBRE

PLANOS MECANICOS

	Ingeniería y	Dibujo
Aire acondicionado, plantas y elevaciones	80	120
Sistemas contraincendio, plantas, elev., detalles.	80	100
Equipo:		
Tanques misceláneos	40	60
Torres	100	120
Cambiadores de calor	60	100
Recipientes a presión	60	80
Tanques	60	80
Tolvas	60	80
Especificaciones (por Espec.)	20	40
Por ciento sobre ingeniería y diseño total	8 %	15%
Promedio general por plano	70	90

PLANOS CIVILES Y ARQUITECTONICOS

Areas exteriores; plantas, elev. y detalles	130	150
Cimentaciones; plantas, elev. y detalles	90	110
Estructuras de Concreto; plantas, elev. y detalles.	90	110
Estructuras de acero; plantas, elev. y detalles.	100	120
Arquitectónicos	80	100
Listas de materiales (por plano)	10	20
Especificaciones (cada una)	20	40
Por ciento sobre ingeniería y diseño total	13 %	30 %
Promedio general por plano	100	120

PLANOS ELECTRICOS

Diagramas unifilares	100	120
Subestaciones; plantas, elev. y detalles	100	120
Areas exteriores (alumbrado, fuerza, tierras, pararrayos, etc)	80	100
Distribución de fuerza	80	100
Alumbrado	70	90
Diagramas de control	80	100
Generales (símbolos y notas, detalles, alarmas, teléfonos, etc).	60	80
Especificaciones (cada una)	40	50
Promedio general (por plano)	80	100
Porcentaje sobre ingeniería y diseño total	12 %	22 %

PLANOS DE TUBERIAS

Diagramas de proceso (dibujo)	60	80
Diagramas de tubería e Instrumentación de dibujo	60	80
Arreglos de equipo y planta; plantas y elevaciones	100	120
Arreglo de tuberías	100	120

Especificaciones (cada una)	20	40
Promedio general (plano)	80	100
Elaboración de equipos para maqueta (por equipo):		
Generadores de vapor	700	1200
Bombas	2	10
Cambiadores de calor	10	30
Tanques verticales	30	60
Tanques horizontales	20	80
Torres	60	100
Torres de enfriamiento (por celda)	60	100
Tubería en maqueta (por línea)	3	8
Lista de materiales (por plano)	6	10
Isométricos (por isométrico, incl. lista de mat.)	10	12
Estudios de flexibilidad y soportería H-H por línea	14	20
Promedio general por plano	130	280
% del total de ingeniería y diseño	30 %	50 %

INSTRUMENTACION

Horas hombre por instrumento	5.0	10.0
% del total de ingeniería y diseño	5.0%	9.0%

PROCESO

Ingeniería básica

Balance de materia y energía y elaboración de diagramas de proceso. (por sistema).	100	200
Elaboración de Diagramas de tubería e instrumentación (por diagramas).	60	80
Arreglo general (por equipo)	1	1.2
Hojas de datos (por equipo)	25	50
Índice de Líneas (por equipo)	1	1.2
Lista de equipo y motores (por equipo)	1	1.2
Bases de diseño y descripción del proceso. (% sobre total de proceso)	10 %	20 %

Ingeniería de detalle

Se considera % del total de ingeniería y diseño, y se comprueban con número de personas mes.	6%	10 %
--	----	------

Coordinación

Gerencia de ingeniería, se calcula conociendo la duración del diseño.		
% de total ingeniería, diseño más coordinación.	6 %	10 %
Administración de ingeniería (Idem.) % de total ingeniería, diseño más coordinación.	6 %	12 %

Compras, Inspección y Explotación.

(% de cant. comprada)

Compras Técnicas
2 a 5 MM

6 %

5	a	10	MM	5 %
10	a	25	MM	4 %
25	a	50	MM	2.5 %

Inspección y Expeiditación

2	a	5	MM	5 %
5	a	10	MM	4 %
10	a	25	MM	2.5%
25	a	50	MM	2.0%

Compras, Inspección y Expeiditación.

% de total H-H ingeniería	18.0 %	32 %
---------------------------	--------	------

ANEXO III
DISTRIBUCION DE CARGOS.

Columnas de Referencia :

- A Partidas reembolsables al costo, a las cuales no se aplican los porcentajes por prestaciones y sobrecosto general de administración.
- B Partidas reembolsables al costo, a las cuales se aplicarán los porcentajes por prestaciones y sobrecosto general de administración.
- C Partidas incluidas en el sobrecosto general de administración.

Descripción

1.0	<u>Sueldos.</u>	A	B	C
1.1	Sueldos según nómina por el tiempo empleado en beneficio del proyecto incluyendo las horas extras aprobadas y los días festivos de acuerdo a la ley.			
	<u>Administración del proyecto y Coordinación.</u>			
	Presidente			X
	Director de División			X
	Gerente de Ingeniería, Supervisor de Gerente de Proyecto		X	
	Jefe de Departamento		X	
	Gerente de Proyecto		X	
	Asistente al Gerente de Proyecto		X	
	Jefe de Diseño		X	
	Ingeniero de Diseño "A"		X	
	Ingeniero de Diseño "B"		X	
	Ingeniero de Diseño "C"		X	
	Jefe de Grupo (Civil, Mecánico, Tuberías Recipientes, Eléctrico e Instrumentos)		X	
	Diseñador "A"		X	
	Diseñador "B"		X	
	Diseñador "C"		X	
	Dibujante "A"		X	
	Dibujante "B"		X	
	Dibujante "C"		X	

	<u>Descripcion.</u>	A	B	C
	<u>Contabilidad, Estimaciones, Control de Costos y Programación.</u>			
	Contador		X	
	Asistente de Contador		X	
	Estimador Senior		X	
	Ingeniero Programador Senior		X	
	Ingeniero Programador Junior		X	
	Ingeniero de Costos "A"		X	
	Ingeniero de Costos "B"		X	
	<u>Servicios Internos.</u>			
	Jefe de Sección de Copias		X	
	Operador de Máquina Copiadora		X	
	Ayudante de Operador de Máquina Copiadora		X	
	<u>Otros</u>			
	Ingeniero "A"		X	
	Ingeniero "B"		X	
	Ingeniero "C"		X	
	Maquetista		X	
	Secretaria Bilingue		X	
	Taquimecanógrafa		X	
	Empleados		X	
	Mensajero		X	
	<u>Servicio de Compras.</u>			
	Supervisor de compras		X	
	Asistente de compras		X	
1.2	Sobresueldo por concepto de tiempo extra	X		
2.0	<u>Prestaciones, sobrecosto General de Administración y Honorarios.</u>			
2.1	Prestaciones Prestaciones del personal que carga su tiempo al proyecto, como % de los sueldos según l.1. incluye: Seguro Social - Impuesto de la Educación, Gratificación de fin de año, Vacaciones, Inasistencia e incapacidad, Seguro de Vida, Gratificaciones por Despidos e Imprevistos.			X
2.2	Sobrecosto General de Administración Gastos por concepto de sobrecosto general de administración como % de la suma de sueldos y prestaciones según l.1 y 2.1 respectivamente.			X

<u>Descripción.</u>	A	B	C
3.0 <u>Otros Gastos</u>			
3.1 Costos de los servicios de maquetistas externos.	X		
3.2 Servicios de maquetistas internos	X		
3.2.1 Sueldo y salarios del personal encargado.			
3.2.2 Materiales	X		
3.3 Preparación y presentación de la memoria del proyecto, Manual del proyecto, Manual de Operación Instructivos de Arranque, Catálogos de Equipo y Refacciones, etc.			
3.3.1 Sueldos y salarios del personal encargado.		X	
3.3.2 Materiales.	X		
3.4 Cargos de Sub-contratistas contratados por la Firma. Los costos del personal de los Sub-contratistas no deberán ser mayores que los correspondientes a los del personal de la Firma.	X		
3.5 Preparación o modificación de programas de computadoras para uso específico del proyecto.			
3.5.1 Sueldos y Salarios del personal encargado.		X	
3.5.2 Materiales	X		
3.6 Servicios de computadora para el beneficio - del proyecto.			
3.6.1 Sueldos y salarios del personal encargado.		X	
3.6.2 Materiales.	X		
3.6.3 Tiempo de la computadora.	X		
3.7 Copias de trabajo de los dibujos, así como copias de documentos, formas, papelería, etc.			
3.7.1 Sueldos y salarios del personal encargado		X	
3.7.2 Materiales	X		

<u>Descripción.</u>	A	B	C
3.8 Copias de dibujos finales!			
3.8.1 Sueldos y salarios del personal encargado.		X	
3.8.2 Materiales.	X		
3.9 Teléfono de larga distancia, télex y telégrafo.			
3.10 Gastos de relocalización de personal y sobre sueldos por cambio de residencia.	X		
3.11 Teléfono local.		X	
3.12 Papelería y artículos de oficina.			X
3.13 Oficina para el personal del solicitante.			X
3.14 Portes por concepto de correspondencia y paquetes postales.	X		
3.15 Gastos de viaje del personal de la Firma fuera del área o zona de trabajo de la firma de Ingeniería, incluyendo alojamiento, comidas y transporte.	X		

RANGO DE SALARIOS POR HORA

C A T E G O R I A :

Rango de Salarios Directos por
Hora Hombre (Moneda Nacional)

* Gerente de Ingeniería, Supervisor de Gerente de Proyecto.	\$ 100.00	a	110.00
* Jefe de Departamento	77.00	a	86.00
* Gerente de Proyecto	77.00	a	105.00
* Asistente de Gerente de Proyecto	24.00	a	33.00
* Jefe de Diseño	48.00	a	86.00
Ingeniero de Diseño "A"	40.00	a	63.00
Ingeniero de Diseño "B"	31.00	a	42.00
Ingeniero de Diseño "C"	24.00	a	34.00
Jefe de Grupo	40.00	a	63.00
Diseñador "A"	37.00	a	45.00
Diseñador "B"	29.00	a	37.00
Diseñador "C"	21.00	a	30.00
Dibujante "A"	21.00	a	29.00
Dibujante "B"	16.00	a	24.00
Dibujante "C"	10.00	a	18.00
* Contador	40.00	a	45.00
Asistente de Contador	21.00	a	27.00
Secretaria Bilingue	16.00	a	24.00
Taquimecanógrafa	10.00	a	16.00
Mensajero	9.00	a	12.00
* Estimador Senior	40.00	a	45.00
Estimador Junior	27.00	a	34.00
Ingenieros de Costos "A"	40.00	a	63.00
Ingenieros de Costos "B"	31.00	a	42.00
Ingeniero Programador Senior	40.00	a	45.00
Ingeniero Programador Junior	27.00	a	34.00
Ingeniero "A"	40.00	a	63.00
Ingeniero "B"	31.00	a	42.00
Ingeniero "C"	24.00	a	34.00

Servicio de Copiado.

Jefe de Sección de Copias	13.00	a	19.00
Operador de Máquina Copiadora	9.00	a	13.00
Ayudante de Operador de Máquina Copiadora	7.00	a	10.00

Servicio de Compras.

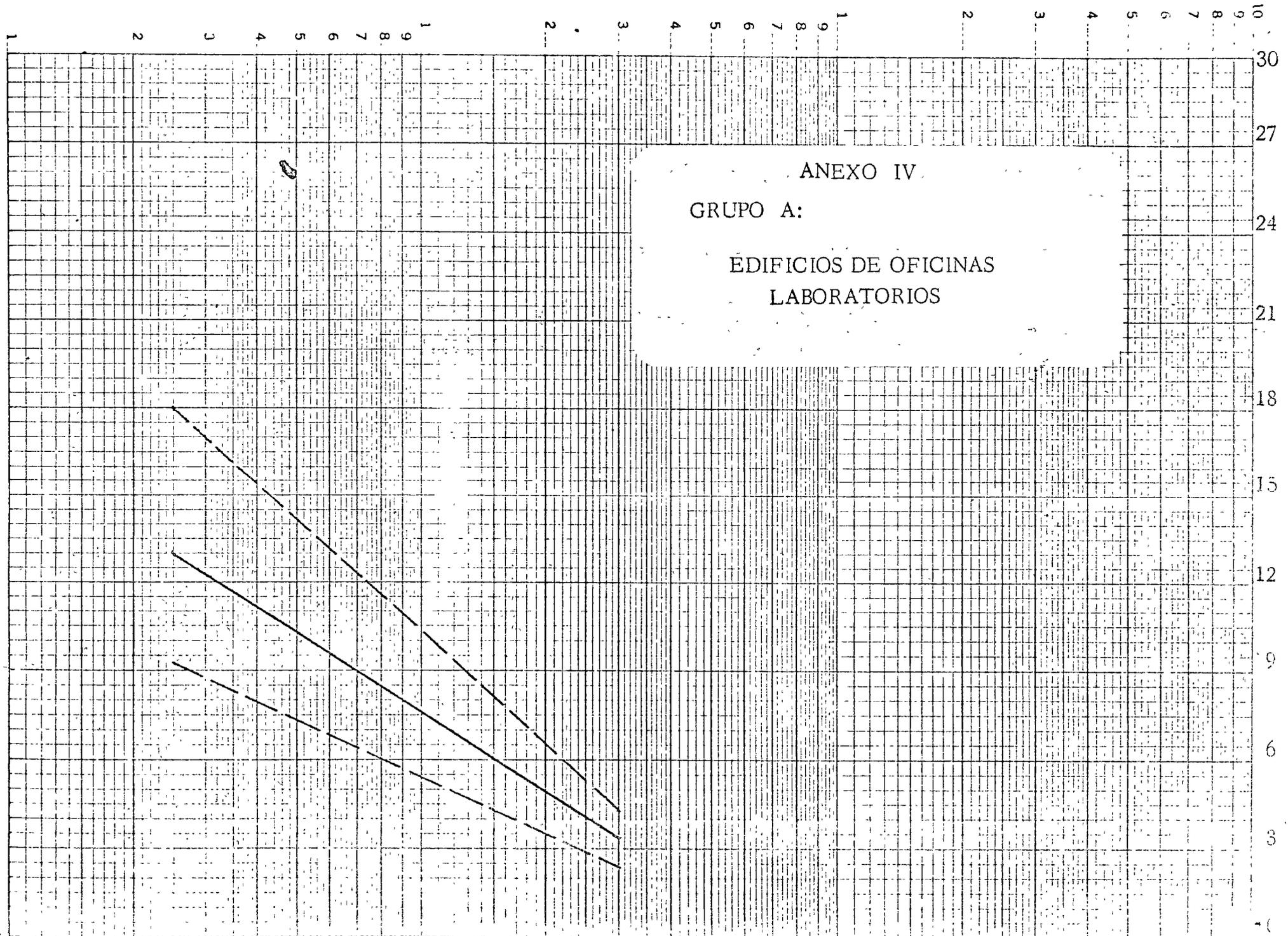
* Supervisor de Compras	42.00	a	61.00
Asistente de Compras	19.00	a	27.00

NOTAS.

- 1.- Las categorías señaladas con asteriscos (*) no devengan tiempo extra.
- 2.- Las categorías no marcadas con asteriscos (*) tienen una jornada normal de trabajo de 47 horas a la semana, por lo que las horas en exceso de 47, se les pagarán como tiempo extra, de acuerdo con lo que marca la ley.



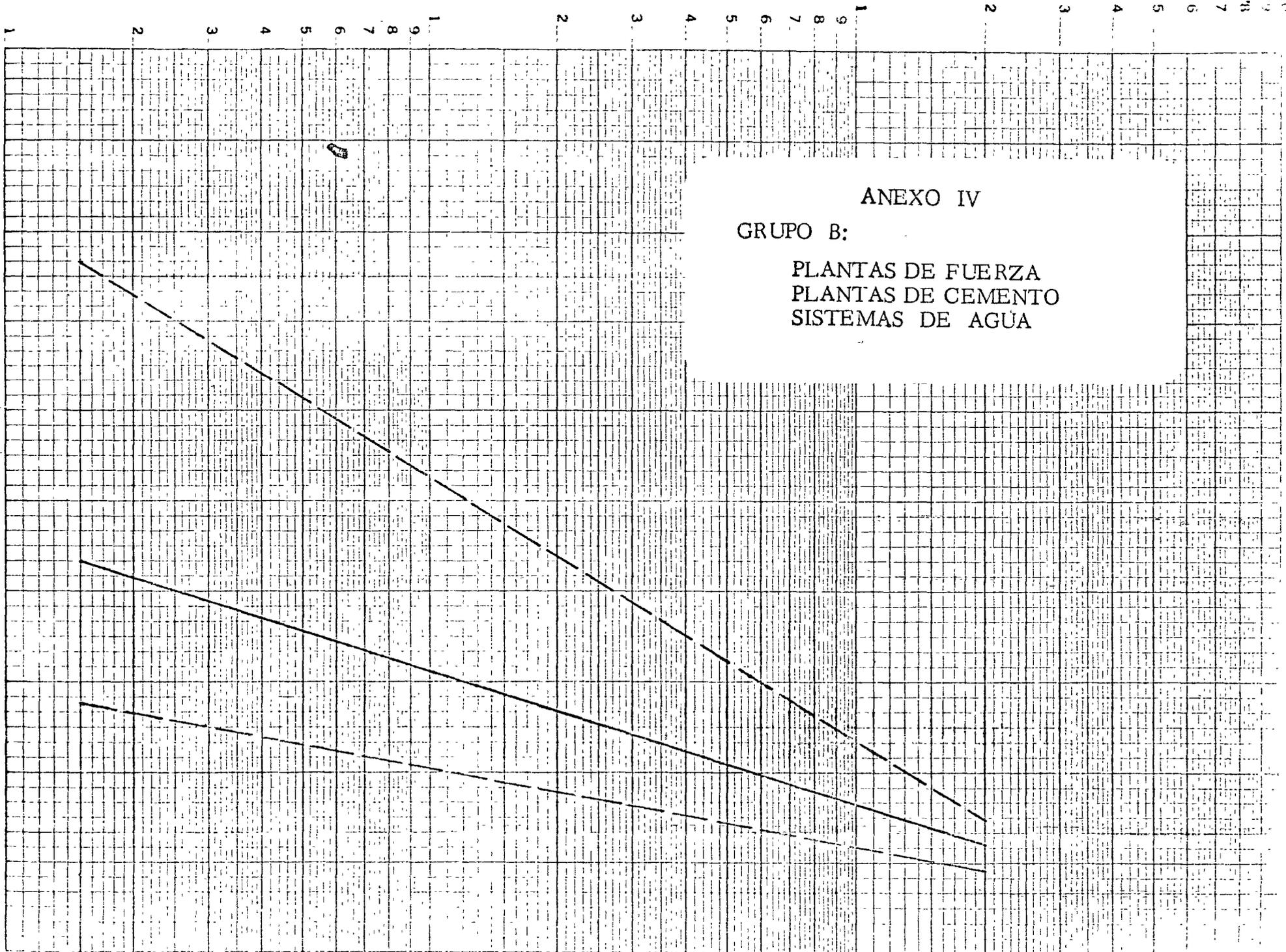
% del Costo Total de la Instalacion



ANEXO IV.
 GRUPO A:
 EDIFICIOS DE OFICINAS
 LABORATORIOS

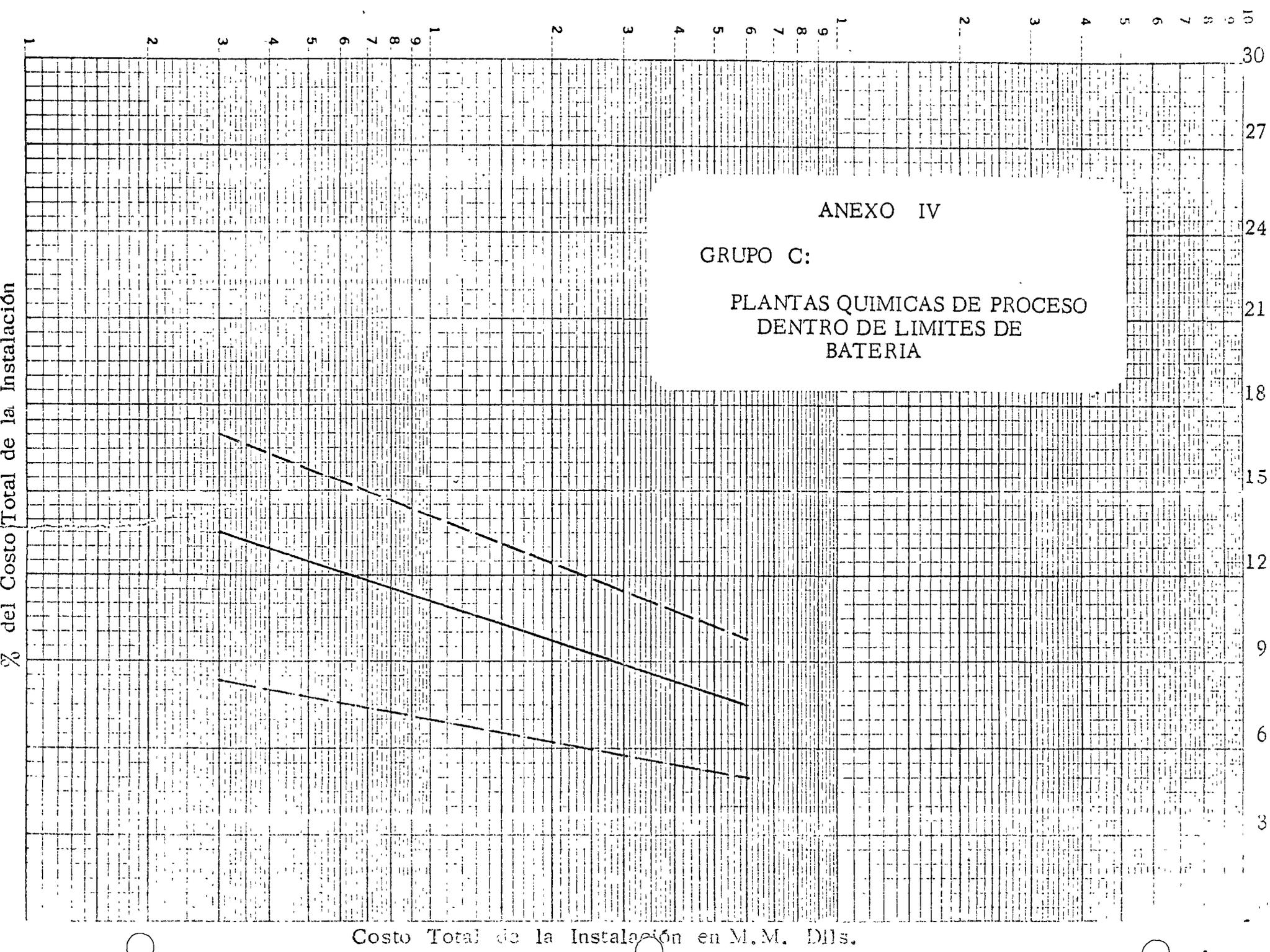
Costo Total de la Instalación en M.M. Dols.

% del Costo Total de la Instalación

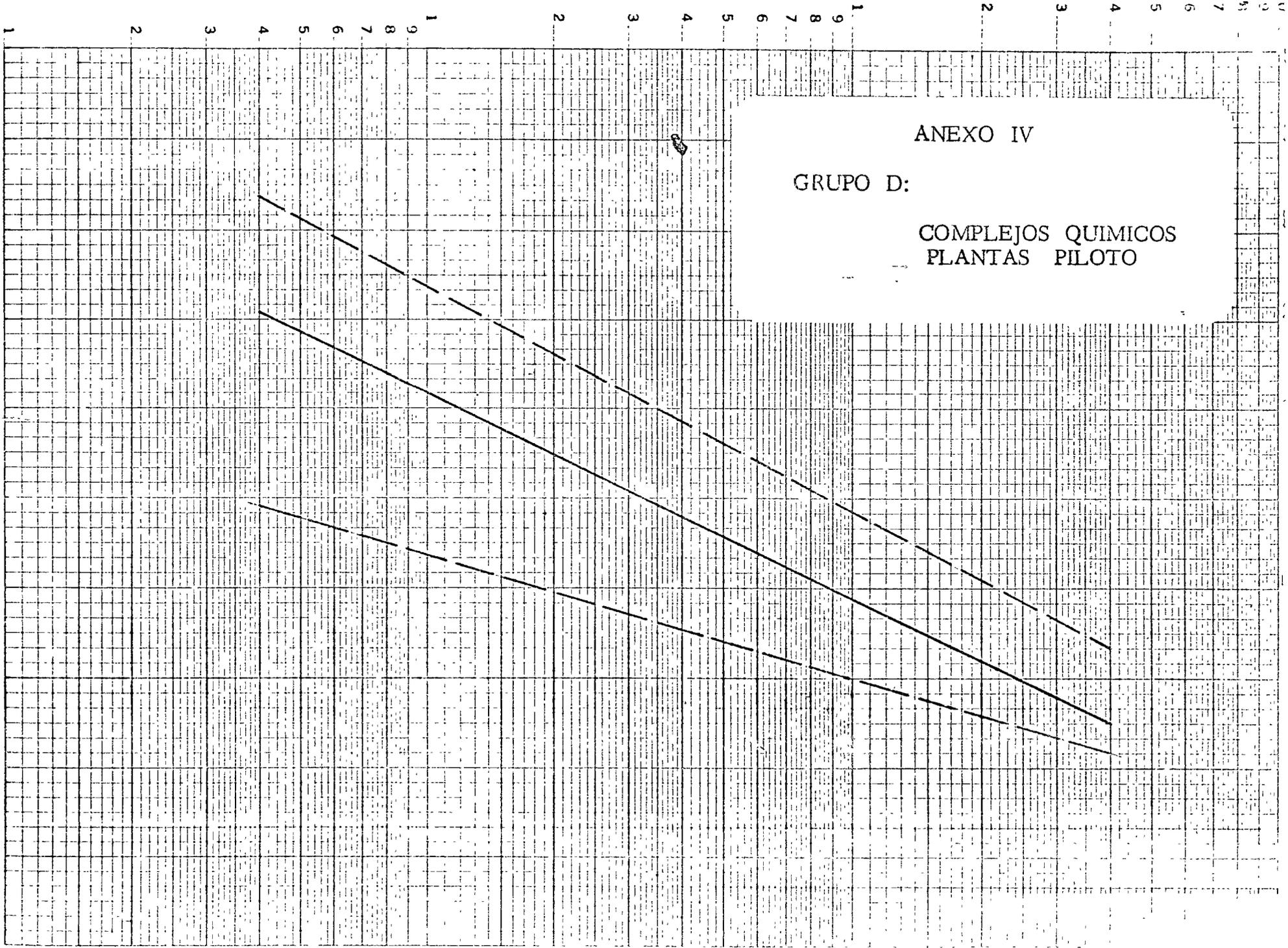


ANEXO IV
GRUPO B:
PLANTAS DE FUERZA
PLANTAS DE CEMENTO
SISTEMAS DE AGUA

Costo Total de la Instalación en M.M. Dlls.



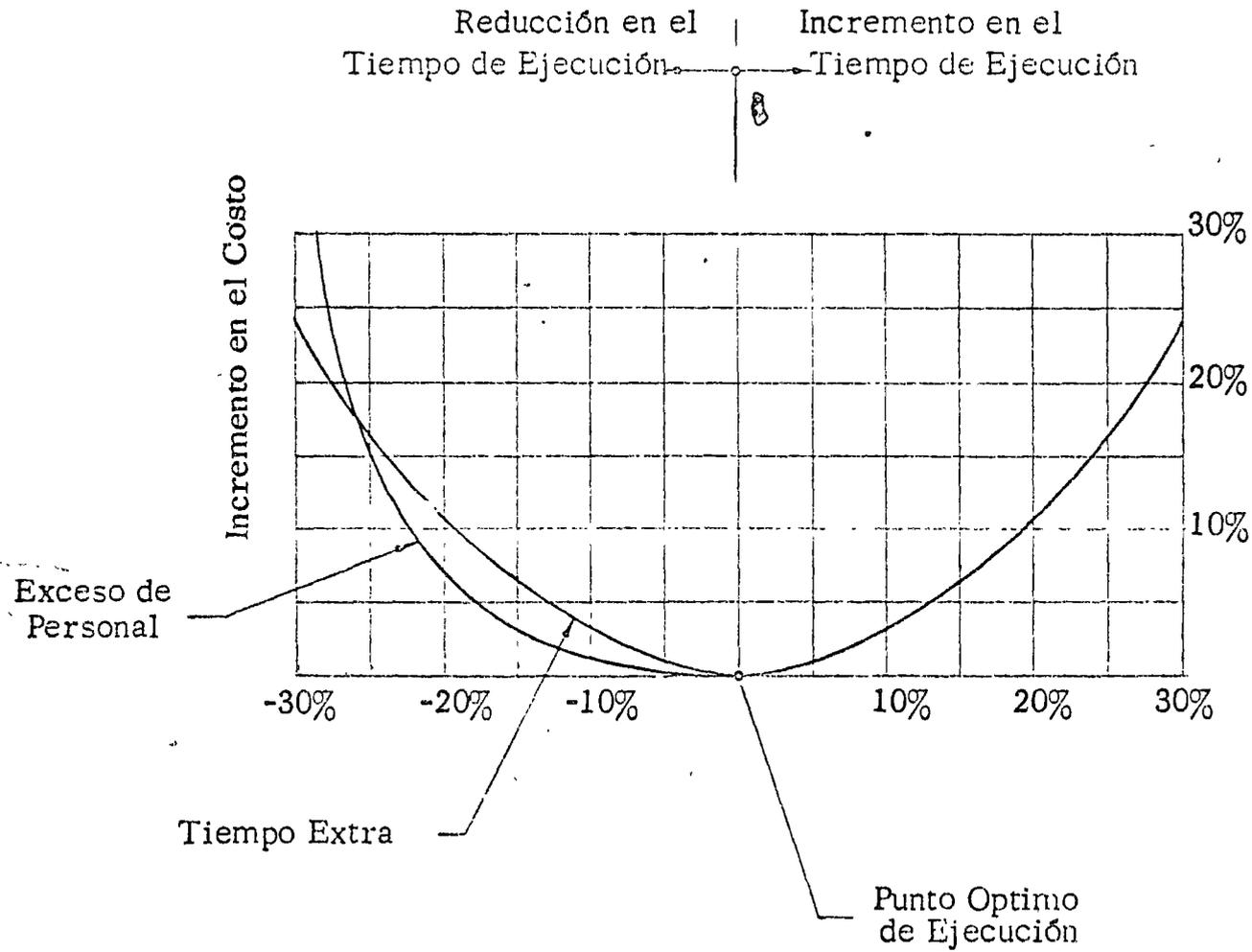
% del Costo Total de la Instalación



ANEXO IV
GRUPO D:
COMPLEJOS QUIMICOS
PLANTAS PILOTO

Costo Total de la Instalación en M.M. Dlls.

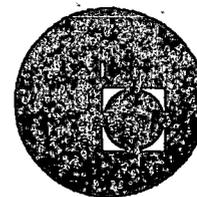
ANEXO V



INFLUENCIA DE LA DURACIÓN DE UN PROYECTO EN SU COSTO



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



ESTIMACION Y CONTROL DE COSTOS



ING. EDGAR FERNANDEZ GOMEZ

SEPTIEMBRE DE 1976.



I N D I C E

6. ESTIMACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

6.1 INTRODUCCION

6.2 FACTORES DE COSTOS POR ACTIVIDADES

FACTORES DE COSTOS DE LOS INSUMOS:

MANO DE OBRA, MATERIALES Y MAQUINA
RIA.

6.3 PARAMETROS DE COSTOS, RELACIONES - PARAMETRICAS.

ESTIMADOS A BASE DE MODULOS O SUB-
SISTEMAS.

6.4 ESTIMACION DE COSTO GLOBAL

6.5 OTROS METODOS DE ESTIMACION

6.1 INTRODUCCION

En éste tema se presenta una breve discusión acerca de los métodos y técnicas usados en la estimación de Costos de Construcción.

Todos los métodos y técnicas presentados estan descritos con todo detalle en las diversas fuentes literarias existentes al respecto, cuya principal aplicación está dirigida a la estimación de Plantas Industriales.

Hasta hace pocos años, se relegaba a los ingenieros únicamente a los aspectos técnicos de un proyecto, pero con el prodigioso desarrollo tecnológico de los últimos años, se ha visto la necesidad de contar con ingenieros especializados en los aspectos económicos de las empresas que proporcionen a la alta Gerencia, un panorama claro y preciso de las ventajas de un proyecto determinado.

Definiendo la Ingeniería de Costos, diremos que "Ingeniería de Costos es el campo de la Ingeniería, en el que se utilizan la experiencia y criterio del profesional en la aplicación de principios y técnicas científicas a los problemas -

de estimación de costos, control de costos y rentabilidad de inversiones".

Aries y Newton definen la Estimación de Costos como "El arte basado en las relaciones empíricas y metódicas de predecir el futuro económico de un proyecto", aunque esto es relativamente nuevo, ya que los primeros análisis de costos de equipos, costos de capital, relaciones de capacidad entre las plantas, etc. comenzaron a ser publicados durante los años de 1948 y 1949.

La Estimación de Costos comprende no sólo los costos de ingeniería y construcción, sino también los de operación y mantenimiento de las obras e instalaciones, incluyendo la planeación, ya que el éxito o el fracaso de una inversión se decide en gran parte, en las etapas de estudio y proyecto.

La estimación de costos es el primer renglón a considerar, y uno de los más importantes es el estudio de factibilidad de un proyecto, los estudios de alternativas, las autorizaciones presupuestales, los problemas financieros y prácticamente todas las decisiones de la gerencia de una empresa,

las cuales se basan en suposiciones respecto a los costos de ingeniería, construcción y operación.

Las estimación en Proyectos, han causado durante mucho tiempo discrepancias en cuanto a seguir procedimientos -- uniformizados. Desde luego que es lógico que cada industria, empresa o entidad gubernamental establezca su propio procedimiento, pero también es lógico y correcto que se busque el camino apropiado para lograr la unificación y establecer un procedimiento para estimar cualquier tipo de proyecto.

Para el desarrollo de los estimados, se han analizado los diversos tipos de proyecto (Ver Fig. 1): urbano, infraestructura, industriales, nucleares y especiales, y se encontró que en todos ellos, los conceptos, elementos y actividades son comunes a cualquier tipo de estos proyectos mencionados. También se observó que en algunos tipos predominan ciertas actividades, en otros no intervienen todas, pero se encontró que en proyectos industriales, intervienen todas las actividades.

El objetivo que se persigue es el de establecer y definir

un Estimado de Costos: sus etapas básicas, sus conceptos, elementos, actividades, información básica, las técnicas que se aplicarán en su elaboración, metodología, niveles de detalle y exactitud de los estimados.

PROYECTO

La realización o el estudio de una idea, desde su planteamiento hasta su ejecución, es decir, desde las fases de los estudios definitivos, desarrollo de ingeniería básica, de detalle, procuración, construcción y operación.

ESTIMADO DE COSTOS

Conjunto de conceptos, elementos, actividades y subactividades que valuados correctamente, indican el monto de un proyecto.

CONCEPTO

Concepto de un estimado, se refiere a los costos que generalmente aparecen clasificados y agrupados como: Costos - Directos e Indirectos, a su vez, éstos se desglosan en -- elementos que se identifican como:

Costos Directos.

Elementos:

Materiales,
 Equipos de Proceso,
 Equipos de Construcción.
 Mano de Obra,
 Sub-contratos.

Costos Indirectos.

Elementos:

- 1 - Estudios
- 2 - Ingeniería básica
- 3 - Ingeniería de detalle
- 4 - Costos de supervisión
- 5 - Materiales de consumo
- 6 - Vigilancia
- 7 - Honorarios de contratistas
- 8 - Contingencias
- 9 - Seguros, Fianzas, Financiamiento.

El desglose anterior, sólo contiene los elementos más importantes.

ACTIVIDADES DE UN ESTIMADO

Las actividades de cualquier estimado, se desglosan como sigue:

Actividades.

- Civiles,
- Mecánicas,
- Eléctricas,
- De instrumentación.

De esta forma, se puede seguir desglosando un Estimado de Costos, siendo el siguiente paso, subdividir en subactividades y así sucesivamente.

En cuanto a la agrupación de elementos para integrar los costos directos e indirectos, los criterios existentes -- son muchos, aquí se hace notar que el orden establecido -- al desglosar y agrupar los elementos, nos ayudan para estimaciones y para control de costos, pero en todo caso, -- se pueden agrupar de la manera más útil para quienes están acostumbrados a seguir otro ordenamiento.

CICLO BASICO DE UN PRESUPUESTO O ESTIMADO.

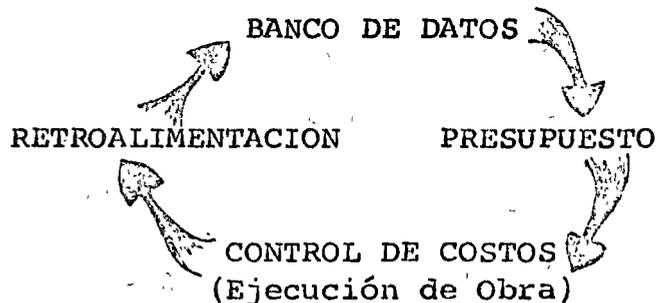
Como hemos apuntado anteriormente, un presupuesto entre --

Otros muchos factores, está basado en estadísticas, registros de resultados, experiencias pasadas, todas ellas obtenidas de proyectos concluidos, realizados.

Si bien hemos de hablar de un ciclo de un presupuesto, esto es solamente en sentido figurativo, pues nunca o casi nunca un presupuesto se repite por iguales que sean las obras, ya que de una obra a otra cambiarán las condiciones, si se quiere en un mínimo, pero cambiarán. Supongamos -- las escuelas tipo que desarrolla el comité constructor de escuelas, podrá tratarse de dos edificios exactamente -- iguales, pero forzosamente tendrán que estar ubicados en sitios distintos, posiblemente con diferencias en: la topografía del lugar, resistencia del suelo, climatología, etc., factores que reflejados en el presupuesto, arrojarán resultados diferentes. Es más, si a esto aunamos la diferencia en tiempo en que se inicie una obra y otra, -- tendremos posiblemente diferencias en precios de materiales, en tabuladores de salarios, etc. (esto también por la diferencia en sitios de construcción).

Si hablamos del ciclo de un presupuesto, se refiere a que un presupuesto estará basado en experiencias anteriores, registros de resultados, etc.

Trataremos de esquematizar este ciclo:



A fin de que este ciclo pueda cumplirse, es esencial que entre las etapas enumeradas exista comunicación y continuidad, ¿ Como lograrlo ?, identificando las partidas -- que forman un presupuesto, mediante un catálogo de cuentas. "Catálogo de Cuentas es un sistema simbólico, generalmente numérico, que permite desglosar e identificar lógicamente y uniformemente todos los conceptos que intervienen en el costo de un proyecto o una empresa" y dependiendo de las necesidades se puede ampliar o simplificar utilizando la "Teoría del Abanico" como se demuestra en la figura 0

Trataremos de aplicar como se encuentran ligadas las etapas que integran el ciclo:

Empecemos por una cualquiera, ya que no tiene caso entrar

en mayor discusión al respecto.

CONTROL DE COSTOS.- Como es sabido, Control de Costos, - es la disciplina de la ingeniería de costos, que se ocupa de confinar, limitar y regular los costos en que se incurren, en el desarrollo de un proyecto.

No entraremos en mayor detalle en lo que se refiere a control de costos, únicamente tocaremos la parte respecto a función que ejerce el presupuesto en su sistema.

El presupuesto es el elemento de comparación de los costos resultantes y los pronosticados, durante la ejecución de un proyecto.

Para efectuar esa comparación, es necesario confinar -- mediante el uso de un catálogo de cuentas los costos, -- reales de una manera tal, que permita efectuar esa confrontación con el presupuesto.

Esta tarea de confinar los costos le dá oportunidad a -- control de costos, de tener una constante vivencia del -- desarrollo del proyecto, por lo tanto, podrá formular observaciones al presupuesto, las cuales podrán soportarse con datos reales obtenidos directamente de la obra.

Estas observaciones, transmitidas mediante informes a quienes gestaron el presupuesto, constituye lo que en este caso se llama:

RETROALIMENTACION

Los datos contenidos en la retroalimentación, influirán en el estudio de futuros presupuestos, así como enriquecerán la ESTADISTICA general de resultados, la cual es fundamental para vertir en los presupuestos, el comportamiento más probable de los factores que intervienen en ellos.

El hacer intervenir experiencias pasadas en el cálculo de un PRESUPUESTO, mediante los factores producto de la estadística, completa el ciclo de que estamos hablando.

OBJETIVO DEL ESTIMADO

En esta etapa, se requiere conocer, qué es lo que se pretende hacer o producir; como ejemplo para esta etapa, se desea estimar el proyecto para la construcción de un ferrocarril para servicios de pasajeros o de carga, o se desea estimar el proyecto para la construcción de una planta industrial.

METODO O PROCESO A SEGUIR

Se deberá plantear cual es el método a seguir para desarrollar el proyecto, o qué proceso se deberá seguir.

CAPACIDAD O TAMAÑO

En esta tercera etapa, se requiere definir la capacidad o tamaño del proyecto en cuestión.

LOCALIZACION

En esta etapa, se debe definir cuál es el lugar para realizar el proyecto. Esta información será útil para precisar condiciones, poder cuantificar costos de transportes, mano de obra, etc.

INSPECCION FISICA DEL LUGAR

Conocido el sitio de localización, viene esta etapa que propiamente es el principio de recolección de la información más importante para el estimado de costos de un proyecto; se deberán determinar condiciones de terreno, tipos, facilidades para trabajar, disponibilidad de mano de obra, servicios, etc. El grado de precisión y recolección de in

formación dependerá del tipo de estimado a desarrollar.

ANALISIS DE LA INFORMACION

La información obtenida de la etapa anterior, será útil para iniciar un análisis completo para la correcta elaboración del estimado de costo de un proyecto dado. Además de la información anterior se deben analizar reportes, estudios, planos, listas de equipo y condiciones básicas con que se cuenten.

PLANEACION PRELIMINAR

Conocida la información disponible sobre el proyecto dado, se deberá planear todo lo relativo al Estimado, desde su propósito hasta el tiempo disponible, la exactitud esperada, el tiempo de estimado a desarrollar, personal necesario, la forma de presentación, etc.

PROGRAMACION

Con la información disponible de las etapas anteriores, es importante definir una buena programación de ruta crítica, es una ayuda muy valiosa en la elaboración de un estimado.

EJECUCION

Desde luego que un buen Estimado de Costo, se obtiene mediante la utilización y la interpretación de criterios correctos obtenidos de las etapas anteriores, pero también es muy importante disponer de estimadores experimentados.

Los caminos para desarrollar un estimado de costo son variados; de hecho, cada grupo, compañía o cliente prefiere o solicita un estimado de costos de un proyecto a su conveniencia.

De lo anterior, se puede decir, que el camino más recomendable es el de agrupar las actividades y subactividades en un orden lógico es el constructivo. Siguiendo el orden expuesto anteriormente, se puede disponer de un Estimado al cual se le puede dar la forma de presentación que se quiera.

PRESENTACION

En cuanto a la presentación de un Estimado de costo de un proyecto, existen muchas formas y como ya se dijo antes, cada empresa, grupo o estimador tiende a seguir un camino diferente.

CONCEPTOS, ELEMENTOS Y ACTIVIDADES

Ya en la introducción se han definido los conceptos, elementos y actividades de un estimado típico, ahora solamente se tratará de indicar que el valor de un estimado de obra está formado por un conjunto de Conceptos de Costos Directos e Indirectos. Estos Conceptos Directos e Indirectos son el resultado de sumar elementos que se han agrupado de tal forma que la suma de todos ellos muestren los costos directos e indirectos de que se compone un Estimado.

Es necesario mencionar que, el ordenamiento o división, obedece solamente a cierta comodidad en el manejo de datos, también se debe aclarar que la lista de elementos que aparece en la introducción no es exhaustiva.

Siguiendo con el desglose de un estimado de costo después de los elementos se pueden mencionar actividades que son: civiles, mecánicas, eléctricas y de instrumentación.

ALCANCE DEL TRABAJO

En este punto, se listan los aspectos que normalmente se requieren conocer para desarrollar un Estimado de costo típico;

- a) Objetivo del estimado
- b) Requerimientos de producto, capacidad o tamaño.
- c) Especificaciones de servicios, necesidades de edificios o construcciones civiles. Necesidades de servicios, requerimiento de servicios auxiliares y generales. Necesidades de manejo y almacenamiento de materia prima y - producto terminado.

LOCALIZACION

- a) Sitio o 'lugar' del proyecto ó estimado típico
- b) Descripción general del sitio.
- c) Topografía del sitio
- d) Estudios diversos, hidrológico, mecánico de suelos, --
etc.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.

Diagrama de flujo aproximado (proceso y servicio)

Diagrama de flujo detallado (proceso y servicio)

LISTA DE EQUIPO

Aquí se incluyen las siguientes actividades:

- a) Especificaciones preliminares de materiales y equipo.

- b) Especificaciones definitivas
- c) Lista de recipientes y equipo
- d) Distribución general

Preliminar

Detallado

EDIFICIOS Y ESTRUCTURAS

Tipos de construcción y dimensiones aproximados:

Cimentación.

Esquemas arquitectónicos y diseño estructural

Arreglo general y elevaciones

Planos detallados

REQUERIMIENTOS DE SERVICIOS

Cantidades aproximadas, (vapor, agua, electricidad, etc.)

Diagramas de flujo preliminares

Balance de calor definitivo

Diagramas de flujo cuantitativos y/o definitivos

Planos detallados.

TUBERIA

Diagramas de flujo preliminares

Diagrama de flujo definitivos

Planos detallados

Lista de materiales

AISLAMIENTO

Especificaciones aproximadas

Lista preliminar de equipo y tubería por aislar

Especificaciones de aislamiento y lista de materiales

INSTRUMENTACION

Diagrama preliminar

Lista preliminar de instrumentos

Diagrama de flujo con instrumentación, definitivo

Planos detallados.

ELECTRICO

Capacidad total instalada

Tipo de instalación

Diagrama de bloques, indicando cargas en cada una de las -
áreas del proyecto.

Voltaje de transformación

Tamaño y tipo de motores

Diagrama unifilar preliminar indicando cargas y voltajes

Especificaciones preliminares de subestaciones

Lista preliminar de motores con sus tamaños

Areas a iluminar y niveles de iluminación aproximada

Especificaciones de fuerza y alumbrado

Diagrama unifilar definitivo

Diagrama de subestaciones secundarias completas con centro de distribución

Especificaciones de subestaciones

Lista de motores y equipos eléctricos con especificaciones completas:

Planos generales de alimentadores principales y secundarios, alumbrado de patios y sistema de tierras.

Planos de distribución de fuerza

Planos de distribución de alumbrados

Especificaciones de fuerza y alumbrado

Planos detallados para construcción.

6.2 ESTIMADOS DE COSTO POR ACTIVIDADES, FACTORES DE COSTO DE LOS INSUMOS: MANO DE OBRA, MATERIALES Y MAQUINARIA.

ESTIMADOS DE COSTO POR ACTIVIDADES.

En la construcción de toda planta industrial como lo señalabamos anteriormente las cuatro actividades más importantes son:

1. Civiles
2. Mecánicas
3. Eléctricas
4. Instrumentación

Siguiendo este orden lógico se puede hacer un estimado de costos en donde la exactitud que se logre dependerá de la información y del tiempo disponible, por supuesto lo anterior esta intimamente ligado con el uso que se vaya a dar al estimado.

Las tabias que se muestran a continuación son las del estimado de una planta completa para la cual se disponía de cierta ingeniería.

La presentación del mismo está de acuerdo a un Catálogo de cuentas, la planta se dividió en tres áreas de -

servicio y cinco de proceso, se tomó el área 42 para mostrar el desglose total por actividades.

El agrupamiento se puede hacer de la siguiente manera:

					% Total Area
Actividades Civiles	42-1000	A	42-1300	\$ 123,051	4.15
Actividades Mecáni-					
cas.	42,2000	A	42-5700	2'056,256	69.39
Actividades Eléctri-					
cas.	42,6000	A	42-6400	51,720	1.74
Actividades de Ins-					
trumentación	42-7000	A	42-7400	<u>732,445</u>	<u>24.72</u>
TOTAL DEL AREA 42				\$ 2'963,472	100.00

EMPRESA	DIVISION O PROYECTO	DEPARTAMENTO O AREA	CARGO	CODIGO O CUENTA
"X"	DIVISION: Ingeniería Construc. Suministr. Finanzas	Dirección /Proceso Civil Mecánico Tuberías etc.		
	PROYECTOS "A" "B" "C" "D"	1 2 3 4 Distrib.	M.O. Admon. M.O. Destj. Materiales Equipo etc. etc.	Código Código Código

TIPOS DE PROYECTOS

(1) URBANOS

SERVICIOS
COMERCIALES
HABITACION

(2) INFRAESTRUCTURA

COMUNICACIONES

PUENTES
CAMINOS
AEROPUERTOS
FERROCARRILES
TELECOMUNICACIONES

OBRAS HIDRAULICAS

OBRAS MARITIMAS

ENERGIA ELECTRICA

GENERACION
TRANSMISION
DISTRIBUCION

CONDUCCIONES

(Oleoductos, Gasoductos, etc.)

MANUFACTURERA

(3) INDUSTRIAL

PETROQUIMICA

PROCESO

METALURGICA
QUIMICA
EXTRACCION

(4) NUCLEARES

(5) ESPECIALES

FIGURA No. 1

RESUMEN DEL COSTO DE UN PROYECTO

No. de Cuenta	Descripción	Material o			Total	Fletes *
		Mano de Obra	Equipo	Subcontratos		
Areas de Servicio						
23-00	Area No. 23	159,313	448,168	75,694	683,175	
28-00	Area No. 28	423,827	1,473,953	358,217	2,256,007	
30-00	Area No. 30	41,305	38,162	134	79,601	
	Subtotal Areas de Servicios	624,445	1,960,293	434,045	3,018,733	18,386
Areas de Proceso						
41-00	Area No. 41	209,756	2,390,995	123,739	2,724,540	22,394
42-00	Area No. 42	238,443	2,607,711	117,318	2,963,472	14,202
43-00	Area No. 32	165,458	2,145,591	33,674	2,344,733	20,108
44-00	Area No. 44	494,608	3,433,155	60,954	3,988,727	32,077
45-00	Area No. 45	351,105	2,685,870	123,763	3,160,738	25,134
	Subtotal Areas de Proceso	1,459,380	13,263,332	459,498	15,182,210	113,195
	COSTO DIRECTO T O T A L	2,083,825	15,223,632	893,543	18,200,993	132,301
95-00	Indirectos de Obra	1,687,367	504,513	2,194,543	4,386,423	
96-00	Costo Oficina Central	1,223,762	15,000	1,404,763	2,643,525	
97-00	Honorarios					
98-00	Contingencias y Escalación	639,510	1,231,608	468,386	2,339,504	
	GRAN T O T A L	5,634,464	16,974,746	4,951,235	27,570,445	

* Fletes incluidos en Indirectos

RESUMEN DEL COSTO DIRECTO DEL PROYECTO

No. de Cuenta	Descripción	Horas Hombre	T O T A L				Subcont.	Total
			Labor	Material	Fletes *			
	Resumen de todas las Areas							
23	Area No. 23	17,702	159,313	448,168		75,694	683,175	
28	Area No. 28	47,090	423,827	1,473,963		358,217	2,256,007	
30	Area No. 30	4,591	41,305	38,162		134	79,601	
	Sub-Total Servicios	69,383	624,445	1,960,293	18,386	434,045	3,018,783	
41	Area No. 41	23,306	209,756	2,390,995	22,394	123,789	2,724,540	
42	Area No. 42	26,283	238,443	2,607,711	14,202	117,318	2,963,472	
43	Area No. 43	18,385	165,468	2,145,591	20,108	33,674	2,344,733	
44	Area No. 44	54,957	494,608	3,433,165	32,077	60,954	3,988,727	
45	Area No. 45	39,012	351,105	2,685,870	25,139	123,763	3,160,733	
	Sub-Total Proceso	161,943	1,459,380	13,263,332	113,195	459,498	15,182,210	

* Fletes incluidos en Indirectos.

RESUMEN DE LOS GASTOS INDIRECTOS

DESCRIPCION	T O T A L			TOTAL
	LABOR	MATE- RIAL	SUBCON- TRATOS.	
10 Sueldos Admón.	284,400			284,000
11 Sueldos Com- pras.	24,000			24,000
17 Sueldos técnicos	622,500			622,500
18 Sueldos Almacén	173,600			173,600
19 Sueldos Oper. - Mant. Equipo	128,100			128,100
25 Gratificaciones y Aguinaldos.	142,983			142,983
33 Gros. Vigilancia	66,000			66,000
34 Pruebas y Entre- namiento Personal.	800	800		1,600
36 Vacaciones	100,983			100,983
37 Días Feriados	40,273			40,273
40 Limpieza	68,400			68,400
44 Copias		11,000		11,000
46 Instalación pro- visional	25,200	44,100		69,300
48 Renta Eq. y Maq. (BI)			960,680	960,680
49 Renta Equipo Ofna. y Topografía.			75,450	75,450
51 Reparaciones Meno- res y Refacciones	10,528	47,113		57,641
53 Luz, fuerza y -- Agua.			26,000	26,000
54 Efectos, útiles - de Escritorio y - papelería.		13,200		13,200
55 Comunicaciones			2,750	2,750
56 Gastos de Viaje			11,000	11,000
57 Higiene y Seguri- dad y Agua Potable		18,300		18,300
58 Gastos Sindicales			22,000	22,000
59 Fletes y Acarreos			144,301	144,301
62 Control de calidad			30,000	30,000
63 Herramienta menor consumible.			84,000	84,000
64 Herramientas meno- res.			84,000	84,000
65 Materiales de con- sumo.		370,000		370,000
70 Cuotas del IMSS			544,488	544,488
71 1% Impto. Educa-- ción.			34,874	34,874
74 Seguros			175,000	175,000
T O T A L	1,687,367	504,513	2,062,242	4,386,423

CALCULO DE UN RENGLON DE GASTOS INDIRECTOS

DESCRIPCION	TOT. MES	COSTOS UNITARIOS			T O T A L			TOTAL
		SUELDO	VIATICOS	TOTAL	LABOR	MATERIAL	SUBCON TRATOS	
17 SUELDOS TECNICOS OBRAS								
Superintendente o Residente	11	17,000		17,000	187,000			187,000.00
Jefe de Oficina	9	7,500		7,500	67,500			67,000.00
Ing. Civil	10	8,000		8,000	80,000			80,000.00
Ing. Mecánico	10	9,000		9,000	90,000			90,000.00
Ing. Eléctrico	8	9,000		9,000	72,000			72,000.00
Ing. Instrumentación	7.5	9,000		9,000	67,500			67,500.00
Tanógrafo	3	4,500		4,500	13,500			13,500.00
Supervisor de Area	6	7,500		7,500	45,000			45,000.00
TOTAL SUBCUENTA No. 17					622.500			622,500.00

T A B L A 4

CALCULO DE LAS CONTINGENCIAS

Está basado en lo siguiente:

Equipo	\$ 7,030,550 X 0.04 =	\$ 281,222.00
Materiales	8,193,075 X 0.08 =	655,446.00
Obra de Mano	2,083,825 X 0.10 =	208,383.00
Subcontratos	893,543 X 0.10 =	89,354.00
Indirectos de Obra	4,386,423 X 0.10 =	438,642.00

T O T A L : \$ 1,673,047.00

La contingencia para equipo, se basa en que se han recibido - aproximadamente el 95% de las cotizaciones solicitadas.

T A B L A . 5

CALCULO DE LA ESCALACION

Está basado en lo siguiente:

Equipo y Materiales.

$$\$ 15,223,625 \times 0.30 \times 0.05 = \$ 228,354.00$$

Obra de Mano y Sub-contratos.

$$(2.083,825 + 893,543) \times 0.5 \times 0.2 = 2.977,368 \times 0.1 = \$ 297,737.00$$

Indirectos de Obra

$$4.386,423 \times 0.40 \times 0.03 = \$ 140,366.00$$

$$T O T A L . = \$ 666,457.00$$

Los factores para escalación están tomados de nuestra experiencia, además se ha considerado lo siguiente:

- a) La posibilidad de que la semana de trabajo sea reducida de 48 a 40 horas en 1977.
- b) El incremento en salarios a partir de Enero de 1977 (por incremento del salario mínimo).

R E S U M E N

Contingencias	\$ 1,673,047.00
Escalación	<u>666,457.00</u>
	\$ 2,339,504.00

RESUMEN DEL COSTO DE UNA AREA

No. de Cuenta	Descripción	Hombre		Fletes			Total
		Horas Total	Labor	T O T A L Material	*	Subcont.	
<u>RESUMEN DEL AREA 42</u>							
42-1000	Preparación y movimien- tos de tierra	24	132	--	--	--	132
42-1100	Cimentaciones	714	3,902	17,354	--	--	21,256
42-1300	Estructuras diversas	1,619	8,900	37,615	--	55,148	101,663
42-2000	Equipo, ventilación y - aire acondicionado.	1,262	12,616	132,080	1,321	--	144,696
42-2500	Bombas	617	6,165	92,875	929	--	99,040
42-3000	Torres de proceso	1,284	12,830	317,300	3,173	--	330,130
42-3400	Filtros	877	8,759	131,550	1,316	--	140,309
42-3900	Separadores y clasifica- dores	535	5,346	51,240	512	--	56,586
42-4000	Eyectores y sistemas de vacío	1,070	10,692	616,750	6,168	--	627,442
42-4100	Sistema de seguridad y vanteos	107	1,059	78,500	785	--	79,569
42-5000	Tuberías	3,514	35,140	69,183	--	--	104,323
42-5100	Accesorios	4,350	43,500	111,752	--	--	155,252
42-5200	Válvulas	227	2,270	180,279	--	--	182,549
42-5400	Aislamiento	--	--	--	--	44,316	44,316
42-5500	Soportería	3,080	23,096	34,645	--	--	57,741
42-5600	Pintura	--	--	--	--	17,854	17,854
42-5700	Empaques, tornillos, etc.	600	6,000	10,449	--	--	16,449
42-6000	Sistema de tierras y pa- rarrayos.	286	2,427	5,126	--	--	7,553
42-6200	Fuerza baja tensión y - control	326	4,037	11,508	--	--	15,545
42-6300	Alarbrado y contactos - monofásicos	396	6,224	17,637	--	--	23,861
42-6400	Sistemas de comunicacio- nes, señalización y alar- mas.	254	2,153	2,603	--	--	4,761
42-7000	Aparatos de control y/o medición	2,334	19,605	384,263	--	--	403,863
42-7100	Tableros de control inst.	--	--	49,985	--	--	49,985
42-7300	Líneas de alimentación	2,095	17,598	59,090	--	--	76,688
62-7400	Elementos finales de - Control.	712	5,982	195,322	--	--	201,904
T O T A L E S .		26,283	238,443	2,607,711	14,204	117,318	2,963,472

* Fletes incluido en Indirectos.

COSTO-HORA-HOMBRE (CALCULO DE MANO DE OBRA)

DESCRIPCION	A	B	C	D	E	F	G	H
MECANICO Y TUBEROS								
Sobrestante	130	20.-	150	175.50	21.94	32.50	1313.12	23.45
Cabo	100	10.-	110	128.70	16.09	25.00	972.32	17.36
Maestro	90	10.-	100	117.00	14.63	22.50	882.24	15.75
Oficial especialista	80	10.-	90	105.30	13.16	20.00	791.68	14.14
Oficial de Primera	65	10.-	75	87.75	10.97	16.25	656.56	11.72
Oficial de Segunda	50	-----	50	58.50	7.31	12.50	450.88	8.05
Ayudante	35	----	35	40.95	5.12	8.75	315.76	5.64

A = Salario diario fijado por el tabulador \$/día.

B = Viáticos diarios fijados por el tabulador según la zona \$/día.

C = Salario diario total incluyendo viáticos \$/día.

D = Salario diario total incluyendo viáticos, 7o. día y días feriados por la Ley

$$\$/\text{día } D = C \times \frac{A}{365 - (\text{Domingos} + \text{Días Fer.})}$$

E = Salario por hora, incluyendo viáticos, 7o. día y días feriados \$/hora $C = \frac{D}{\text{Horas normales por día}}$

F = Salario tiempo extra \$/hora $F = \frac{A}{\text{Horas normales por día}} \times 2$

G = Salario semanal total, incluyendo viáticos, 7o. día, días feriado y tiempo extra \$/semana.

$$\begin{aligned} & (\text{Horas normales/semana}) E + \\ & + (\text{Horas extras/semana}) F \end{aligned}$$

H = Salario por hora, incluyendo viáticos, 7o. día, días feriados y tiempo extra \$/hora

$$H = \frac{G}{\text{Horas normales} + \text{Horas extras por semana}}$$

Horas normales/día 8

Horas normales/semana 48

BASE DE CALCULO Horas extras/semana 3

Domingos 52

Días feriados --

CALCULO DE MANO DE OBRA H-H
CUADRILLA PARA TUBERIAS

<u>Descripción</u>	<u>Cantidad</u>	<u>\$/Hr.</u>	<u>Total</u>
Sobrestante	1/2	23.45	11.73
Cabo	1	17.36	17.36
Soldador Especialista	1	15.75	15.75
Tubero Especialista	1	14.14	14.14
Soldador de Primera	3	13.33	33.99
Tubero de Primera	3	11.72	35.16
Soldador de Segunda	2	9.67	19.34
Tubero de Segunda	2	8.05	16.10
Ayudante de Soldador	4	5.64	22.56
Ayudante de Tubero	4	5.64	22.56
	21.5		208.69

Costo de la H-H Cuadrilla = \$ 208.69

Costo de la H-H Promedio = $\frac{\$ 208.69}{21.5} = \$ 9.71$

21.5

T A B L A 9

No. de Cuenta	Descripción	Cantidad	Unidad	Hombre	T O T A L		Total
				Horas Total	Labor	Material	
RESUMEN DE TUBERIAS							
42-5010	Línea de Gas Inerte	4	M.L.	20.0	200	89	289
42-5010	Línea de Agua Fría	14	M.L.	80.0	800	531	1,331
42-5010	Líneas de Vapor y Con- densado.	86	M.L.	406.7	4,067	2,092	6,159
42-5010	Líneas de Proceso AC.	71	M.L.	357.3	3,573	1,630	5,203
42-5015	Líneas de Proceso Alu- minio	274	M.L.	2,650.0	26,500	64,841	91,341
42-5000	Total Tubería	449	M.L.	3,514.0	35,140	69,183	104,323

T A B L A 10

CALCULO DE UNA LINEA

No. de Cuenta	Descripción	Canti- dad	Uni- dad	Horas-Hombre		Costo Unitario		T o t a l		TOTAL
				por Unidad	Total	Labor	Material	Labor	Material	
42-5015	TUBO ALUMINIO, ALLOW 3003 H-112 SIN COST. CED. 40 EXT. PLANOS. Ø 1"	40	M.L.	6.8	272.4	10.00/H	58.00	2,724	2,320	5,044
42-5015	IDEM Ø 2"	70	M.L.	7.94	555.8	10.00/H	125.00	5,558	8,750	14,308
42-5015	IDEM Ø 3"	76	M.L.	9.45	718.2	10.00/H	206.00	7,182	15,656	22,838
42-5015	IDEM Ø 4"	56	M.L.	10.46	585.8	10.00/H	292.00	5,858	16,352	22,210
42-5015	IDEM Ø 6"	25	M.L.	12.86	321.5	10.00/H	331.50	3,215	8,288	11,503
42-5015	IDEM Ø 12"	7	M.L.	28.04	196.3	10.00/H	1,925.00	1,963	13,475	15,438
	T O T A L .	274	M.L.					26,500	64,841	91,341

T A B L A 11

FACTORES DE COSTO DE LOS INSUMOS: MANO DE OBRA,
MATERIALES Y MAQUINARIA

En el estudio de Precios Unitarios que se presenta a continuación se indican gráficamente los factores aproximados de los insumos.

P R O L O G O

La forma en que se presenta el presente estudio pretende establecer una teoría definida y de terminante en las bases del análisis de costos.

Está fundamentado principalmente en las BASES Y NORMAS GENERALES PARA CONTRATACION Y EJECUCION DE OBRAS PUBLICAS, editado en diario oficial del 26 de Enero de 1970.

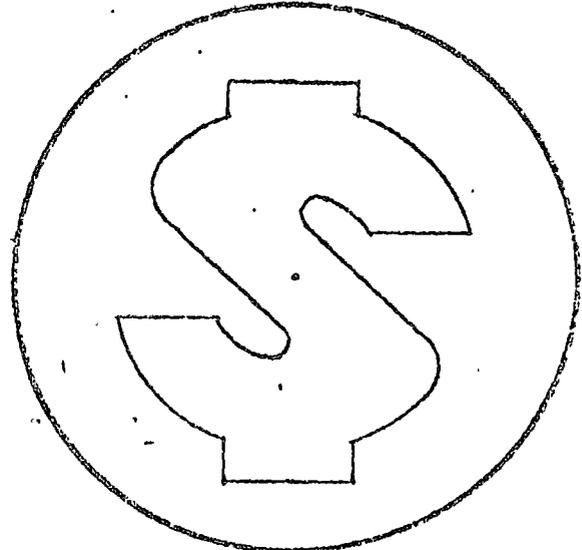
Se señalan gráficamente las causas que afectan un cargo base y que determinan su modificación, debido al proceso de transformación en que la mano de obra, materiales y equipo, han intervenido.

Se determina en general la forma en que cada uno de los cargos participa en cada peso del precio unitario.

El objeto principal consiste en plantear todas las causas que afectan los costos y con ello influir en el criterio del analista para que no omita ningún cargo definido; mediante la simple exposición gráfica se crea un procedimiento didáctico-gráfico de las bases teóricas de la integración de los costos, siendo estos presentados en una forma sencilla que facilita su comprensión, así como su aplicación práctica para todos aquellos interesados en la materia.

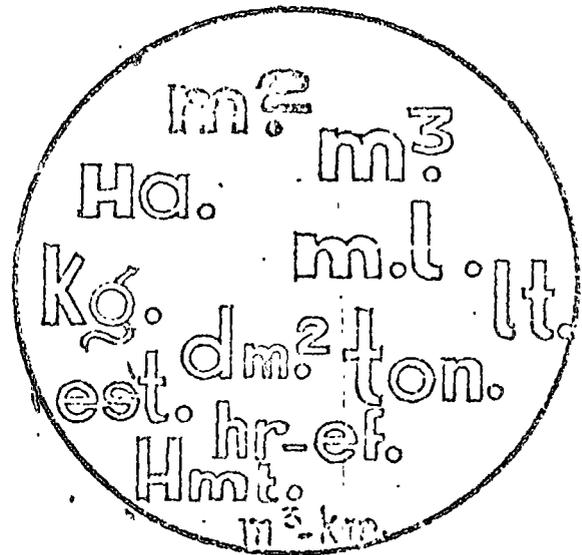
PRECIO UNITARIO

Remuneración ó pago en moneda que el Contratante deberá cubrir al Contratista por unidad de Obra y por concepto de trabajo que ejecute.



UNIDAD DE OBRA

Unidad de medición señalada en las especificaciones para cuantificar el concepto de trabajo para fines de medición y pago.



CONCEPTO DE TRABAJO

Conjunto de operaciones manuales y mecánicas, así como materiales, que el Contratista emplea en la realización de la Obra de acuerdo a Planos y Especificaciones, dividido convencionalmente para fines de medición y pago.



TEMA

INTEGRACION DE LOS COSTOS

División de los costos directos, indirectos y otros, en los diferentes cargos que los integran para determinar el precio unitario.

Obtención de los mismos en función de los factores que determinan su variación.

I Cargos Directos

- a) Mano de Obra
- b) Materiales
- c) Maquinaria
- d) Herramienta
- e) Instalaciones

II Cargos Indirectos

- a) Centrales
- b) De Obra

III Utilidad

IV Otros Cargos

P R E C I O U N I T A R I O

D I V I S I O N D E C A R G O S

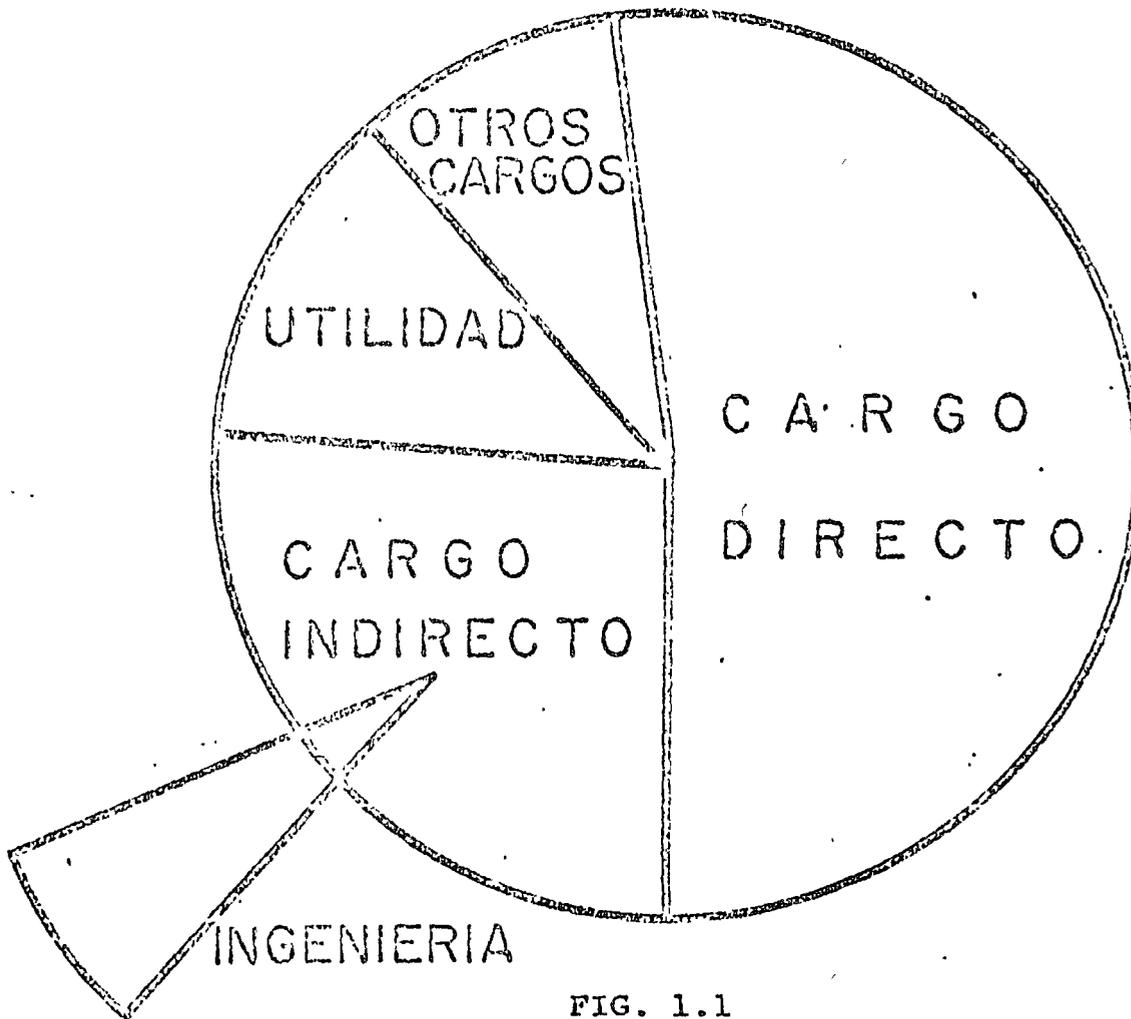


FIG. 1.1

El precio unitario como unidad está compuesto por diversos -- cargos reunidos en cuatro grandes divisiones como lo muestra la Figura No. 1.1.

Esta división corresponde a Obras de Construcción sobre proyectos terminados. Cuando deba la misma Compañía realizar el proyecto de Ingeniería, podrán cargarse los gastos relativos en la división de Cargos Indirectos, Oficina Central y si este cargo no se desea su prorrato en el precio unitario, se considerará como un contrato separado del de Construcción.

El porcentaje gráfico señalado es aproximado y representa la influencia proporcional que por cada peso del precio unitario le corresponde a cada uno de los cuatro grandes grupos que lo integran.

C A R G O S D I R E C T O S

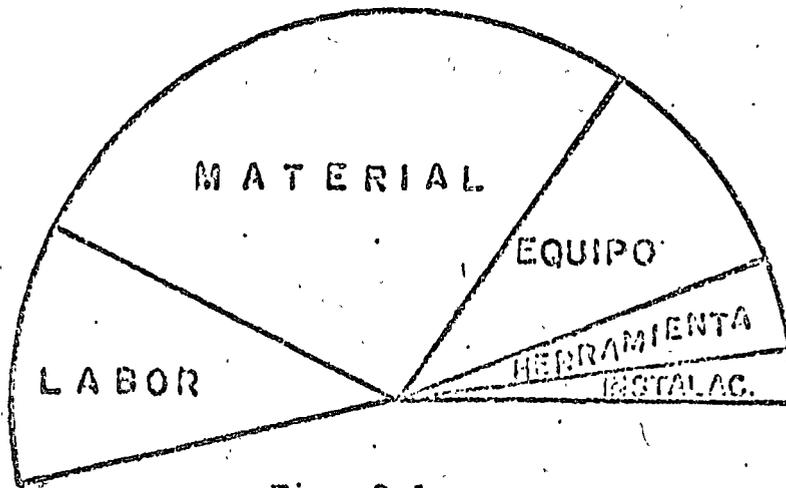


Fig. 2.1

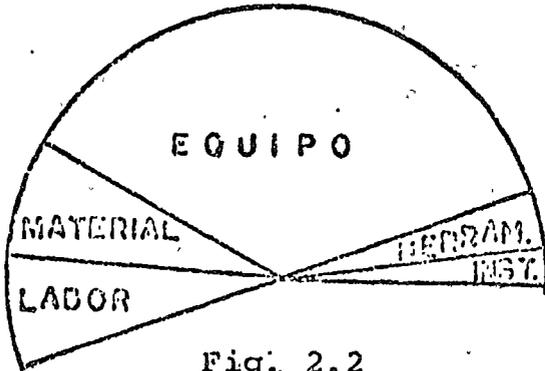


Fig. 2.2

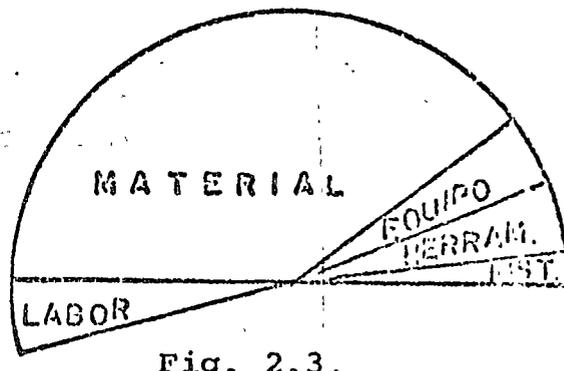


Fig. 2.3

CARGOS DIRECTOS.- Son los que se derivan de las erogaciones por mano de obra, materiales, equipo, herramienta, e instalaciones efectuadas exclusivamente para realizar dicho concepto de trabajo.

Los análisis detallados de costos directos permiten determinar los porcentajes de participación de cada uno de los cargos que afectan directamente, el resultado final del costo directo.

La Fig. 2.1 representa los porcentajes gráficos aproximados por cargos directos en obras de edificación donde la labor presenta un porcentaje de participación aproximado del 25% al

35 %, el material 45% al 55%, el equipo del 10% al 20%, la herramienta del 1% al 1.5% y las instalaciones de 0.5% al 1%.

La Fig. 2.2 representa los porcentajes gráficos aproximados por cargos directos en obras de infraestructura ó pesada; en este caso el Parámetro Equipo representa el porcentaje mayor 60% al 70% indicando el uso de equipos pesados de capital importancia para la realización de la obra, la labor puede representar una variación del 10% al 20%, materiales 15% al 25%, herramienta 0.5% al 1%, instalaciones 0.5% al 1%.

La Fig. 2.3 representa los porcentajes gráficos aproximados por cargos directos en Plantas Industriales, el Parámetro de Materiales aparece muy amplio en proporción a las otras partes y es resultado del incrementar en forma excesiva los conceptos electromecánicos e instrumentación con una gran cantidad de material de proceso como tuberías, recipientes, equipo, etc., para el funcionamiento de la Planta, éste desde luego varía con el tipo de Planta y de proceso propio de la misma, sin embargo, las estadísticas muestran siempre que el porcentaje de presencia mayor en obras de este tipo, corresponde a los materiales y equipo de proceso, con una variación aproximada entre el 70% al 80%, el equipo de construcción y herramienta del 5% al 9%, la mano de obra del 15% al 25%, y las instalaciones del 0.5% al 1%.

C A R G O D I R E C T O S

C A R G O P O R M A N O D E O B R A

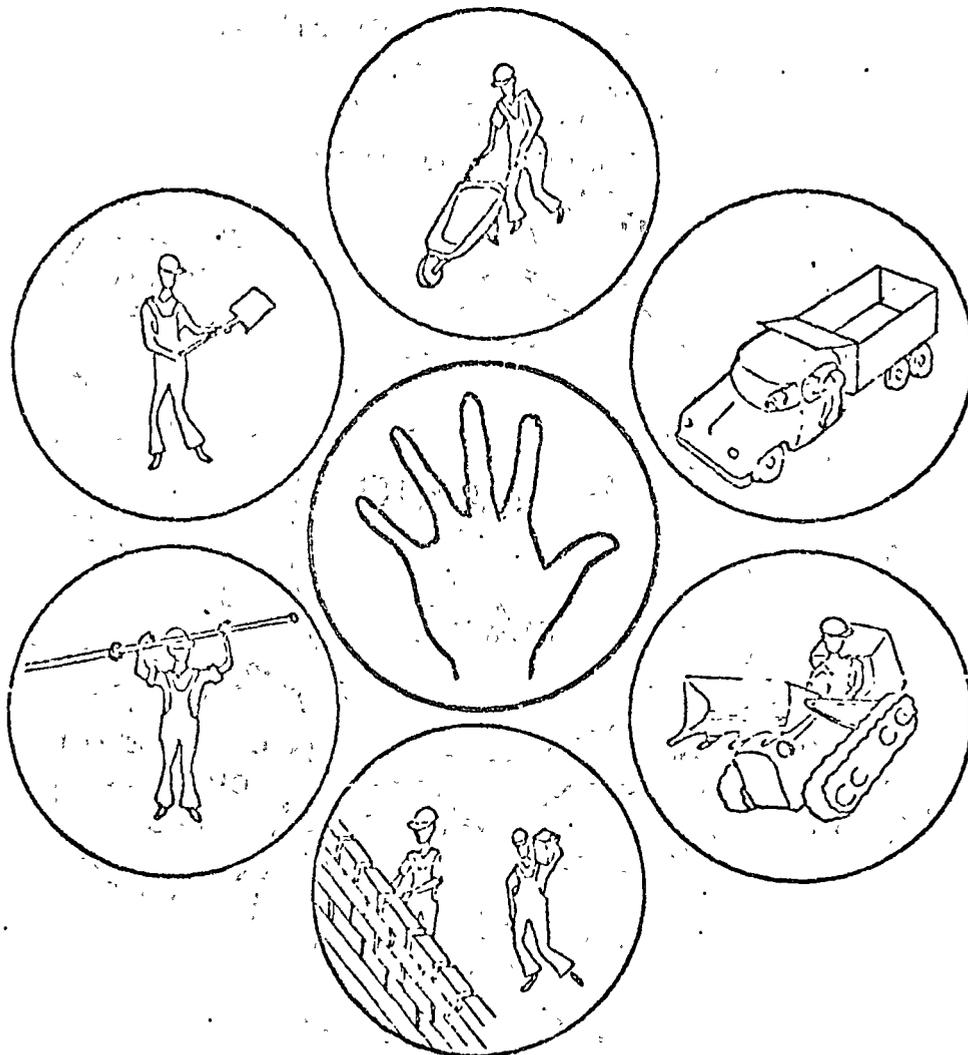


Fig. 3.1

Los cargos por Mano de Obra son los resultantes de prorratear el pago de salarios al personal individual ó por cuadrilla que interviene única y exclusivamente en forma directa en la ejecución del trabajo de que se trate, entre las unidades de producción (rendimiento que dicho personal realice en un tiempo determinado)

$$Mo = \frac{S}{R}$$

C Á R G O S _ _ D I R E C T O S
S A L A R I O S

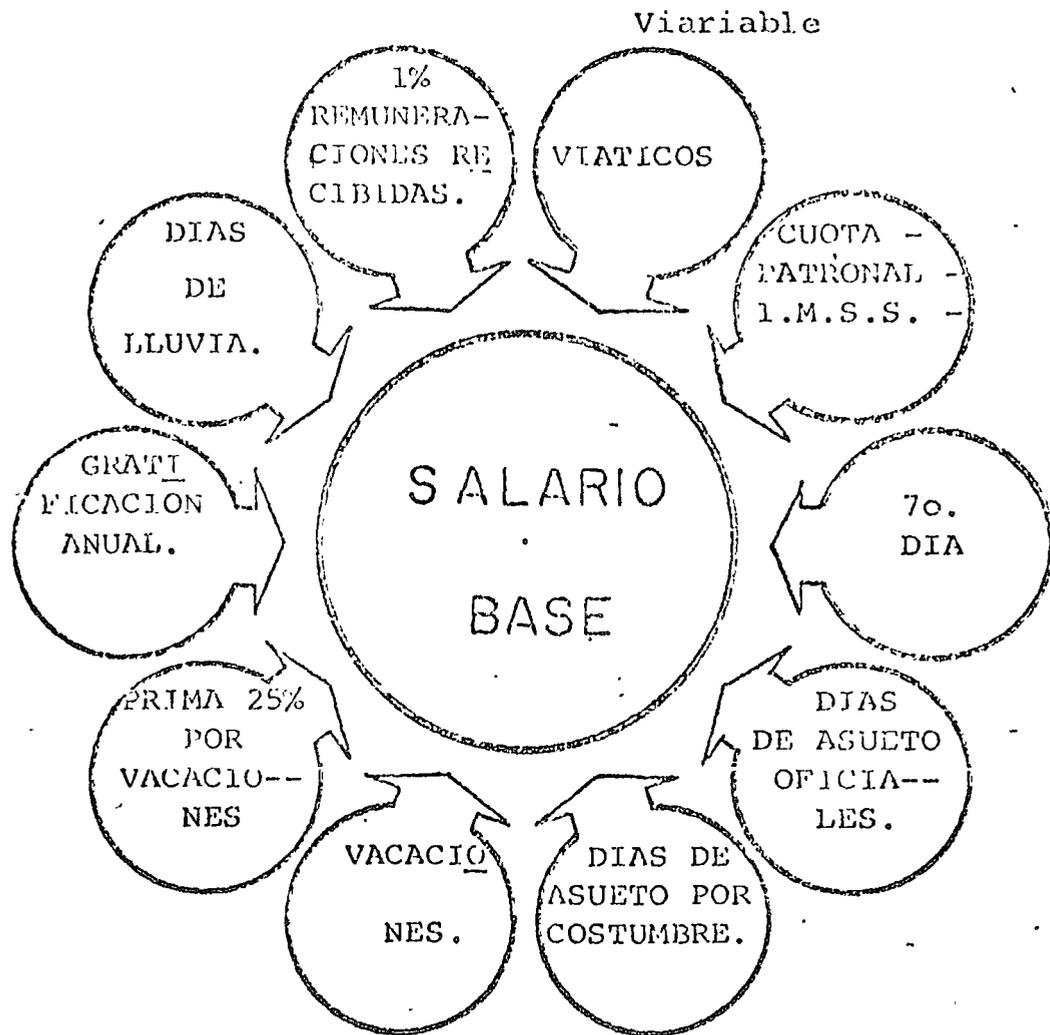


Fig. 3.2

Factores y porcentajes que afectan el salario base para convertirlo en salario real.

CARGOS DIRECTOS

SALARIO

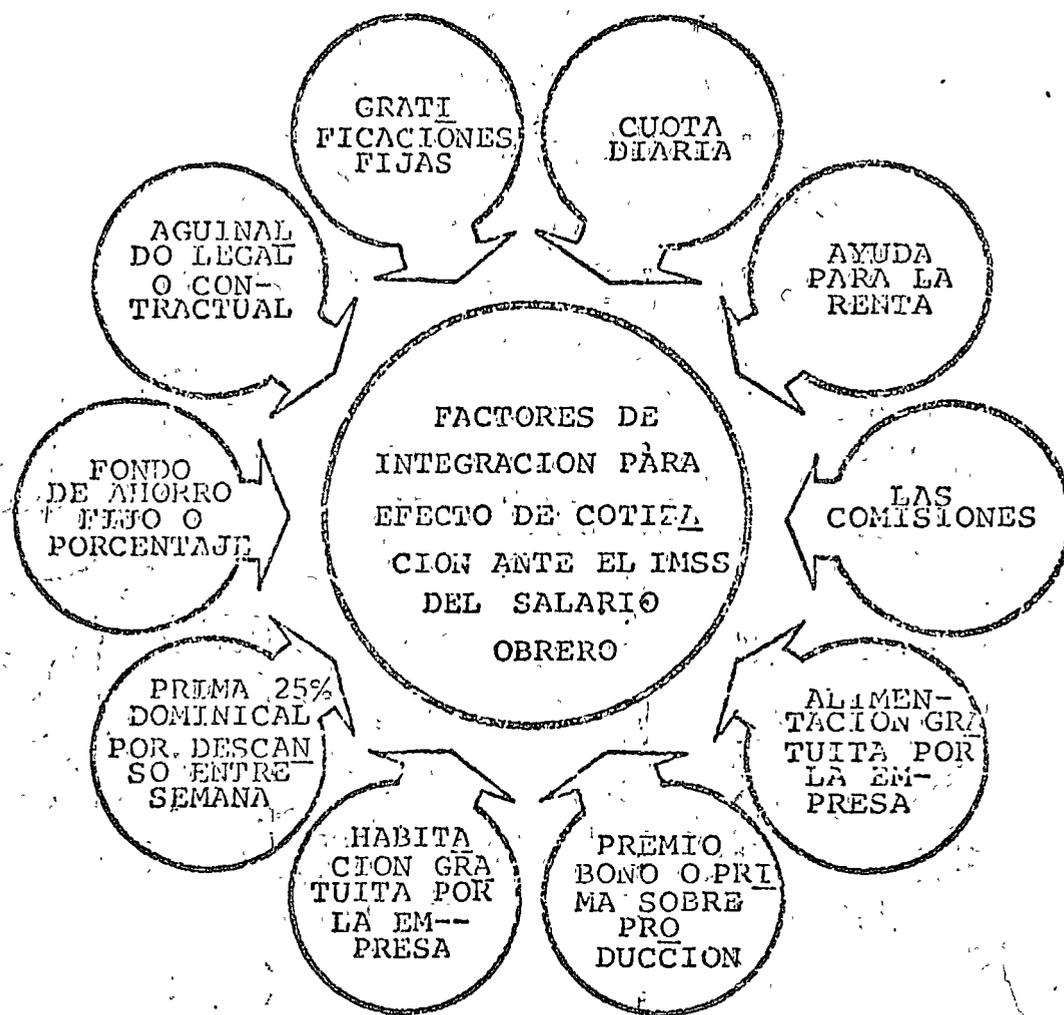


Fig. 3.3

NOTA 1.1 El salario mínimo legal de la zona respectiva no podrá ser descontado en forma alguna, aunque haya factores distintos que adicionen la cuota diaria.

NOTA 1.2 Con respecto al concepto de horas extraordinarias de trabajo o servicios extraordinarios en días de descanso semanal u obligatorio no se pudo lograr acuerdo alguno, por sostenerse criterios legales totalmente opuestos.

C A R G O S D I R E C T O S

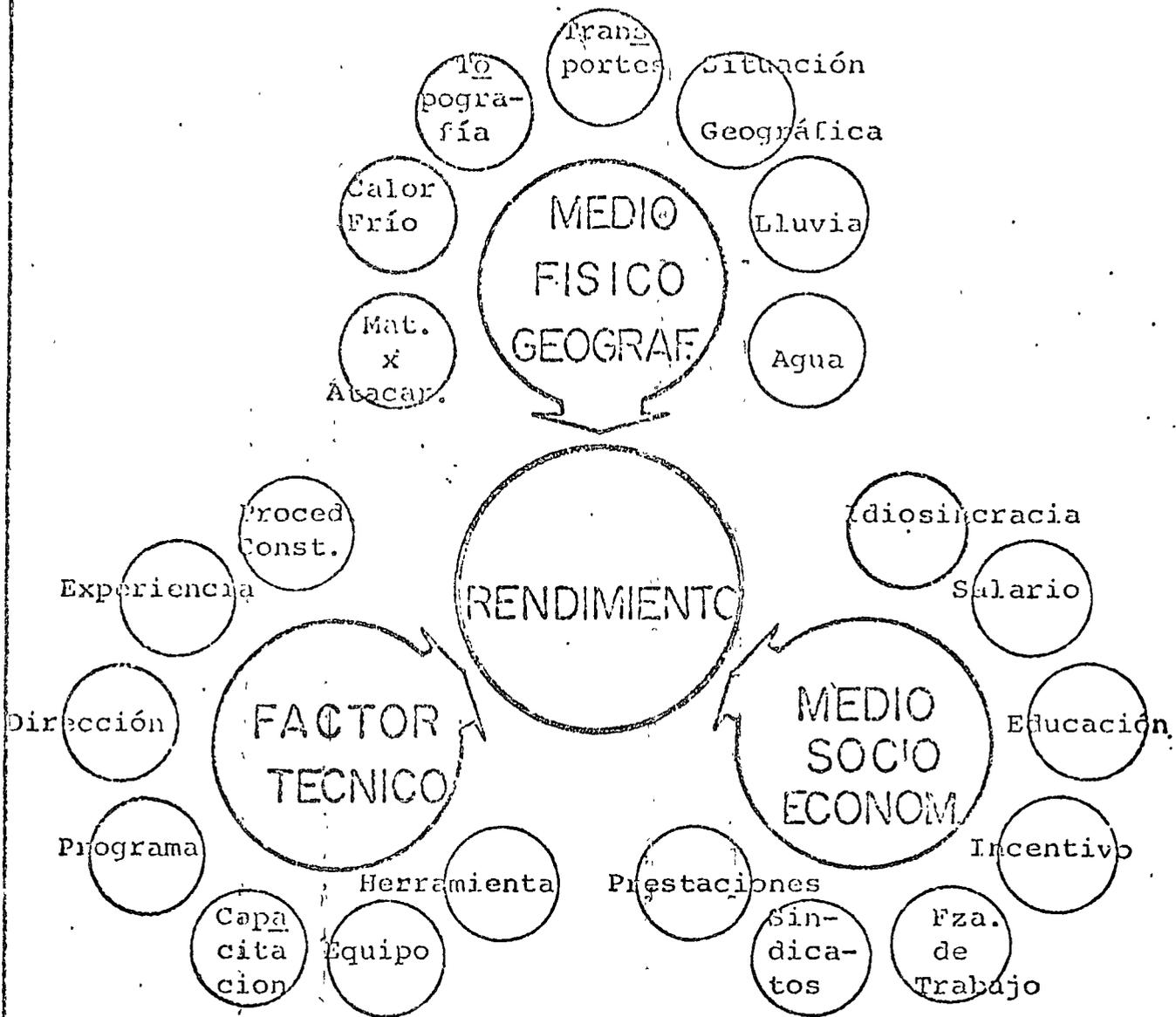


Fig. 3.4.

Factores de influencia que afectan la capacidad de -- producción del personal individual ó por cuadrilla y que determinan los rendimientos.

Siendo la capacidad de producción de primordial importancia en la determinación del costo, la minuciosa investigación del sitio de la obra, facilitará los conocimientos necesarios para obtener los rendimientos adecuados.

C A R G O S D I R E C T O S

M A T E R I A L E S

CARGO DIRECTO POR MATERIALES.

Las erogaciones que efectúa el Contratista para adquirir los materiales necesarios para la ejecución -- del concepto de obra, determinan el cargo directo -- por materiales.

Estos pueden ser permanentes, ó sea que forman parte integrante de la Obra, y temporales ó auxiliares que son consumidos en la Obra después de uno ó varios usos.

Los materiales son adquiridos del mercado ó producidos en la Obra, los adquiridos sufren una variación según Fig. 4.1 y los segundos, son motivo de un análisis especial.

C A R G O S D I R E C T O S

M A T E R I A L E S

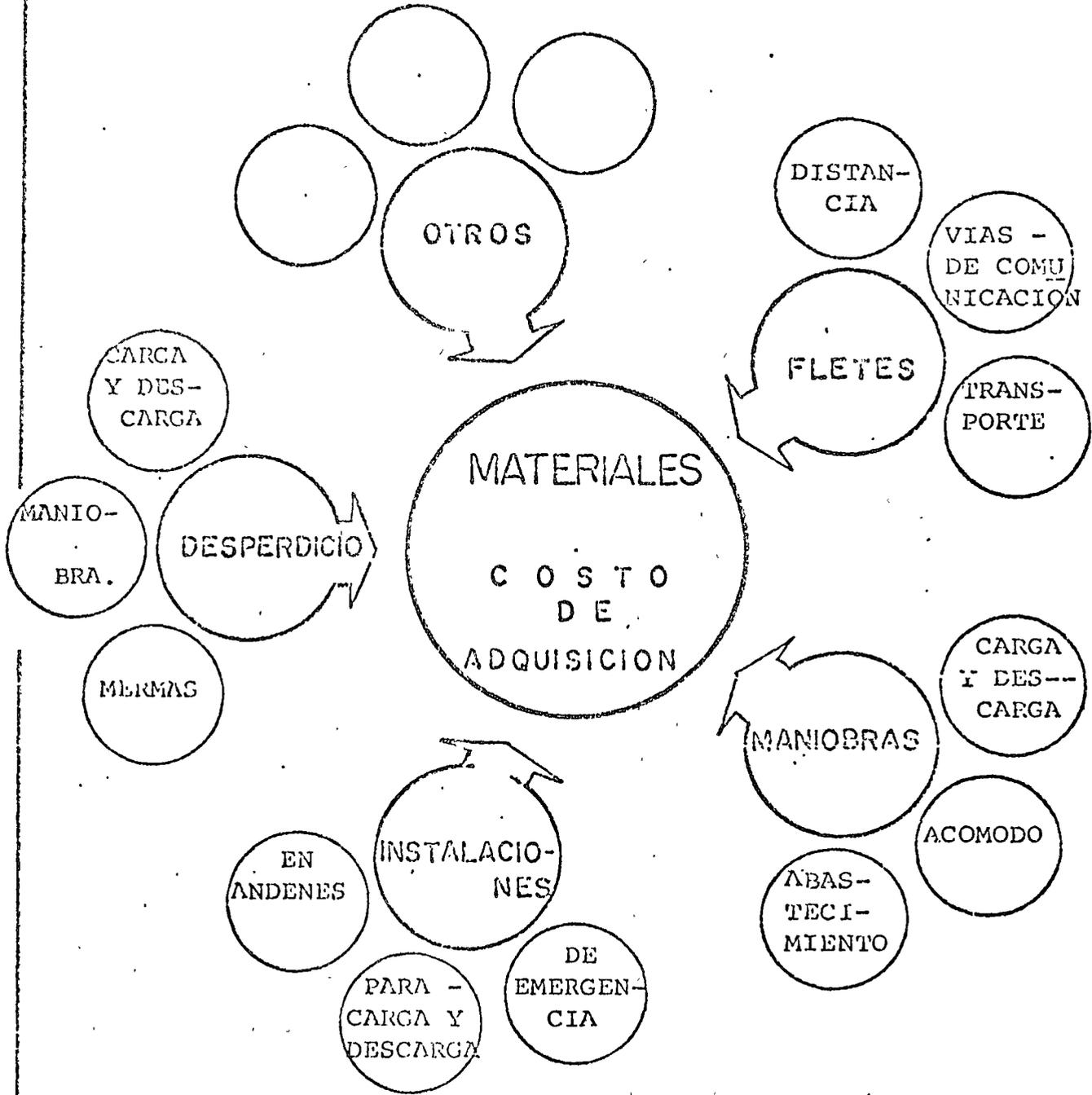


Fig. 4.1

Factores de influencia que determinan el incremento de costo sobre el costo de adquisición.

CARGOS DIRECTOS

EQUIPO COSTO

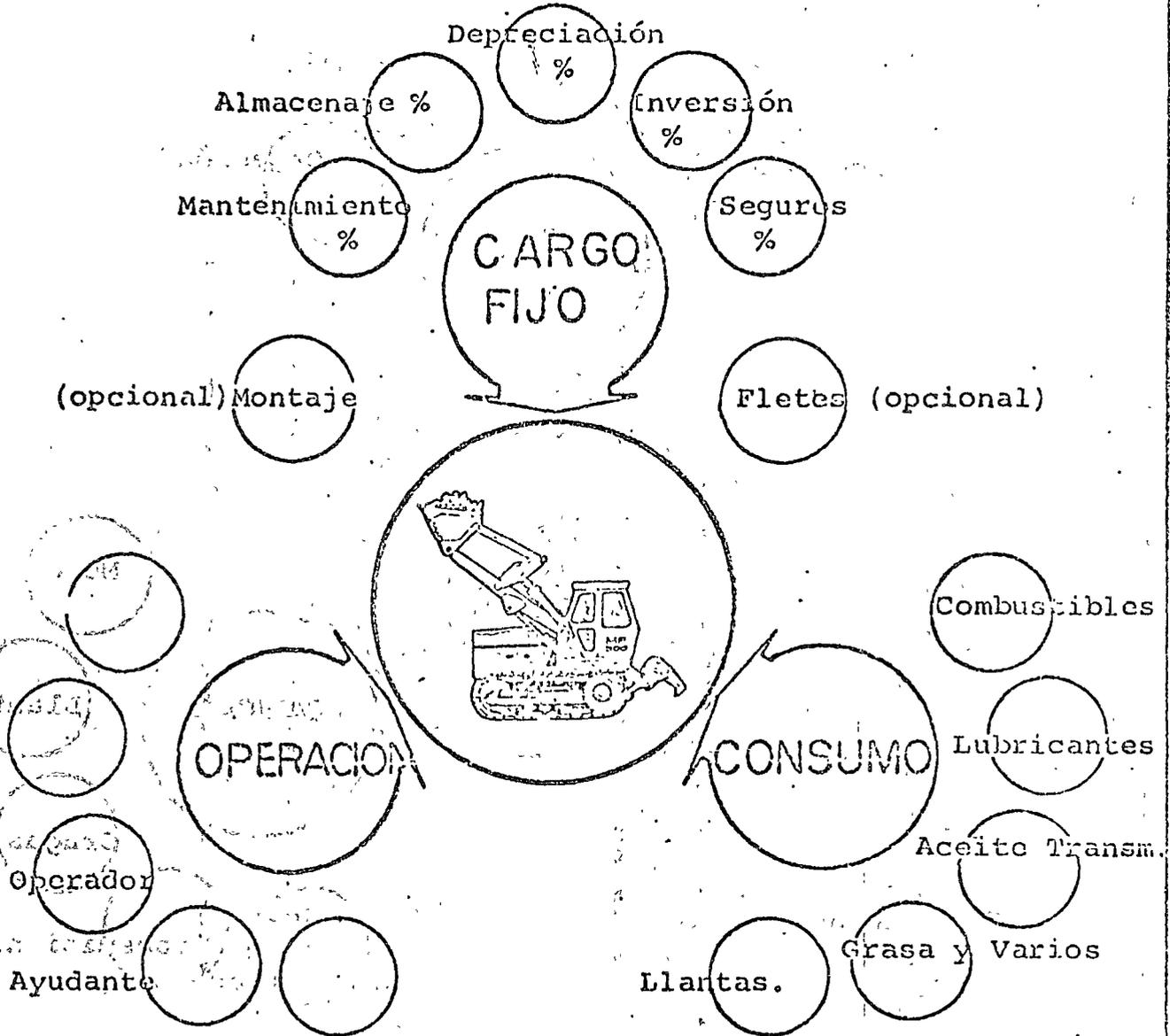


Fig. 5.1

CARGO DIRECTO POR EQUIPO.- Lo determinan según las bases y - normas generales para la contratación y ejecución de Obra Públicas, los cargos fijos, los de consumo y los de operación - por un tiempo determinado y dividido por el rendimiento efectivo que dicho equipo realice en el mismo tiempo determinado de costo.

$$CM = \frac{HMD}{RM}$$

Sin embargo, como lo muestra la figura 5.1, los cargos se dividen como todos los costos ó sea una Labor, un Material y el Equipo Intrínseco.

CARGOS DIRECTOS

EQUIPO RENDIMIENTO

Incentivo Económico

Dir. Técnica

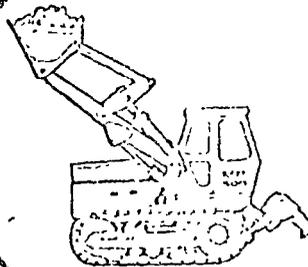
Clima

Sindicatos

Capacidad

OPERACION

RENDIMIENTO



FISICAS GEOGRAFICAS

MECANICAS

Altura

S.N.M.

Motor

Pendiente

Llantas

Clima

Orugas

Tipo de Material

Terrero

Mangueras y

Transmisión.

Equipo Auxiliar

Fig. 5.2

Casi todos los factores que determinan la variación de los rendimientos del equipo, están señalados en esta gráfica, los factores principales son afectados por otras y así sucesivamente, por esto para determinar los rendimientos más adecuados, es necesario llevar datos estadísticos de diversos tipos de obras,

CARGOS DIRECTOS
HERRAMIENTA DE MANO
INSTALACIONES



Fig. 6.1

El cargo por herramienta de mano, corresponde al consumo ó desgaste de la herramienta utilizada en la ejecución de los conceptos de obra y se determina en función de un porcentaje de la mano de obra. Dicho porcentaje se determina con estadísticas.



Fig. 7.1

El cargo por Instalaciones corresponde a las erogaciones realizadas por el Contratista para construir las instalaciones accesorias, necesarias para realizar conceptos de trabajos de finidos y no deberá incluir ninguna instalación de servicio general en la obra.

P R E C I O U N I T A R I O
C A R G O S I N D I R E C T O S

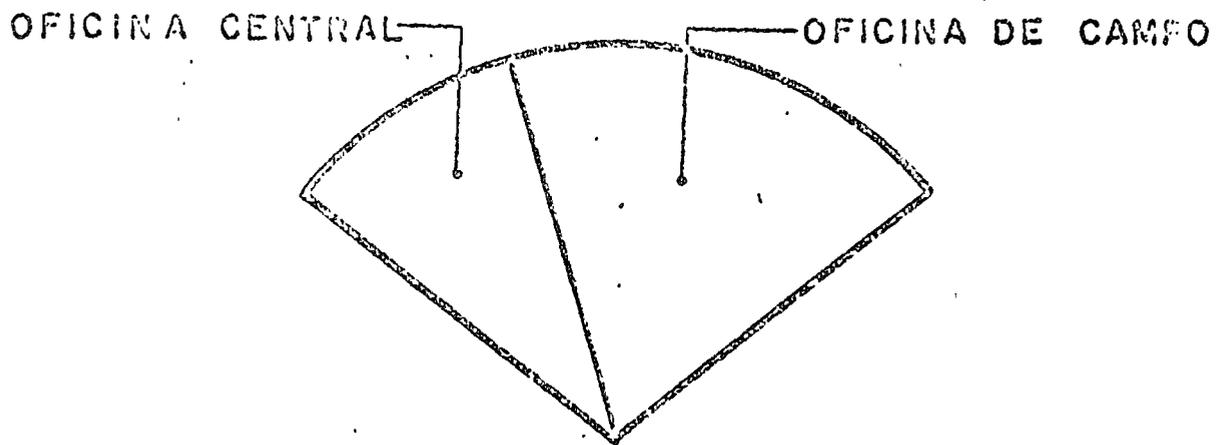


Fig. 8.1

TODOS LOS GASTOS QUE SE REALIZAN PARA LA CONSTRUCCION DE UN -- PROYECTO NO CONSIDERADOS EN LOS CARGOS DIRECTOS SE DENOMINARAN CARGOS INDIRECTOS COMO MUESTRA LA FIG. 8.1 SE DIVIDEN EN GASTOS DE OFICINA CENTRAL Y GASTOS DE OFICINA DE CAMPO.

LAS FIG. 8.2 Y 8.3 MUESTRAN LOS DIVERSOS FACTORES QUE INTEGRAN DICHS CARGOS SEGUN LAS BASES Y NORMAS GENERALES PARA LA CON-- TRATAACION Y EJECUCION DE OBRAS PUBLICAS, ESTOS CARGOS SE EX-- PRESAN COMO UN PORCENTAJE DEL COSTO DIRECTO OBTENIDO DEL RESUL TADO TOTAL DE LOS CARGOS INDIRECTOS ENTRE EL TOTAL DE LOS CAR-- GOS DIRECTOS MULTIPLICADO POR CIEN.

$$\% \text{ DE CARGOS IND} = \frac{\text{CARGOS IND.}}{\text{CARGOS DIRECTOS}} \times 100$$

CARGOS INDIRECTOS OFICINA CENTRAL

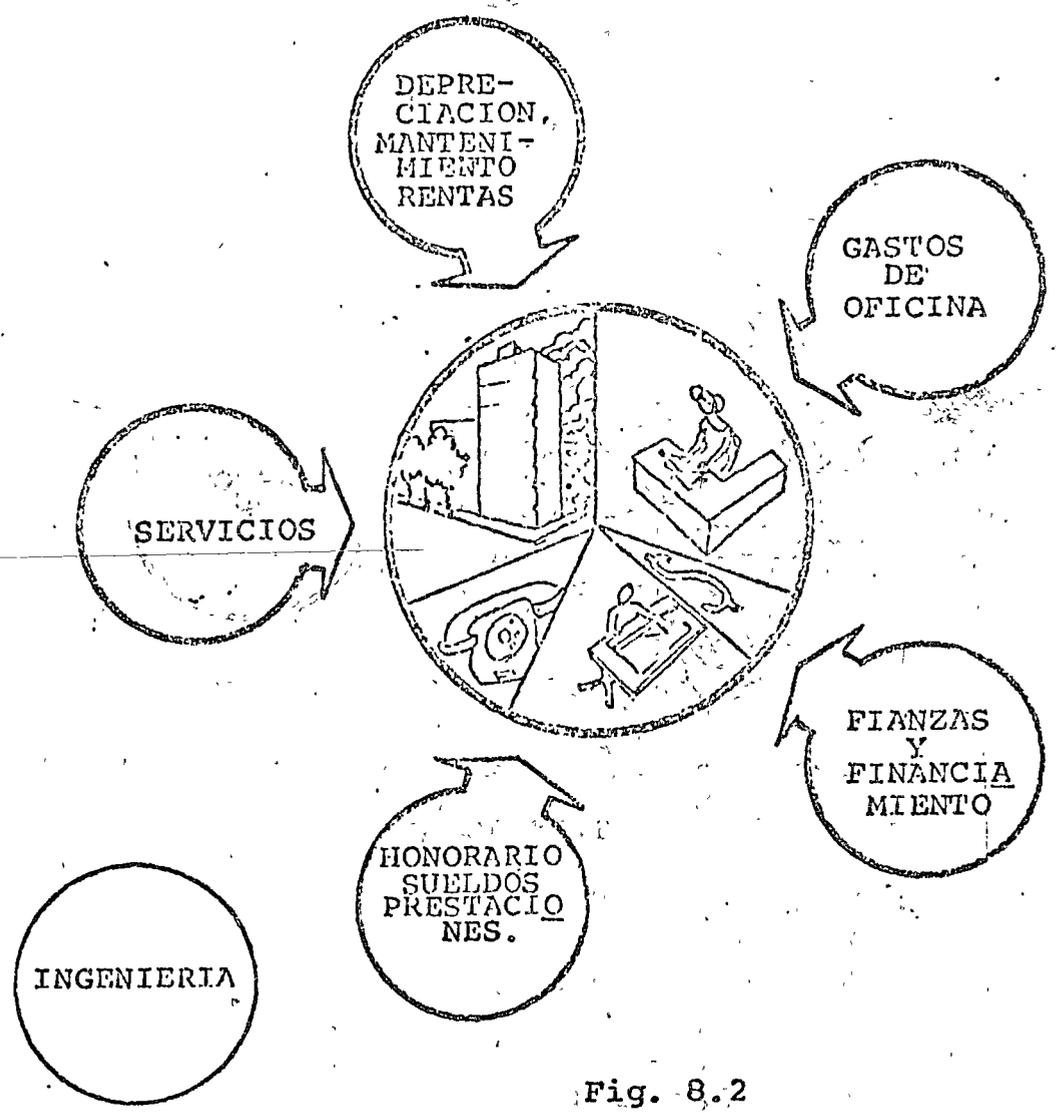


Fig. 8.2

(OPCIONAL)

Factores de influencia que determinan los cargos in directos de Oficina Central.
Ver Anexo-1

CARGOS . INDIRECTOS
OFICINA DE CAMPO

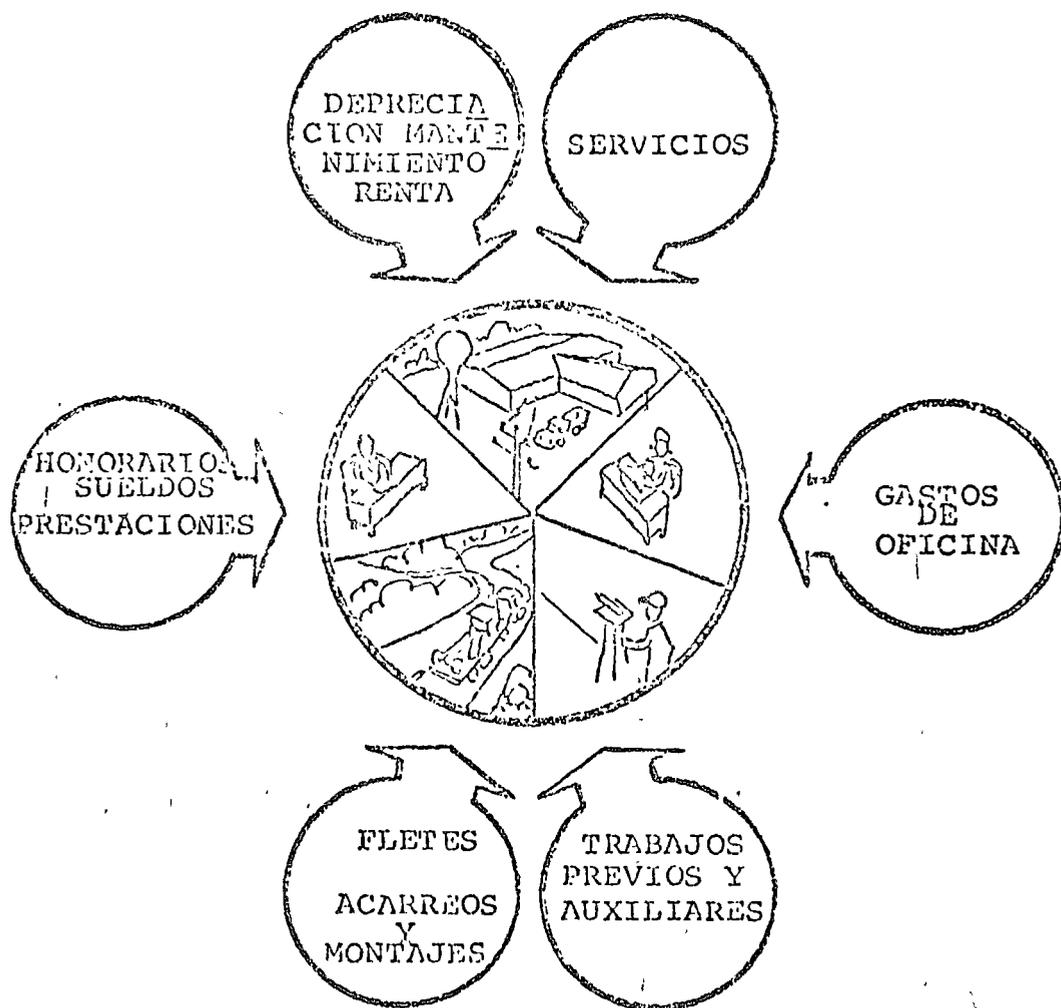
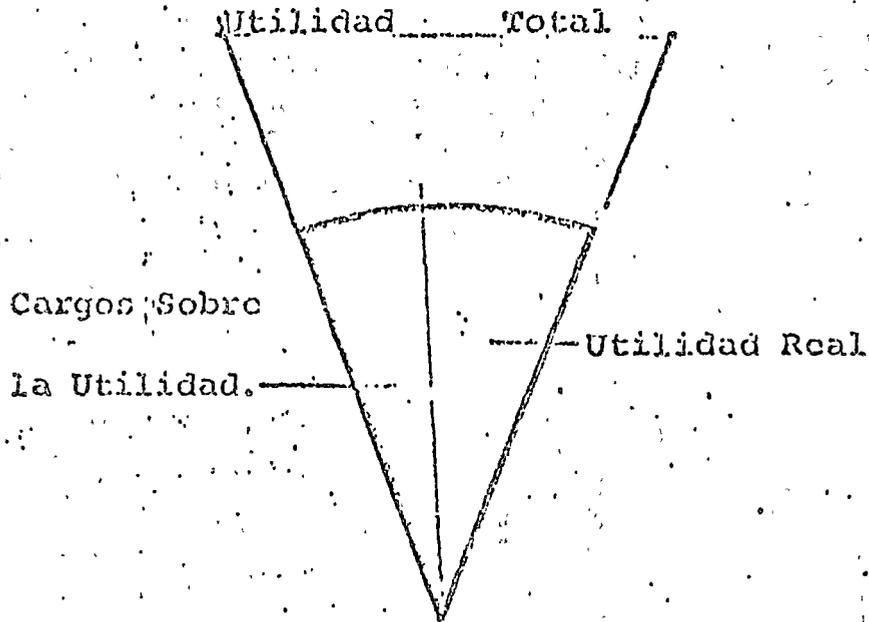


Fig. 8.3

Factores de influencia que determinan los cargos indirectos de la Oficina de Campo.
Ver Anexo 1.

P R E C I O U N I T A R I O

U T I L I D A D



U T I L I D A D

Fig. 9.1

Siendo esta la ganancia que considera una Organización Constructora como resultado del cumplimiento de un Contrato para la realización de un proyecto, se supone fácil su determinación de cargo y en sí lo es, pues es el resultado de considerar un porcentaje de ganancia sobre los cargos directos e indirectos.

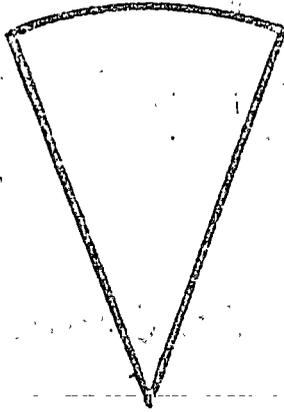
Sin embargo, la determinación de ese factor de porcentaje resulta generalmente compleja por la serie de consideraciones que hay que tomar en cuenta, los de más peso están señalados en la Fig. 9.2

Utilidad Real es aquella que después de deducir todos los cargos aplicables sobre la utilidad total, permanecen como un remanente de beneficio para la Empresa.

Cuando los análisis no han sido hechos correctamente pensando en todos los factores de influencia, el porcentaje de utilidad real tenderá a disminuir, pudiendo llegar a rebasar el punto de equilibrio de No Pérdidas - No Ganancias y convertirse en un factor de Pérdida para la Empresa.

Es por ello difícil el determinar el porcentaje de presencia de los factores de influencia y aún la totalidad de esos factores, pues éstos varían en función al tipo de Empresa, Tipo de Obra, Información en Planos y Especificaciones, Oferta y Demanda de Materiales, Mano de Obra, Equipo, situación Político-Financiera del País, Irregularidades Atmosféricas, Capacidad de Producción de la Empresa, etc.

P R E C I O U N I T A R I O
C A R G O S A D I C I O N A L E S



OTROS CARGOS

Fig. 10.1

Las Normas y Bases Generales para Contratación y Ejecución de Obras Públicas .. Los define claramente como aquellos - correspondientes a las erogaciones que realiza el Contra-- tista por estipularse expresamente en el contrato de Obra, como obligaciones adicionales y que no están comprendidas dentro de los cargos directos, ni en los Indirectos, ni en la Utilidad y se expresa generalmente como un porcentaje - sobre la suma de los cargos directos, indirectos y utili-- dad.

P R E C I O U N I T A R I O
C A R G O S A D I C I O N A L E S

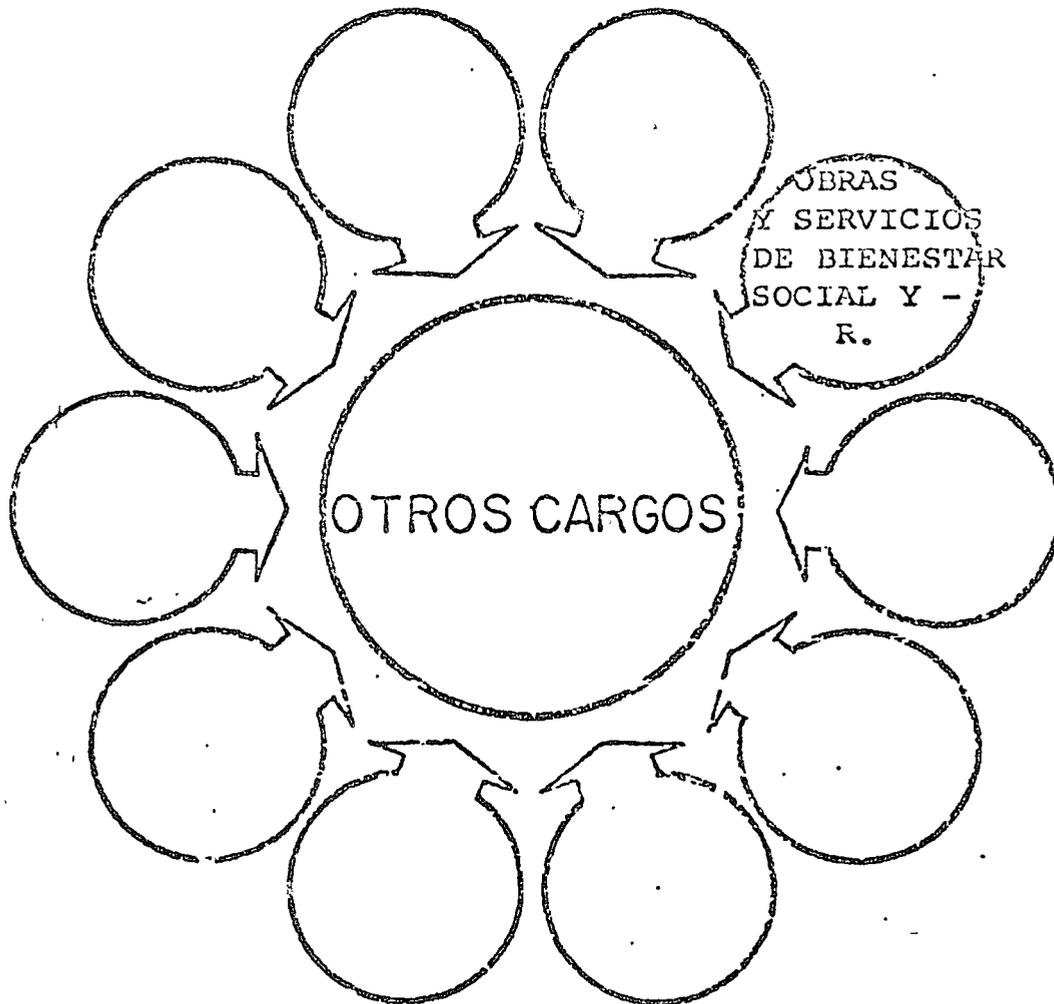


Fig. 10.2

Integración del Cargo Adicional.

6.3 PARAMETROS DE COSTOS, RELACIONES PARAMETRICAS.

ESTIMADOS A BASE DE MODULOS O SUBSISTEMAS.

El estimado de costos de un proyecto puede hacerse de diferentes maneras, dependiendo del grado de información de que se disponga y la exactitud requerida.

Uno de los métodos para la estimación de costos está basado en las relaciones paramétricas, es muy usado - cuando no se dispone de mucho tiempo ni de suficiente información.

Este método relaciona el costo con una o varias características o parámetros de lo que se quiere estimar.

La variación usando este método generalmente es amplia ya que está en función de las características de lo - que se desea estimar, en el Inciso 6.5 al hablar de - métodos de estimaciones veremos ejemplos usando éste - método.

6.4 ESTIMACION DE COSTO GLOBAL.

Al hacer un estimado de costo global, el rango de varia
ción obtenido es muy amplio por lo que generalmente se
usa para estimados de orden de magnitud.

Los métodos más usados están descritos en el Inciso 6.5

6.5 OTROS METODOS DE ESTIMACIONES.

Antes de proceder a describir algunos de los diversos Métodos de Estimaciones debemos señalar que la exactitud que obtengamos al aplicar cualquiera de ellos estará apoyada fundamentalmente en una buena retroalimentación, lo cual significa que durante el desarrollo de todo proyecto debemos preocuparnos en obtener datos estadísticos que nos permitan actualizar nuestra fuente de información a fin de preparar cada vez estimados más confiables.

TIPOS DE ESTIMADO Y SUS CARACTERISTICAS.

Prescindiendo de la magnitud de un proyecto, un estimado de costos puede variar desde una "rápida" conjetura realizada sin ninguna información, exceptuando la capacidad del proyecto propuesto, a un estimado detallado preparado a partir de especificaciones y dibujos finales. Obviamente el grado de aproximación de un estimado variará considerablemente dependiendo de cuanto se conozca acerca del proyecto y qué tiempo y esfuerzo se emplee en la preparación del estimado.

Entre el estimado "rápido" y el detallado pueden distinguirse numerosos tipos, los cuales varían en aproximación depen

diendo de la fase de desarrollo del proyecto. Los diversos tipos de estimados son conocidos por varios nombres, pero son esencialmente muy similares.

De acuerdo con Edmunds, hay seis tipos básicos de estimados usados por los Arquitectos e Ingenieros relacionados con la construcción de edificios:

1. Estimado "rápido".- Este tipo de estimado usualmente se da al cliente como un Orden de Magnitud, solamente al comenzar las pláticas sobre un proyecto.

Se basa generalmente en experiencias obtenidas en trabajos similares, considerando costos por M2, M3. ó por sistemas completos. Frecuentemente se dá como información verbal.

2. Estimado Original.- Este tipo de estimado es una extensión del "rápido", en el cual el estimador cuenta con el alcance del trabajo a desarrollar, pero basa su costo en su juicio y experiencia previas para determinar la probable extensión del trabajo.

El uso primordial es el de discutir el financiamiento preliminar y el de proveer una base para el presupuesto.

3. Estimado Preliminar.- Para este tipo de estimado se dis

pone de información general. El alcance del trabajo - generalmente ha sido delineado, el lugar seleccionado, se tiene las dimensiones y localización del ó los edificios con mucha aproximación, se han definido claramente los materiales básicos y el equipo principal, -- aunque los detalles finales y la selección exacta del equipo no se han completado.

4. Estimado Oficial o de Presupuesto.- Para este tipo de estimado se dispone de la mayor parte de la información planos y especificaciones. En esta fase se esperan sólo cambios menores en el alcance o en el costo.
5. Estimado Final o Definitivo.- Para este tipo de estimado se dispone de toda la información, planos y especificaciones, se dispone también de la oferta ya firmada o de las órdenes de compra, así como de las cotizaciones de los subcontratistas.
6. Estimado Revisado.- En este tipo de estimado se hace una revisión de las alteraciones en el alcance del trabajo aprobado por el cliente y se incluye una revisión a las sumas asignadas a las diferentes cuentas con los datos de costo de campo. Este tipo de estimado es muy frecuente en el contrato por administración y es parti-

cularmente importante para el cliente en la evaluación de las alteraciones propuestas al alcance del trabajo, así mismo nos dá una visión de los ahorros o sobrecostos comparando los precios presupuestados con los precios revisados.

La Asociación Americana de Ingenieros de Costos, ha propuesto la siguiente clasificación de los tipos de estimados:

1. Estimado de Orden de Magnitud.- Este tipo de estimado se puede preparar con muy poca información y el porcentaje de desviación es de más del 30%.

Información necesaria:

- a) Tipo, capacidad y calidad de lo que se quiera producir.
- b) Información general sobre el proyecto.
- c) Localización casi definida.

Propósito:

Se usa en decisiones ejecutivas sobre la factibilidad de un proyecto y antes de justificar un estudio más detallado.

2. Estimado de Estudio.- Este tipo de estimado se prepara con una información mayor que el Orden de Magnitud, básicamente en una comparación de posibles alternativas, el porcentaje de desviación es de \pm 30%.

Información necesaria:

- a) Tipo, capacidad y calidad de lo que se quiera producir.
- b) Información general sobre el proyecto.
- c) Dimensiones aproximadas de edificios, equipos, etc.
(En general de partidas mayores).
- d) Localización casi definida.

Propósito:

Se usa en decisiones ejecutivas sobre la factibilidad de un proyecto y antes de justificar un estudio más detallado.

3. Estimado Preliminar.- Este tipo de estimado generalmente es el paso posterior a un estimado de estudio, basado en una mayor cantidad de datos, su desviación es de $\pm 20\%$

Información necesaria:

- a) Tipo, capacidad, calidad de lo que se quiera producir.
- b) Necesidades aproximadas de servicios, almacenamiento y manejo.
- c) Diagramas de flujo preliminares, distribución de áreas.
- d) Tipo, tamaño y materiales de construcción de edificios y equipos.
- e) Necesidades de espacio de edificios.

- t) Localización especificada y condiciones generales -
definidas.

Propósito:

Se usa para ofertas de presupuesto, como primer estimado de un proyecto y para asignación de fondos en el presupuesto de un proyecto.

4. Estimado Definitivo. - Este tipo de estimado se basa en datos e información casi completos, faltando únicamente por determinar algunos detalles de dibujos y especificaciones, su desviación es de $\pm 10\%$.

Información necesaria:

- a) Capacidades de producción definitivas.
- b) Necesidades definitivas de servicios, almacenamiento y manejo.
- c) Diagrama de flujo y distribución finales de cada --
área ó sistema.
- d) Lista completa de equipo con especificaciones.
- e) Especificaciones de tuberías, estructuras, acabados,
etc.
- f) Planos arquitectónicos preliminares para los proyectos de construcción con los accesorios especificados, calefacción, acondicionamiento de aire, etc.

g) Localización definida de la planta, información local sobre facilidades.

Propósito:

Se usa para solicitud de presupuesto o para establecer el precio de un contrato.

Para establecer el formato para los reportes de costos finales, para ayudar en la contabilidad, dar información sobre los costos reales, para utilizarse en estimados futuros y para obtención de financiamiento del proyecto.

5. Estimado Detallado. - Este tipo de estimado se basa en una Ingeniería completa con dibujos y especificaciones totalmente terminados, su desviación es de $\pm 5\%$ su integración se muestra en las tablas 1 a 11.

Información necesaria:

- a) Ingeniería de detalle terminada
- b) Programa de proyecto establecidos
- c) Ofertas de subcontratistas.

Propósito:

Establecer un precio de contratación.

En la figura No. 2 se muestra el porcentaje de desviación de cada uno de los diferentes tipos de estimados, según la clasificación de la Asociación Americana de Ingenieros de Costos.

METODOLOGIA DE ESTIMACION DE COSTOS.

Habiendo clasificado los diferentes tipos de estimados y después de estudiar sus principales características, veremos ahora algunos de los diferentes métodos existentes para la elaboración de cada uno de ellos, desde luego el método a aplicar depende de la información disponible, del tipo de estimado que se desee, de la precisión esperada y del tiempo disponible para su elaboración.

Método de los Seis Décimos.- Es uno de los métodos más conocidos, y se usa ampliamente para estimados de orden de magnitud, consiste básicamente en multiplicar el costo conocido de una planta de proceso por la relación de capacidad, elevada a un exponente que generalmente es de 0.6, la expresión matemática se demuestra en la figura No. 3

Estudiando este método más detenidamente, algunos autores han precisado un exponente específico para diferentes productos y procesos, según se muestra en la Fig. 4.

Método de Coeficientes o Relaciones.- En general estos méto

dos se aplican en la elaboración de estimados de Orden de Magnitud, los más usuales son los siguientes:

a) Método gráfico capacidad-costo.- En este método se -- utiliza información obtenida de plantas similares, gra-- ficando capacidad contra costo, hay que hacer correc-- ciones por circunstancias especiales, tales como la dis-- ponibilidad o ausencia de infraestructura, se pueden -- considerar estimaciones promedio, así como niveles de -- estimación altos y bajos, el resultado será una familia de curvas o de rectas, cuando se utilice papel logarít-- mico. (Ver Figura No. 5).

b) Costo por M2 ó M3. de construcción, por relación de cos-- to de equipo contra mano de obra.- El primer método es muy usado en la estimación de edificios, en donde el -- costo por M2 ó M3 es desde luego, por cada piso cons-- truido, hay que hacer correcciones por tipo de cimenta-- ción, acabados, etc. el segundo método se utiliza cuan-- do se dispone de costos de equipo, en éste último méto-- do la relación de equipo contra mano de obra varía de acuerdo con el tipo de equipo de que se trate.

Hay que tener en consideración que la inversión de un -- proyecto no varía en forma directamente proporcionar al

tamaño del mismo, generalmente la inversión unitaria por tonelada disminuye a medida que aumenta la capacidad de la planta, este concepto se conoce como (Economía de Escala). (Ver figura No. 6).

Método del Factor de Lang.- Este método se basa en las correlaciones de costo total del equipo de proceso investigadas por el Dr. Lang y consiste básicamente en la aplicación de un factor al costo total del equipo, el cual varía, según la naturaleza de la planta y el proceso de que se trate.

La expresión de este método es la siguiente:

$$C_t = f_L \times E \text{ donde:}$$

$$C_t = \text{Costo total}$$

$$f_L = \text{Factor de Lang}$$

$$E = \text{Costo del equipo.}$$

Los factores de Lang para diferentes tipos de plantas, se muestran en la Figura No. 7

Método de Detalle.- Con pequeñas variaciones se puede usar para estimados definitivos ($\pm 10\%$) o para estimados detallados ($\pm 5\%$).

Equipo:

a) Obtener cotizaciones preliminares o en firme de los pro-

veedores y/o de los subcontratistas.

- b) La mano de obra, se calcula en base a Horas-Hombre o -
tomando costos unitarios de instalación, para equipos
similares obtenidos en otras plantas.

Materiales:

- c) Se obtienen cantidades aproximadas y se valúan, los -
precios unitarios base deben estar de acuerdo con es-
pecificaciones.
- d) La Mano de Obra se calcula igual que para equipo.

Para Edificios:

- e) Se obtiene las cantidades aproximadas de concreto, --
acero estructural, acabados, etc. y se valúan en base
a precios unitarios.
- f) Se valúan detalladamente los accesorios.

Se aplican factores por localización y tiempo, si son ne-
cesarios.

Los costos indirectos deberán ser incluidos sólo cuando
el alcance esté completamente definido.

NOTA: Para estimados detallados, se deben tener en cuen-
ta los siguientes puntos:

1. Las cotizaciones de equipo y materiales deben ob-
tenerse en firme.

2. Las listas de materiales deben obtenerse de planos y especificaciones definitivas.
3. Los costos indirectos se calculan en detalle, para evitar omisiones se recomienda tener una lista que abarque todos los costos indirectos y aplicar los que correspondan al proyecto en estudio.

Método Modular.- Este método de estimación se basa en la agrupación de elementos de costo que tienen características similares y guardan relaciones comunes entre si. Cada módulo puede ser integrado o combinado con otros módulos, suministrando de este modo un estimado de material y mano de obra (M & L) consistente en términos de costo. Esta es una de las últimas técnicas desarrolladas para evaluaciones económicas.

En la tabla No. 5, se muestra la aplicación del concepto del módulo, todos los elementos mayores de costo están agrupados en sus distintos módulos, cinco directos y uno indirecto, como se indica a continuación:

1. Procesos Químicos
2. Manejo de Sólidos
3. Acondicionamiento del lugar
4. Edificios industriales

5. Servicios auxiliares
6. Indirectos del Proyecto

Todos los módulos de procesos químicos se integran combinando siete elementos primarios de costo:

1. Costo de equipo L.A.B. planta
2. Costo directo de materiales
3. Costo directo de mano de obra
4. Costo directo de materiales y labor
5. Costos indirectos
6. Costo simple del módulo
7. Costo total del módulo.

Está basado también en 14 elementos de costo secundarios, divididos en Costo Directo de Materiales de Campo, Costo de Instalación e Indirectos:

a) Materiales de campo.

1. Tubería
2. Concreto
3. Acero-
4. Instrumentos
5. Eléctrico
6. Aislamiento

7. Pintura.

b) Costo de Instalación.

8. Erección de materiales

9. Erección de equipo.

c) Indirectos.

10. Fletes, seguros e impuestos

11. Administración de construcción

12. Ingeniería y procuración

13. Contingencias

14. Honorarios del contratista

Los elementos primarios establecen las claves de las relaciones y la estructura del costo del estimado, los elementos secundarios absorben los detalles cuando es necesario para el desarrollo del proyecto. En la figura No. 8 se muestra un módulo para manejo de sólidos.

Los factores mostrados se obtuvieron del análisis de 42 proyectos de plantas de proceso.

CONCLUSIONES.

1. Se han enunciado los diversos tipos de estimados estableciendo la aproximación de cada uno de ellos.
2. Como se ha indicado al principio de esta plática, se deberá seguir un orden establecido en la preparación de los estimados, que redundará en un ahorro de tiempo y costo, ya que de esta forma se disminuirán las horas empleadas en la revisión y aprobación del estimado.
3. Se debe determinar con cuidado el uso que se le dará al estimado para usar la técnica más adecuada.
4. La técnica de estimación que se seleccione debe:
 - I - Aplicarse sistemáticamente utilizando información confiable.
 - II- Ser flexible en sus aplicaciones.
 - III- Proporcionar la exactitud requerida.
5. Se debe tener presente que el grado de exactitud de un estimado depende la información de que se disponga y el tiempo y el presupuesto con que se cuente para su preparación.
6. El método de los Módulos siendo una variación más elaborada de los métodos descritos anteriormente es, en opinión personal, la técnica más flexible hasta el momento, pero requiere para su aplicación de: Información existente confiable, lo

qual se puede obtener con un Control de Costos perfectamente
de establecido, y el uso adecuado de un Catálogo de Cuentas.

BIBLIOGRAFIA.

1 - HANS J. LANG.

Engineering approach to Preliminary Cost Estimates, Cost Engineering in the Process Industries, Mc Graw-Hill Book Company, Inc.

2 - ARIES AND NEWTON.

Chemical Engineering Costo Estimacion, Mc Graw-Hill Book Company, Inc.

3 - H. CARL BAUMAN.

Fundamentals of Cost Engineering in the Chemical Industry. Reinhold Publishing Co.

- KENNETH M. GUTHRIE.

Capital Cost Estimating, Chemical Engineering, March 24, 1969

5 - ING. GUILLERMO LOPEZ MELLADO.

Revista No. 2 de la Sociedad Mexicana de Ingeniería de Costos. Campos de Acción y algunas aplicaciones de la Ingeniería Económica.

6 - ING. RUFINO GUZMAN PASGADO.

Los costos en la Industria de la Construcción.

Cámara Nacional de la Industria de la Construcción.

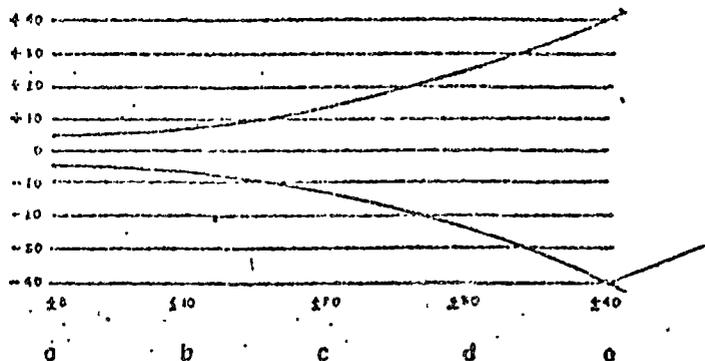
7 - O. T. ZIMMERMAN.

Elements of Capital Cost Estimation, Cost Engineering. October, 1968.

- 8 - JOHN E. HASELBARTH
Updated Investment Cost for 60 types of Chemical Plants,
C.E. Cost. File No. 132
- 9 - NEW RATIOS FOR ESTIMATING PLANT COSTS, C.E. Cost File
Sept. 30, 1963
- 10 - ING. FRANCISCO MONDRAGON M.
ING. ANUAR KARAM A.
Estimación de Costos de Plantas de Proceso
Memoria del Primer Congreso Nacional de Ingeniería de Cos-
tos.
- 11 - HERBERT POPPER.
Modern Cost Engineering Techniques
Mc. Graw-Hill Book, Inc.
- 12 - KENNETH M. GUTHRIE
Rapid Calc. Charts.
C.E. Enero de 1969
- 13 - ING. ERNESTO RIOS M.
Estimados de Orden de Magnitud.

GUIA DE INFORMACION PARA LA ESTIMACION DE COSTOS

- (a) Estimado Detallado
- (b) Estimado Definitivo
- (c) Estimado Preliminar
- (d) Estimado de Estudio
- (e) Estimado Orden de magnitud



	a	b	c	d	e
LOCALIZACION Y DESCRIPCION	○	○	○	○	
LUGAR					
Capacidad de carga del terreno	○	○	○		
Plano General y Topografico	○	○	○		
Localizacion Caminos F.C., etc.	○	○	○		
Detalle de Desarrollo del lugar.	○	○	○		
DIAGRAMA DE FLUJO					
Preliminar	○	○	○	○	
No detalle					
LISTA DE EQUIPO					
Preliminar con dimensiones y Materiales	○	○	○	○	
Especificaciones detalladas	○	○	○	○	
Arreglo preliminar	○	○	○	○	
Arreglo detallado	○	○	○	○	
EDIFICIO Y ESTRUCTURA					
Tipo y Dimensiones	○	○	○	○	
Cimentacion Preliminar	○	○	○	○	
Planos y elevaciones	○	○	○	○	
Ingenieria de detalle	○	○	○	○	
SERVICIOS					
Cantidades	○	○	○	○	
Diagrama de flujo preliminar	○	○	○	○	
Balanceo de energia	○	○	○	○	
Diagrama de Detalle	○	○	○	○	
TUBERIA					
Diagrama Preliminar.	○	○	○	○	
Diagrama de Detalle.	○	○	○	○	
Planos, Elevaciones Isométricas	○	○	○	○	
INSTRUMENTACION					
Lista preliminar	○	○	○	○	
Especificaciones y Diagramas.	○	○	○	○	
Dibujos finales.	○	○	○	○	
ELECTRICO					
Lista de Motores	○	○	○	○	
Subestaciones e Iluminacion	○	○	○	○	
Diagrama unifilar	○	○	○	○	
Dibujos finales	○	○	○	○	
 AISLAMIENTO					
Especificaciones e Identificacion de equipo	○	○	○	○	
HORAS-HOMBRE					
Ingenieria y Dibujo	○	○	○	○	
Plano de Ocho por Especialidad.	○	○	○	○	
Supervision	○	○	○	○	
ALCANCE TRABAJOS					
Producto, Cantidad, Localizacion	○	○	○	○	○
Materiales primos, Servicios y Almacenamiento	○	○	○	○	○

21

METODO DE LOS SEIS DECIMOS

$$C_T = C r^{0.6} + ipc$$

C_T = Costo total

C = Costo conocido de una planta corregida por índice de costo

r = Relación de capacidades de las plantas

ipc = Intereses durante el período de construcción

FIGURA No. 5

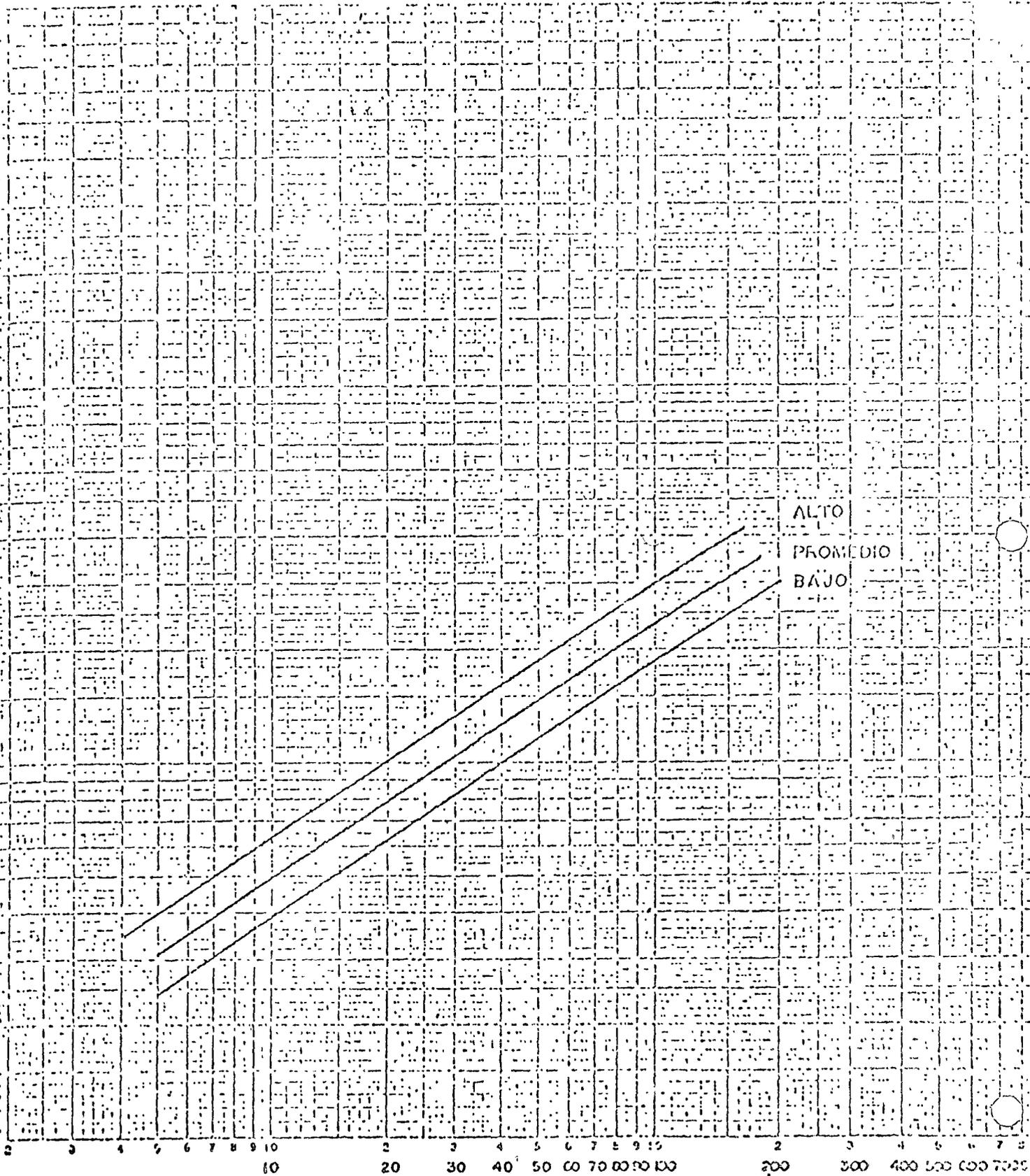
FACTORES EXPONENCIALES PARA ALGUNAS PLANTAS QUIMICAS

<u>Tipo de Planta</u>	<u>Factor Exponencial (n)</u>
Oxido de Etileno	0.79
Etanol (Sintético)	0.60
Estireno	0.68
Butadieno	0.59
Formaldehido	0.55
Benzeno	0.61
Acido Nítrico	0.56
Oxígeno	0.64
Acetileno	0.75
Metanol	0.83
Alcohol Butílico	0.55
Alcohol Isopropílico	0.60
Sosa Caústica	0.35
Acido Fosfórico	0.58
Nitrato de Amonio	0.54
Urca	0.59
Acido Sulfúrico (Contacto)	0.62
Cloro (electrolítico)	0.35
Acido Cianhídrico	0.71
Amoniaco	0.74
Etileno	0.58
Poli-etileno (baja presión)	0.67
Poli-etileno (alta presión)	0.90

Ecuación Exponencial = $\frac{C_A}{C_B} = \frac{P_A}{P_B} \cdot n$

$$n = 79 = 0.0$$

CURVA COSTO-CAPACIDAD PARA POLIETILENO.
D. ALTA PRESION COSTOS DE 1960



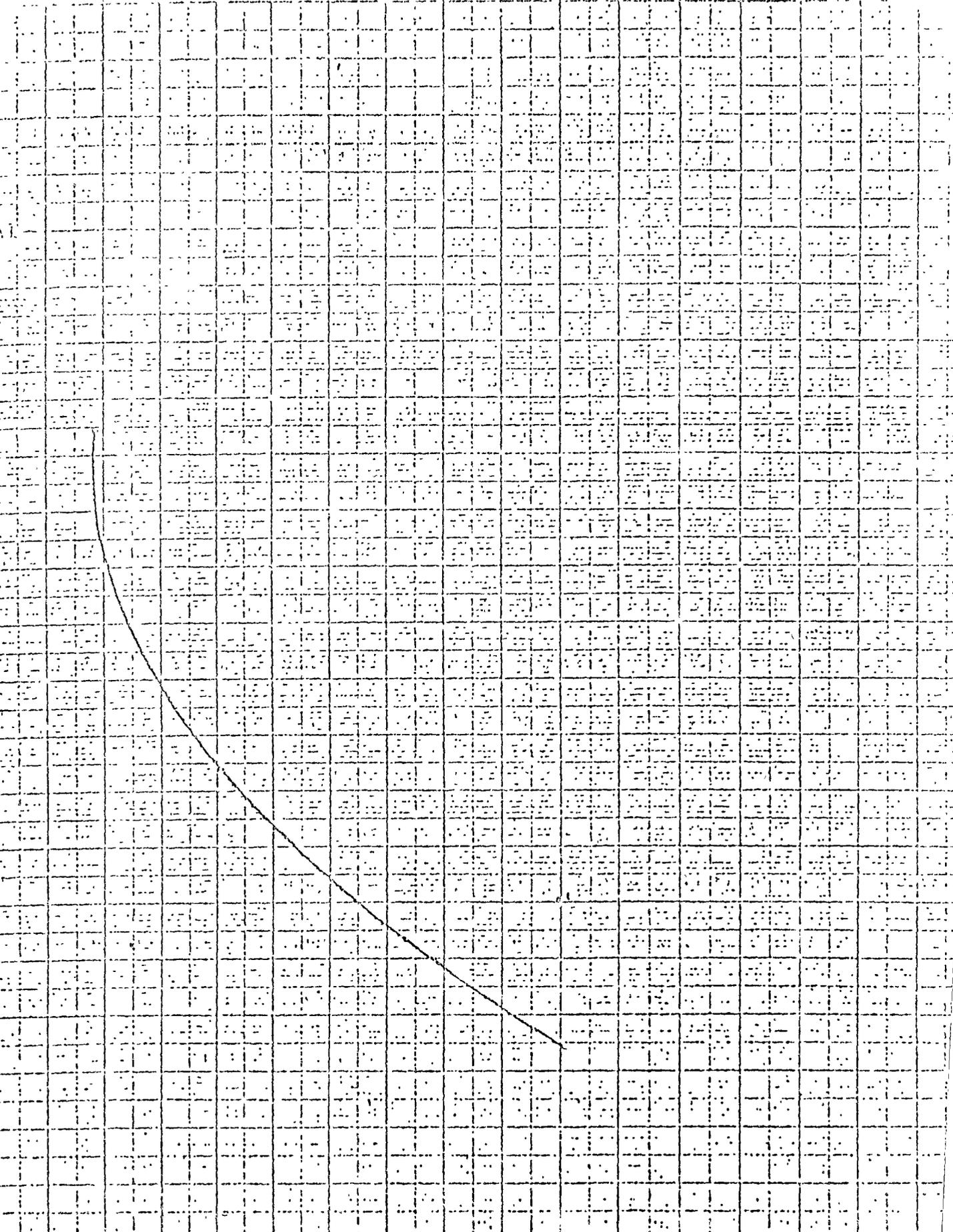
MILLONES DE LIBRAS POR AÑO

CAPACIDAD

= 60 =

REVISION UNIT PART INCH PLANTAS DE MONTH ACC

1,200
1,000
800
600
400
200



1000

1500

FACTORES DE LANC

ACTOR

Procesamiento de sólidos

3.1

Procesamiento de sólidos y fluidos

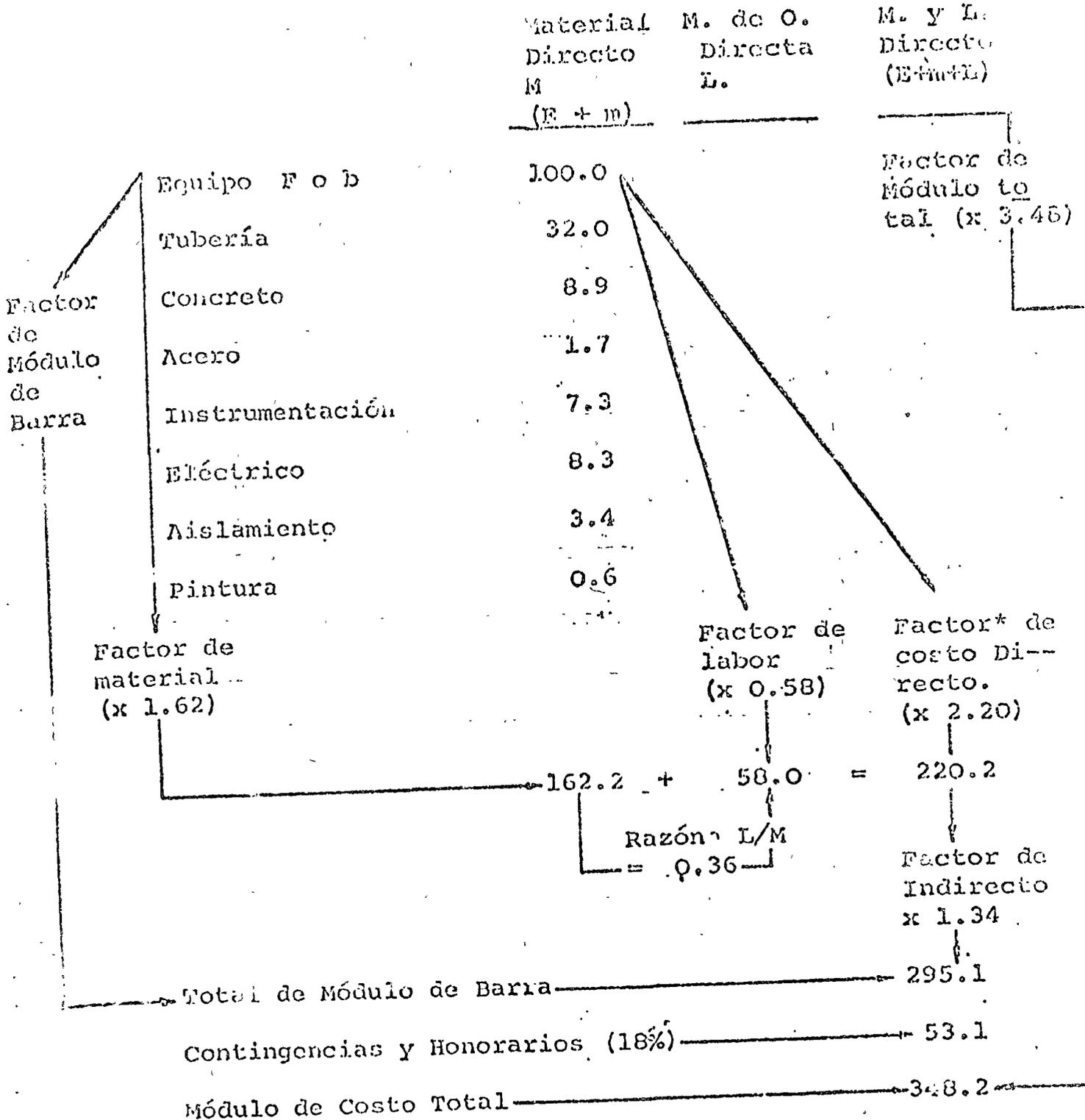
3.63

Procesamiento de fluidos

4.74

FIGURA No. 7

MÓDULO DE PROCESO QUÍMICO

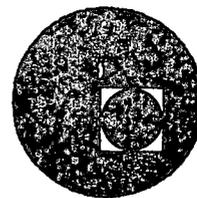


* Instalaciones de campo (M & L)





centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



ESTIMACION Y CONTROL DE COSTOS



Ing. Jorge Salazar Atondo

Septiembre, 1976

Handwritten text at the top of the page, including a date and possibly a name, which is mostly illegible due to fading.



MANUAL DE PRECALCULO TECNICO

INTRODUCCION

El Manual de Precálculo Técnico es una recopilación de datos estandar, tablas y técnicas; que nos permiten elaborar precálculos de piezas troqueadas ó embutidas. La elaboración del manual, se realizó bajo las condiciones que rigen al año presupuestario 1975, en Philips Mexicana, S. A. División -- Producción Mecánica. La utilización de este manual nos permite elaborar precálculos técnicos de los productos en desarrollo, en una forma rápida y sistemática; logrando una uniformidad de conceptos, una estandarización de datos y una mentalidad económico-analítica.

El contenido del manual se divide en los siguientes capítulos:

- I.- CALCULO DE MATERIALES
- II.- ELECCION DE LA MAQUINA
- III.- ELECCION DEL METODO Y TARIFAS TIEMPO
- IV.- EVALUACION DEL METODO MAS ECONOMICO Y ESTRUCTURACION DEL COSTO.

1.- CALCULO DE MATERIALES

Para evaluar el consumo bruto del material se necesitan conocer los siguientes datos:

- Serie total a producir
- Dibujo de la pieza
- Especificaciones del Material a usar
- Precio del Material a usar (Rollo y láminas)

Con estos datos podemos decidir que situación es más económica, si usar rollo ó usar lámina. La decisión es el resultado de evaluar las siguientes normas:

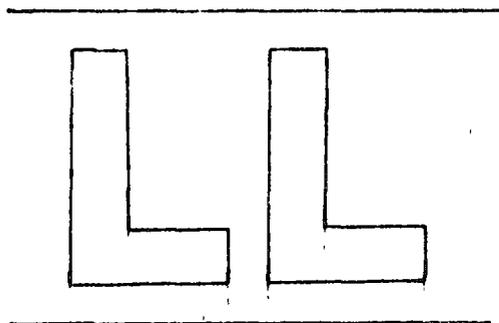
Precio del Material en rollo es mayor que el precio del material en lámina.

Aprovechamiento del rollo es mayor que el aprovechamiento de lámina.

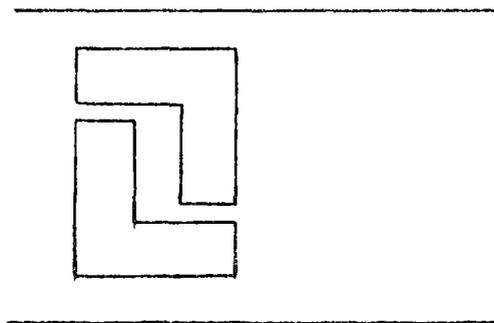
A.- Disposición de la pieza

Para realizar la evaluación, primero debemos analizar, estudiar y decidir la disposición de la pieza en el rollo ó en la tira - para así obtener la disposición más económica, y después definir el ancho de la cinta.

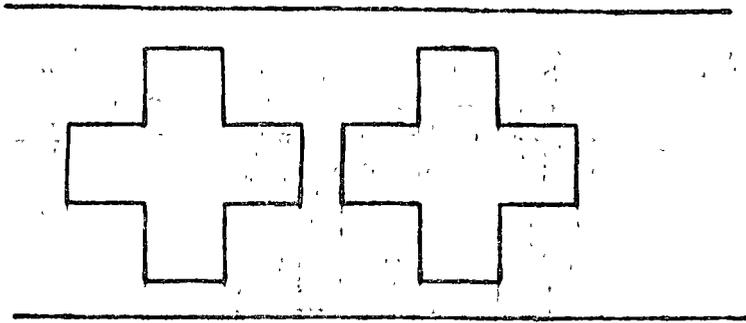
Disposición MALA



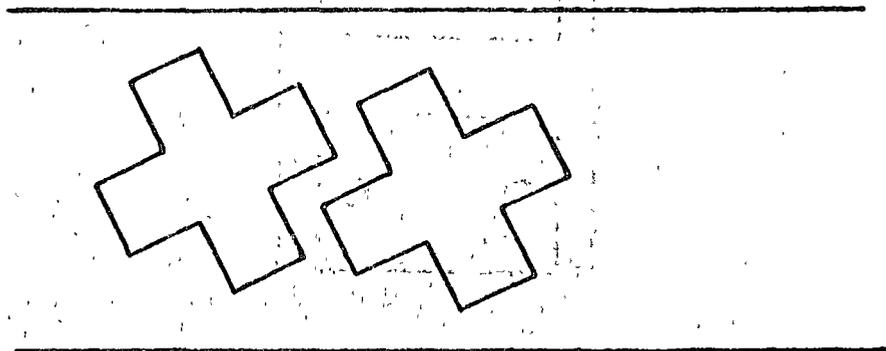
Disposición BUENA



Disposicion Alada



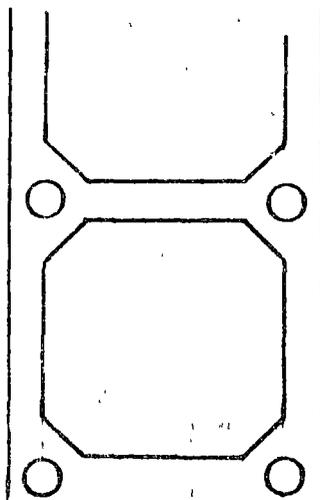
Disposicion Escala



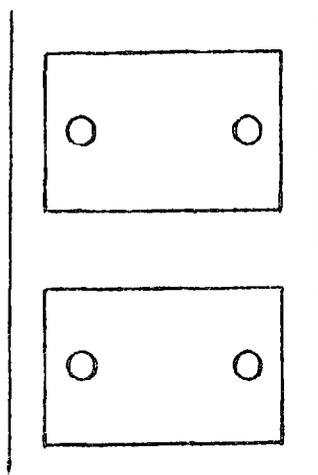
Después de haber definido la disposición de la pieza hay que definir la disposición de los orificios localizadores.

B.- Disposición de los orificios localizadores.

1.- En muchos casos se puede cortar al sesgo las esquinas del producto. Con esto los orificios localizadores quedan total o parcialmente dentro del producto. Consulte con los clientes.



2.- También en otros casos está permitido hacer uno o más orificios en el producto, si el orificio se hace en el -- centro, tratándose de productos sencillos bastará con un solo orificio. Consulte con el cliente.



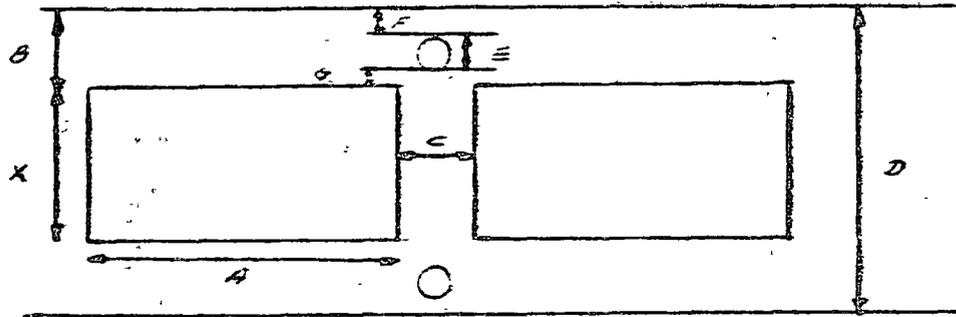
3.- Si después de haber consultado con el cliente no se obtienen resultados satisfactorios, pueden ponerse los productos inclinados en la tira.

Inconvenientes:

- Mayor consumo de material que con los orificios localizadores dentro del producto.

Las herramientas son más caras.

TABLA PARA DETERMINAR EL ANCHO DE TIRA Y AVANCE



C. Determinación del ancho de la tira y Avance.

Tabla para metales

ESPESOR d1 MATERIAL					Ancho de la tira	
	C	GZA	EXX	FRX	TIRA CON LOCALIZADORES	TIRA SIN LOCALIZADORES
d1 0.2 a 1.0	1.0	1.0	3.0	1.7	$X + 11.4$	$X + 3.4$
d1 1.1 a 1.5	1.5	1.5	4.0	2.2	$X + 15.4$	$X + 4.4$
d1 1.6 a 2.0	2.0	2.0	4.5	2.7	$X + 18.4$	$X + 5.4$

Tabla para no metales

ESPESOR d1 MATERIAL					Ancho de la tira	
	C	GZA	EXX	FRX	TIRA CON LOCALIZADORES	TIRA SIN LOCALIZADORES
d1 0.2 a 1.0	1.5	1.5	3.0	2.2	$X + 13.4$	$X + 4.4$
d1 1.1 a 1.5	2.0	2.0	4.0	2.7	$X + 17.4$	$X + 5.4$
d1 1.6 a 2.0	2.5	2.5	4.5	3.5	$X + 21.0$	$X + 7.0$

REQUISITOS GENERALES

1. AVANCE POR GOLPE	$d + F \cdot X$
2. PUNOS POR GOLPE	$(2 \cdot d) \cdot \sqrt{1 + F \cdot X}$
3. PUNOS POR ...	$(2 \cdot d) \cdot \sqrt{1 + d - F \cdot X}$

EJEMPLO.- Lamina Cold. Rolled p.e. 7.85 kg/dm³

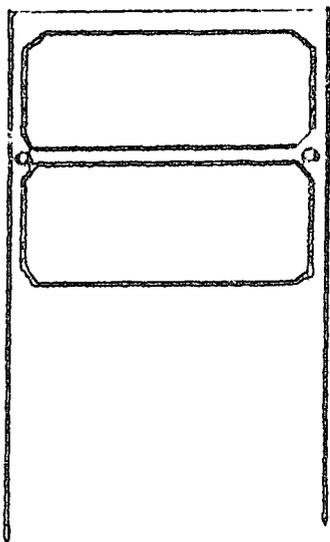


Se requiere fabricar 300,000 piezas segun las especificaciones del material ¿Como será la materia prima a surtir, en rollo o en lámina?

Nota: Se pueden cortar las esquinas al sesgo

A.- Disposición mas adecuada del material.

Disposición 1.-



Ancho de la tira = 0.4 E 44
Avance = 10 mm.

Nota: El ancho de la tira lo encontramos en la Tabla No. 1 en el --- renglón de espesor de material (0.2 a 1m) y en la columna de tira -- sin localizadores (X + 3.4). Se busca en la columna de tira sin localizadores porque estos los acomodamos ó localizamos en las esquinas cortadas.

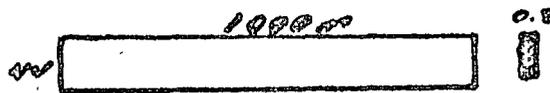
Disposición 2.-



Ardo de la TINA = 18.45 19mm.
Avance = 41 mm.

Para encontrar el consumo bruto de las dos situaciones procedemos de la siguiente manera:

Disposición 1.-



$$\text{Peso de Lámina en kg.} = \frac{\text{Volúmen de lámina (mm}^3\text{)} \times \text{peso específico (kg/dm}^3\text{)}}{1,000,000}$$

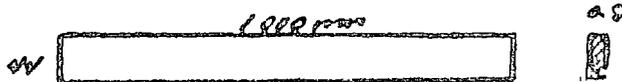
$$W = \frac{1000 \times 44 \times 0.9 \times 7.85}{1 \times 10^6} = 0.31086 \text{ kg}$$

$$\text{Cantidad de piezas por metro} = \frac{1000 \text{ mm}}{\text{Avance } 16} = \frac{1000}{16} = 62.5$$

$$W/PZAS = \frac{\text{Peso de 1 metro de lámina}}{\text{No. de productos por metro}} = \frac{0.31086}{62.5} = 0.004973$$

$$W/100 = 0.004973 \times 100 = 0.4973 \text{ kg.}$$

Disposición 2.-



$$\text{Peso de lámina} = \frac{\text{Volumen de lámina (mm}^3\text{)} \times \text{peso específico (kg/dm}^3\text{)}}{1,000,000}$$

en kg.

$$W = \frac{1000 \times 19 \times 0.9 \times 7.85}{1 \times 10^6} = 0.13420 \text{ kg.}$$

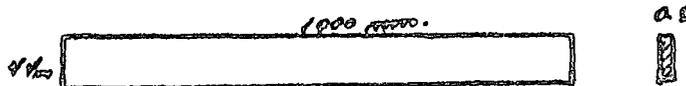
$$\text{Cantidad de pzas. por metro} = \frac{1000}{\text{Avance } 41} = \frac{1000}{41} = 24.3$$

$$W/PZA = \frac{\text{Peso de 1 metro de lámina}}{\text{No. de productos por metro}} = \frac{0.13420}{24.3} = 0.00552$$

$$W/100 = 0.00552 \times 100 = 0.552 \text{ kg.}$$

Si observamos los resultados vemos que es mas conveniente la disposición 1 debido a que es menor el consumo en un 10.99% (se anexan tablas 2 y 3 para determinar el peso por metro de lámina y No. de productos por metro)

Disposición 1.-



La tabla 2 se utiliza entrando con el espesor del material y el ancho de la cinta (0.9 mm y 44 mm, respectivamente)

Si el valor del ancho de la cinta no lo tenemos tabulado ese valor lo descomponemos por factores que si existan.

$$44 \text{ mm.} = 4 (10 \text{ mm}) + 1 (4 \text{ mm.})$$

$$\text{Peso en gramos} = 4 (70.65) + 1 (28.26) = 310.86 \text{ gr.}$$

$$\text{Peso en kilogramos} = \frac{310.86}{1000} = 0.31086 \text{ kg.}$$

La tabla 3 la utilizamos para determinar el número de productos por metro y entramos a ella con el avance (A + C) en mm. (40 + 1 = 41 mm). En este caso el número de productos es 24.3 pzas. Este valor lo encontramos en la intersección del renglón 4 y la columna 2.

DETERMINACION DEL PESO POR METRO EN GRS PARA ROLLOS DE LAMINA
COLD ROLLED P. E. 7.85

Espesor \ Ancho	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5
1	0.785	1.57	2.36	3.14	3.93	4.71	5.50	6.28	7.07	7.85	9.42	11.78
2	1.57	3.14	4.71	6.28	7.85	9.42	10.99	12.56	14.13	15.70	18.84	23.55
3	2.36	4.71	7.07	9.42	11.78	14.13	16.49	18.84	21.20	23.55	28.66	35.33
4	3.14	6.28	9.42	12.56	15.70	18.84	21.98	25.12	28.26	31.40	37.68	47.10
5	3.93	7.85	11.78	15.70	19.63	23.55	27.48	31.40	35.33	39.25	47.10	58.88
6	4.71	9.42	14.13	18.84	23.55	28.26	32.97	37.68	42.39	47.10	56.52	70.65
7	5.50	10.99	16.49	21.98	27.48	32.97	38.47	43.96	49.46	54.95	65.97	82.43
8	6.28	12.56	18.84	25.12	31.40	37.68	43.96	50.24	56.52	62.80	75.36	94.20
9	7.07	14.13	21.20	28.26	35.33	42.39	49.46	56.52	63.59	70.65	84.78	105.98
10	7.85	15.70	23.55	31.40	39.25	47.10	54.95	62.80	70.65	78.50	94.20	117.75

FACTORES DE CONVERSION

Latón: $\frac{8.4}{7.85} = 1.07$

Aluminio: $\frac{2.70}{7.85} = 0.344$

P. Pescado $\frac{1.3}{7.85} = 0.166$

Acero
Inox. $\frac{8.64}{7.85} = 1.10$

Fenolico: $\frac{1.4}{7.85} = 0.178$

Cobre $\frac{8.9}{7.85} = 1.134$

1. 2. 3. 4.

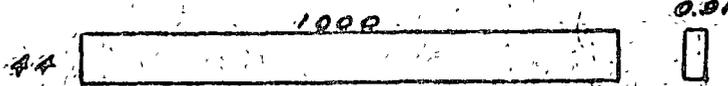
NUMERO DE PRODUCTOS POR METRO.

MMT.	00	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
1	1000	909	833	769	714	666	625	589	555	526
2	500	476	454	434	416	400	384	370	357	344
3	333	322	312	303	294	285	277	270	263	256
4	250	243	238	232	227	222	217	212	208	204
5	200	196	192	188	185	181	178	175	172	169
6	166	163	161	158	156	153	151	149	147	144
7	142	140	138	136	135	133	131	129	128	126
8	125	123	121	120	119	117	116	114	113	112
9	111	109	108	107	106	105	104	103	102	101

B.- Determinación del Consumo Bruto de Materia).

1.- Rollos

La evaluación se realiza con el ancho de la tira previamente calculado.



$$\text{Peso de la tira} = (4 \times 70.61) + (1 \times 28.26) = 0.31070 \text{ kg.}$$

$$\text{Número de productos por metro} = \frac{1000}{16} = 62.5 \text{ piezas}$$

$$\text{Peso por pieza} = \frac{0.31070}{62.5} = 0.004971 \text{ kg.}$$

$$\text{Peso por 100 pzas.} = 0.004971 \times 100 = 0.4971 \text{ kg.}$$

$$\text{Consumo bruto para la pieza con un desarrollo de tira de} \\ 44 \times \text{largo} = 0.4971 \text{ kg.}$$

PESO PARA LAMINAS COLD ROLLE
P. E. 7.85

PESO PARA LAMINA DE LATON
P. E. 8.4

Esp.	915x2440	1220x2080	1220x2440	915x3050	915x1830
4.18	73.268	83.266	97.677	91.572	54.943
3.80	66.598	75.696	88.797	83.247	49.948
3.42	59.938	68.126	79.917	74.922	44.953
3.17	55.557	63.146	74.075	69.446	41.667
3.04	53.278	60.557	71.038	66.598	39.958
2.66	46.618	52.987	62.158	58.273	34.964
2.28	39.959	45.417	53.278	49.948	29.969
1.90	33.299	37.848	44.398	41.623	24.974
1.710	29.969	34.063	39.958	37.461	22.476
1.58	27.690	31.473	36.921	36.613	20.768
1.52	26.639	30.278	35.519	33.299	19.929
1.37	24.010	27.290	32.013	30.013	18.007
1.21	21.206	24.103	28.275	26.507	15.904
1.06	18.577	21.115	24.769	23.221	13.933
0.91	15.948	18.127	21.264	19.935	11.961
0.84	14.721	16.732	19.628	18.402	11.041
0.79	13.845	15.736	18.460	17.306	10.384
0.76	13.319	15.139	17.759	16.649	9.989
0.68	11.917	13.545	15.890	14.896	8.938
0.61	10.690	12.151	14.254	13.363	8.018
0.63	9.288	10.557	12.384	11.610	6.966
0.45	7.886	8.964	10.515	9.858	5.914
0.42	7.360	8.366	9.814	9.201	5.520
0.39	6.835	7.768	9.113	8.543	5.126
0.38	6.659	7.569	8.879	8.324	4.994
0.34	5.958	6.712	7.945	7.448	4.469
0.30	5.257	5.976	7.010	6.572	3.943
0.28	4.731	5.378	6.309	5.914	3.548
0.25	4.381	4.980	5.841	5.476	3.286
0.23	4.030	4.681	5.374	5.038	3.023
0.21	3.680	4.283	4.907	4.600	2.760

Esp.	610x1830
4.18	39.195
3.80	35.632
3.42	32.069
3.17	29.724
3.04	28.505
2.66	24.942
2.28	21.379
1.90	17.816
1.710	16.034
1.58	14.815
1.52	14.252
1.37	12.846
1.21	11.346
1.06	9.939
0.91	8.532
0.84	7.876
0.79	7.407
0.76	7.126
0.68	6.376
0.61	5.719
0.53	4.969
0.45	4.219
0.42	3.938
0.39	3.656
0.38	3.563
0.34	3.188
0.30	2.813
0.28	2.531
0.25	2.344
0.23	2.156
0.21	1.969

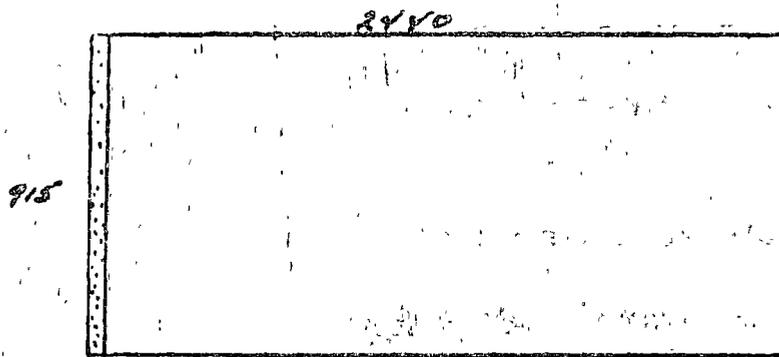
FACTORES DE CONVERSION
Ac. Inoxidable = 1.10
Aluminio = 0.344

2.- Láminas

La evaluación la realizaremos con el ancho de la tira previamente calculado, simulando la distribución de esta en las laminas de medidas comerciales y calculando el consumo bruto para cada situación.

a.- Lámina 915 X 2440 X 0.91

Disposición 1



Ancho de la tira = 44 mm.

Avance = 16 mm.

Desarrollo tira = 915 X 44

Número de tiras por hoja = $\frac{2440}{44} = 55$ tiras

Número de productos por tira = $\frac{915}{16} = 57$ pzas.

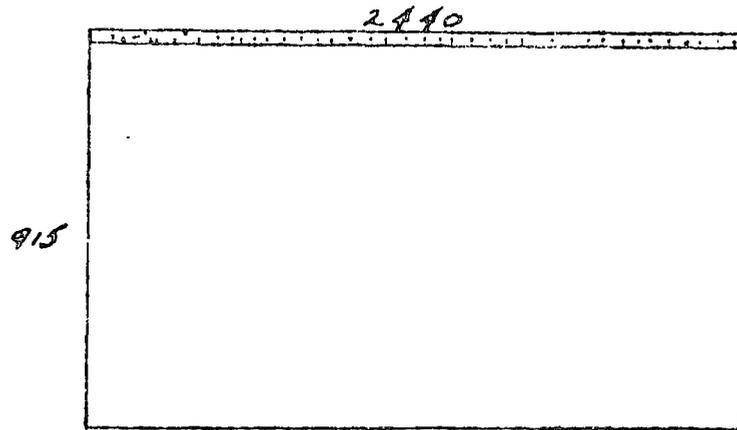
Número de piezas por hoja = 57 X 55 = 3135 pzas.

Peso por lámina = 15,948 kg. (ver tabla 4)

Peso por pieza = $\frac{15,948}{3135} = 0.005087$ kg.

Peso por 100 pzas. = 0.005087 X 100 = 0.5087 kg.

Consumo bruto para la pieza con un desarrollo de 9.5 X 44 = 0.5087 kg.



Ancho de la tira = 44 mm.

Avance = 16 mm.

Desarrollo de la tira = 2440 X 44

Número de tiras por hoja = $\frac{9.5}{44} = 20$ tiras

Número de productos por tira = $\frac{2440}{16} = \frac{2440}{16} = 152$ pzas.

Número de pzas. por hoja = 20 X 152 = 3040 pzas.

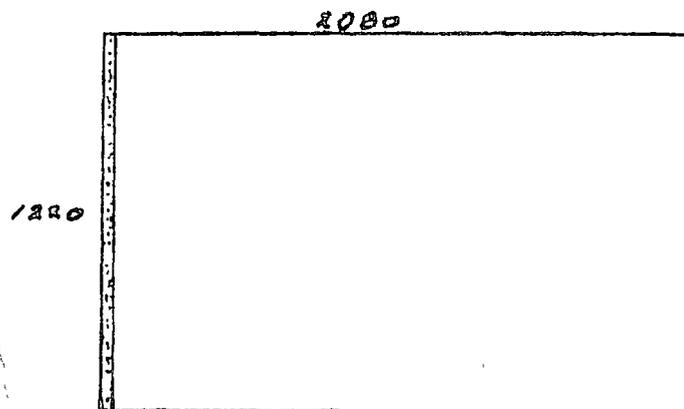
Peso por lámina = 15,948 kg. (Ver tabla 4)

Peso por pieza = $\frac{15,948}{3040} = 0.005246$ kg.

Peso por 100 pzas = 0.005246 X 100 = 0.5246 kg.

Consumo bruto para la pieza con un desarrollo de 2440 X 44 = 0.5246 kg.
--

b.- Lámina 1220 X 2080 X 0.91



Ancho de la tira = 44 mm.

Avance = 16 mm.

Desarrollo tira = 1220 X 44

Número de tiras por hoja = $\frac{2080}{44} = 47$ tiras

Número de productos por tira = $\frac{1220}{\text{Avance } 16} = \frac{1220}{16} = 76$ pzas.

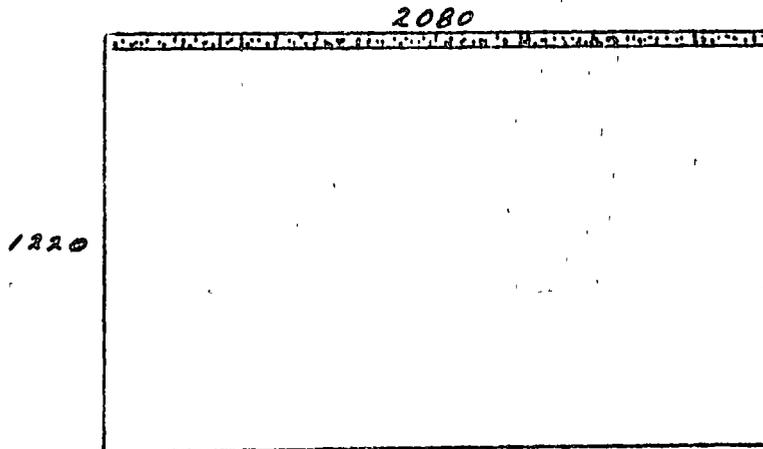
Número de pzas. por hoja = $47 \times 76 = 3572$ pzas.

Peso por lámina = 18.127 kg. (Ver tabla 4)

Peso por pieza = $\frac{18,127}{3572} = 0.005074$ kg.

Peso por 100 pzas = $0.005074 \times 100 = 0.5074$ kg.

Consumo bruto para la pieza con un desarrollo de
 $1220 \times 44 = 0.5074$ kg.



Ancho de la tira = 44 mm.

Avance = 16 mm.

Desarrollo tira = 2080 X 44

$$\text{Número de tiras por hoja} = \frac{1220}{44} = 27 \text{ tiras}$$

$$\text{Número de productos por tira} = \frac{2080}{\text{Avance } 16} = \frac{2080}{16} = 130 \text{ pzas.}$$

$$\text{Número de piezas por hoja} = 130 \times 27 = 3510 \text{ pzas.}$$

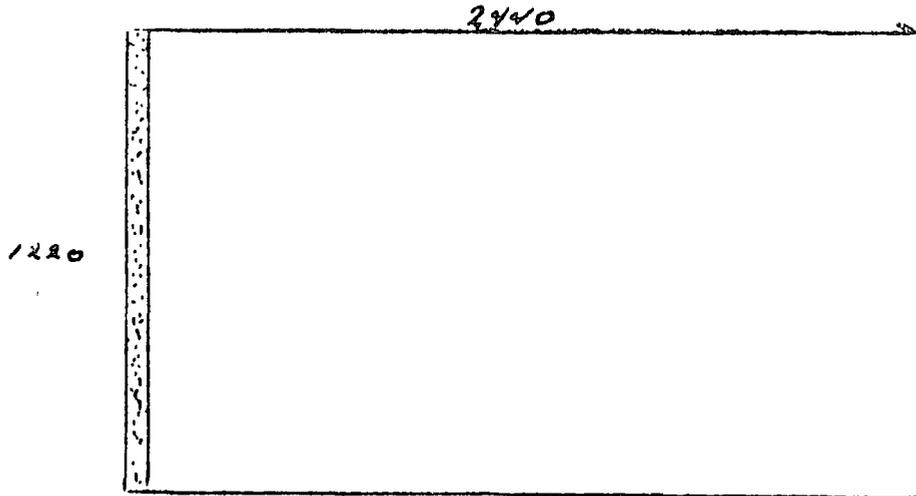
$$\text{Peso por lámina} = 18,127 \text{ kg. (Ver tabla 4)}$$

$$\text{Peso por pieza} = \frac{18,127}{3510} = 0,005164 \text{ kg.}$$

$$\text{Peso por 100 pzas} = 0,005164 \times 100 = 0,5164 \text{ kg.}$$

Consumo bruto para la pieza con un desarrollo de
 $2080 \times 44 = 0,5164 \text{ kg.}$

c.- Lámina 1220 X 2440 X 0.91



$$\text{Ancho de la tira} = 44 \text{ mm.}$$

$$\text{Avance} = 16 \text{ mm.}$$

$$\text{Desarrollo tira} = 1220 \times 44$$

$$\text{Número de tiras por hoja} = \frac{2440}{44} = 55 \text{ tiras}$$

$$\text{Número de productos por tira} = \frac{1220}{\text{Avance } 16} = \frac{1220}{16} = 76 \text{ piezas.}$$

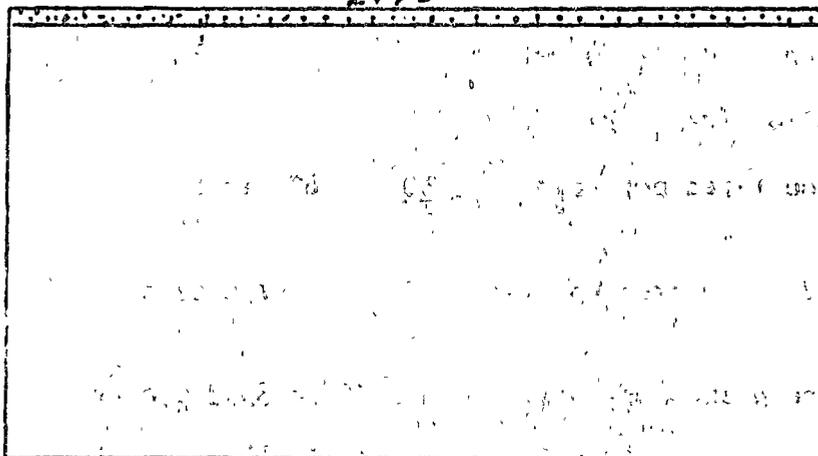
Número de piezas por hoja = $76 \times 55 = 4180$ piezas.

Peso por lámina = 21,264 kg. (Ver tabla 4)

Peso por pieza = $\frac{21,264}{4180} = 0.005087$

Peso por 100 piezas = 0.5087

Consumo bruto para la pieza con un desarrollo de
 $1220 \times 44 = 0.5087$ kg.



Ancho de la tira = 44 mm.

Avance = 16 mm.

Desarrollo tira = 2440×44

Número de tiras por hoja = $\frac{1220}{44} = 27$ tiras

Número de productos por tira = $\frac{2440}{16} = 152$ piezas

Número de piezas por hoja = $152 \times 27 = 4104$ piezas.

Peso por lámina = 21,264 kg. (Ver tabla 4)

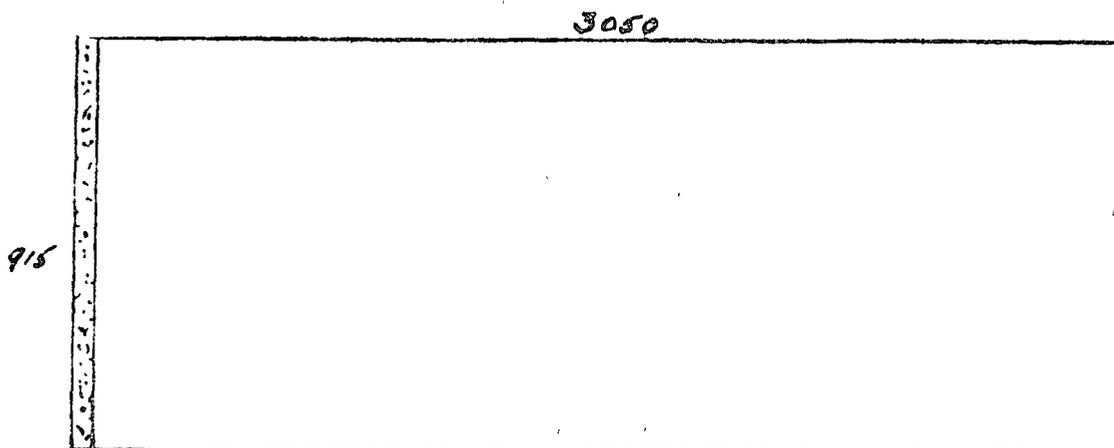
Peso por pieza = $\frac{21,264}{4104} = 0.005181$ kg.

Peso por 100 piezas = 0.5181 kg.

Consumo bruto para la pieza con un desarrollo de

$2440 \times 44 = 0.5181$ kg.

d.- Lámina 915 X 3050 X 0.91



Ancho de la tira = 44 mm.

Avance = 16 mm,

Desarrollo tira = 915 X 44

Número de tiras por hoja = $\frac{3050}{44} = 69$ tiras

Número de productos por tira = $\frac{915}{16} = 57$ piezas

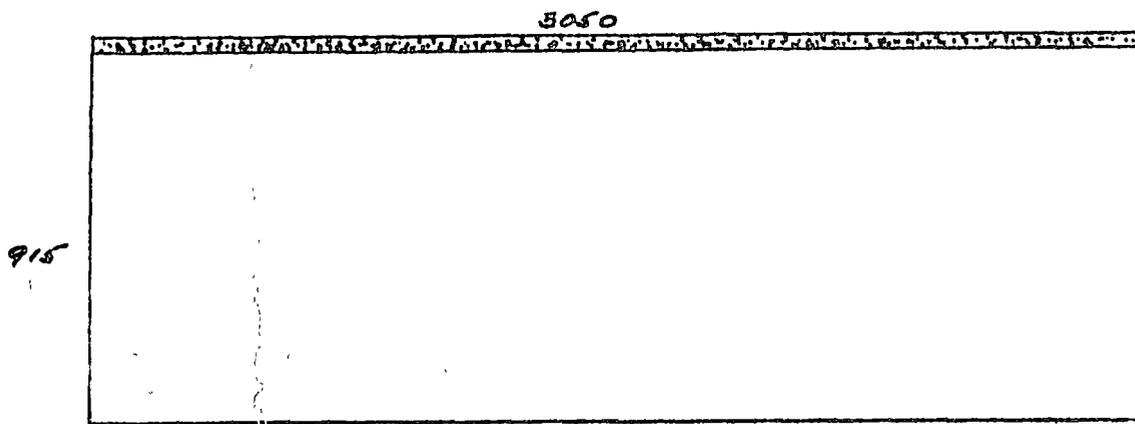
Número de piezas por hoja = 57 X 69 = 3933 piezas

Peso por lámina = 19,935 kg. (Ver tabla 4)

Peso por pieza = $\frac{19,935}{3933} = 0.005068$

Peso por 100 piezas = 0.005068 X 100 = 0.5068 kg.

Consumo bruto para la pieza con un desarrollo de
 $915 \times 44 = 0.5068$ kg



Ancho de la tira = 44 mm.

Avance = 16 mm.

Desarrollo tira = 3050 X 44

Número de tiras por hoja = $\frac{915}{44}$ = 20 tiras

Número de productos por tira = $\frac{3050}{16}$ = 190 piezas

Número de piezas por hoja = 190 X 20 = 3800 piezas.

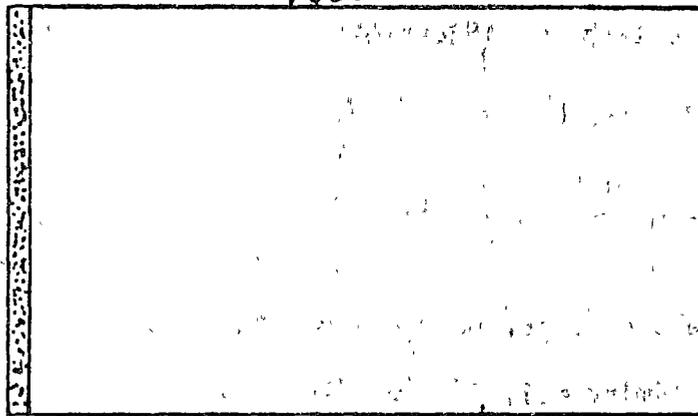
Peso por lámina = 19,935 kg. (Ver tabla 4)

Peso por pieza = $\frac{19,935}{3800}$ = 0.005246 kg

Peso por 100 piezas = 0.005246 X 100 = 0.5246 kg.

Consumo bruto para la pieza con un desarrollo de
3050 X 44 = 0.5246 kg.

e.- Lámina 915 X 1830 X 0.91



Ancho de la tira = 44 mm.

Avance = 16 mm.

Desarrollo tira = 915 X 44

Número de tiras por hoja = $\frac{1830}{44}$ = 41 tiras

Número de productos por tira = $\frac{915}{16}$ = 57 piezas

Número de piezas por hoja = 57 X 41 = 2337 piezas

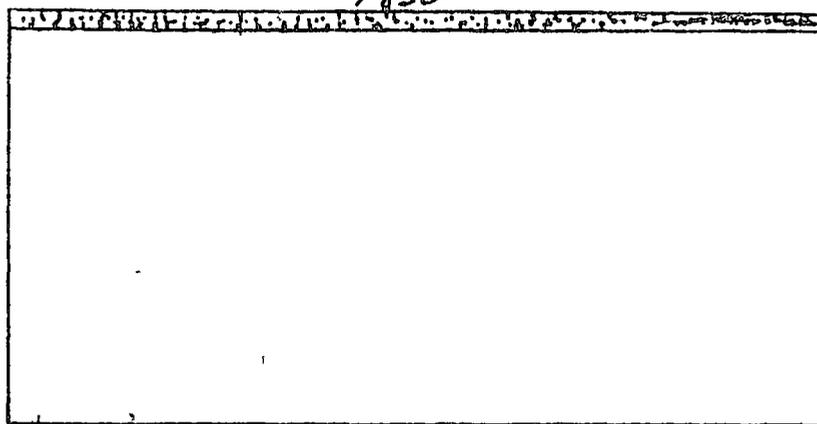
Peso por lámina = 11,961 kg. (Ver tabla 4)

Peso por pieza = $\frac{11,961}{2337}$ = 0.005118 kg.

Peso por 100 piezas = 0.5118 kg.

Consumo bruto para la pieza con un desarrollo de

915 X 44 = 0.5118 kg.



Ancho de la tira = 44 mm.

Avance = 16 mm.

Desarrollo tira = 1830 X 44

Número de tiras por hoja = $\frac{915}{44}$ = 20 tiras

Número de productos por tira = $\frac{1830}{16}$ = 114 piezas

Número de piezas por hoja = 114 X 20 = 2280 piezas

Peso por lámina = 11,961 kg. (Ver tabla 4)

Peso por pieza = $\frac{11,961}{2280}$ = 0.005246 kg

Peso por 100 piezas = 0.5246 kg.

Consumo bruto para la pieza con un desarrollo de

1830 X 44 = 0.5246 kg.

**CUADRO COMPARATIVO DE CONSUMOS PARA DIFERENTES LAMINAS
EN KG. POR 100 PZAS.**

Dimensiones Laminas	915x44x0.91	2440x44x0.91	1830x44x0.91	915x44x0.91	1830x44x0.91	2440x44x0.91	915x44x0.91	2440x44x0.91	915x44x0.91	1830x44x0.91
915 X 2440 X 0.91	0.5087	0.5246								
1830 X 1060 X 0.91			0.5074	0.5164						
1830 X 2440 X 0.91					0.5087	0.5181				
915 X 3050 X 0.91							0.5068	0.5246		
915 X 1830 X 0.91									0.5118	0.5246

CONSUMO DE MATERIAL USANDO ROLLO.

Dimensiones Rollos	Lg por 100 piezas
0.91 X 44 X LARGO	0.4971

Observando los cuadros comparativos, vemos que las situaciones más económicas, son cuando usamos rollos de 0.91 X 44 X largo y cuando usamos láminas de 915 X 3050 X 0.91 obteniendo 0.4971 y 0.5068 kilogramos de consumo bruto respectivamente.

Sin embargo para evaluar eficientemente, tendremos que involucrar nuestros costos de materia prima y calcular el costo del material para procesar 100 piezas.

Descripción	Costo por kg.
Lámina	\$ 4.44
Rollo	\$ 4.52

C. Evaluación del costo del material para la pieza.

1.- Usando lámina con las siguientes dimensiones 915 X 3050 X 0.91

Consumo bruto por pieza = 0,005068 kg.

Costo por 100 kilos = \$ 444.00

Costo de Material para 100 piezas = \$ 2,250

2.- Usando Rollos de 44 X 0.91 X largo

Consumo bruto por pieza = 0.004971 kg.

Costo por 100 kilos = \$ 452.00

Costo de Material para 100 piezas = \$ 2,247

+ Costo del Material obsoleto \$ 0.270

\$ 2,517

a.- Cálculo para encontrar el costo del Material obsoleto.

1 Rollo = 765 000 mm. de longitud

Piezas por rollo = $\frac{765000}{16} = 47812$

Número de rollos para serie de 300,000 = $\frac{300,000}{47,812} = 6.27$

O sea que desperdiciamos un 73% de un rollo ya que solo se utiliza un 27%

Costo por rollo de 765 mts. = \$ 1,130.-

Costo por obsolescencia (1130 X 0.73) = \$ 824.9

Costo por pieza por obsolescencia = $\frac{824.9}{300,000} = \$ 0.0027$

Costo por 100 pzas. por obsolescencia = $0.0027 \times 100 = \$ 0.270$

El ahorro que se obtiene (\$ 0.267/100 pzas) por usar láminas en lugar de usar rollos. Se debe comparar contra los ahorros que en M.O. se tengan si se usa una máquina automática (rollos) en lugar de una máquina estandar (tiras) y con esta evaluación podremos decidir que es mas conveniente.

II.- Elección de la máquina a usar.

Los factores que influyen para determinar que máquina se debe usar son:

- Cantidad a Producir
- Clase del Material
- Forma del producto.
- Cantidad a Producir

Nos orienta para poder definir si se usará una máquina automática ó una Máquina estandar

Tiempo en Máquina automática < Tiempo en Maq. Estandar

- Clase del Material.-

Nos determina los esfuerzos de corte y los esfuerzos de dobléz ó curvatura.

- Forma del Producto.

Nos indica si, el producto se troquelará ó se embutira.

A.- Formulas para determinar el tonelaje requerido por pieza.-

1.- Piezas Troqueladas.-

$$\text{Tonelaje requerido} = \frac{Pc \times S \times Rc}{1000}$$

Pc= Perimetro de corte.

S = Espesor del Material

Rc= Resistencia al corte (ver cuadro)

2.- Piezas Embutidas.-

$$\text{Tonelaje requerido} = \frac{Pd \times S \times Rd}{1000}$$

Pd= Perimetro de curvado

S = Espesor del Material

Rd= Presión de curvatura especifica (ver cuadro)

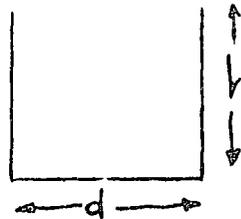
B.- Resistencia del Material

MATERIAL	Kg/mm ²	
	Rc	Rd
CARTON	7.2	---
FENOLICO	12	---
ALUMINIO-COBRE	24	10
ACERO 40 kg/m ²	36	16
LATON	35	10
ACERO 40 - 60 kg m ²	60	20
ACERO 60 - X kg m ²	140	35

Las prensas solamente se pueden cargar a un 80% de la capacidad de la máquina. Es decir que cuando una máquina es de 10 toneladas, la fuerza aprovechable será de 8 toneladas.

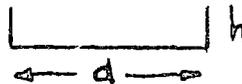
Nota.- Cuando tengamos que embutir piezas y sean de embutido profundo, la máquina a utilizar será la No. 692.

Ebutido profundo
 $h > 0.4d$



Cuando tengamos que embutir piezas y sean de embutido no profundo, la máquina a utilizar será la No. 622.

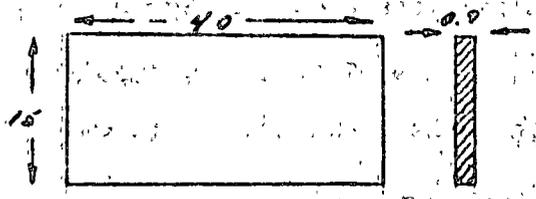
Ebutido no profundo
 $h < 0.4d$



C.- Máquinas Existentes y sus capacidades.

MAQUINA No.	CAPACIDAD NOMINAL	CAPACIDAD APROVECHABLE
610	5 Ton.	4 Ton.
611	22 Ton.	18 Ton.
612	45 Ton.	36 Ton.
613	120 Ton.	96 Ton.
622	160 Ton.	128 Ton.
692	100 Ton.	80 Ton.

EJEMPLO.- (Continuación)



Elección de la máquina:

$$\text{Tonelaje requerido} = \frac{Pc \times S \times Rc}{1000}$$

$$Pc = \text{Perímetro de corte} = 110 \text{ mm.}$$

$$S = \text{Espesor del Material} = 0.9 \text{ mm.}$$

$$Rc = \text{Resistencia al corte} = 36 \text{ kg/mm}^2.$$

$$Tr = \frac{110 \times 0.9 \times 36 \times 1.0}{1000} = 3.6 \left[\frac{\text{mm. mm. kg. Ton.}}{\text{Kg. mm}^2} \right] = \text{TON}$$

Viendo nuestra relación de máquinas existentes vemos que la máquina que cumple con nuestros requerimientos es la máquina 610 con una capacidad aprovechable de 4 Ton.

III.- Elección del Método, Salarios y Gastos.-

Antes de elegir el método definitivo hay que evaluar los ahorros y gastos que se tiene al tener diferentes métodos.

Los ahorros que se pueden presentar son:

- Ahorro del material
- Ahorro en gastos perona y máquina

Los gastos que se pueden presentar son:

- Gastos en Material
- Gastos en Herramientas
- Gastos en Personas y Máquinas, etc.

A.- Clasificación de los Métodos de Fabricación.

Los métodos pueden clasificarse en los siguientes grupos:

- Fabricación en Prensas Estandar (tiempo mayor)
- Fabricación en Prensas Automáticas (tiempo menor)

B.- Determinación del método de trabajo

Para determinar el método a seguir en cuanto a operaciones, existen los siguientes caminos:

- Por comparación con piezas en fabricación (similares)
- Analizando operaciones Primarias y Derivadas.
- Apoyandose con el grupo de trabajo y consultando.

Los caminos anteriormente mencionados, los usamos para dar costos de Indicación, Costo de Orientación 1 y Costo de Orientación 2.

Cuando lleguemos a dar el costo de Orientación 3 y Costo Estandar; nos debemos basar en la carta de Preparación que emite el Departamento de Preparación y compararla, contra nuestros métodos de orientación 1 y Orientación 2; intercambiando comentarios y sobre todo justificaciones.

C.- Determinación de Salarios y Gastos.

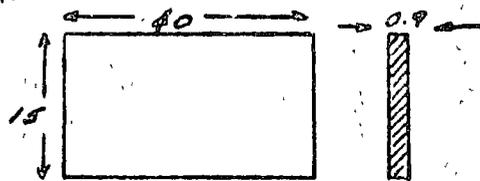
Para determinar las tarifas de las operaciones del método, utilizaremos los datos y formulas estandar que se tienen, y seleccionando la que mejor se adapte a nuestras condiciones previstas.

A continuación se anexan los datos y formulas estandar, para las prensas que tenemos en existencia. Los datos y formulas estandar estan calculados para diferentes situaciones, sin embargo puede darse el caso -- que la información requerida, no se encuentre amparada en nuestros datos y formulas. En este caso se recomienda crear un dato ó formula que ampare esa situación.

Nota: La creación de datos y formulas se realiza utilizando los sistemas de tiempos predeterminados.

Continuación del ejemplo.-

Métodos de Fabricación.-



Método A.- Dimensiones hoja = (915 X 3050 X ,9) No. pzas. por tira = 57.

No. Operación	Descripción	Máquina	U's/100
1	Cortar tiras	732	0.09
2	Troquelar tira	610	1.22

Método B.- Dimensión Rollo (.9 X 44 X L) No. pzas. por metro= 62.5

No. Operación	Descripción	Máquina	U's/100
1	Troquelar cinta	610.1	0.87

Después de haber realizado los métodos de fabricación posibles para la pieza. Determinamos los U's/100 pzas. por operación, basandonos en nuestros datos y formulas estandar para las máquinas manuales y en la gráfica de tiempos para máquinas automáticas.

El siguiente paso es evaluar el método más económico, la evaluación se realiza en la parte No. 4 (Evaluación del método más económico y estructuración del costo)

D.- Tiempos Aciclicos.

N= No. de piezas.

1.- Cambio de tira a bln.-

$$\text{Tarifa} = \frac{7020}{60 N} = \text{U's/100}$$

2.- Cambio de Pallet.-

$$\text{Tarifa} = \frac{28080}{60 N} = \text{U s/100}$$

3.- Cambio de Rollos.-

$$\text{Tarifa} = \frac{35100}{60 N} \quad \text{U s/100}$$

4.- Lubricar Punzones.-

$$\text{Tarifa} = \frac{585}{60 N} \quad \text{U's/100}$$

5.- Retirar piezas de mesa.-

$$\text{Tarifa} = \frac{585}{60 N} \quad \text{U's/100}$$

6.- Inspección de piezas.-

$$\text{Tarifa} = \frac{468}{60 N} \quad \text{U's/100}$$

E.- Datos y Formulas Estandar por Máquina.-

1.- Máquina 610.-

Operación.- Troquelar cinta ≤ 10 cm. de ancho, con un retal en forma de tira y accionando la máquina golpe por golpe. El registro de la tira en el troquel es con tragante y sin tope para localizar el avance. El desalojo de la pieza es con aire ó por gravedad.

Descripción de Elementos	Frecuencia	Tiempo en seg.
Alcanzar cinta 50 cm.	1/N	0.55
Asir cinta (piezas apladas)	1/N	0.23
Preposicionar cinta	1/N	0.16
Transporta cinta a Montaje 50 cm.	1/N	0.70
Montaje en gulas	1/N	0.86
Introducir tira 10 cm. (s/tope)	1/N	0.23
Alcanzar pedal a una distancia 10 cm.	1/1	0.23
Retirar pie de Pedal 10 cm.	1/1	0.23
T. Proceso 180 golpes/min.	1/1	0.33
Alcanzar tira retal	1/N	0.55
Asir tira	1/N	0.23
Transportar para dar avance	1/1	0.23
Transportar para desalojar retal	1/N	0.16

$$\text{Tarifa} = \left[\frac{3.67 \times 1.17 + (0.69 \times 1.17) + (0.33 \times \frac{80}{60}) \times 1.05}{60} \right] 100 + \text{Acliclicos}$$

$$\text{Tarifa} = \frac{N(126.93) + 429.39}{60 N} \quad \text{U's/100} + \text{Acliclicos}$$

N= Número de piezas por tira.

2.- Máquina 610

Operación.- Troquelar una cinta ≤ 10 cm. de ancho, con un retal en forma de tira y accionando la máquina a golpe de máquina. El registro de la tira en el troquel es con tragante y con tope para localizar el -avancé. El desalajo de la pieza es con aire ó por gravedad.

Descripción de Elementos	Frecuencia	tpo. en seg.
Alcanzar cinta 50 cm.	1/N	0.55
Asir cinta (piezas apiladas)	1/N	0.23
Preposicionar cinta	1/N	0.16
Transportar cinta a montaje 50	1/N	0.70
Montaje en gulas	1/N	0.86
Introducir tira 10cm. (c/tope)	1/N	0.16
Alcanzar pedal a 10 cm.	1/N	0.23
T. Proceso 180 golpes/min	1/1	0.33
Alcanzar tira retal	1/N	0.55
Asir tira	1/N	0.23
Transportar tira a tope	1/1	0.16
Transportar para desalajar retal	1/N	0.16
Retirar pie de pedal	1/N	0.23

$$\text{Tarifa} = \left[\frac{4.06}{N} \times 1.17 + (0.16 \times 1.17) + (0.33 \times \frac{80}{60}) \times 1.05 \right] 100 + \text{Aciclicos}$$

$$\text{Tarifa} = \frac{N(64.92) + 475.02}{60N} = \text{U's/100} + \text{Aciclicos}$$

N= Número de piezas por tira

3.- Máquina 610

Operación.- Troquelar objetos grandes o pequeños y que son tomados de un bin, la tomá se hace al azar. La caja del troquel es mayor o igual a 3 mm. El desalajo es con aire,

Descripción de Elementos	Frecuencia	Tpo. en seg.
Alcanzar objeto 50 cm.	1/1	0.55
Asir objeto	1/1	0.23
Preposicionar	1/1	0.31
Trasladar objeto	1/1	0.70
Montar a Troquel	1/1	0.55
Alcanzar Pedal 10 cm.	1/1	0.23
Accionar Pedal	1/1	0.31
Tiempo de Proceso 180 golpes/min	1/1	0.33
Retirar pie de Pedal	1/1	0.31

$$\text{Tarifa} = \left[\frac{(3.19 \times 1.17) + (0.33 \times \frac{80}{60}) \times 1.05}{60} \right] 100 + \text{Aciclicos}$$

$$\text{Tarifa} = 6.98 \text{ U's/100} + \text{Aciclicos}$$

Nota a.- Cuando en lugar de caja localizadora, existen 2 pernos registra-

4.- Máquina 610

Operación.- Troquelear objetos grandes o pequeños y que son tomados de un bin, la toma se hace al Azar, la caja del troquel es mayor o --- igual a 3 mm. El desalajo es con aire y la máquina cuenta con dispositivo de seguridad (rejilla)

Descripción de Elementos	Frecuencia	Tiempo en Seg.
Alcanzar objeto 50 cm.	1/1	0.55
Asir objeto	1/1	0.23
Preposicionar	1/1	0.31
Trasladar objeto 25 cm.	1/1	0.47
Trasladar al frente 25 cm.	1/1	0.47
Montar a Troquel	1/1	0.55
Trasladra Mano 25 cm.	1/1	0.47
Alcanzar Pedal 10 cm.	1/1	0.23
Accionar Pedal	1/1	0.31
Tiempo de Proceso 180 g/min	1/1	0.33
Retirar pie de Pedal	1/1	0.31

$$\text{Tarifa} = \left[\frac{(3.90 \times 1.17) + (0.33 \times \frac{80}{60}) \times 1.05}{60} \right] 100 + \text{Acillicos}$$

$$\boxed{\text{Tarifa} = 8.36 \text{ U's/100}} + \text{Acillicos}$$

Nota a.- Cuando en lugar de caja localizadora, existen 2 pernos registradores hay que agregar 0.44 U's/100.

5.- Máquina 610

Operación.- Troquelear objetos grandes ó pequeños y que son tomados de un bin. La toma se hace al azar, la caja del troquel es mayor o igual a 3 mm. el desalajo es manual.

Descripción de Elementos	Frecuencia	Tiempo en seg.
Alcanzar objeto " 50 cm.	1/1	0.55
Asir objeto	1/1	0.23
Preposiciones	1/1	0.31
Trasladar objeto	1/1	0.70
Montar a Troquel	1/1	0.55
Alcanzar Pedal 10 cm,	1/1	0.23
Accionar Pedal	1/1	0.31
Tiempo de Proceso 180 g/min	1/1	0.33
Retirar pie de Pédal	1/1	0.31
Alcanzar objeto 25 cm	1/1	0.47
Asir objeto	1/1	0.31
Trasladar objeto 25 cm.	1/1	0.31

$$\text{Tarifa} = \frac{4.28 \times 1.17 + (0.33 \times \frac{80}{60}) \times 1.05}{60} 100 + \text{Acillicos}$$

$$\boxed{\text{Tarifa} = 9.11 \text{ U's/100}} + \text{Acillicos}$$

Nota a.- Cuando en lugar de caja localizadora, existan 2 pernos registradores hay que agregar 0.44 U's/100.

6.- Máquina 610.-

Operación.- Troquejar objetos grandes o pequeños y que son tomados de un bin, la toma se hace al azar, la caja del troquel es mayor o igual a 3 mm. El desalajo es manual y la máquina cuenta con dispositivo de seguridad (rejilla)

Descripción de Elementos	Frecuencia	Tiempo en seg.
Alcanzar objeto 50 cm.	1/1	0.55
Asir objeto	1/1	0.23
Preposicionar	1/1	0.31
Trasladar objeto 25 cm.	1/1	0.47
Trasladar al frente 25 cm.	1/1	0.47
Montar a troquel	1/1	0.55
Trasladar Mano 25 cm.	1/1	0.47
Alcanzar Pedal = 10 cm.	1/1	0.23
Accionar Pedal	1/1	0.31
Tiempo de Proceso 180G6m/n	1/1	0.33
Retirar Pie de Pedal	1/1	0.31
Alcanzar objeto 25 cm.	1/1	0.47
Asir objeto	1/1	0.31
Trasladar objeto 25 cm.	1/1	0.31

$$\text{Tarifa} = \left[\frac{(4.99 \times 1.17) + (0.33 \times \frac{80}{60})}{60} \right] 1.05 \cdot 100 + \text{Acillicos}$$

$\text{Tarifa} = 10.5 \text{ U's/100} + \text{Acillicos}$

Nota a.- Cuando en lugar de caja localizadora, existan 2 pernos registradores hay que agregar 0.44 U's/100

7.- Máquina 611.- (Con pedales)

Se consideran las mismas situaciones y tarifas que tenemos en las -- máquinas 610, más 0.35 U's/100 pzas; porque existe una variación de 0.15 seg. en el ciclo máquina.

8.- Máquina 611.- (Con botones)

Operación.- Troquejar objetos grandes o pequeños y que son tomados de un bin, la toma se hace al azar. La caja del troquel es mayor o igual a 3 mm. El desalajo es con aire y la prensa se acciona con botones.

Descripción de Elementos	Frecuencia	Tiempo en seg.
Alcanzar objeto 50 cm.	1/1	0.55
Asir objeto	1/1	0.23
Preposicionar	1/1	0.31
Trasladar objeto	1/1	0.70
Montar a Troquel	1/1	0.55
Alcanzar botones c/2 manos	1/1	0.47
Presionar botones	1/1	0.16
Tiempo de Proceso	1/1	0.48
Retirar manos de botones	1/1	0.31

$$\text{Tarifa} = \left[\frac{(3.28 \times 1.17) + (0.48 \times \frac{80}{60}) \cdot 1.05}{60} \right] 100 + \text{Aciclicos}$$

$$\boxed{\text{Tarifa} = 7.51 \text{ U's/100}} + \text{Aciclicos}$$

Nota a.- Cuando en lugar de caja localizadora, existan 2 pernos registradores hay que agregar 0.44 U's/100

9.- Máquina 611.- (Con botones)

Operación.- Troquelar objetos grandes o pequeños y que son tomados de un bin, la toma se hace al azar. La caja del troquel es mayor o igual a 3 mm. El desalajo es con las manos y la prensa se acciona con botones.

Descripción de Elementos	Frecuencia	Tiempo en seg.
Alcanzar objeto 50 cm.	1/1	0.55
Asir objeto	1/1	0.23
Preposiciones	1/1	0.31
Trasladar objeto	1/1	0.70
Montar a troquel	1/1	0.55
Alcanzar botones c/2 manos	1/1	0.47
Presionar botones	1/1	0.16
Tiempo de proceso	1/1	0.48
Retirar manos de botones	1/1	0.31
Alcanzar objeto 25 cm.	1/1	0.47
Asir objeto	1/1	0.31
Trasladar objeto 25 cm.	1/1	0.31

$$\text{Tarifa} = \left[\frac{(4.37 \times 1.17) + (0.48 \times \frac{80}{60}) \cdot 1.05}{60} \right] 100 + \text{Aciclicos}$$

$$\boxed{\text{Tarifa} = 9.63 \text{ U's/100}} + \text{Aciclicos}$$

Nota a.- Cuando en lugar de caja localizadora, existan 2 pernos registradores hay que agregar 0.44 U's/100

10.- Máquina 612.-

Operación.- Troquelar cinta 15 cm. de ancho con un retal en forma de tira y accionando la máquina golpe por golpe. El registro de la tira en el troquel es con tragante y sin tope para localizar el avance. El desalajo de la pieza es con aire o por gravedad.

Descripción de Elementos	Frecuencia	Tiempo en seg.
Alcanzar cinta 50 cm. D.P.	1/N	1.33
Asir cinta	1/N	0.31
Preposicionar cinta	1/N	0.16
Transportar cinta a montaje	1/N	1.33
Montaje en guías	1/N	0.86
Introducir tira 10 cm. (s/tope)	1/N	0.23
Alcanzar pedal a una dist. de 10 cm.	1/1	0.23
Retirar pie de pedal	1/1	0.23

T. proceso 100 G/min.	1/1	0.60
Alcanzar tira retal	1/N	1.33
Asir tira retal	1/N	0.31
Transportar para dar avance	1/1	0.39
Transportar para desalojar retal	1/N	0.16

Aciclicos

Lubricar tiras c/grasa	1/N	6.0
------------------------	-----	-----

$$\text{Tarifa} = \left[\frac{(\frac{12.02}{N} \times 1.17) + (0.85 \times 1.17) + 0.60 \times \frac{80}{60}}{60} \right] 1.05 \cdot 100 + \text{Aciclicos}$$

$$\text{Tarifa} = \frac{N(183) + 1406}{60 N} = \text{U's/100} + \text{Aciclicos}$$

N= Número de piezas por tira.

11.- Máquina 612.-

Operación.- Troquelar una cinta 15 cm. de ancho, con un retal en forma de tira y accionando la máquina a golpe de máquina. El registro de la tira en el troquel es con tragante y con tope para localizar el avance. El desalojo de la pieza es con aire o por gravedad.

Descripción de Elementos	Frecuencia	Tiempo en seg.
Alcanzar cinta 50 cm. D.P.	1/N	1.33
Asir cinta	1/N	0.31
Preposicionar cinta	1/N	0.16
Transportar cinta a montaje	1/N	1.33
Montaje en guías	1/N	0.86
Introducir tiras 10 cm. c/tope	1/N	0.23
Alcanzar pedal a 10 cm.	1/N	0.23
T. Proceso 100 g/min.	1/1	0.60
Alcanzar tira a Retal	1/N	1.33
Asir tira	1/N	0.31
Transportar tira a tope	1/1	0.31
Transportar para desalojar Retal	1/N	0.16
Retirar pie de pedal	1/N	0.23

Lubricar tiras con grasa	1/N	6 seg.
--------------------------	-----	--------

$$\text{Tarifa} = \left[\frac{(\frac{12.48}{N} \times 1.17) + (0.31 \times 1.17) + (0.60 \times \frac{80}{60})}{60} \right] 1.05 \cdot 100 + \text{Aciclicos}$$

$$\text{Tarifa} = \frac{N(120) + 1460}{60 N} = \text{U's/100} + \text{Aciclicos}$$

12.- Máquina 612.- (Con pedal)

Operación.- Troquelar objetos grandes o pequeños y que son tomados de un bin, la toma se hace al azar, la caja del troquel es mayor o igual a 3 mm. El desalojo es con aire.

Descripción de Elementos	Frecuencia	Tiempo en seg.
Alcanzar objeto 50 cm. D.P.	1/1	0.55
Asir objeto	1/1	0.31
Preposicionar	1/1	0.31
Trasladar objeto	1/1	0.70
Montar a troquel	1/1	0.55
Alcanzar pedal 10 cm.	1/1	0.23
Accionar pedal	1/1	0.31
Tiempo de Proceso	1/1	0.60
Retirar pie de pedal	1/1	0.31

$$\text{Tarifa} = \left[\frac{(3.27 \times 1.17) + (.60 \times \frac{80}{60})}{60} \times 1.05 \right] 100 + \text{Aciclicos}$$

$$\text{Tarifa} = 7.78 \text{ U's/100} + \text{Aciclicos}$$

Nota a.- Cuando en lugar de caja localizadora, existan 2 pernos registradores; hay que agregar 0.44 U's/100.

Nota b.- Cuando haya necesidad de prelubricar la pieza, hay que agregar 7.80 U's/100. Este tiempo se agrega si el operario lubrica la pieza.

Nota c.- Si el operario no lubrica la pieza, hay que considerar ayuda.

Nota d.- Cuando el material venga en pallets hay que agregar 0.60 U's/100.

Nota e.- Cuando la prensa se accione con botones hay que agregar 0.19 --- U's/100,

13.- Máquina 612.- (con pedal)

Operación.- Troquelar objetos grandes o pequeños y que son tomados de un bin, la toma se hace al azar, la caja del troquel es mayor o igual a 3 mm. El desalojo es manual.

Descripción de Elementos	Frecuencia	Tiempo en seg.
Alcanzar objeto 50 cm.	1/1	0.55
Asir objeto	1/1	0.23
Preposicionar	1/1	0.31
Trasladar objeto	1/1	0.70
Montar a troquel	1/1	0.55
Alcanzar pedal 10 cm.	1/1	0.23
Accionar pedal	1/1	0.31
Tiempo de proceso	1/1	0.60
Retirar pie de pedal	1/1	0.31
Alcanzar objeto 25	1/1	0.47
Asir objeto	1/1	0.31
Trasladar objeto 25 cm.	1/1	0.31

$$\text{Tarifa} = \left[\frac{(4.28 \times 1.17) + (1.60 \times \frac{80}{60})}{60} \times 1.05 \right] 100 + \text{Aciclicos}$$

$$\boxed{\text{Tarifa} = 9.73 \text{ U's}/100} + \text{Aciclicos}$$

- Nota a.- Cuando en lugar de caja localizadora, existan 2 pernos registradores; hay que agregar 0.44 U's/100.
- b.- Cuando haya necesidad de prelubricar la pieza; hay que agregar - 7.80 U's/100. Este tiempo se agrega si el operario lubrica la pieza.
- c.- Si el operario no lubrica la pieza, hay que considerar ayuda.
- d.- Cuando el material venga en pallets hay que agregar 0.60 U's/100
- e.- Cuando la prensa se accione con botones hay que agregar 0.19 U's/100.

14.- Máquina 613.- (Con pedales y botones)

Se consideran las mismas situaciones y tarifas que tenemos en las máquinas 612, más 1.14 U's/100 piezas, porque existe una variación de 0.49 seg. en el ciclo máquina.

15.- Máquina 622.- Muller

Operación Troquelar o embutir objetos, accionando la prensa con botones. El registro de los objetos en el troquel es con topes. El desalajo de las piezas es manual.

Descripción de elementos	Frecuencia	Tiempo en seg.
Alcanzar pieza	1/1	1.33
Asir	1/1	0.31
Preposicionar	1/1	0.31
Transportar a montaje	1/1	1.33
Montaje	1/1	0.78
Transportarse a interruptor	1/1	1.33
Presionar botones c/2 m.	1/1	0.16
Tiempo de proceso	1/1	6.00
Desmontar pieza	1/1	0.39

$$\text{Tarifa} = \left[\frac{(5.94 \times 1.17) + (6 \times \frac{80}{60})}{60} \times 1.05 \right] 100 + \text{Aciclicos}$$

$$\boxed{\text{Tarifa} = 25.58 \text{ U's}/100} + \text{Aciclicos}$$

Nota a.- Cuando haya necesidad de prelubricar la pieza, hay que agregar 7.80 U's/100. Este tiempo se agrega si el operario lubrica -- la pieza.

Nota b.- Si el operario no lubrica la pieza, hay que considerar ayuda.

Nota c.- Cuando el material venga en pallets, hay que agregar 0.60 U's/100.

16.- Máquina 692 Hidráulica

Operación.- Embutir piezas a partir de tiras, obteniendo un Retal en forma de tira y accionando la máquina golpe por golpe. El registro de la tira en el troquel es con tragante y sin tope para localizar el avance. - El desalojo de la pieza es con las manos.

Descripción de elementos	Frecuencia	Tiempo en seg.
Alcanzar cinta	1/N	0.55
Asir cinta	1/N	0.31
Proposicionar cinta	1/N	0.16
Transportar cinta a montaje	1/N	0.86
Montaje en guías	1/N	0.86
Introducir tira 10 cm.	1/N	0.23
Alcanzar boton	1/1	0.47
Presionar botones	1/1	0.16
Tiempo de Proceso	1/1	12.0
Retirar mano de boton	1/1	0.31
Alcanzar objeto	1/1	0.47
Asir objeto	1/1	0.31
Trasladar objeto	1/1	0.31
Transportar tira para avance	1/1	0.23
Desalojar Retal	1/N	0.16

$$\text{Tarifa} = \left[\frac{\left(\frac{3.13}{N} \times 1.17 \right) + \left(2.26 \times 1.17 \right) + 12 \times \frac{80}{60} \times 1.05}{60} \right] 100 + \text{Aciclicos}$$

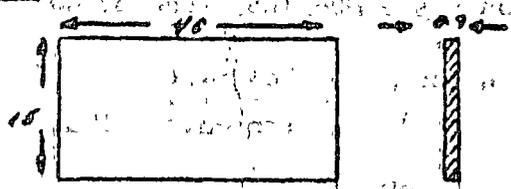
$$\text{Tarifa} = \frac{N (1944) + 366}{60 N} = \text{U's/100} + \text{Aciclicos}$$

Nota a.- La lubricación de las tiras debe de realizarse durante el ciclo - máquina.

IV. Evaluación del Método más económico y Estructuración del Costo.-

En esta parte es donde se decide cual es el método más económico, La evaluación se realiza obteniendo los costos de las piezas para cada uno de los diferentes métodos.

Continuación del ejemplo:



Se requiere fabricar 300,00 piezas según las especificaciones del material ¿Como será la materia prima a surtir y cual será su costo?

Para poder decidir eficientemente, tenemos que evaluar los 2 métodos (A y B)

A.- Evaluación del método A.-

Operación	Máquina	U's/100
1.- Cortar tiras.	732	0.09
2.- Troquelar tira	610	1.22

1.- Evaluación del Material.- (Ver cálculo de materiales)

Costo del material % de piezas = \$ 2,250
 Costo del material + 5% de rechazo = 2.30

2.- Evaluación de Salarios y Gastos.-

a) Evaluación de Gastos máquina.- Operación 1

Operación No.	Descripción	Máquina	U's/100
1	Cortar tiras	732	0.09

Fórmula para el cálculo a pesos.

$$\left(\frac{T \cdot \text{Proceso} \times 60}{\text{Vel. Esp.}} \right) + R:N = Y$$

Y = Tiempo total

$$(Y) \times \left(\frac{\text{Tarifa mag.}}{60} \right) = \$$$

$$\left(0.09 \times \frac{60}{66} \right) \cdot 34 = 0.109 \text{ min.}$$

$$0.109 \times \frac{41.62}{60} = \$ 0.076$$

b.- Evaluación de Gastos Hombre.- Operación 1

$$(0.09 \times \frac{60}{66}) \cdot 1.34 = 0.109 \text{ min.}$$

$$0.109 \times \frac{59.73}{60} = \$ 0.109$$

c.- Evaluación Gasto Máquina.- Operación 2

Operación No.	Descripción	Máquina	U's/100
2	Troquelar tira	610	1.22

$$(1.22 \times \frac{60}{66}) \cdot 1.20 = 1.33 \text{ min.}$$

$$1.33 \text{ min} \times \frac{13.94}{60} = \$ 0.31$$

d.- Evaluación de Gastos hombre.- Operación 2

$$(1.22 \times \frac{60}{66}) \cdot 1.20 = 1.33 \text{ min.}$$

$$1.33 \text{ min} \times \frac{59.73}{60} = \$ 1.32$$

e.- Costos Estandar

Total Material + Rechazad.	\$ 2.30
Total Almacenaje 7%	0.16
Total Gastos Máquina	0.39
Total Gastos Hombre	1.43
Sub-Total	4.28
Riesgo de Presupuesto 3%	0.13
redondeo	- 0.01
Total Costo	\$ 4.40

B.- Evaluación del Método B.-

Operación No.	Máquina	U's/100
1.- Troquelar cinta	610.1	0.87

1.- Evaluación del Material.- (Ver cálculo de materiales)

$$\text{Costo del Material \% de piezas} = \$ 2,517$$

$$\text{Costo del Material} + 5\% \text{ rechazo} = \$ 2.64$$

2.- Evaluación de Salarios y Gastos

a) Evaluación de Gastos Máquina.

Operación No.	Descripción	Máquina	U's/100
1	Troquelear cinta	610.1	0.87

$$(0.87 \times \frac{60}{66}) \cdot 1.20 = 0.95$$

$$0.95 \times \frac{13.94}{60} = \$ 0.22$$

b) Evaluación de Gastos Hombre.

$$(0.87 \times \frac{60}{66}) \cdot 1.20 = 0.95$$

$$0.95 \times \frac{59.73}{60} = \$ 0.95$$

c) Costo Estandar.-

Total Material + Rechazo	\$ 2.64
Total Almacenaje 7%	0.18
Total Gastos Máquina	0.22
Total Gastos Hombre	0.95
Subtotal	3.99
Riesgo de Presupuesto 3%	0.12
Redondeo	- 0.01
Total Costo	\$ 4.10

Observando los dos precálculos (Método A y Método B) vemos que la situación más económica corresponde al Método B (Usar rollos de 44 mm. de ancho y procesar la pieza en máquina 610.1)

Nota.- Los datos de velocidad esperada, recargo normal y tarifas horarios se encuentran en el catálogo de tarifas. Esta información es diferente para cada año presupuestario (se anexa catálogo)

RELACION DE PRENSAS E

Nº	MARCA	TIPO	CAPACIDAD TON.	CARRERA	BO	DO	BC	DL
1	610/1	RASKIN	R1	5	4-11-21-32			
2	610/2	RASKIN	R1	5	13-50-52			
3	610/3	RASKIN	R1	5				
4	610/4	RASKIN	515	5				
5	611/1	RASKIN	22TS	22		300	269	225 256
6	611/2	RASKIN	22TS	22		300	269	225 256
7	611/3	RASKIN	22TS	22		300	269	225 256
8	611/4	RASKIN	22TS	22		300	269	225 256
9	611/5	RASKIN	22TS	22		300	269	225 256
10	611/6	RASKIN	22TS	22		300	269	225 256
11	612/1	RASKIN	C45TB	45		415	358	288 345
12	612/2	RASKIN	C45TB	45		415	358	288 345
13	612/3	RASKIN	C45TB	45		415	358	288 345
14	612/4	RASKIN	C45TB	45 AUT.		416	358	288 345
15	613/1	RASKIN	C1202H	120		585	515	435 505
16	622	MÜLLER		160				
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								

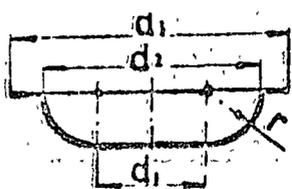
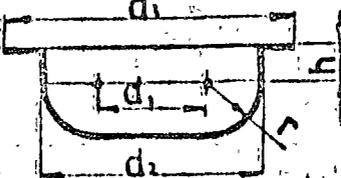
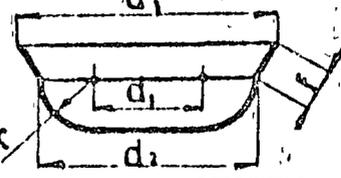
NSAS EN PARTES METALICAS

BC	DC	M	L	E	A	C	D	d	E	F	G	
		225	350	36	194	99.5	38					DO = DISTANCIA ENTRE LA M... Y EL CABEZAL ENTRAJO DEL HUSILLO GRENDA.
		225	350	36	194	99.5	38					
		225	350	36	194	99.5	38					
		235	400	40	194	99.5	38		170				DO = DISTANCIA ENTRE LA M... Y EL CABEZAL ENTRAJO DEL HUSILLO GRENDA.
225	256	390	590	50	250	190	38	15	280	185	20	DO = DISTANCIA ENTRE LA M... Y EL CABEZAL ENTRAJO DEL HUSILLO GRENDA.
225	256	390	590	50	250	190	38	15	280	185	20	DO = DISTANCIA ENTRE LA M... Y EL CABEZAL ENTRAJO DEL HUSILLO GRENDA.
225	256	390	590	50	250	190	38	15	280	185	20	DO = DISTANCIA ENTRE LA M... Y EL CABEZAL ENTRAJO DEL HUSILLO GRENDA.
225	256	390	590	50	250	190	38	15	280	185	20	DO = DISTANCIA ENTRE LA M... Y EL CABEZAL ENTRAJO DEL HUSILLO GRENDA.
225	256	390	590	50	250	190	38	15	280	185	20	DO = DISTANCIA ENTRE LA M... Y EL CABEZAL ENTRAJO DEL HUSILLO GRENDA.
225	256	390	590	50	250	190	38	15	280	185	20	DO = DISTANCIA ENTRE LA M... Y EL CABEZAL ENTRAJO DEL HUSILLO GRENDA.
288	345	465	695	60	355	230	50	18	340	270	32.5	
288	345	465	695	60	355	230	50	18	340	270	32.5	
288	345	465	695	60	355	230	50	18	340	270	32.5	
288	345	465	695	60	355	230	50	18	340	270	32.5	
505	625	925	100	500	325	50			480			
		1000	1000		600							

PESOS ESPECIFICOS DE LOS MATERIALES

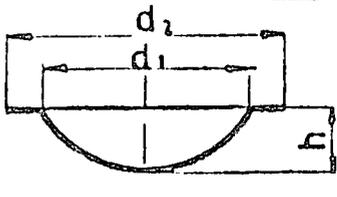
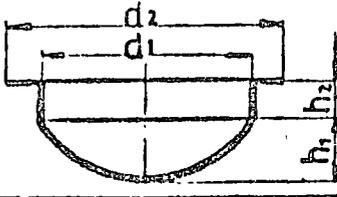
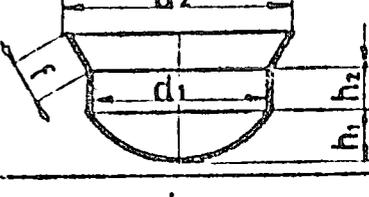
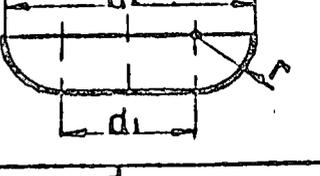
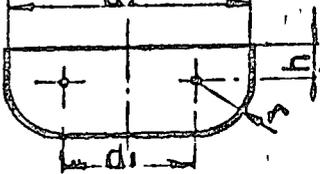
<u>DESCRIPCION</u>	<u>P.E., Kg./dm³</u>
Acero rolado en frío	7.85
Acero de corte libre	7.85
Acero Plata	7.85
Acero Inoxidable	8.04
Aluminio	2.70
Asbesto	3.20
Bronce	8.90
Cobre	8.90
Cadmio	8.64
Cartón rojo	1.30
Cartón fenólico	1.40
Fibra tramada	1.40
Latón	8.40
Mica	2.80
Mylar	3.76
Niquel	8.8
Neopreno	1.64
Plata	10.46
Plomo	11.30
Papel pescado	1.30
Polyester	1.40
P.V.C. Rígido	1.54
Vidrio	2.60
Zinc	7.1
Zamac	7.8

FORMULAS PARA DETERMINAR EL DESARROLLO
DE MATERIAL DE PIEZAS EMBUTIDAS

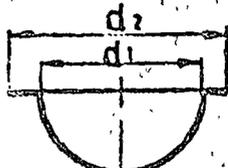
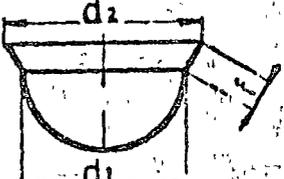
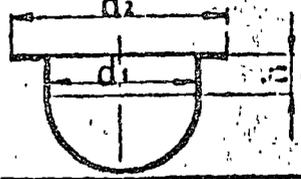
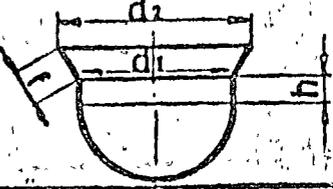
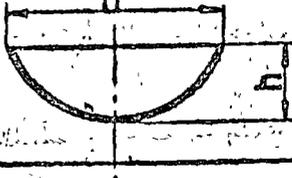
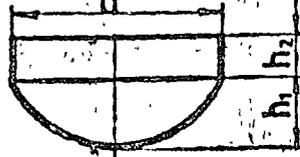
Forma del recipiente	Diámetro del orificio
<p>25</p> 	$\sqrt{d_2^2 + 2,28 r d_2 - 0,66 r^2}$
<p>26</p> 	$\sqrt{d_2^2 + 4 d_2 (0,67 r + h) - 0,66 r^2}$
<p>27</p> 	$\sqrt{d_2^2 + 2,28 r d_2 - 0,66 r^2} + 2 f (d_2 + d_1)$
<p>28</p> 	$\sqrt{d_2^2 + 4 d_2 (0,67 r + h + f) - 0,66 r^2} + 2 f d_2 - 0,66 r^2$

FORMULAS PARA DETERMINAR EL DESARROLLO

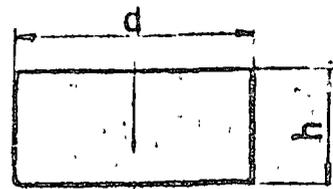
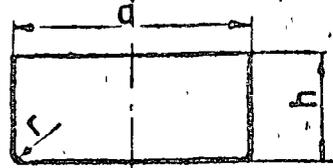
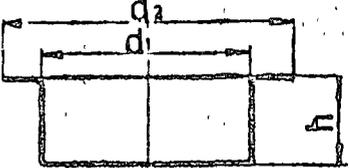
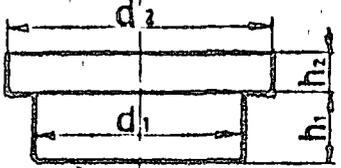
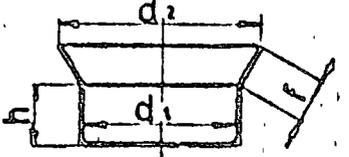
DE MATERIAL DE PIEZAS EMBUTIDAS

Forma del recipiente	Diámetro del disco D =
<p>19</p> 	$\sqrt{d_2^2 + 4h^2}$
<p>20</p> 	$\sqrt{d_2^2 + 4(h_1^2 + d_1 h_2)}$
<p>21</p> 	$\sqrt{d_1^2 + 4h^2} + 2f(d_1 + d_2)$
<p>22</p> 	$\sqrt{d_1^2 + 4(h_1^2 + d_1 h_2)} + 2f(d_1 + d_2)$
<p>23</p> 	$\sqrt{d_2^2 + 2,28 r d_2 - 0,56 r^2}$
<p>24</p> 	$\sqrt{d_2^2 + 2,28 r d_2 - 0,56 r^2} + 4 d_1 h$

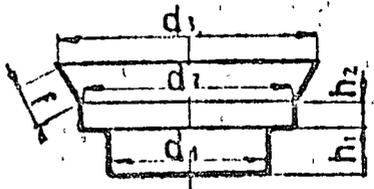
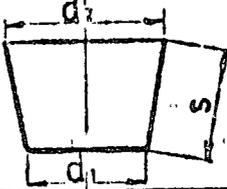
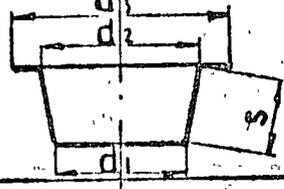
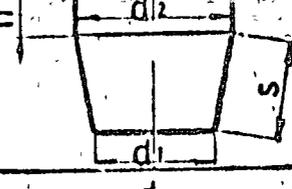
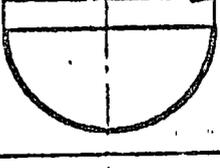
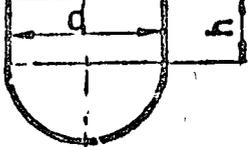
**FORMULAS PARA DETERMINAR EL DESARROLLO
DE MATERIAL DE PIEZAS EMBUTIDAS**

Forma del recipiente	Diámetro del disco D =
<p>13</p> 	$\sqrt{d_1^2 + d_2^2}$
<p>14</p> 	$1,414 \sqrt{d_1^2 + f(d_1 + d_2)}$
<p>15</p> 	$\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + 4 d_1 h}$
<p>16</p> 	$1,414 \sqrt{d_1^2 + 2 d_1 h + f(d_1 + d_2)}$
<p>17</p> 	$\sqrt{d^2 + 4 h^2}$
<p>18</p> 	$\sqrt{d^2 + 4(h_1^2 + d h_2)}$

FORMULAS PARA DETERMINAR EL DESARROLLO
DE MATERIAL DE PIEZAS EMBUTIDAS

Forma del recipiente	Diámetro del disco $D =$
<p>1</p> 	$\sqrt{d^2 + 4dh}$
<p>2</p> 	$\sqrt{d^2 + 4dh - r}$
<p>3</p> 	$\sqrt{d_2^2 + 4d_1h}$
<p>4</p> 	$\sqrt{d_2^2 + 4(d_1h_1 + d_2h_2)}$
<p>5</p> 	$\sqrt{d_1^2 + 4(d_1h_1 + d_2h_2)}$
<p>6</p> 	$\sqrt{d_1^2 + 4d_1h + 2f(d_1 + d_2)}$

FORMULAS PARA DETERMINAR EL DESARROLLO
DE MATERIAL DE PIEZAS EMBUTIDAS

Forma del recipiente	Diámetro del disco $D =$
<p>7</p> 	$\sqrt{d_3^2 + 4(d_1 h_1 + d_2 h_2) + 2f(d_2 + d_3)}$
<p>8</p> 	$\sqrt{d_1^2 + 2s(d_1 + d_2)}$
<p>9</p> 	$\sqrt{d_1^2 + 2s(d_1 + d_2) + d_2^2 - d_3^2}$
<p>10</p> 	$\sqrt{d_1^2 + 2[s(d_1 + d_2) + 2d_2 h]}$
<p>11</p> 	$1,414d$
<p>12</p> 	$1,414\sqrt{d^2 + 2dh}$

PROCEDIMIENTO PARA EL CALCULO DE CONSUMOS DE CADMIO Y NIQUEL

ESPESOR PROMEDIO

Cadmio y Plata $3\mu = 0,003 = 0.0003 \text{ cm.} = E$

Niquel $5\mu = 0,005 = 0.0005 \text{ cm.} = E$

FORMULAS BASICAS.

$$P = Pe \times V$$

$$V = S \times A \quad S = \text{Espesor del fierro}$$

$$P = Pe (S \times A)$$

$$P = Pe_0 \cdot S \times Pe_0 \cdot A$$

$$A = \left(\frac{P}{Pe_0 \cdot S} \right) = \text{AREA DE UNA CARA}$$

$$2A = \left(\frac{P}{Pe_0 \cdot S} \right) = \text{AREA POR RECUBRIR}$$

$\text{CONSUMO DE MATERIALES EN GALVANOPLASTIA} = 2A \times E_{cdóni} \times Pe_{cdóni}$
--

TARIFAS PARA MAQUINAS AUTOMATICAS

		PIEZAS POR TIRA							
		1	2	3	4	5	6	7	8
	10	14.09	7.09	4.76	3.60	2.90	2.43	2.09	1.85
	20	7.09	3.60	2.43	1.85	1.50	1.26	1.10	0.97
	30	4.76	2.43	1.65	1.26	1.03	0.88	0.76	0.68
	40	3.60	1.85	1.26	0.97	0.80	0.68	0.60	0.54
	50	2.90	1.50	1.03	0.80	0.66	0.56	0.50	0.45
	60	2.43	1.26	0.88	0.68	0.56	0.49	0.43	0.39
G	70	2.09	1.10	0.76	0.60	0.50	0.43	0.38	0.36
O	80	1.85	0.97	0.68	0.54	0.45	0.39	0.35	0.32
L	90	1.65	0.88	0.62	0.49	0.41	0.36	0.32	0.29
P	100	1.50	0.80	0.56	0.45	0.38	0.33	0.30	0.27
E	110	1.37	0.73	0.52	0.42	0.35	0.31	0.28	0.26
S	120	1.26	0.68	0.49	0.39	0.33	0.29	0.26	0.24
	130	1.17	0.64	0.46	0.37	0.31	0.28	0.25	0.23
P	140	1.10	0.60	0.43	0.35	0.30	0.26	0.24	0.22
O	150	1.05	0.56	0.41	0.33	0.28	0.25	0.23	0.21
R	160	0.97	0.53	0.39	0.32	0.27	0.24	0.22	0.20
	170	0.92	0.51	0.37	0.30	0.26	0.23	0.22	0.20
M	180	0.88	0.49	0.36	0.29	0.25	0.23	0.21	0.20
I	190	0.83	0.47	0.34	0.28	0.25	0.22	0.20	0.19
N	200	0.80	0.45	0.33	0.27	0.24	0.21	0.20	0.19
V	220	0.73	0.42	0.31	0.26	0.23	0.20	0.19	0.18
T	240	0.68	0.39	0.29	0.24	0.21	0.20	0.18	0.17
D	260	0.63	0.37	0.28	0.23	0.21	0.19	0.17	0.17
	280	0.60	0.35	0.26	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16
	300	0.56	0.33	0.25	0.21	0.19	0.18	0.16	0.16
	320	0.54	0.32	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15
	340	0.51	0.30	0.24	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15
	360	0.49	0.29	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.15
	380	0.47	0.28	0.22	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14
	400	0.45	0.27	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14

$$\text{FORMULA BASICA} \sqrt{\left(\frac{60}{\text{Numero de Salidas}} \times \frac{80}{60} \right) + 0.056} / 105 \div 60$$

Numero de Piezas por TIRA

FORMULAS Y DATOS ESTANDAR PARA DETERMINAR LOS CICLOS DE OPERACION EN CIZALLAS

OPERACION	MAQUINA	CALIBRE	TARIFA	OPERAD.
CORTAR TIRAS	732	≥ 0.91	$0.152 (245/N + 35/n)$	2
CORTAR TIRAS	732	< 0.91	$0.152 (232/N + 35/n)$	2
CORTAR TIRAS	733	≥ 0.91	$0.152 (245/N + 27/n)$	2
CORTAR TIRAS	733	< 0.91	$0.152 (232/N + 27/n)$	2
SIMBOLOGIA N = PIEZAS POR HOJA, n = PIEZAS POR TIRA				

OPERACION	MAQUINA	ANCHO TIRA	TARIFA	OPERAD.
CORTAR PLACAS	732	> 25 cms.	$0.152 (89/n + 18)$	1
CORTAR PLACAS	732	≤ 25 cms.	$0.152 (96/n + 18)$	1
SIMBOLOGIA n = PLACAS POR TIRA				

NOTAS: ADMISION MAXIMA DE CORTE EN MAQUINA 732 = 1500 mm.
 ADMISION MAXIMA DE CORTE EN MAQUINA 733 = 3050 mm.

FORMULAS Y DATOS ESTANDAR PARA DETERMINAR LOS CICLOS DE OPERACION DEL DESENGRASADO DE PIEZAS QUE NO VAN A GRANEL

MATERIAL	FORMA	VOLUMEN	TARIFA
FIERRO O LATON	CILINDRICA O IRREGULAR	$V \leq 400 \text{ cm}^3$	$0.0162 V. P$
FIERRO O LATON	RECTANGULAR	$V \leq 400 \text{ cm}^3$	$0.0121 V. P$
FIERRO O LATON	CILINDRICA O IRREGULAR	$400 < V \leq 720 \text{ cm}^3$	$0.009 V. P + 6.13$
FIERRO O LATON	CILINDRICA O IRREGULAR	$V > 720 \text{ cm}^3$	$0.0162 V. P$
FIERRO O LATON	RECTANGULAR	$400 \text{ cm}^3 < V < 970 \text{ cm}^3$	$0.007 V. P + 6.13$
FIERRO O LATON	RECTANGULAR	$V > 970 \text{ cm}^3$	$0.0121 V. P$
ZAMAC O ALUMINIO	CILINDRICA O IRREGULAR	$V \leq 400 \text{ cm}^3$	$0.014 V. P$
ZAMAC O ALUMINIO	RECTANGULAR	$V \leq 400 \text{ cm}^3$	$0.0104 V. P$
ZAMAC O ALUMINIO	CILINDRICA O IRREGULAR	$400 \text{ cm}^3 < V \leq 860 \text{ cm}^3$	$0.008 V. P + 6.13$
ZAMAC O ALUMINIO	RECTANGULAR	$400 \text{ cm}^3 < V \leq 1150 \text{ cm}^3$	$0.006 V. P + 6.13$
ZAMAC O ALUMINIO	CILINDRICA O IRREGULAR	$V > 860 \text{ cm}^3$	$0.0138 V. P$
ZAMAC O ALUMINIO	RECTANGULAR	$V > 1150 \text{ cm}^3$	$0.0103 V. P$

SIMBOLOGIA V. P = VOLUMEN DE LA PIEZA

FORMULAS Y DATOS ESTÁNDAR PARA DETERMINAR LOS CICLOS DE OPERACION
DEL DESENGRASADO DE PIEZAS A GRANEL.

TIPO DE PIEZA	VOLUMEN DE CARGA	TARIFA
PIEZAS PLANAS	*	<u>931</u> Piezas por carga
PIEZAS PLANAS CON PROTUBERANCIA	16,000 cm ³ .	0.076 (V.T.)
PIEZAS EN "U"	64,000 cm ³ .	0.011 (V.T.)
PIEZAS CERRADAS (FORMA DEFINIDA)	32,000 cm ³	0.019 (V.T.)
PIEZAS EN ESCUADRA	64,000 cm ³	0.029 (V.T.)
PIEZAS IRREGULARES	32,000 cm ³	0.044 (V.T.)
SIMBOLOGIA V.T = VOLUMEN TEORICO		

ESPESOR	LONGITUD ≤ 50 mm.	LONGITUD ≤ 100 mm.	LONGITUD > 100 mm.
≤ 1 mm.	4000 piezas por carga	1,100 piezas por carga	350 piezas por carga
≤ 2 mm.	1700 piezas por carga	650 piezas por carga	200 piezas por carga
≤ 4 mm.	700 piezas por carga	300 piezas por carga	100 piezas por carga

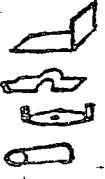
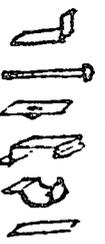
FORMULAS Y DATOS ESTANDAR PARA DETERMINAR LOS CICLOS DE OPERACION DE FOSFATIZADO Y BLANQUEADO.

No.	MATERIAL	FORMA	VOLUMEN	TARIFA
1	FIERRO	Cilindricas o irregulares		0.020 V.P
2	FIERRO	RECTANGULAR		0.0151 V.P
3	ZAMAC	CILINDRICAS O IRREGULARES	$V \leq 400 \text{ cm}^3$	0.0123 V.P + 1.98
4	ZAMAC	CILINDRICAS O IRREGULARES	$V > 400 \text{ cm}^3$	0.0123 V.P + 4.35
5	ZAMAC	RECTANGULARES	$V \leq 400 \text{ cm}^3$	0.0092 V.P + 1.98
6	ZAMAC	RECTANGULARES	$V > 400 \text{ cm}^3$	0.0092 V.P + 4.35

SIMBOLOGIA : V. P = VOLUMEN DE LA PIEZA

NOTA: PARA BLANQUEADO APLICAR LAS FORMULAS 3, 4, 5 y 6

**FORMULAS Y DATOS ESTANDAR PARA DETERMINAR LOS CICLOS
DE OPERACION EN LAS OPERACIONES DE CADMINIZADO Y DECAPADO EN BARRIL**

TIEMPO CICLO SEG.	NIVEL DE CARGA	VOLUMEN UTIL CM ³ .	FORMA DE LA PIEZA	BOSQUEJO PIEZA	EFIC. "F"	DIMENS. PRINC.		T A R I F A	
						LONG. mm.	ESP. M.P.	CADMINIZ.	DECAPADO
651	1	5 400	1.- a) Cerrada 4 caras		0.90	> 50	< 100	0.28 $\frac{VP}{F}$	0.0608 $\frac{VP}{F}$
651	3/4	4 050	2.- a) En escuadra b) Irregular totalmente c) Plana con protuberancia d) Cerrada		1.25 1.15 0.90 0.90	> 100 > 50 > 100 ≤ 50	> 1 < 2	0.37 $\frac{VP}{F}$	0.0811 $\frac{VP}{F}$
651	1/2	2 700	3.- a) En escuadra b) Pasador c) Plana con protuberancia d) Irregular de un doblés e) Doblés en "U" f) Plana rectangular		1.25 0.60 0.90 1.25 1.30 0.90	< 100 > 100 > 20 > 20 > 10 > 100	> 1 > 1	0.56 $\frac{VP}{F}$	0.1216 $\frac{VP}{F}$
651	1/4	1 350	4.- a) Plana rectangular b) Plana circular c) Cerrada 6 caras d) Plana con protuberancia e) Tornillos		0.90 0.70 0.90 0.90 0.60	< 100 < 100 < 25 < 20 < 100	Distintos "	1.12 $\frac{VP}{F}$	0.2432 $\frac{VP}{F}$

FORMULAS Y DATOS ESTANDAR PARA DETERMINAR LOS CICLOS DE OPERACION
EN NIQUEL DE BARRIL, NIQUEL ELECTROLESS Y CROMADO DE PLASTICOS.

DESCRIPCION	CAPACIDAD POR BAÑO	TARIFA
NIQUELAR EN BARRIL	40 Kg. + 15%	324 (P.P)
NIQUELAR EN BARRIL	L.E < 40 Kg. - 15%	$\frac{12956}{L.E}$

SIMBOLOGIA P.P = PESO POR PIEZA, L.E = LOTE ECONOMICO O SERIE DE PEDIDO

DESCRIPCION	CAPACIDAD DE LA CANASTA	TARIFA
CROMO PLASTICO (PERILLAS)	7900 cm ³ .	0.987 (V.P)
NIQUEL ELECTROLESS	7900 cm ³ .	0.283 (V.P)

SIMBOLOGIA V.P = VOLUMEN DE LA PIEZA

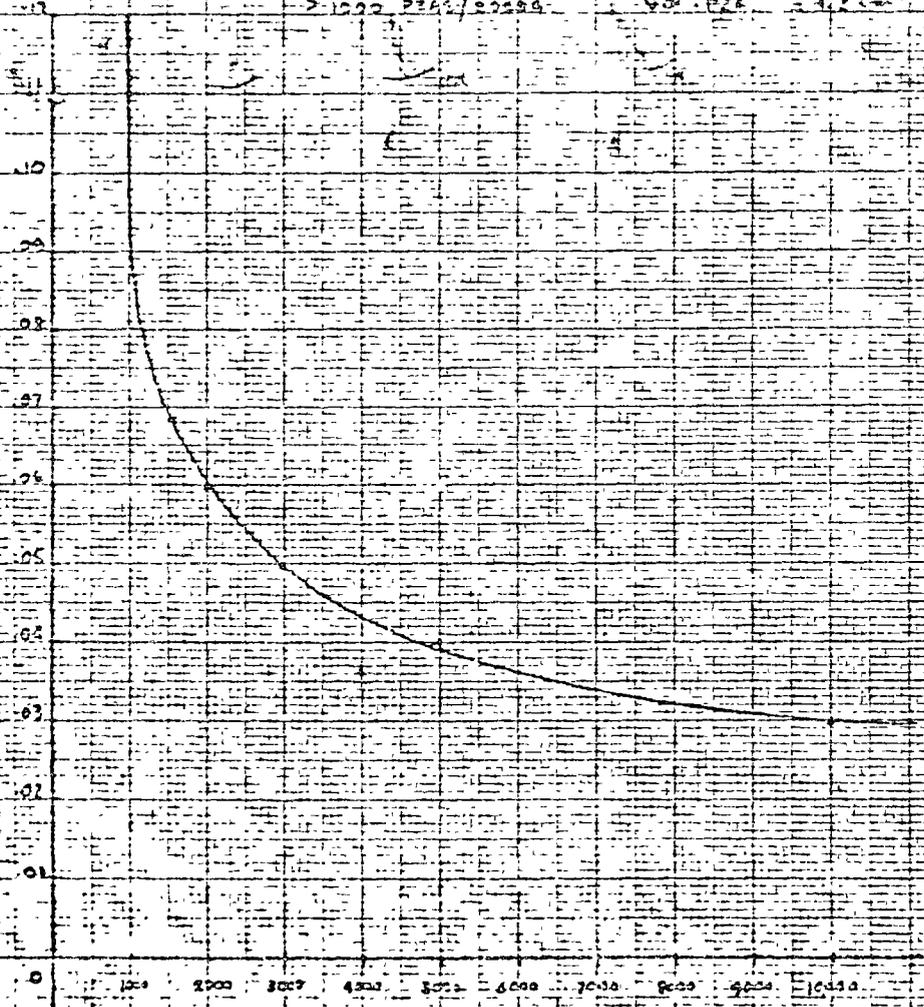
DISTRIBUCION DE TIEMPO PARA SUFRA 2 P. LOS SUF. 10-2-2000

> 1000 PZAS/BOLSA

40.024

3.12.00

TIEMPO POR PZA. (S)



PIEZAS/BOLSA	TARIFA \$/PZA	Q. TIEMPO
2000	0.12	135 10.9
3000	0.10	135 11.9
4000	0.08	133 11.1
5000	0.07	" "
6000	0.07	133 11.2
7000	0.07	" "
8000	0.06	133 11.3
9000	0.06	" "
10000	0.06	" "
> 10,000	0.05	133 11.4

PIEZAS/BOLSA

BASES PARA COSTOS DE REPARACION DE HERRAMIENTAS

DESCRIPCION DE M. P.	G O L P E S	DESGASTE POR APLICADA	VIDA PROMEDIO DE HTAS. NUEVAS
C. R. S.	40,000	de 0.16 a 0.15	3.0
LATON	80,000	"	"
ALUMINIO	30,000	"	"
ACERO INOXIDABLE	15,000	"	"
CARTON FENOLICO	50,000	"	"
ACERO FLEJE	15,000	"	"
FIBRA ROJA	20,000	"	"
HULES	75,000	"	"
LAMINACIONES	60,000	"	"
PLASTICOS/CAVIDAD	20,000	"	"
BOTES	300,000	"	"
PINS	300,000	"	"
AGUJAS	500,000	"	"

GRUPO	DESCRIPCION	HORAS	TARIFA	COSTO	DESGOSE DE TIEMPO					TOTAL
					DESARME	REFACS.	AJUSTE	AFILADO	ENS/PRUEB	
1A	Troqueles progresivos laminación	20	101.92	2038.40	1.0	8.0	7.0	1.0	3.0	20.0
2B	Troqueles progresivos Maq. 633	22	101.92	2242.24	1.0	7.0	6.0	0.5	7.5	22.0
3C	Troqueles progresivos Maq. 611,612 613	8	101.92	815.36	0.5	3.0	2.0	0.5	2.0	8.0
4D	Troqueles de embutido	15	101.92	1528.80	0.5	6.0	6.0		2.5	15.0
5E	Troqueles perforadores p/c. impresos	15	101.92	1528.80	1.0	5.0	5.0	0.5	3.5	15.0
6F	Troqueles dobladores	4	101.92	407.68	0.5	1.5	1.0		1.0	4.0
7G	Troqueles de Placas	4	101.92	407.68	0.5	1.0	1.0	0.5	1.0	4.0
8H	Troqueles o dobladores universales	3	101.92	305.76	0.5	1.2		0.3	1.0	3.0
9I	Aditamentos	2	101.92	203.84	0.5		1.0		0.5	2.0
10J	Moldes	10	101.92	1019.20	1.0	3.0	5.0		1.0	10.0
11K	Herramientas botes	7	101.92	713.44	0.5	6.0			0.5	7.0
12L	Herramientas pins	3	101.92	305.76	0.5				2.5	3.0
13M	Herramientas agujas	7	101.92	713.44	0.5	6.0			0.5	7.0

No.	DEPARTAMENTO O MAQUINA	R. N. %	VEL. U.P.H.	RECH %	INS. MIN.	T A R I F A S		
						VARIABLE	FIJA	TOTAL
020	Torno Revolver	13	67	1.0	180	12.61	12.17	24.78
021	Torno Revolver	13	67	1.0	180	12.61	12.17	24.78
022	Torno Revolver	13	67	1.0	180	12.61	12.17	24.78
037	Torno Automático	12	72	1.0	360	19.48	10.15	29.63
100	Taladro	13	67	0.9	20	15.00	7.10	22.10
110	Taladro	13	67	0.9	20	15.00	7.10	22.10
143	Machueladora Multiple	13	67	0.9	15 X 1	54.15	37.56	91.71
144	Machueladora	13	67	0.9	25	16.20	7.15	23.35
145	Machueladora	13	67	0.9	25	16.20	7.15	23.35
210	Fresadora	13	67	1.0	60	29.25	12.88	42.13
314	Sierra Circular	12	67	0.1	20	22.86	8.84	31.70
424	Rectificadora S/Centros	13	67	1.0	120	36.08	13.04	49.12
426	Rectificadora S/Centros	13	67	1.0	120	24.01	13.14	37.15
441	Roladora de Roscas	13	67	1.0	120	89.13	30.85	119.98
610	Prensa Excent. 5 T.	12	67	0.4	30	15.95	14.09	30.04
610-1	Prensa Excent. 5 T.	12	67	0.4	56	15.95	14.09	30.04
1	Prensa Excent. 22 T.	12	67	0.4	31	12.44	10.97	23.41
612	Prensa Excent. 45 T.	12	67	1.2	42	17.48	15.68	33.16
612-1	Prensa Excent. 45 T.	12	67	1.2	68	17.48	15.68	33.16
613	Prensa Excent. 120 T.	12	67	1.2	90	22.17	29.31	51.48
622	Prensa Hidraul 160 T.	12	67	1.2	110	77.75	76.22	153.97
633	Prensa Autom. 25 T.	18	72	1.2	140	17.44	12.87	30.31
637	Prensa Autom. 60 T.	10	72	1.2	144	23.81	31.71	55.52
2	Prensa Hidraul 100 T.	15	67	1.2	95	22.34	17.48	39.82
711	Punteadoras	8	67	1.1	30	23.37	7.13	30.50
732	Cizalla Chica	12	67	0.1	20	21.37	25.21	46.58
733	Cizalla Grande	12	67	0.1	20	30.04	36.57	66.61
786	Recortadora de Disco	10	67	1.2	60	50.87	102.50	153.37
741 PE	Prensa de Cortina	10	67	1.2	12	26.32	51.82	78.14
797 IR 1	Prensa de Inyección	13	67	2.0	180	17.08	16.04	33.12
610.02	Prensa Extrusión 5 T.	31	72	0.5	240	78.61	4.35	82.96
611.02	Prensa Extrusión 25 T.	31	72	0.5	240	103.71	24.36	128.07
612.02	Prensa Extrusión 25 T.	31	72	0.5	240	103.71	24.36	128.07
786.01	Cabeceadora	31	72	0.1	180	17.91	3.33	21.24
786.02	Cabeceadora	31	72	0.1	180	49.54	18.69	68.23
360	Partes Metálicas Hombre					58.19	11.57	69.76
362	Elcos Hombre					64.86	9.30	74.16
364	Tinas Lavadoras	13	78	5.0		102.45	24.94	127.39
370	Pintura	12	67		60	57.28	8.60	65.88
372	Pulido	12	67	0.5		72.34	19.82	92.16
374	Galvanoplastia	12	67	0.5		146.44	36.23	182.67
376	Circuito Impreso	14	67	1.0		88.12	28.51	116.63
360	Operaciones Manuales	26	67	0.2		58.19	11.57	69.76
362	Operaciones Manuales	26	67	0.2		64.86	9.30	74.16
						%	%	%
327	Compras					0.86	0.72	1.58
328	Almacén					8.87	3.11	11.98
329	Centrales Vallejo					1.42		1.42

MATERIALES USADOS EN PRODUCCION MECANICA

CLAVE	DESCRIPCION	NORMA	ESPECIFICACIONES		UNI DAD	PRO CED.	COSTO ESTANDAR	COSTO INDEX		
<u>ACERO MUELLE</u>										
0121 003 01004	CINTA BRILLANTE SUAVE	AN-N320	0.61	+ 0.076	35.7	+ 0.2	K	1	1,060.00	416.00
0121 003 01005	CINTA BRILLANTE SUAVE	AN-N320	0.61	+ 0.076	71.6	+ 0.2	K	1	1,060.00	
0121 003 01006	CINTA BRILLANTE SUAVE	AN-N320	0.61	+ 0.076	35.2	+ 0.2	K	1	1,060.00	416.00
0121 003 01007	CINTA BRILLANTE SUAVE	AN-N320	0.61	+ 0.076	47.6	+ 0.2	K	1	1,060.00	
0121 003 01008	CINTA BRILLANTE SUAVE	AN-N320	0.61	+ 0.076	53.7	+ 0.2	K	1	1,060.00	
<u>ACERO GALVANIZADO</u>										
0121 008 00001	HOJA BRILLANTE	NLN-N263	0.45	X 915 X 2440						
0121 008 00002	HOJA BRILLANTE	NLN-N263	0.76	X 915 X 2440			K	3	485.00	
0121 008 01002	HOJA BRILLANTE	LAN-N295	0.47	X 915 X 2440			K	3	782.00	
0121 008 01025	HOJA BRILLANTE	LAN-N295	1.59	X 915 X 2440			K	3	553.00	
<u>ALAMBRE REDONDO ACERO</u>										
0121 016 04001	ALAMBRE REDONDO	NLN-N100	2.80	- 0.1			K	3	1,020.00	748.00
0121 016 04002	ALAMBRE REDONDO	NLN-N100	1.60	- 0.1			K	3	1,020.00	748.00
<u>BARRAS ACERO</u>										
0121 018 00001	BARRA REDONDA BRILLANTE	NLN-N925	4.76	- 0.075 x 3000			K	3	771.00	1,133.50
0121 018 00004	BARRA REDONDA BRILLANTE	NLN-N925	9.53	- 0.036 x 3000						
0121 018 00007	BARRA REDONDA BRILLANTE	NLN-N925	25.4	- 0.052 x 3000			K	3	800.00	729.90
0121 018 00318	BARRA REDONDA BRILLANTE	NLN-N925	14.3	- 0.110 x 3000			K	3	1,050.00	878.90
0121 018 01002	BARRA CUADRADA BRILLANTE	NLN-N925	6.35	x 3000			K	3	1,690.00	
<u>BARRAS ACERO AL CROMO</u>										
0121 020 00036	BARRA REDONDA PULIDA	NLN-N219	12.7	+ 0.076 x 3000			K	3	3,560.00	
<u>BARRAS ACERO MEDIO CARBON</u>										
0121 021 00002	BARRA REDONDA BRILLANTE	NLN-N096	8.23	- 0.09 x 3000			K	3	1,040.00	
0121 021 00004	BARRA REDONDA BRILLANTE	NLN-N096	9.52	+ 0.20 x 3000			K	3	481.00	
0121 021 00005	BARRA REDONDA BRILLANTE	NLN-N096	0.08	- 0.05 x 3000			K	3	1,230.00	1,338.06
<u>ACERO INOXIDABLE AL CROMO NIQUEL 17/8</u>										
0121 033 01002	HOJA DE ACERO INOXIDABLE	NLN-N129	0.95	x 765 x 2440			K	3	3,710.00	3,380.00

CLAVE	DESCRIPCION	NORMA	ESPECIFICACIONES	UNIDAD	PROCED.	COSTO ESTANDAR	COSTO INDEX
ACERO INOXIDABLE AL CROMO NIQUEL 17/7							
0121 036 01002	CINTA BRILLANTE PARA MUELLE	NLN-N937	0.2 ± 0.02 14 ± 0.15	K	6	8,220.00	
0121 036 01003	CINTA BRILLANTE PARA MUELLE	NLN-N939	0.3 ± 0.2 14 ± 0.15	K	6	7,810.00	
0121 036 06004	HOJA BRILLANTE PARA MUELLE	NLN-N939	1.27 x 610 x 2440	K	1	4,080.00	
0121 036 06006	HOJA BRILLANTE PARA MUELLE	NLN-N939	0.91 x 915 x 2440	K	1	4,080.00	
ACERO DULCE							
0121 044 02001	ROLLO ACERO BRILLANTE	NLN-N146	0.61 x 915 x L	K	3	505.00	504.85
ACERO C.R. C.C.							
0121 056 01007	CINTA BRILLANTE	NLN-N290	1.21 x 216.3	K	6	547.24	
0121 056 01024	CINTA BRILLANTE	NLN-N290	0.76 x 73	K	6	544.29	
0121 056 01025	CINTA BRILLANTE	NLN-N290	0.61 x 93	K	6	577.95	
0121 056 01026	CINTA BRILLANTE	NLN-N290	1.21 x 15				
0121 056 03006	CINTA MATE	NLN-N290	0.76 x 79.3	K	6	546.13	
0121 056 03017	CINTA MATE	NLN-N290	0.76 x 915.0	K	3	489.00	497.01
0121 056 03019	CINTA MATE	NLN-N290	1.21 x 915.0	K	3	489.00	484.15
0121 056 03022	CINTA MATE	NLN-N290	1.90 x 915.0	K	3	489.00	484.15
0121 056 03032	CINTA MATE	NLN-N290	1.90 x 74.0	K	3	623.00	
0121 056 05048	HOJA MATE	NLN-N290	0.61 x 915 x 2440	K	3	511.00	549.53
0121 056 05049	HOJA MATE	NLN-N290	0.76 x 915 x 2440	K	3	511.00	
0121 056 05051	HOJA MATE	NLN-N290	0.91 x 915 x 2440	K	3	511.00	
0121 056 05052	HOJA MATE	NLN-N290	1.21 x 915 x 2440	K	3	511.00	507.76
0121 056 05053	HOJA MATE	NLN-N290	1.52 x 915 x 2440	K	3	511.00	
0121 056 05054	HOJA MATE	NLN-N290	1.90 x 915 x 2440	K	3	517.00	
ACERO C.R. C.E.E.P.							
0121 058 05048	HOJA MATE	NLN-N312	0.61 x 915 x 2440	K	3	529.00	534.48
0121 058 05049	HOJA MATE	NLN-N312	0.76 x 915 x 2440	K	3	529.00	578.50
0121 058 05051	HOJA MATE	NLN-N312	0.91 x 915 x 2440	K	3	529.00	525.86
0121 058 05052	HOJA MATE	NLN-N312	1.21 x 915 x 2440	K	3	529.00	525.86
0121 058 05053	HOJA MATE	NLN-N312	1.52 x 915 x 2440	K	3	529.00	555.00
0121 058 05054	HOJA MATE	NLN-N312	1.90 x 915 x 2440	K	3	529.00	525.86
0121 058 05055	HOJA MATE	NLN-N312	2.66 x 915 x 2440	K	3	529.00	525.86
0121 058 05056	HOJA MATE	NLN-N312	3.42 x 915 x 2440	K	3	529.00	525.86

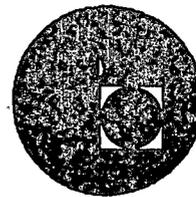
CLAVE	DESCRIPCION	NORMA	ESPECIFICACIONES	UNI DAD	PRO CED.	COSTO ESTANDAR	COSTO INDEX
<u>ESMALTES</u>							
1321 054 00025	ESMALTE EPOXY			L	3	3,210.00	3,595.83
1321 054 00026	ESMALTE EPOXY			L	3	3,880.00	3,640.00

CLAVE	DESCRIPCION	NORMA	ESPECIFICACIONES	UNIDAD	PROCED.	COSTO ESTANDAR	COSTO INDEX
<u>CINTAS BRONCE FOSFORADO</u>							
0321 061 02006	CINTA	NLN-R154	0.3 x 27	K	3	5,740.00	
0321 061 02008	CINTA	NLN-R154	0.4 x 14.8	K	3	6,960.00	
0321 061 02011	CINTA	NLN-R154	0.5 x 43	K	3	6,720.00	6,362.72
<u>CINTAS DE LATON PARA CAPERUZAS DE LAMPARAS</u>							
0321 133 00001	CINTA	VWN-R144	0.3 x 58	K	3	4,410.00	4,172.48
0321 133 00034	CINTA	VWN-R144	1.65 x 42	K	3	4,210.00	
<u>ALUMINIO 98.0</u>							
0421 001 00009	HOJA MATE	NLN-T136	1.52 x 762 x 2440	K	3	3,150.00	3,207.20
0421 001 00012	HOJA MATE	NLN-T136	2.0 x 915 x 2440	K	3	3,150.00	3,124.00
0421 001 00024	HOJA MATE	NLN-T136	1.65 x 650 x 2440	K	3	3,280.00	3,124.00
0421 001 04005	CINTA MATE	NLN-T136	0.89 x 103	K	3	3,490.00	3,110.02
<u>ALUMINIO Si Mg</u>							
0421 040 01002	HOJA MATE	NLN-T634	1.24 x 915 x 3050	K	3	3,430.00	
0421 040 01003	HOJA MATE	NLN-T634	0.89 x 915 x 2440	K	3	3,180.00	3,406.21
<u>CARTON FENOLICO AUTOEXTINGUIBLE</u>							
0813 115 04019	HOJA COBRIZADA		1.58 x 2440 x 2440	N	3	21,300.00	
<u>CARTON FENOLICO NO AUTOEXTINGUIBLE</u>							
0821 115 00004	HOJA COBRIZADA	NLN-K326	1.58 x 1220 x 3050	N	3	22,200.00	
<u>CARTONES PARA BOCINAS</u>							
1221 056 98007	HOJA DE CARTON	NLT-K124	5 x 1150 x 1600	K	3	813.00	
<u>LACAS</u>							
1321 051 00002	LACA ACRILICA			L	3	2,440.00	
1321 051 00006	LACA ACRILICA			L	3	2,440.00	2,288.00
<u>PINTURAS</u>							
1321 053 00005	PINTURA ACRILICA			L	3	4,300.00	4,480.00
1321 053 00025	PINTURA ACRILICA			L	3	4,300.00	

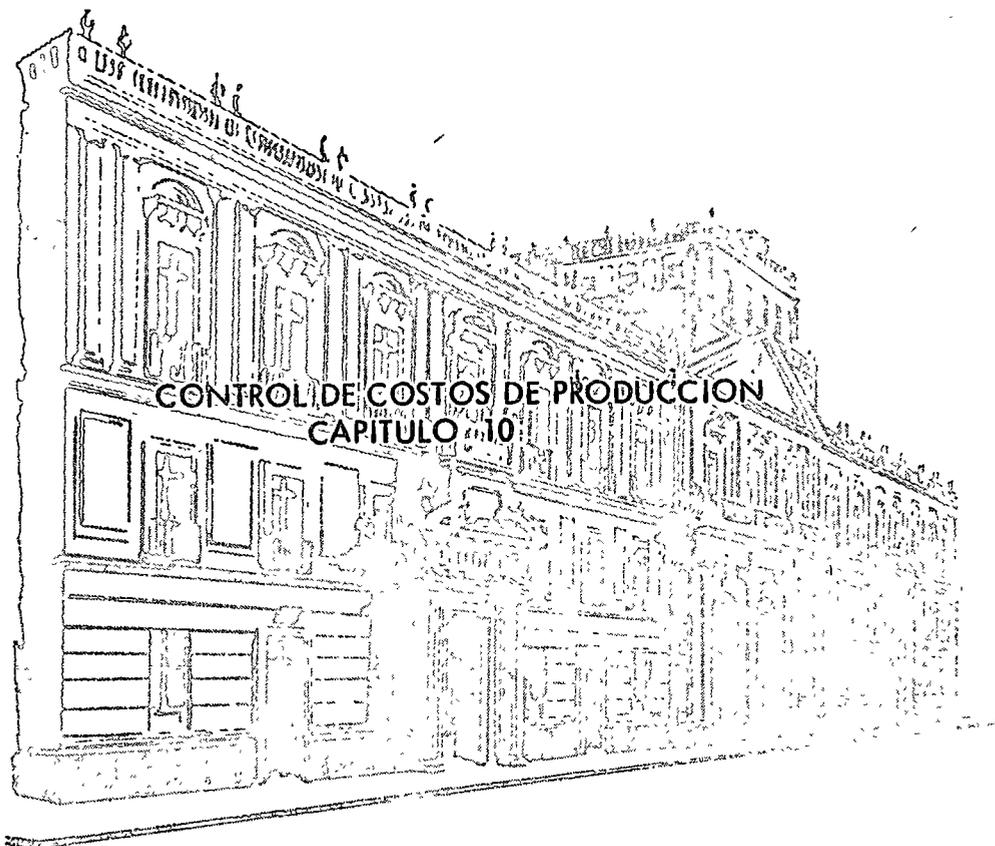
CLAVE	DESCRIPCION	NORMA	ESPECIFICACIONES	UNI DAD	PRO CED.	COSTO ESTANDAR	COSTO INDEX
<u>ACERO AL SILICIO</u> 0121 149 05087	ROLLO LAQUEADO	NLN-N343	0.476 x 915	K	1	914.00	
<u>ACERO BAJO CARBON</u> 0121 160 04003	ROLLO DE ACERO	SAE-1006	0.610 x 915	K	3	567.00	498.54
<u>BARRAS ACERO INOXIDABLE</u> 0121 167 01001	BARRA REDONDA BRILLANTE	A151-420	15.87 x 3000	K	3	3,560.00	
0121 167 01002	BARRA REDONDA BRILLANTE	A151-420	25.40 x 3000	K	3	3,620.00	3,239.60
<u>NIQUEL CROMA</u> 0221 025 00001	BARRA RECTANGULAR	NLN-N771	25.4 x 76.2 x 330				
0221 025 98001	BARRA ELIPTICA	NLN-N771	80 x 381				
<u>LATONES BARRAS</u> 0321 001 00004	BARRA REDONDA BRILLANTE SEMID.	NLN-R001	12.7 x 3000	K	3	3,830.00	
0321 001 00006	BARRA REDONDA BRILLANTE SEMID.	NLN-R001	25.4 x 3000	K	3	3,560.00	3,370.64
0321 001 00008	BARRA REDONDA BRILLANTE SEMID.	NLN-R001	2.108 x 2000	K	3	4,030.00	
0321 001 05001	BARRA EXAGONAL BRILLANTE SEMID.	NLN-R001	9.525 x 3000	K	3	2,450.00	3,511.04
<u>LATONES CINTAS</u> 0321 007 02001	CINTA BRILLANTE C.E.E.P.	NLN-R020	0.30 x 23.6	K	3	4,260.00	
0321 007 02003	CINTA BRILLANTE C.E.E.P.	NLN-R020	0.40 x 32.8	K	3	4,430.00	
0321 007 02004	CINTA BRILLANTE C.E.E.P.	NLN-R020	0.30 x 46.7	K	3	4,310.00	
0321 007 02005	CINTA BRILLANTE C.E.E.P.	NLN-R020	0.30 x 51.8	K	3	4,240.00	
0321 007 02008	CINTA BRILLANTE C.E.E.P.	NLN-R020	0.40 x 26.8	K	3	4,750.00	
0321 010 05003	CINTA BRILLANTE	NLN-R725	0.30 x 17.7	K	3	4,630.00	
0321 010 05007	CINTA BRILLANTE	NLN-R725	0.40 x 24.5	K	3	4,390.00	
0321 010 05008	CINTA BRILLANTE	NLN-R725	0.40 x 28.2	K	3	4,240.00	
<u>CINTAS COBRE</u> 0321 030 02106	CINTA	NLN-R131	1.19 x 6.35	K	3	5,230.00	4,946.34
0321 030 02109	CINTA	NLN-R131	0.50 x 41	K	3	5,150.00	4,877.60



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



ESTIMACION Y CONTROL DE COSTOS



Ing. Jorge Salazar Atondo

Septiembre, 1976

CONTROL DE COSTOS DE PRODUCCION

1.- INTRODUCCION.

El precálculo técnico, para la determinación de un costo estandar en Philips, fundamentalmente se estructura en tres partes:

- 1) Los Materiales son todas las materias primas que intervienen en forma directa en la fabricación de los productos.
- 2) Mano de Obra y Gastos, son todos los gastos que originan la mano de obra directa, las instalaciones y materiales auxiliares para los procesos de fabricación y los servicios de los departamentos relacionados directamente con la producción.
- 3) Agregados son todos los valores con que ha de recargarse el costo de fabricación de un producto, a fin de poder liberar mediante el costo estandar, ciertos gastos inevitables y/o imprevistos para el desarrollo de la producción.

- Gastos Específicos son los gastos inevitables para el desarrollo de la producción, tales como:

a) Asistencia Técnica

b) Gastos Iniciales Técnicos

- Gastos de desarrollo

- Gastos de Moldes y Troqueles

c) Gastos de Almacenaje

- Reservas, como su nombre lo indica, es crear mediante una parte del costo estandar, un fondo de reserva para cubrir algunos gastos por riesgos imprevistos e inmensurables como:

a) Gastos de Obsolescencia

b) Gastos por Riesgos Generales

2.- SISTEMA DE COSTOS ESTANDAR

- 1) Antecedente. La revolución industrial - 1770-1840 - trajo consigo profundos cambios; pero los sufridos en la segunda revolución industrial, a partir de 1900 hasta nuestros días, como consecuencia de la nueva tecnología, han sido de mayor trascendencia, tanto desde el punto de vista económico como del social. En efecto, al iniciarse este siglo, los métodos de producción sufrieron modificaciones substanciales; la maquinaria automática-

-se ha desarrollado a límites increíbles; la producción en masa ha inundado los mercados del mundo. La empresa industrial moderna es una unidad productora altamente especializada: sus edificios, equipos y maquinaria son ad hoc; los estándares y la estandarización regulan su producción técnica. La eficiencia, término técnico, toma cada día mayor importancia y se le trata de medir utilizando diversos métodos. El estándar es una medida de eficiencia que es introducida en los procedimientos contables con la finalidad de establecer una base de comparación entre lo que debe ser y lo que es. Los costos estándar, cuya función primordial es la de servir de instrumento de control y de medida de eficiencia de la producción primero y más tarde de la distribución, son consecuencia del desarrollo de los métodos de producción y de la necesidad de control administrativo para obtener los mejores resultados posibles, dentro de la sociedad industrial avanzada. Por esto se ha dicho que sus causas son de orden técnico y económico.

No fue sino hasta 1918 cuando el Contador Chester G. Harrison dio publicidad a sus investigaciones en el Engineering Magazine, en una serie de nueve artículos intitulados "Cost Accounting to Aid Production", que en 1921 tomaron la forma de libro. Harrison fué inspirado por las teorías del ingeniero Harrington Emerson (1908), quien propugnaba la predeterminación científica del costo, a la vez inspirado por el Ing. F. W. Taylor (1903) - cuyas investigaciones tuvieron una decidida influencia en los métodos para lograr el control de la producción. A Emerson se considera el precursor y a Harrison el realizador del método de los costos estándar, cuyo primer sistema fué instalado en 1912, en Norteamérica.

El método de los costos estándar ha sido utilizado por las grandes fábricas las que producen grandes volúmenes de artículos estandarizados, cuyos edificios, equipos, maquinaria, ofrecen las más amplias facilidades para desarrollar una producción eficiente que se encuentra en manos de técnicos y personal calificado, y que aún el que no lo está, queda sujeto a una cuidadosa preparación. Los "standards of performance" (estándares de ejecución), rigen en todas las manifestaciones internas de operación. Hombres y máquina son medidos por la pauta de la eficiencia, por medio del estándar de ejecución, como medida de control.

No cabe la menor duda de que los costos estimados fueron antecedentes de los costos estándar; pero estos últimos son una nueva concepción e interpretación del costo: los verdaderos costos son los costos estándar, los que pueden realizarse basados en patrones de eficiencia, en metas que se alcanzan eliminados los obstáculos que causan la ineficiencia. En consecuencia, el costo real no es el costo verdadero. Por tanto, los costos estándar constituyen un verdadero instrumento de control, pues al compararlos con las realidades, destacan las desviaciones. Así es como desempeñan una nueva función, la de instrumentos de medición de la eficiencia. Debe reconocerse que fueron los ingenieros industriales los que primero señalaron la naturaleza y el carácter de éstos, basándose en especificaciones técnicas que alcanzaban el rango de normas fijas en un tiempo determinado y para un volumen también determinado de producción.

La utilidad de los estándares nadie la discute; sin embargo, en cuanto a los métodos contables existe discrepancia en las opiniones. En un país como el nuestro que no reviste las características de una industria especializada y altamente eficiente, sería ilusorio tratar de introducir los métodos más complicados. Tenemos que iniciarnos en las prácticas más elementa

-les para que una vez perfeccionadas, podamos usar las más avanzadas que representan refinamientos de las anteriores.

2) Razones que justifican su implantación. Entre las razones esgrimidas para su instalación se señalan las siguientes:

- 1) Rapidez en la presentación de los informes, que se convierten, de datos simplemente históricos, en datos útiles para proyectar en el futuro.
- 2) Economía en su operación; una vez instalado el sistema de costos estándar, su manejo requiere menos personal, por lo que desde el punto de vista de las erogaciones significa una economía.
- 3) Localización de las ineficiencias; los costos estándar ponen de relieve las ineficiencias, permitiendo presentar al dirigente de la empresa las excepciones en forma analítica, de tal manera que pueda concentrar su atención sobre ellas para corregirlas y evitarlas.
- 4) Los costos estándar son aplicables dentro de cualquiera de los dos sistemas básicos para determinar el costo: el sistema de órdenes o el sistema de procesos, justificándose totalmente en este último procedimiento en vista de que el producto obtenido es uniforme o estandarizado.

Persiguen, además los siguientes objetivos:

- a) Son cálculos predeterminados para fijar los precios de venta.
- b) Son medidas de control de las operaciones.
- c) Sirven para determinar anticipadamente las probables utilidades que se van a obtener en relación con un determinado volumen de negocios.

Su instalación requiere un arduo trabajo de investigación, y una estrecha colaboración entre el técnico de la producción y el contador. Las bases fundamentales del sistema radican en las medidas técnicas de la unidad producida, calculadas a un nivel de producción determinado y valuadas en unidades monetarias, tomando en cuenta las condiciones del mercado.

3) Concepto del Costo Estándar. El término estándar ha sido sancionado por la costumbre. Se habla de medidas estándar y de la estandarización de las operaciones. Es un término popular el "estándar de vida"; es, además familiar en contabilidad. Por estas razones, y por ser internacionalmente conocido -su traducción, por otra parte, no daría una completa idea de su significado -preferimos no sustituirlo. A ninguna de las siguientes expresiones es equivalente: "costos normales", "costos promedios", "costos presupuestos" ó "costos eficientes".

El estándar, en su aceptación más simple, significa unidad de medida; puede ser valor, cantidad, calidad, etc. El litro, el kilo, son estándares. El estándar es un índice, es una medida que representa las posibilidades de un trabajo más efectivo que puede ser realizado con el costo mínimo, de acuerdo con normas de eficiencia.

La definición de los costos estándar varía considerablemente entre las autoridades de la materia; pero hay que advertir que dos puntos de común tienen todas ellas: se refieren a su predeterminación y a que sirven de base de comparación, lo que implica, a la vez, la idea de estabilidad o fijez relativa.

El costo estándar es la suma de precios, obtenida sobre la especificación técnica de un producto, atendiendo a las unidades básicas predeterminadas para el material, el trabajo y los gastos que entran en su producción. Las especificaciones técnicas son determinadas por una autoridad en la materia, o sea el técnico de la producción y representan las normas de cada uno de los factores del costo atendiendo a un determinado volumen de la producción.

Como una consecuencia de su definición, el estándar se calcula sobre la base del producto ya terminado o semiterminado; el material se calcula según detalle técnico del utilizado en las diversas operaciones, y los gastos de producción según cuota que le corresponda, basada en el presupuesto previo. El costo estándar, pues, debe ser, en última instancia, un costo unitario, predeterminado y relativamente fijo, de un producto.

4) Diversas clases de estándares: estándar circulante y estándar básico.

Entre las múltiples aceptaciones de los costos estándar, destacan dos, que son las útiles para nuestro estudio:

- 1) Como costo estándar circulante, que representan metas por alcanzar en las condiciones corrientes de la producción sobre bases de eficiencia.
- 2) Como costos estándar básicos, que representan medidas fijas y sirven únicamente como índices de comparación. En el primer caso se tiene una meta a la que se debe llegar; representa una predeterminación sobre bases corrientes en cuanto a cantidades y calidades, sujetas a rectificación cuando las condiciones hayan variado. En el segundo caso son medidas básicas tomadas como términos de comparación; representan una combinación de cantidades y calidades a un costo fijo. Los primeros cambian cuando hay variación en precios; los segundos por esta sola razón no se modifican, sino que permanecen fijos por largos periodos.

En esta última aceptación, es como los recomiendan los tratadistas, entre ellos Camman. Al costo circulante se le llama también estándar tipo o ideal; al estándar básico se le conoce también con el nombre de estándar medida.

3.- DIFERENCIA ENTRE COSTOS ESTANDAR Y ESTIMADOS

Generalmente se confunde la estimación con el estándar. Todo estándar es una estimación en el fondo, pero no toda estimación es un estándar. La diferencia principal se encuentra en los objetivos que persiguen: los costos estimados deben de ajustarse a los costos reales, mientras que los costos estándar representan medidas de eficiencia a las cuales deben de ajustarse los costos reales. Las variaciones, en el primer caso, modifican los costos estimados y por lo tanto deben rectificarse; en el segundo, las variaciones significan ineficiencias, errores, desperdicios; deben de investigarse y corregirse, los costos estándar se consideran como medidas básicas a las cuales hay que llegar y no deben de modificarse aun cuando los costos reales sean diferentes. Quienes utilizan los costos estándar lo hacen por razones de control y de eficiencia, puesto que los estándares se comparan con los costos reales y de esta comparación se determinan las variaciones que representan anomalías. En cambio, quienes utilizan los costos estimados, lo hacen por razones de economía, porque no pueden o no quieren establecer un sistema completo de costos. Tanto para los costos estándar como para los costos estimados, se utilizan los mismos procedimientos contables, porque su diferencia fundamental no se encuentra en la técnica contable, sino en sus finalidades.

Cuando los costos estándar no forman parte de los asientos, sino que se toman como base de comparación fuera de los libros de contabilidad, se dice que son costos estadísticos. Si por el contrario, dichos costos estándar son engranados en la contabilidad, se dice que son costos engranados y reciben también el nombre de costos contables. Los primeros tienen sus aplicaciones en un gran número de operaciones, experimentos o pruebas.

En cambio, los segundos se engranan a la contabilidad, sirven para fines de control, y desde el punto de vista contable, son los únicos que pueden reconocerse como medidas de comparación.

4.- RELACION DE LOS COSTOS ESTANDAR CON LOS PRESUPUESTOS.

Para instalar un sistema de costos estándar de manera integral, además de las especificaciones técnicas del producto, es necesario tener un control presupuestal sobre las ventas, la producción y las finanzas. Para esto, todos los factores que afectan la producción son predeterminados, mas como la producción depende del volumen de las ventas, es necesario también predeterminarlo; pero como esto implica un costo de financiación, se predeterminan los recursos financieros necesarios para desarrollar el programa de la producción sobre la base de contratos con los proveedores a un precio fijo anticipado al de las entregas de los materiales. Los estándares sirven, a la vez, de base para el cálculo de los presupuestos respectivos.

Todos los factores que tienen influencia sobre los estándares deben estudiarse cuidadosamente: las estadísticas anteriores sobre los costos de producción, las posibilidades futuras de desarrollo, las condiciones del mercado, los métodos de financiación, los métodos de venta, el equipo mecánico, las posibilidades de la producción, los sistemas de trabajo, la capacidad a la que va a trabajar la fábrica, etc. Entonces, se estará en condiciones de poder medir los resultados - por anticipado, estimando las utilidades probables que corresponden a un volumen de negocios determinado, con un costo dado.

5.- DETERMINACION DEL COSTO ESTANDAR DE LOS MATERIALES.

Los materiales, para su estandarización, básicamente se clasifican en dos grupos considerando su procedencia:

- a) Materiales que se reciben de terceros (compra locales)
- b) Materiales que se reciben de importación.

Terminología y definición de conceptos que participan para determinar el costo estándar, según su procedencia:

a) Procedencia terceros (compra locales)

- 1.- Precio proveedor.- Corresponde al precio del material que se conviene con el proveedor al colocar el pedido; y para efectos de precálculo, siempre se expresará en: pesos por ciento de unidades (Kg. Mto. Pza).
- 2.- Gastos de compras.- Se refiere a un recargo que debe aplicarse sobre el precio proveedor, mediante un porcentaje que será variable para cada año presupuestario. Este porcentaje representa una tarifa de presupuesto que indica, que por cada peso de compra en materiales, se hace necesario libe-

-rar un número X de centavos para cubrir los gastos que el Departamento de Compras origina, para su operación en el año presupuestario.

- 3.- Amortización de herramientas.- Es un valor que debe formar parte dentro del costo estándar, cuando para la obtención del material, nuestra empresa invierte en alguna herramienta especial (troquel y/o molde).
- 4.- Redondeo.- Consiste en adicionar o restar una cantidad determinada de pesos y/o centavos, a fin de cerrar el cálculo a tres cifras significativas. El resultado de dicho cálculo será el costo estándar que se habrá determinado.

b) Procedencia Importación

- 1.- Precio factura.- Es el precio del material que se conviene con el proveedor al colocar el pedido. Dicho precio viene expresado en la factura, en la moneda correspondiente al país de origen; para efectos de pre cálculo, siempre se convertirá este valor a pesos mexicanos por ciento de unidades.
- 2.- Fracción arancelaria.- Representa los derechos de importación que deben pagarse al gobierno, al peso y al valor; según especificación de la frac ción correspondiente al material en cuestión.
- 3.- Landing cost (gastos de transporte).- Corresponde a un importe promedio por concepto de gastos de transporte que debe aplicarse mediante un porcentaje al precio factura, para poder cubrir dichos gastos mediante el costo estándar.
- 4.- Redondeo.- Se aplica el mismo criterio de los casos anteriores.

6.- DETERMINACION DEL COSTO ESTANDAR DE MANO DE OBRA Y GASTOS

La estandarización de la mano de obra y gastos, se basa en dos factores:

- 1) Tarifa pesos ó departamental, que es una tarifa de presupuesto, variable para cada año presupuestario. Representa la distribución de gastos entre el número de horas directas, de donde la tarifa departamental indica la cantidad de gastos que representará para la empresa cada hora de trabajo que debe dedicarse a la producción. Para cada ejercicio presupuestario deben existir tantas tarifas departamentales como departamentos productivos se tengan. Estas tarifas siempre se expresarán en pesos por cien minutos.
- 2) Tarifa tiempo, que es un dato proporcionado por la sección de Eficiencia; y presenta la cantidad de minutos para procesar 100 piezas y que deberán de valorizarse mediante la tarifa departamental; para cubrir los gastos de los departamentos por donde avanza el producto en su proceso de fabricación. Para la determinación de la tarifa tiempo, participan los conceptos siguientes:
 - a) Tiempo estándar.- Son las unidades de trabajo para efectuar 100 operaciones y/o productos, en condiciones normales, como resultado del estudio de tiempos basado en el método convenido para desarrollar un trabajo terminado.
 - b) Velocidad esperada.- Es la eficiencia promedio arriba del normal, que se espera en cada uno de los departamentos productivos, basándose en el prin-

-cípio normativo de que cuando existe un sistema de remuneración a base de rendimiento, los tiempos de operación, en condiciones normales, serán abatidos por el incremento de eficiencia. Claro es que dicha eficiencia debe reflejarse en el tiempo que se ha de valorizar en el costo del producto. La velocidad esperada siempre se expresará en unidades por hora (U.P.H.)

- c) Tiempo de instalación.- Corresponde al tiempo que toma instalar o montar las herramientas necesarias en una máquina determinada para estar en condiciones de desarrollar la operación programada. El tiempo de instalación debe distribuirse entre el número de piezas a procesar como serie económica y deberá expresarse en: minutos para 100 piezas.
- d) Tiempo de auxiliares.- Corresponde al tiempo del personal auxiliar que presta sus servicios para un departamento y/o sección determinada, en trabajos improductivos pero necesarios para la continuidad de las actividades productivas; por lo tanto, este tiempo de auxiliares deberá distribuirse proporcionalmente en base a la disponibilidad de gentes por departamento, y a los productos y/o procesos en los cuales intervienen; debiendo expresarse en minutos para 100 piezas.
- e) Recargo o asignación normal.- Es una medida preventiva para compensar normativamente, el incumplimiento de lo convenido en los estándares de trabajo, al no aprovechar eficientemente el tiempo disponible para producir; ya que en la práctica se presentan deficiencias que originan impedimentos para lograr la eficiencia promedio esperada o precalculada. La asignación o recargo normal siempre se expresará mediante un porcentaje por departamento y/o sección, variable para cada año presupuestario.
- f) Tiempo de Rechazo.- Es el tiempo promedio que se utiliza para realizar un reproceso normal en cada uno de los departamentos y/o secciones, y que a fin de evitar pérdidas en mano de obra, se hace necesario considerar este tiempo, mediante un porcentaje previamente estudiado para cada año presupuestario y que será aplicado sobre el total del tiempo a valorizar para efectos de precálculo.

..- COSTO ESTANDAR DE GASTOS.

Los valores denominados agregados, para su estandarización, se clasifican en dos grupos:

- 1) Gastos específicos.- Estos gastos reciben el nombre de específicos debido a que son previstos, mensurables y presupuestados para un fin determinado.

Para su determinación se dividen en los conceptos siguientes:

- a) Asistencia Técnica.- Es un gasto que por concepto de asesoría técnica para nuestros productos y procesos de fabricación, se les paga a Holanda. En base a un porcentaje previamente estudiado por la dirección y aplicado al precio de venta al distribuidor del producto terminado, resulta un importe, que expresado para 100 aparatos, debe cubrirse en el costo estándar.
- b) Gastos Iniciales Técnicos.- Son gastos que se realizan antes de iniciar la fabricación de un nuevo producto, y los cuales, para su liberación y control, se dividen en:

-Gastos de Desarrollo.- Son los gastos que se generan al desarrollar todo proyecto de nuevos productos. Para cada proyecto debe existir un presupuesto de gastos de desarrollo, que al ser repartidos entre el número, de aparatos a producir, se obtiene una cuota por aparato que deberá cubrirse mediante el costo estándar.

-Gastos de Moldes y Troqueles.- Son gastos que se realizan para la adquisición de las herramientas necesarias para la fabricación de un producto determinado. Dichos gastos deben amortizarse en base a la producción total prevista o en la producción acumulada, más la producción planeada para los próximos 24 meses. El importe de amortización se expresará en pesos por 100 aparatos y será cubierto mediante el costo estándar del aparato.

c) Gastos de Almacenaje.- Corresponde a un recargo que debe aplicarse sobre el total de materiales de cada aparato terminado, mediante un porcentaje que será variable para cada año presupuestario. Este porcentaje representa una tarifa de presupuesto que indica que por cada peso de materiales que contengan los aparatos, se hace necesario liberar un número X de centavos para cubrir los gastos que la división de almacenes origina para su operación en el año presupuestario.

2) Reservas.- Las reservas, para su determinación, toman como base el resultado de controles estadísticos y políticas establecidas por la dirección. Para su aplicación y control, se dividen en dos conceptos:

a) La reserva para gastos de obsolescencia es para cubrir el importe de aquellos materiales que en un momento determinado, quedan sin movimiento en el almacén; es decir, obsoletos y que en cualquier forma deben ser eliminados. Esta reserva es creada mediante un porcentaje previamente estudiado y debe aplicarse sobre el total de materiales del aparato, incluyendo gastos de almacenaje.

b) La reserva para gastos por riesgos generales, es para cubrir todos los riesgos que puedan motivar un sobregasto; ya sea en materiales o en gastos de mano de obra, con relación a los estándares establecidos. Para este fin es necesario crear una reserva mediante un porcentaje previamente estudiado y que deberá aplicarse sobre el total de materiales y gastos de mano de obra del aparato terminado.

8.- TECNICA DE LOS COSTOS ESTANDAR

INTRODUCCION.

Para facilitar la explicación del llenado y mecánica de cálculo sobre los formatos. Primeramente se presenta un resumen que muestra el seguimiento analítico y de investigación que debe realizarse sobre el aparato, previamente al inicio de la valorización, a fin de establecer las bases para calcular el costo estándar.

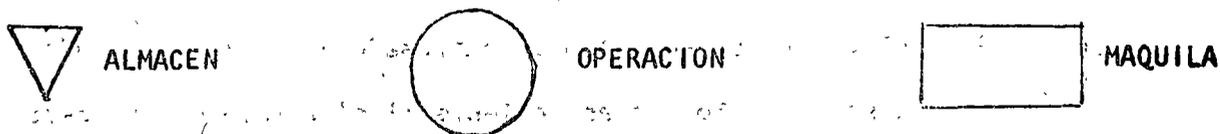
1) Para todo cálculo de costos, la principal fuente informativa, viene siendo la documentación técnica (lista de partes y dibujos) que emite el Departamento Técnico.

Partiendo de la documentación técnica del aparato, se empieza a examinar cada una de las posiciones de la lista principal para ir definiendo las -

procedencias de los materiales y los diferentes niveles de ensambles y sub-ensambles, que participan en la integración del aparato. Una vez realizado este primer análisis, se procede a elaborar el diagrama de flujo del aparato para efectos de precálculo.

2) Bases para elaborar el diagrama de flujo:

- a) Conocer los procesos internos de fabricación del aparato.
- b) Representar en el diagrama, la formación de los ensambles que menciona la lista principal del aparato.
- c) Utilizar la simbología siguiente:



- d) Cada vez que el producto entra o sale de un proceso o de un Departamento determinado, o ingresa al Almacén; debe indicarse en el diagrama, su descripción y clave correspondiente.
- e) También se hace necesario indicar en el diagrama, el nombre del Departamento donde se realiza la operación.
- f) En cuanto a maquilas, también es importante indicar en el diagrama, el nombre del proceso que realiza el proveedor.

3) Finalidad e importancia del diagrama de flujo.

Tiene como fin principal, establecer bajo una forma práctica y representativa, que el aparato sea valorizado correctamente en su totalidad de partes y/o componentes. Al mismo tiempo permite identificar, con qué clave y grado de proceso ingresan al Almacén algunos materiales durante su recorrido de procesamiento, dentro y fuera de la fábrica; este aspecto resulta interesante por la necesidad que representa para el Departamento de Administración, de conocer los costos estándar de los materiales semiprocesados que ingresan al Almacén, para efectos de coberturas y control de surtimientos. Ya que lo normal en este procedimiento es no determinar costos estándar para procesos parciales dentro de la fábrica, debido a que el objetivo, desde el punto de vista precálculo, es llegar a la determinación del costo estándar del aparato terminado. Pero queda como regla general, que a todo material semiprocesado que ingrese al Almacén, se le determine su costo estándar correspondiente. (Ver anexo No. 5 muestra un ejemplo de diagrama de flujo).

- 4) Una vez elaborado el diagrama de flujo, con el fin de obtener una mayor seguridad en cuanto a la veracidad de los procesos, es importante confirmarlos con los departamentos de Preparación y Producción; y en caso de duda en cuanto a la procedencia de algún material, habrá que aclararlo con la división de materiales. Quedando plenamente definido el diagrama, se procede a iniciar la valorización, empezando según el orden de la lista de partes.

Explicación de formatos que participan directamente para el precálculo.

FORMATO 1.- Tarjeta de control y estandarización de precios de materiales.

Esta tarjeta está impresa por ambos lados; el anverso contiene los datos para -

-llevar el control de los precios de compra en base a pedidos colocados. El anverso a su vez, está dividido en dos partes; la parte de la izquierda es exclusiva para estandarizar materiales de importación y la parte de la derecha, para estandarizar materiales locales (Terceros, incluyendo maquilas y producción mecánica).

El anexo No. 1, muestra esta tarjeta por ambos lados, con todos los conceptos numerados en el orden que se explica su funcionamiento, siguiendo la parte de la izquierda del anverso; veamos el llenado y cálculo de un material de importación:

- 1.- Se registra el nombre del material
- 2.- Se registra la clave del material en 12 NC
- 3.- Se registra el costo estándar expresado en \$/100 unidades
- 4.- Se registra el año correspondiente al ejercicio presupuestario
- 5.- Se registra la unidad de medida con que se compra el material (Pza. Kg.Mto.)
- 6 y 7.- Se registra el peso legal ó bruto, según lo especifique la fracción arancelaria, expresándose en Kgs./100 unidades.
- 8.- Se registra el precio oficial expresado en \$/100 unidades precio oficial = renglón 6 ó 7 x renglón 9 = \$/100 Kgs.
- 9.- Se registra el precio oficial por Kg. indicado por la fracción; subrayando KL ó KB, según sea el caso.
- 10.- Se registra el número de la fracción arancelaria correspondiente al material
- 11.- Se registra el precio factura expresado en dólares/100 unidades.
- 12.- Se registra el precio factura expresado en pesos/100 unidades
- 13.- Se registra la tarifa por derechos al pesos que indica la fracción expresándose en \$/por Kg.
- 14.- Se registra el importe por derechos al peso, correspondiente a 100 kgs. del material.

Derechos al peso = renglón 6 ó 7 x renglón 13 = \$/100 kgs.
- 15.- Se registra la tarifa por derechos al valor que indica la fracción, expresándose mediante un porcentaje.
- 16.- Se registra el importe por derechos al valor, correspondiente al importe de 100 unidades.

Derechos al valor = renglón 15 x la cantidad mayor entre los renglones 11 y 8 = \$/100 unidades
- 17.- Se registra el importe correspondiente al 3% sobre la suma de los importes de derechos al peso y al valor

3% adicional = 0.03 x la de los renglones 14 y 16 = \$/100 unidades.

18.- Se registra el porcentaje correspondiente a gastos de transporte (landing cost); dicho porcentaje puede ser variable para cada año presupuestario, pero siempre se aplicará sobre el precio factura del material.

19.- Se registra el importe de gastos de transporte correspondiente a 100 unidades.

Gastos de transporte = renglón 18 x renglón 12 = \$/100 unidades.

20.- Se registra la cantidad determinada en \pm para cerrar el cálculo a tres cifras significativas.

21.- Se registra el importe de la suma de los conceptos que han participado en cálculo del costo estándar, incluyendo el redondeo.

Costo estándar = de los renglones 12, 14, 16, 17, 19 y 20

22.- Este renglón se utiliza, cuando antes de generarse la importación del material en cuestión; se había estandarizado como compra local, entonces la diferencia existente en ambos estándares, debe registrarse en este renglón, para que el estándar de importación coincida con el estándar local; ya que los estándares que se asignan y se publican para el nuevo ejercicio, son fijos para todo el año presupuestario; la diferencia existente habrá de manejarse en la cuenta de diferencia en precios.

23.- Se registra el importe del costo estándar ajustado, o el importe del costo estándar real calculado, según sea el caso.

Costo estándar ajustado = renglón 21 \pm renglón 22 = \$/100 unidades

Costo estándar real = al importe del renglón 21 = \$/100 unidades

24.- Se registra la fecha de elaboración del cálculo y la firma de la persona que lo realizó.

Otras consideraciones que deben tenerse presentes para algunos casos:

1.- Existen materiales, que la fracción que les corresponde, hace referencia mediante un asterisco o un número, encerrados en un paréntesis junto al código de la fracción; indicando que dicha fracción causa una cuota de un X% adicional sobre el valor de la mercancía.

En este caso, el porcentaje adicional debe sumarse al porcentaje de derechos al valor, antes de su aplicación correspondiente.

2.- Existen materiales, en que el proveedor conviene enviar el material por F.O.B. (libre a bordo); es decir, sin considerar en su precio, los gastos de flete y seguro, del país de origen al puerto o frontera nacional. En este caso debe considerarse este gasto; adicionando un 6% sobre el precio factura, debiendo registrarse en la tarjeta, utilizando los renglones en blanco en seguida del renglón de landing cost.

Siguiendo ahora la parte de la derecha del anverso del mismo formato No. 1, véase el llenado y cálculo de materiales locales:

- 6.- Se registra la fecha de elaboración del cálculo.
- 7.- Se registra la clave del material que se envía al proveedor para efectos de maquila.
- 8.- Se registra el costo estándar del material que sale a maquila.
- 9.- Se registra el porcentaje de rechazo, previamente estudiado, que ha de aplicarse sobre el costo del material que sale a maquila.
- 10.- Se registra el importe por concepto de rechazo.

Rechazado = renglón 8 x renglón 9 = \$/100 unidades

- 11.- Se registra el precio de compra del material que servirá de base para el costo estándar, expresado en \$/100 unidades. El precio de compra que se se registra debe ser el más consistente de los pedidos que se tengan registrados en el reverso de la tarjeta, tomando en cuenta los aspectos siguientes:

- a) Volúmen de compra (cantidad por cada pedido)
- b) La tendencia del precio con relación al volúmen de compra
- c) Cumplimiento en las entregas y calidad por parte del proveedor (El Departamento de Compras puede auxiliar en este aspecto)

- 12.- Se registra el precio de lo que cobra el proveedor por la maquila, expresado en \$/100 unidades; aplicando el mismo criterio del punto anterior.
- 13.- Se registra el porcentaje de gastos de compras del año presupuestario correspondiente.
- 14.- Se registra el importe por concepto de gastos de compras, expresado en \$/100 unidades.

Gastos de compras = renglón 11 ó 12, según sea el caso, x renglón 13 = \$/100 unidades

- 15.- Se registra el número 3 QMA de la herramienta, troquel y/o molde, cuando nuestra empresa la proporciona para la obtención del material
- 16.- Se registra el valor de amortización, expresado en \$/100 Pzs.

Amortización =
$$\frac{\text{costo de adquisición de la herramienta}}{\text{serie total a producir} \div \text{producción acumulada + producción de los próximos 24 meses} \div \text{la vida técnica de la herramienta expresada en número de golpes.}} \times 100 = \$/100 \text{ Pzs.}$$

Las tres alternativas del denominador, son aplicables, debiendo tomarse la que presenta mayor grado de confiabilidad. El cálculo de amortización debe realizarse en la hoja de control de la herramienta, que forma parte del archivo auxiliar de la sección de precálculo.

17.- Se registra la cantidad determinada en \pm para cerrar el cálculo a tres cifras significativas, ó una cantidad determinada para ajustar el cálculo actual al valor del costo estándar. Inicialmente realizado como compra de importación; o sea, el caso contrario a lo explicado en el punto 22 de la hoja 11

18.- Se registra el importe del costo estándar expresado en \$/100 unidades.

Costo estándar = de los renglones 11,14,16,17 ó
de los renglones 8, 9,12,14,16 y 17, según sea el caso.

19.- Firma de la persona que realizó el cálculo.

Pasando al reverso del formato 1; véase el llenado correspondiente:

1.- Se registra la letra inicial de pedido, factura o suplemento, según sea el caso.

PEDIDO.- Corresponde al documento para establecer la compra de materiales locales.

FACTURA.- Corresponde al documento para establecer la compra de materiales de importación.

SUPLEMENTO.- Corresponde a una alteración sobre un pedido o factura determinada.

2.- Se registra el número de folio del pedido, factura o suplemento, según el caso.

3.- Se registra la fecha de colocación del pedido.

4.- Se registra el nombre ó razón social del proveedor.

5.- Se registra la cantidad pedida

6.- Se registra el precio proveedor ó factura, expresado en \$/100 unidades

7.- Se registra cualquier duda ó anomalía en la información registrada.

FORMATO 2.- Tirillas para valorizar materiales sobre lista de partes:

Esta tirilla únicamente contiene los conceptos complementarios para poder valorizar los materiales sobre las propias listas de partes.

Para toda lista de Partes que intervenga en la integración del aparato, deberá tener anexa su tirilla, para su valorización correspondiente.

Es muy importante respetar el orden de las posiciones de la lista principal, al iniciar la valorización, ya que algunas posiciones corresponden a ensambles, éstos no deben valorizarse; pues existe otra lista de partes que ampara los materiales de dicho ensamble, y si a su vez, éste ensamble refiere un subensamble, éste tampoco se valoriza, debiendo -- hacerlo en su lista de partes correspondiente, y así sucesivamente hasta agotar todas las subdivisiones que integran cada ensamble de la lista principal del aparato; debiendo valorizar primeramente, los materiales de las listas de partes de menor a mayor nivel, evitando así una posible duplicidad. Para mayor seguridad deberá utilizarse el diagrama de flujo.

El anexo No. 2, muestra esta tirilla con sus conceptos numerados en el orden que se explica su funcionamiento.

- 1.- Se registra la procedencia del material
- 2.- Se registra el costo estándar del material por 100 unidades
- 3.- Se registra el importe total de material, en base al consumo que especifica la lista de partes.

Importe total = costo estándar X consumo

- 4.- Se registra la suma de los importes de todas las posiciones que han sido valorizadas.

NOTA: En toda lista de partes, las psociones que correspondan a materiales auxiliares, deberán subrayarse con una línea roja, la que indicará que no van a costearse.

FORMATO 3 .- Hoja resumen de precálculo técnico para costo estándar interno. Este formato está diseñado para dos usos, a saber:

- a) Debe ser usado para la determinación del costo estándar interno, de aquellas partes y/o ensambles de fabricación interna, que para su control y necesidades del proceso siguiente, ingresan al almacén. Por lo tanto, deben valorizarse los materiales y la mano de obra y gastos, correspondientes al ingresar al almacén. El diagrama de flujo del aparato, indica cuántos costos, bajo este principio, deben elaborarse.

Existirán casos, que para la determinación del costo estándar interno de una pieza determinada, utilizando este formato, sea necesario calcular el consumo de materia prima correspondiente; dicho cálculo deberá desarrollarse sobre el dibujo de la pieza en cuestión; pues en estos casos, el dibujo viene siendo el documento - equivalente a la lista de partes para valorizar los materiales.

- b) Principalmente será utilizado para realizar el resumen que determina el costo estándar interno del aparato completo: es decir, la valorización acumula de materiales y mano de obra y gastos, del total de partes y/o componentes que integran el aparato. En el mismo orden que lo especifican, tanto la lista de partes principal como el diagrama de flujo correspondiente, todos los renglones del resumen representan un ensamble determinado, ó uno ó más subensambles que acumulándose integran un ensamble completo. Por lo que es muy importante indicar en el resumen, qué posiciones ó renglo--

-nes del mismo, previamente acumulado en todos sus conceptos, deben ser sumados verticalmente para determinar el valor del acumulado total del aparato; y que posteriormente, estos valores sumados horizontalmente, incluyendo un redondeo, determinan el costo estándar interno del aparato completo.

El anexo No. 3 .- Muestra esta hora resumen con todos sus conceptos numerados en el orden que se explica su funcionamiento:

- 1.- Se registra la fecha de elaboración del cálculo
- 2.- Se registra la descripción del producto ó aparato a calcular
- 3.- Se registra la clave en 12 NC del producto ó aparato.
- 4.- Se registra el año presupuestario correspondiente
- 5.- Se registra la referencia, ya sea numérica ó literal de los renglones o posiciones que han de sumarse para totalizar el cálculo del aparato.
- 6.- Se registra la clave y descripción del ensamble o subensamble, al cual corresponden los valores del renglón respectivo.
- 7.- Se registra la referencia (Ver lista de Partes y/o dibujos), que será el documento que ampara el valor de los materiales correspondientes a la clave del ensamble o subensamble en cuestión.
- 8.- Se registra el importe total de materiales, que ampara el dibujo y/o lista de partes del ensamble o subensamble que menciona el punto 7 y 6
- 9.- Se registra el importe de materiales del punto 8, si es que no -- existe un acumulado anterior; porque de ser así, deberán sumarse ambos importes y registrar un nuevo total de materiales.
- 10.- Se registra el porcentaje previamente estudiado, que ampara el rechazo promedio en materiales, que debe cubrirse en el costo estándar.
- 11.- Se registra el importe correspondiente al rechazo, expresado en \$/ 100 Pzs.
- 12.- Se registra el total de materiales acumulados; ó sea la suma del total de materiales más el rechazo; ó la suma del acumulado anterior, más el total material correspondiente, más el importe de rechazo; - según el caso.
- 13.- Se registra la tarifa departamental correspondiente al proceso a - valorizar.
- 14.- Se registra la tarifa tiempo; o sea, el tiempo total del proceso - en cuestión, para efectos del precálculo.
- 15.- Se registra el tiempo del punto 14, ó la suma de éste con el acumulado anterior, en caso de que exista.

- 16.- Se registra el porcentaje, previamente estudiado, que cubre el tiempo promedio de rechazo que se origina en el proceso ó centro de costo correspondiente.
- 17.- Se registra el tiempo equivalente por concepto de rechazo, expresado en min/100 Pz.
- 18.- Se registra el total de tiempo a valorizar, más el tiempo de rechazo; ó la suma del tiempo acumulado anterior, más el tiempo total del proceso correspondiente, más el tiempo de rechazo; según el caso.
- 19,20 y 21.- Se registran los importes correspondientes a cada concepto de tiempo, haciendo la valorización en forma individual, por la diferencia en tarifa departamental, que pudiera existir de un acumulado anterior, con respecto al proceso siguiente acumulable.
- 22.- Se registra el importe total acumulado; o sea, la suma de los puntos 19,20 y 21; o bien, la suma de 20 y 21, según el caso.
- 23.- Se registra el número, según código 3 QMA de la herramienta participante en el proceso, del producto en cuestión.
- 24.- Se registra el importe de amortización correspondiente, expresándose en \$/100 Pzs. El cálculo de amortización debe desarrollarse en la misma forma que se explicó en el punto 16 de la hoja 12
- 25.- Se registra la cantidad determinada en pesos y/o centavos para cerrar el cálculo a tres cifras significativas; debiendo hacerse exclusivamente para partes o ensambles que ingresan al Almacén.
- 26.- Se registra el costo estándar interno expresado en \$/100 Pzs., siempre y cuando el producto sea ingresado al Almacén. De no ser así, el renglón deberá quedar en blanco
- 27.- Se registra la indicación de las referencias para totalizar el resumen del cálculo, en base a lo explicado en el punto 5 de la hoja
- 28.- Se procede a totalizar cada uno de los conceptos, en forma vertical, de los renglones o posiciones que indica la referencia del punto 27
- 29.- Se registra el costo estándar interno del aparato completo. Se obtiene sumando horizontalmente, todos los valores de acumulado incluyendo un redondeo.
- 30.- Firma de la persona que realizó el cálculo
- 31.- Se registra el número progresivo y la referencia del total de hojas ocupadas para el cálculo final del aparato.

FORMATO No. 4 .- Hoja de Costo Estándar ó SSP

Esta hoja solamente debe ser utilizada para determinar el costo estándar de aparatos terminados, que se entregan a la división comercial, y/o componentes para venta a terceros; pues básicamente contiene los conceptos correspondientes a la tercera parte del costo estándar, o sea los agregados. Tiene capacidad para efectuar tres cálculos, que puedan ser tres años presupuestarios ó en la misma hoja tener el costo de

-indicación y/u/orientación (es) de algún aparato en desarrollo.

El anexo No. 4, muestra esta hoja con sus conceptos numerados y literalmente, la mecánica de cálculo; en el orden que se explica su funcionamiento.

- 1.- Se registra el costo estándar expresado en \$/100 Pzs.
- 2.- Se registra el año presupuestario correspondiente
- 3.- Se registra la clave del producto y/o aparato
- 4.- Se registra el nombre del producto y/o aparato
- 5.- Corresponde a la clasificación de los materiales, que en base a su procedencia, se acumulan durante el proceso de valorización del aparato, presentándolos en este formato, a manera de resumen, registrando el importe correspondiente a cada concepto como lo indican A, B, C y D y que al sumarlos se obtiene el importe total de materiales, registrándose en el renglón E.
- 6.- Se registra la base de aplicación para cubrir el rechazo correspondiente al total de materiales; pues debido a la naturaleza de los materiales y/o procesos, ésta resulta diferente. Por ejemplo la división de Audio Video, aplica el rechazo por grupo de materiales y la división de Aparatos Domésticos, lo hace en base a los procesos, o sea, por centro de costo. En el renglón F. se registra el importe de rechazo correspondiente, expresándose en \$/100 Pzs. En el Renglón G. se registra el total de materiales incluyendo rechazo.
- 7.- Se registra el porcentaje correspondiente para cubrir los gastos de almacenaje, aplicándose sobre el valor de G, registrándose el importe correspondiente en el renglón H, en \$/100 Pzs.
- 8.- Se registra el porcentaje correspondiente para crear la reserva para gastos de obsolescencia, aplicándose sobre el valor de G, y registrándose el importe correspondiente en el renglón I.

En el renglón J, se registra el total de $G + H + I$.
- 9.- Se registra el tiempo incluyendo rechazo (min/100) a valorizar, correspondiente al ensamble final del aparato; y la tarifa departamental -- (\$/100 min), registrando el importe correspondiente en el renglón K. - Al mismo tiempo se registra el balanceo básico, indicando la producción (productos/día) y el número de gentes correspondiente a dicha línea.

En el renglón L se registra el total de $J + K$
- 10.- Se registra el porcentaje correspondiente para crear la reserva de -- riesgos generales, aplicándose sobre el total de L, y registrándose dicho importe en el renglón M.
- 11.- Se registra el número del proyecto de gastos iniciales técnicos, a su vez se indica la ecuación que determina el importe a cargar por aparato; expresándose en \$/100 Pzs., en el renglón N.

En el renglón O se registra el total de $L + M + N$.

- 12.- Se registra el porcentaje y el precio de venta correspondiente, para determinar el cargo de asistencia técnica, expresándose en \$/100 Pzs. en el renglón P.
- Asistencia técnica = $X\% \times \text{precio de venta} \times 100 = S/100 \text{ Pzs.}$
- 13.- Se registra mediante el renglón Q, el subtotal del cálculo, para poder establecer la cantidad en \pm necesaria para cerrar el cálculo de costo estándar, a tres cifras significativas ó para aplicar un X porcentaje como margen de seguridad, por imprevistos, cuando el costo es de indicación u orientación.
- 14.- Este concepto se utiliza solamente para costos de indicación y orientación, registrando el porcentaje y símbolo correspondiente para cubrir algunos imprevistos, en base al criterio siguiente:
- a) Costo de indicación, se aplica 5% (1)
 - b) Costo de orientación 1, se aplica 3% (1)
 - c) Costo de orientación 2, se aplica 2% (2)
 - d) Costo estándar, no se aplica (E)
- Expresando dicho importe en S/100 Pzs. en el renglón
- 15.- Aplicando el criterio del redondeo, en el renglón R, se registra la cantidad en \pm necesaria
- 16.- Se registra el símbolo del tipo de costo correspondiente, totalizando el cálculo en el renglón S. Se expresa en S/100 Pzs. el costo total.
- 17.- Se registra el día, el mes y el año de elaboración del cálculo.

3.- DESVIACION DEL ESTANDAR.

Análisi del Costo Estándar

- Cifras índice

Llevar los costos estandar "fijos" hasta el valor reposición.

Analizar la diferencia entre costo estandar - (preci code) y valor de reposición en todos los elementos, señalando la causa de cada uno.

- Cifras de interés integral

Facilitar la rentabilidad que debe expresarse como un porcentaje del capital invertido.

Fijar la velocidad de retorno del capital (turnover) por grupo de artículos.

- Cifras de valor agregado

Valor añadido = costo estándar menos el valor de todos los artículos comprados.

- Valor añadido integral

Necesario para colocar los gastos generales de investigación por grupo de artículo por división de producto, por país.

- Valor añadido por división de producto

Tener una visión profunda de la distribución de gastos y de la afluencia de mercancías entre las divisiones de producto.

trasladar un programa de producción total dentro de las exigencias de capacidad por división de producto. Es posible señalar los "cuellos de botella" por adelantado por medio de las cifras producidas.

Expresar beneficio como porcentajes

Precio Total	100	Precio bruto o precio de lista
Descuento 30	<u>30</u>	
Retorno neto	70	Ventas netas
Gastos com. y prod.	<u>63</u>	menos intereses
Resultado	7	10% de retorno neto
Capital invertido	35	20% el capital invertido

Hay dos relaciones

$$\frac{\text{Resultados}}{\text{Turnover neto}} \times \frac{\text{Turnover neto}}{\text{capital}} = \frac{\text{Resultados}}{\text{capital}} \quad (\text{rentabilidad})$$

$$\text{Velocidad de turnover} = \frac{\text{Turnover neto}}{\text{capital}}$$

Calculo de

eliminación de los beneficios y/o pérdidas calculadas, del costo estándar.

situar los precios de costo estándar de artículos en países extranjeros el nivel del Concern (sino ha sido hecho ya en el mismo país).

Comparación Internacional de los precios de costos

Cálculo país A

(cambio 100 P's = R.l.-

Material

2 Kg a 400 P. Kg. 8.

Salarios y Gastos

3 horas a 1000 P/hora 30.

Costo estándar 38.

Cálculo país B

Cambio 10 Q's = R.l.-

1-1/2 Kg. a 30 Q's / Kg 4.50

2 Horas a 80 Q's/hora 16.

20.50

La diferencia del análisis de costo dá = R 17.50

Cálculo provisional (Ej) cantidades del país B contra nivel de precio del país A.

Material

1-1/2 Kg. a 400 P's/Kg. 6

Salarios y Gastos

2 Horas a 1000 P's/hora 20

Total Precio 26

Análisis de las causas de la diferencia del precio:

Material

Diferencia en nivel precio - 1.50

Diferencia en eficiencia - 2.00

Salarios y Gastos

Diferencia en nivel precio - 4.00

Diferencia en eficiencia - 10.00

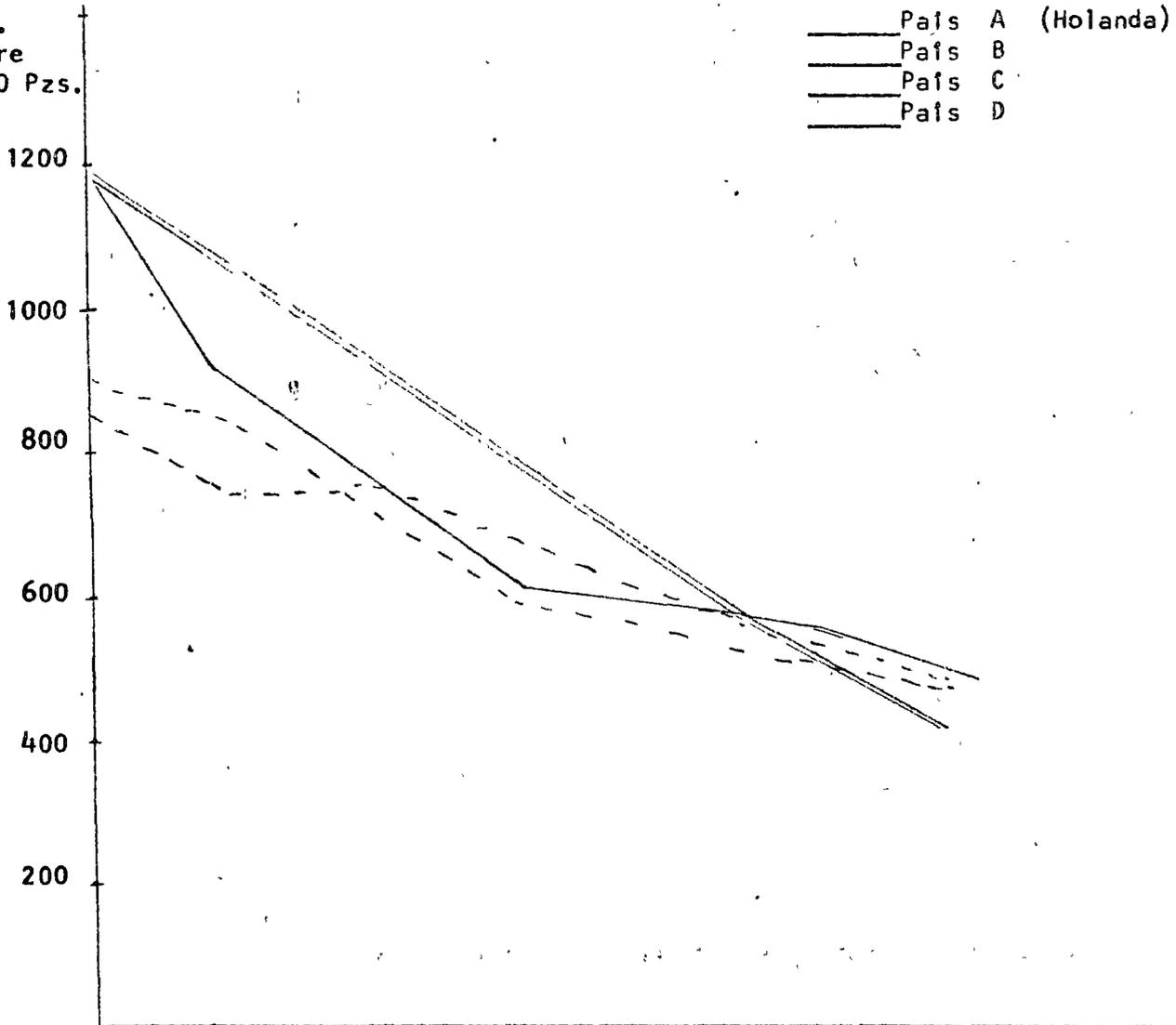
Total diferencia 17.50

-El cálculo "provisional" dá un precio estándar, que puede ser alcanzado probablemente por el país X

-Las diferencias en eficiencia pueden ser analizadas en detalle (elementos)

Movimiento de los minutos / hombre totales de un producto a través de los años

Mins.
Hombre
X 100 Pzs.

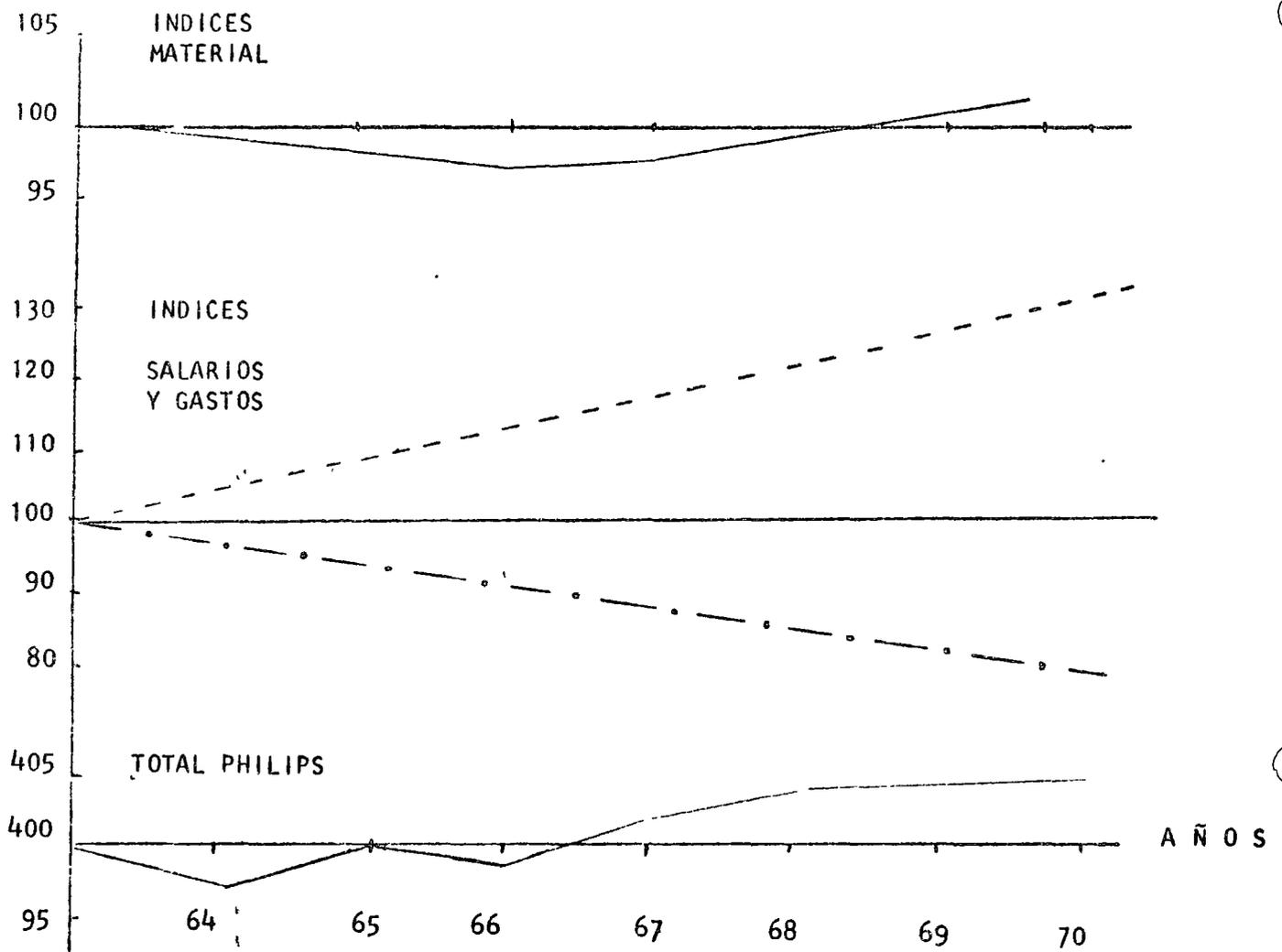


Método Seleccionado

del análisis detallado se deduce un método de producción ideal utilizando el tiempo más reducido que se halla por operación.

cada día puede comparar su propia eficiencia con este modelo de comparación internacional y así saber, qué país se logró el mejor tiempo para cada operación

Desarrollo de los precios de costo por gráficas índices (1.5.1960=100)



Todas las graficas están expresadas en porcentajes sobre el costo estándar

POST - CALCULO

OBJETIVO:

Dar información a la Dirección acerca de la situación de la empresa con respecto a lo planeado y analizar las diferencias, a fin de que puedan introducirse correcciones o puedan establecerse nuevos planes.

- Comparación entre los gastos reales y los costos estándar
- Análisis de las diferencias establecidas con objeto de evitar pérdidas futuras.

RESUMEN ESQUEMATICO

I Diferencias de eficiencia

Cantidad real de materiales u horas reales x costo estándar unitario

Cantidad estándar de materiales u horas x costo estándar unitario

II Diferencias de precio

Gastos fabricación real (Horas reales x precio real

Horas reales x costo estándar unitario

III Diferencias de ocupación

1/12 de costos fijos presupos

Horas reales x tarifa estándar de costos fijos

IV Diferencias incidentales y variosAd. I Diferencias de eficiencia

- Una comparación en costos estándar entre la cantidad de materiales real, horas de obrario y máquina y las cantidades justificadas por las entregas del departamento al almacén.
- Se hace una división por medio del "Abono parcial" a los materiales, costos generales de material, costos de fabricación, desechos, costos de pedido, recargos y costos iniciales.

Así es posible:

Localizar las diferencias
Saber donde es necesaria la corrección
Poder prevenir mayores diferencias

Si el abono parcial no se considera apropiado o económico para este fin, tiene lugar el post-cálculo a base de investigación incidental. Un ejemplo, es el sistema de "número de orden", por el cual la realidad no compara con el pre-cálculo por orden o sub-orden.

Este método se aplica a menudo en el sector profesional.

Ad. II Diferencias de precios

-Una comparación entre los gastos actuales y las horas reales de nombre y máquina valuadas a tarifa estándar. Aquí viene incluido la variación de tarifa de mano de obra; la diferencia entre el importe real pagado y la tarifa estándar x horas reales trabajadas.

-Las diferencias entre lo pagado real y los precios de material estándar se anotan antes en una cuenta de diferencia de precios de materiales

Todas las diferencias de precio se transfieren a través de un índice

Las diferencias de precio, causadas por influencias externas, generalmente no pueden ser influenciadas por la dirección departamental.

Ad. III Diferencias de ocupación

-Una comparación entre las horas reales trabajadas y las horas de la C.D.R.A.

Esta diferencia se establece sobre la base de una 1/12 parte de los costos fijos presupuestados.

-El recargo por sub-ocupación (18%) puede compensar la sub-ocupación de cos tos fijos.

El resto se transfiere anualmente a una cuenta central. En la asignación de beneficio una parte de este saldo se reserva para riesgos futuros.

-A menudo el resultado de ocupación no puede ser influenciado directamente por dirección departamental.

Ad. IV Diferencias incidentales y varios

Resultados incidentales:

-Diferencias relacionadas con ingresos o gastos que no son previsibles.

Diferencias por varios

-Pérdidas causadas por inversiones no rentables, etc.

Ejemplos y ejercicios, ver TEO 230,26,01/26 pág. 29 hasta 33 inclusive, ejer. pág. 34. y 35

Señalamiento Industrial

Objetivo

Que cada nivel de la jerarquía, desde la alta dirección al trabajador direc to, pueda con la rapidez y frecuencia apropiada y disponer a una presenta ción inteligible de aquellos datos que son importantes a aquel nivel.

Puntos claves:

-Informar a una persona, sólo de los datos que él pueda influir directamente.

-Si hay muchos datos, señalar aquellos puntos en que se desea una acción.

-Es preferible rapidez a perfección

-Se utiliza la información en la práctica

El señalamiento industrial puede referirse a:

-Cantidades producidas

-Uso de materiales, rechazo, desechos

-Datos de existencia

-Horas mano de obra

- . Horas de espera
- . Horas sin tarifa
- . Horas con impedimento
- . Rendimiento, etc.

-Horas máquina:

- . Horas de espera
- . Reparación y mantenimiento
- . Pruebas
- . Rendimiento técnico
- . Ocupación

-Personal indirecto

-Flujo de materiales (rotación)

-Calidad

Ver TEO 230.26.01/26 pag. 36 y 37

Revisión de costos

Las normas anticipadas para el próximo año de presupuesto se acoplan al nuevo nivel de costo

-Series

-Materiales

-Método y tiempo de fabricación

-Herramientas ó útiles

-Rechazo

-Factor de recargo normal

-Costos iniciales

Métodos posibles

1.- La revisión de costo detallada integralmente. Todas las partes internas y externas se llevan a un nuevo nivel de costo.

Las actividades de todos los departamentos afectados, se programan.

2.- Todas las partes se revisan con factores (cifras index) y los artículos terminados se recalculan exactamente.

3.- Sólo se revisa (exactamente) el propio valor agregado

4.- Todos los costos se revisan con el método de cifras índices

Cuando es necesario revisar costos

Los costos tienen que ser revisados cuando los costos estándar existentes e índices no reúnen el conjunto de requisitos para el principio de valor de reposición y/o control de costos. En la práctica ello significa: Revisión método para producción en masa 1 X año; productos profesionales un año si y otro no.

Revisión de costos mecanizado

Una gran parte de la revisión de costos puede hacerse con la ayuda de una computadora.

Condiciones para una revisión de costos mecanizados

- . un programa de tiempo estricto
- . unos datos básicos impecables (Los necesarios para la revisión)
- . uniformidad en la estructura de cálculo
- . un sistema de codificación adaptado a las necesidades de las máquinas (12 no)

La pregunta "¿debe revisarse el cálculo?" así como "¿de qué manera debe revisarse el cálculo?" puede contestarse solamente después de que se hayan comparado las ventajas respecto a las desventajas

Una revisión de costos es más cara de lo que ustedes creen.

Cuando hay una desviación entre costo estándar y costo estándar fijo de 2% o más, es necesario hacer una revisión.

ANALYSIS OF ESTIMATING ACCURACY

by

**John W. Hackney
Engineering Development Department
M. W. Kellogg Company
New York, New York**

Presented At

**AMERICAN ASSOCIATION OF COST ENGINEERS
9th NATIONAL MEETING, LOS ANGELES, CALIFORNIA
JUNE 29, 30 and JULY 1, 2, 1965**

Analysis of Estimating Accuracy

Why Accuracy Analysis is Necessary

A lot of money is spent on estimates. In fact, I would hazard a guess that manufacturing companies in the United States will spend upward of \$80,000,000* for estimates this year.

So it's only reasonable that we take a look at the quality of the product we are putting out - how good are the estimates which we, as cost engineers, have to sell. And more particularly, how do we measure estimate quality; how can we analyze changes in estimate quality, and identify trends toward improvement or deterioration in estimate accuracy.

Estimates are very special products. Estimates won't be perfect, no matter how much is spent on them. We must be satisfied with forecasts of the future which will cost as little as possible, and yet be accurate enough for our immediate purpose. To develop an optimum solution to this problem, we need to know the quality - or accuracy - of the estimates which can be obtained for given expenditures, using various systems of making estimates. Knowing these accuracies, we can appraise the risk accompanying the use of each type of estimate for budgets, for financing arrangements, for contract fees or for lump-sum contracts.

Analysis of accuracy is also necessary for the improvement of a given estimating system. It can be used to diagnose trouble spots, to pinpoint areas where the greatest improvement can be obtained at least expense and to measure the improvement which takes place when a system is changed.

And finally, analysis of accuracy is necessary when developing new estimating methods - to predetermine their reliability.

The Nature of Accuracy

In estimating, "accuracy" is the deviation of estimated from actual values. Accuracy has two phases. The first is the "centering" of a series of estimates as indicated by their average percentage deviation from actual values. The second is the "spread" of these individual deviations - their range between highs and lows.

The nature of accuracy can be illustrated by target shooting. Figure 54 shows typical target patterns of ten shots each. Target "A" shows the pattern obtained by an inconsistent shooter. Although his shots on average are accurately aligned on the target, he shows considerable unsteadiness. The shots have a wide "spread".

*About \$4,000,000,000 of capital expenditures at 2%, allowing for multiple bids.

Target "B" indicates the results obtained by a more expert marksmen. His shots are much more closely grouped and have very little spread. However, the shots are not centered on the target, and he has a low score - 61 vs. 88 for the first marksmen.

In firing a rifle, or in correcting an estimating system, it is relatively easy to correct "centering" errors. The rifleman does this by adjusting his sights for elevation and windage. This can result in a perfect score for the expert marksmen, as illustrated by Target "C". An estimating system can be centered in a similar manner by adjusting units or by applying contingencies. Reduction of "spread", however, is more difficult. The rifleman learns to hold his breath properly, and squeezes the trigger instead of pulling it; the cost engineer analyzes the sources of deviations and devises methods for reducing them.

To improve the accuracy of estimating - or any other operation which is subject to error - measures of both "centering" and "spread" are required. The average percentage deviation of estimates is a simple and adequate measure of centering. To measure spread, we could use the range of deviations - from the highest observed to the lowest observed. This is not a satisfactory measure, however, since the occurrence of extremely high or extremely low values is erratic, and the more data observed the wider will be the range of error - usually.

Since extreme range is hard to pin down, another better measure of "spread" is commonly used. This is standard deviation - the square root of the average squared percentage deviations of individual estimates from actual values.

For normally-distributed data - which occurs very often in estimating work - a little over 68% of the estimates will be in the range of plus-or-minus one standard deviation. About 16% of the estimates will exceed actual by more than one standard deviation. A range of plus-or-minus two standard deviations will include over 95% of the estimates, with the balance equally distributed above and below. Tables are available which give the proportion of estimates falling in other ranges.

Probability Plotting

If records of the percentage deviations of past estimates from actual values are available, it is possible to anticipate the probability of future deviations - assuming the estimating and performance systems will remain unchanged - but with no necessity for assuming normal distribution of the data. This is accomplished by probability plotting. Assume, for example, that the following percentage estimate deviations have been observed:

<u>Project Number</u>	<u>Estimate Deviation</u>	<u>Cumulative Probability</u>
401	-10%	5%
433	- 6%	15%
399	- 3%	25%
610	- 2%	35%
414	- 1%	45%
507	-0.5%	55%
666	+0.5%	65%
571	+ 3%	75%
601	+ 4%	85%
515	+10%	95%

The projects have been arranged in ascending order of estimate deviation. Cumulative probability has been computed for each project by considering that it lies at the center of a block containing 10% of the total projects - there being 10 projects. The first project is therefore plotted at a cumulative probability of 5%, the second at 15%, the third at 25% and so forth.

The tabulated deviations, with their cumulative probabilities, are plotted in Figure 55, Probability Plot of Estimating Performance. Deviations of estimated from actual values are plotted on the horizontal scale. Cumulative probability is plotted on the special vertical scale. This scale is distorted in accordance with normal probability distribution. A straight line on a chart with this probability ruling represents a normal distribution. If the straight line passes through zero at 50% cumulative probability - as it does in this case - then the data is centered and there is no trend to estimate too high or too low. If it crosses above or below zero, its displacement at the 50% line is a measure of the average tendency to estimate too high or too low. The distribution is symmetrical and of normal shape, but not centered at zero.

The slope of the line is an indication of the standard deviation of the data. The deviation at 16% cumulative probability is -5.5%. The deviation at 84% probability is +5.5%. Sixty eight percent of the data therefore lies between +5.5% and -5.5%, and by definition, the standard deviation of the normal distribution represented by the straight line drawn through the data is $\pm 5.5\%$.

Departure of actual data from a straight line - when using normal probability graph paper - indicates that the distribution is departing from normal. The shape of the curve through the data indicates the particular type of departure from normal which is occurring.

For example, Figure 56 shows in the lower right-hand corner a normal probability distribution, plotted to an ordinary rectangular scale, together with the straight-line cumulative probability plot which results from integrating this curve from left to right.

In the upper left-hand portion of the chart is a bi-modal probability distribution, with its typical cumulative probability plot. The bi-modal distribution has two areas in which the estimates tend to cluster. A distribution like this occurs when the data represents information from two different sets of circumstances. For example, it might indicate a combination of estimates made before and after a policy decision to add a fixed percentage contingency to all estimates. Removal of the contingency from the later group will transform the two sets of information into a single compatible set.

A somewhat different effect occurs when estimates made at two levels of definition are intermingled - defined estimates and approximate estimates for example. In this case, the cumulative probability plotting will tend to an "S"-shaped curve, with the central portion fairly straight and flat. Separate plotting of the defined and approximate estimates will produce two nearly straight lines through the data - with the approximate estimate line more steeply sloped than the defined estimate line.

Figure 57 shows positively and negatively skewed distributions, with the data trending off to the positive or negative side of the near-normal distribution which exists in the vicinity of the peak. Skewed distributions are observed when individual projects have special causes for deviating more widely than normal - when for some reason they are different from the other projects in the series.

For skewed distributions, the average estimate deviation does not occur at the 50% probability, or median point of the data. Its value is best determined by simple averaging.

Estimate Quality Control Charts

The probability charts described in the preceding paragraphs provide a means of appraising the accuracy characteristics of an estimating system which has been continuing on more or less the same basis for a period of time - or a new estimating system which is being tested against actual values for past jobs. It sometimes is desirable, however, to analyze estimating accuracy with respect to time; to determine what changes may be developing in an estimating system, or to measure accuracy before and after major changes in estimating policy or organization.

Estimate "centering" trends can be analyzed by means of the trend control chart illustrated by Figure 58.* On this chart, projects are listed in chronological order of estimate across the bottom of the sheet. Beginning with the first project, the percentage deviations of estimated from actual values are cumulated successively. Any point on the line so plotted represents the total of all deviations - plus and minus - up

*See Mayhew and Carr references.

to that point. The slope of the line between a point on the curve and the initial point is the average deviation of all projects up to that point, because the slope is the total deviation divided by the number of projects - each project being given equal space across the bottom of the diagram. Similarly, the slope between any two points on the curve is the average deviation for projects between those two points. Upward slopes indicate a trend of over-estimates; downward slopes indicate a trend of under-estimates - and a level line indicates the estimates during that period were centered, with zero average deviation. This plotting makes it relatively easy to pick out any changes in trend which develop.

Changes in the "spread" of estimates can be similarly analyzed by means of the deviation control chart, Figure 59. Projects are listed chronologically across the bottom of the sheet as before. In this instance, however - instead of the cumulative deviations - the cumulative squared deviations are used. Since the squaring removes negative values, these cumulative squared values would rise continuously and sharply. To avoid this, an arbitrary "expected" deviation is selected - for the sample chart, 10%. Values plotted are the cumulative squared deviations for all projects up to that point, less the "expected" deviation squared for each - in this case, 100.

When a point is selected on the curve, and a line drawn from that point to any other on the curve, its slope - as measured on the special slope scale - is the standard deviation of all estimates for projects between these two points. This is because the slope between any two points on the curve is equal to the total squared deviations for all projects between the ends of the line, divided by the number of projects, less 100. The slope scale is marked to indicate the square root of the average squared deviation - which by definition is the standard deviation of the estimates. If the line connecting two points is level, the standard deviation is 10%. If the line slopes downward, the standard deviation is less than 10%. If it slopes upward, it is more than 10%.

This deviation control chart can be used to identify changes in estimating spread. For example, in Figure 59, the standard deviation for all projects up to and including project No. 440 was 10.2%. Some erratic estimates occurred during the succeeding period - followed by 13 projects of improved accuracy, with a standard deviation of 8.4%. Investigation of these changes in estimating accuracy can be a guide to decisions for further improvement. In this case, it might also be helpful to investigate the first portion of the project estimating record, where for 12 projects the standard deviation was 7.0%.

Conclusions

The statistical analysis tools which have been described are useful in determining -

- .The accuracy of estimates prepared by a given estimating system.
- .The existence of cost parameters not adequately considered in estimates.
- .Trends in estimating accuracy.
- .Changes in accuracy produced by changes in estimating policy and methods.

When applied with due care, with full knowledge of the projects being estimated and the estimating system being used, these analytical tools can provide clues to substantial improvement in estimating accuracy.

Bibliography

Goodman, R., Modern Statistics. Arc Books, Inc., New York, New York. 1964.

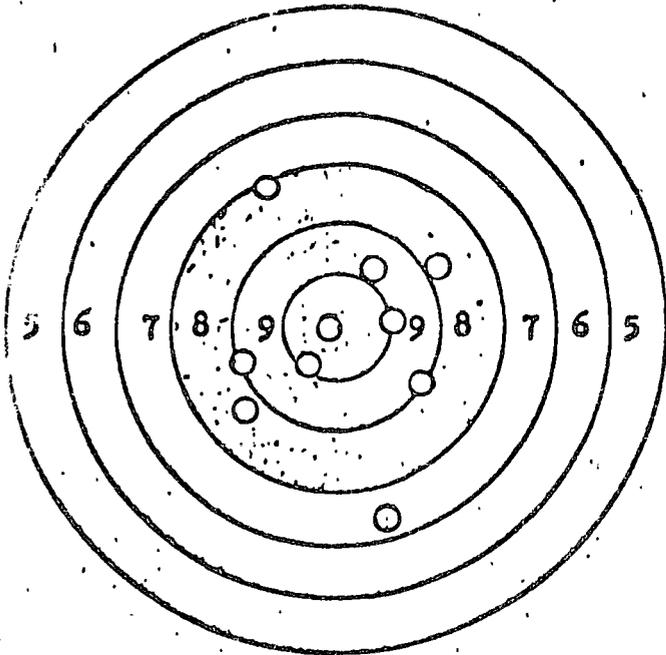
Chapanis, A., "Theory and Methods for Analyzing Errors in Man-Machine Systems," from Selected Papers on Human Factors in the Design and Use of Control Systems. Dover Publications, Inc., New York. 1961. (Edited by H. Wallace Sinaiko)

Weaver, Warren, Lady Luck - the theory of probability. Doubleday & Co., Inc. Garden City, New York. 1963.

Moroney, M. J., Facts from Figures. Penquin Books. 1951.

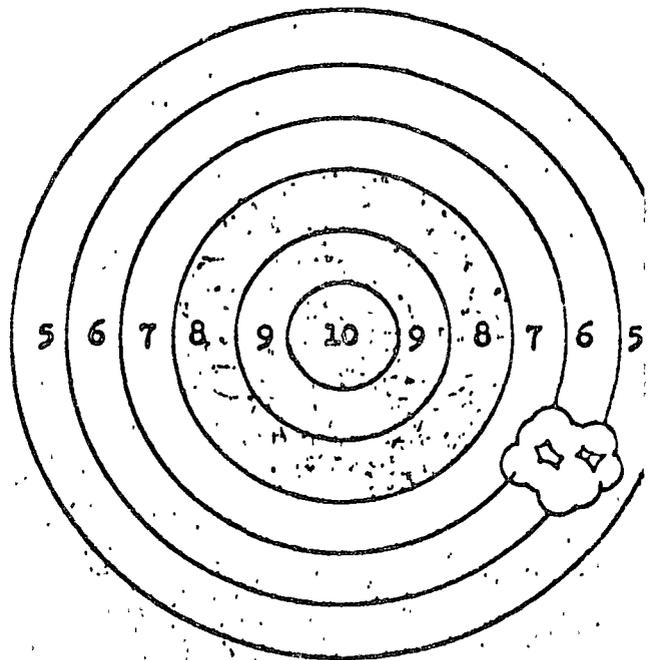
Mayhew, W. Charles, "CS Charts Find Further Applications." Chem. Eng. June 26, 1961. pp 142 & 144.

Carr, Joseph T., "Improvements in Quality-Control Charts." Chem. Eng. June 17, 1962. pp 185-188.



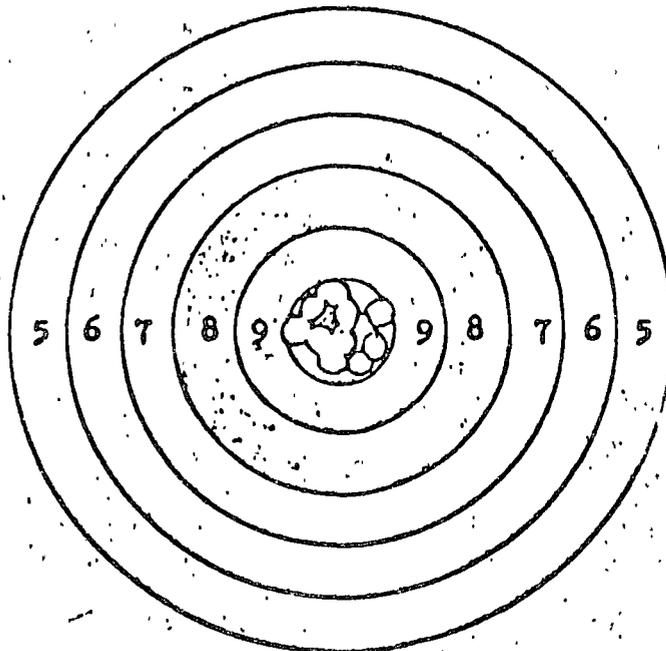
A

Well-centered,
Poorly-grouped



B

Well-grouped,
Poorly-centered



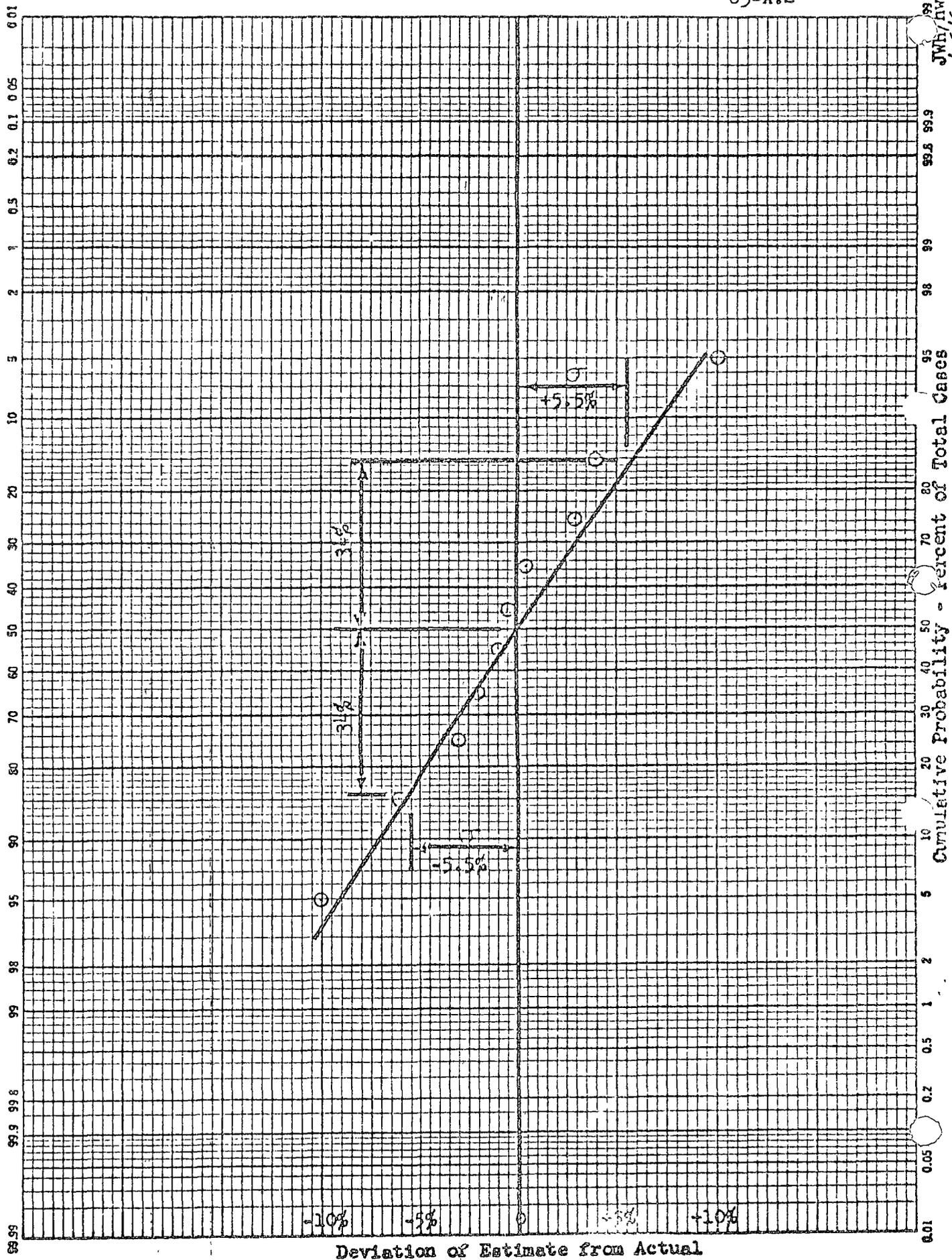
C

Well-centered

PROBABILITY PLOT OF ESTIMATING PERFORMANCE

FIGURE 55

65-A.2



KE
 PROBABILITY SCALE 359-23
 X 90 DIVISIONS
 KEUFFEL & ESSER CO
 MADE IN U.S.A.

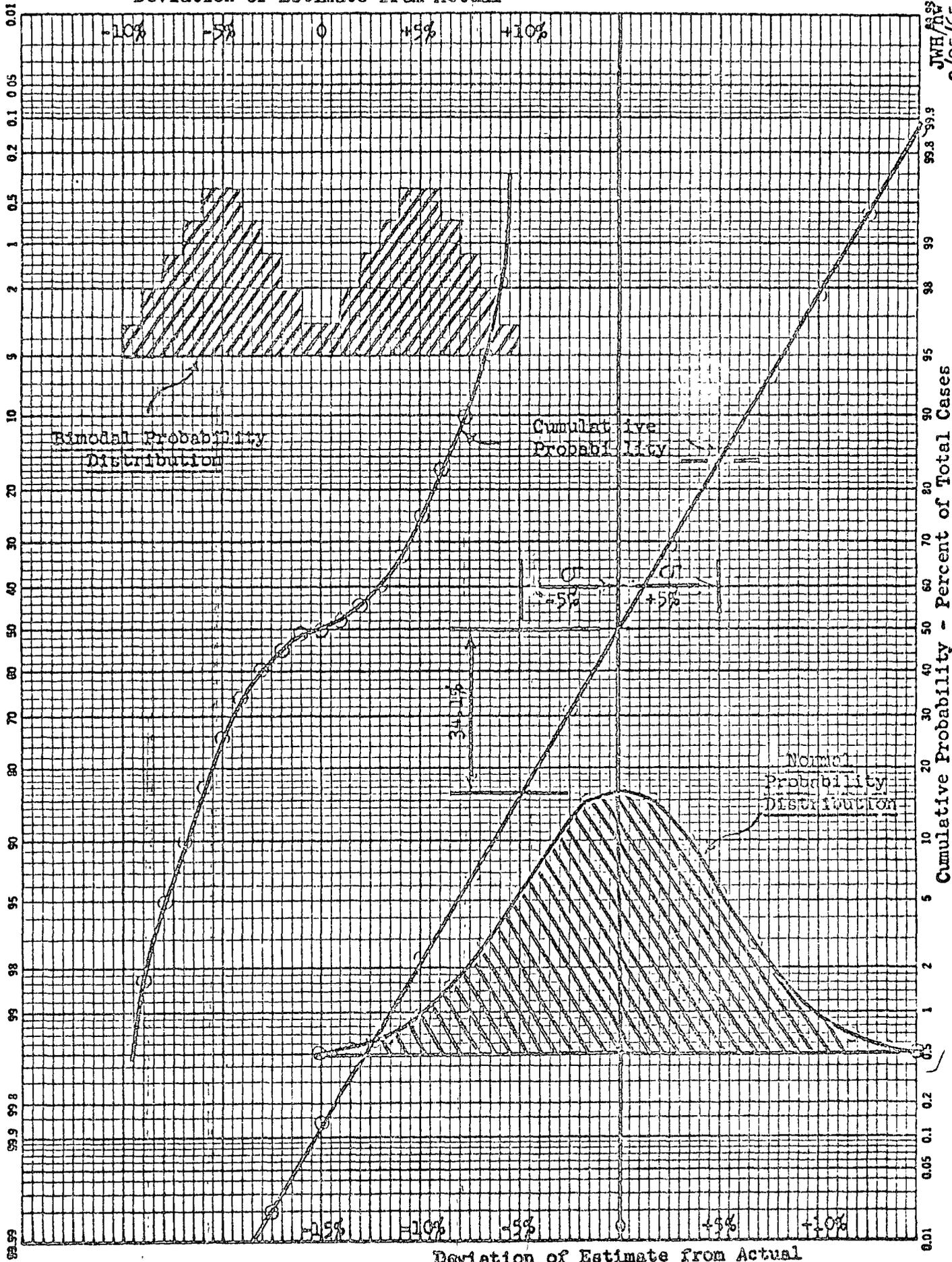
JWB/aw
 99
 99.9
 99.5
 99.9
 99
 98
 95
 80
 70
 50
 40
 30
 20
 10
 5
 2
 1
 0.5
 0.2
 0.05
 0.01

Deviation of Estimate from Actual

NORMAL AND BIMODAL DISTRIBUTIONS

65-A.2

Deviation of Estimate from Actual



JWH/aw
2/25/67

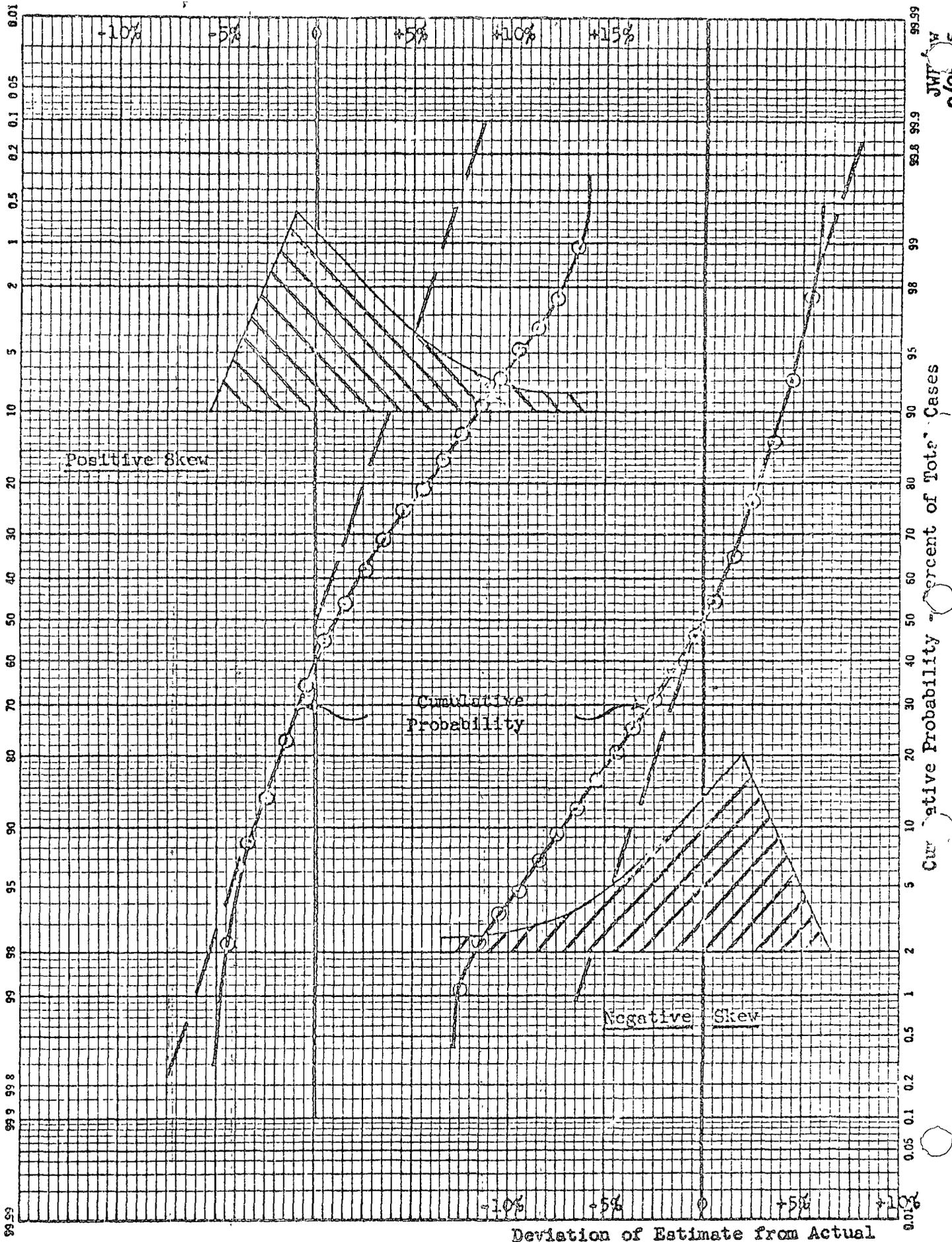
K&E
PROBABILITY SCALE 359-23
X 90 DIVISIONS
BEUFFEL & ESSER CO
DALLAS, TEXAS

Deviation of Estimate from Actual

SKewed DISTRIBUTIONS
Deviation of Estimate from Actual

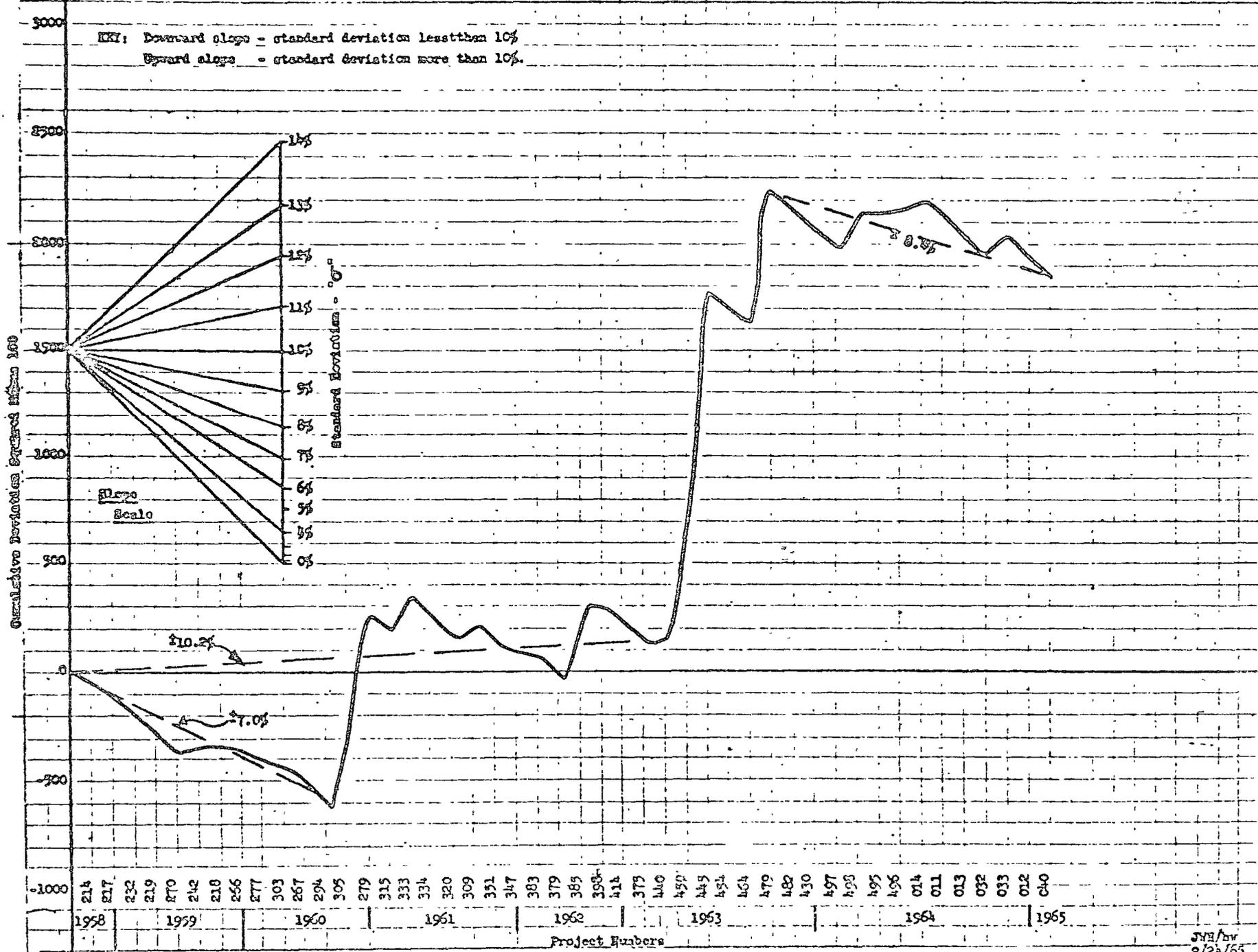
FIGURE 57

65-A.2



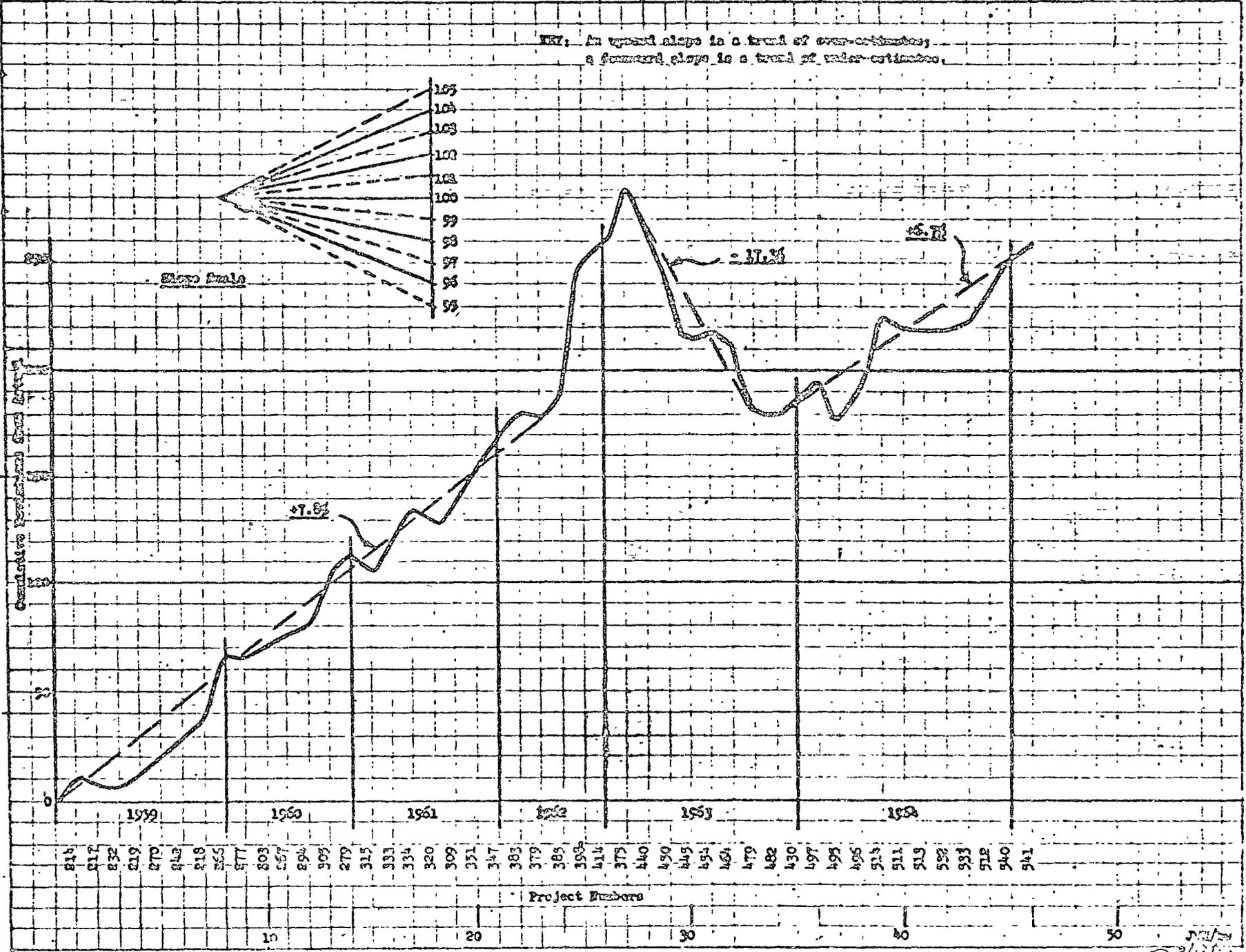
DEVIATION CONTROL CHART FOR ESTIMATES

FIGURE 59



JWH/bw
2/24/65

65-A.2



65-A.2

THE EXAMPLE PROBLEM

The calculation of the three intervals are illustrated here by the following numerical example. Assume that readings obtained on a normally distributed performance parameter based on a random sample of five units are: 51.4, 49.5, 48.7, 49.3, and 51.6. From this information, the sample mean \bar{y} and the sample standard deviation, s are calculated by the well-known expressions:

$$\begin{aligned} \bar{y} &= \sum_{i=1}^n y_i/n = (51.4 + \dots + 51.6)/5 = 50.10 \\ s &= \left[\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1} \right]^{1/2} \\ &= \left\{ \frac{[(51.4 - 50.10)^2 + \dots + (51.6 - 50.10)^2]}{(5-1)} \right\}^{1/2} \\ &= 1.31, \end{aligned}$$

where y_1, \dots, y_n are the values of n given observations.

Understanding 33649 / 23881 statistical intervals

Statistical intervals are frequently misunderstood and misused. Here's an explanation of when to use confidence, tolerance, and prediction intervals

Gerald Hahn
General Electric Company

Engineers have come to appreciate that few things in life are known exactly. The most they can do is obtain an estimate and construct an interval which, with a high probability, contains the quantity of interest. This article describes three different types of statistical intervals and shows where each should be used.

The three intervals are: (1) a confidence interval to contain a population mean, (2) a tolerance interval to contain a specified proportion of the population, and (3) a prediction interval to contain all of a specified number of future observations.

Many nonstatistical users of statistics are well acquainted with confidence intervals. Some are also aware of tolerance intervals, but most non-statisticians know very little about prediction intervals despite their practical

importance. A frequent mistake is to calculate a confidence interval on the population mean when the actual problem calls for a tolerance interval or a prediction interval. At other times, a tolerance interval is used when a prediction interval is needed.

This confusion is understandable since most tests on statistics devote extensive space to confidence intervals on population parameters, make limited reference to tolerance intervals, and almost never talk about prediction intervals. This is unfortunate because tolerance intervals or prediction intervals are needed as frequently in industrial applications as confidence intervals, and given the required tabulations, the procedure for constructing them is no more difficult. Table I lists the information needed to construct all three intervals.

Confidence interval for the population mean. The sample mean \bar{y} is an estimate of the unknown mean μ , but differs from it because of sampling fluctuations. However, it is possible to construct a statistical interval known as a confidence interval for the population mean μ . This interval contains μ with a specific probability. This probability is known as the associated confidence level. Thus a 95 percent confidence interval on the population mean is an interval which contains μ with a probability of 0.95. It is calculated as

$$\bar{y} \pm c_M(n)s,$$

where $c_M(n)$ is obtained from the first column of Table I as a function of n , the sample size. For the example shown in the box at right $c_M(n) = 1.24$ and the 95 percent confidence interval for μ is:

$$50.10 \pm (1.24)(1.31).$$

Consequently, one can be 95 percent confident that the interval 48.48 to 51.72 contains the unknown value of μ . More precisely, over a large number of samples, the interval calculated in this manner will contain the unknown mean 95 percent of the time.

Tolerance interval to contain a specific proportion of the population. Instead of, or in addition to, a confidence interval to contain μ , many applications require an interval to enclose a specific proportion of the population. For a normal distribution, if μ and σ are known exactly, it can be stated that 90 percent of the population is located in the interval

$$\mu \pm 1.64\sigma$$

However, if only sample estimates \bar{y} and s of the population values μ and σ are given, the best that can be stated is that with a chosen probability (say 0.95) the interval contains at least 90, 95, or 99 percent of the population. Such an interval is called a tolerance interval and can be calculated for a normal population with the help of the factors $c_T, 90^{(n)}$, $c_T, 95^{(n)}$, and $c_T, 99^{(n)}$, shown in columns 2, 3, and 4

of Table I. For example, it can be stated with 95 percent confidence that the interval:

$$\bar{y} \pm c_T, 90^{(n)}s$$

contains at least 90 percent of a normal population:

The tolerance interval for the example in the box at right may be calculated as

$$50.10 \pm (4.28)(1.31)$$

or 44.49 to 55.71 where $c_T, 90^{(n)} = 4.28$. Thus, one may be 95 percent confident that the preceding interval contains at least 90 percent of the sampled population.

The fact that both a population proportion (or percentage) and a statistical probability (also a percentage) are associated with a tolerance interval is sometimes confusing to the engineer. The first of these numbers refers to the proportion (or percentage) of the population that the interval is to contain. The second number specifies the probability that the calculated interval really contains at least the specified proportion of the population. When μ and σ are known exactly, an interval to contain a specified proportion of the population may still be of interest, but, in this case, there is no longer any uncertainty associated with the proportion of the population contained in the interval.

Prediction interval to contain all of a specified number of future observations. Another type of interval is one that will contain all the values of one or more future observations. This is known as a prediction interval. The last five columns of Table I provide values of the factor $c_{P, k}(n)$ such that all of k future observations from the same normal population will be located in the interval:

$$\bar{y} \pm c_{P, k}(n)s,$$

with a probability of 0.95.

For example, if two additional readings are taken from the example in the box, $k = 2$ and $n = 5$. From Table I the factor $c_{P, 2}(5) = 3.70$. Thus two future units from the sampled popula-

Table I Factors for

Number of Factors for confidence interval given observations	to contain the population mean μ
n	$c_M(n)$
4	1.59
5	1.24
6	1.05
7	0.92
8	0.84
9	0.77
10	0.72
11	0.67
12	0.64
15	0.55
20	0.47
25	0.41
30	0.37
40	0.32
60	0.26
∞	0

tion will be located in the interval:

$$50.10 \pm (3.70)(1.31)$$

or 45.25 to 54.95, with a probability of 0.95.

The relative lengths of the three intervals obtained in the preceding examples are compared in Figure 1. It is seen that for the given sample of 5, the confidence interval to contain the population mean is appreciably smaller than both the tolerance interval and the prediction interval. Also a

Calculating two-sided 95 percent probability intervals for a normal distribution

Factors for tolerance interval to contain at least 90%, 95% and 99% of the population

Factors for prediction interval to contain the values of all of 1, 2, 5, 10, and 20 future observations

$cr_{.99}(n)$	$cr_{.95}(n)$	$cr_{.90}(n)$	$cp_{.1}(n)$	$cp_{.2}(n)$	$cp_{.5}(n)$	$cp_{.10}(n)$	$cp_{.20}(n)$
5.37	6.37	8.30	3.56	4.41	5.56	6.41	7.21
4.28	5.08	6.63	3.01	3.70	4.58	5.23	5.85
3.71	4.41	5.78	2.78	3.33	4.08	4.63	5.16
3.37	4.01	5.25	2.62	3.11	3.77	4.26	4.74
3.14	3.73	4.80	2.51	2.97	3.57	4.02	4.46
2.97	3.53	4.63	2.43	2.86	3.43	3.85	4.26
2.84	3.38	4.43	2.37	2.79	3.32	3.72	4.10
2.74	3.26	4.28	2.33	2.72	3.24	3.62	3.98
2.66	3.16	4.15	2.29	2.68	3.17	3.53	3.89
2.48	2.95	3.88	2.22	2.57	3.03	3.36	3.69
2.31	2.75	3.62	2.14	2.48	2.90	3.21	3.50
2.21	2.63	3.40	2.10	2.43	2.83	3.12	3.40
2.14	2.55	3.35	2.08	2.39	2.78	3.06	3.33
2.05	2.45	3.21	2.05	2.35	2.73	2.99	3.25
1.96	2.33	3.07	2.02	2.31	2.67	2.93	3.17
1.84	1.96	2.58	1.96	2.24	2.57	2.80	2.92

two-sided 95 percent interval is $\bar{y} \pm c(n)s$, where $c(n)$ is the appropriate tabulated value and \bar{y} and s are the mean and the standard deviation of the given sample of size n .

tolerance interval to include at least 90 percent of the population with a probability of 0.95 is somewhat larger than a prediction interval to contain both of two future observations.

Inspection of the tabulations indicates that a confidence interval on the mean is always smaller than the other two intervals, but that the relative sizes of the tolerance and prediction intervals depend upon the proportion of the population to be contained in the prediction interval. Also, unlike the other two intervals, the length of a

confidence interval approaches zero as the sample size increases (the interval converging to the point μ).

HOW TO SELECT THE RIGHT INTERVAL

The statistician's job is to develop correct procedures for answering relevant questions. The engineer must decide upon the relevant questions. Once the questions to be answered have been clearly stated, it should be easy to de-

cide upon the correct intervals. The following comments are offered to serve as a guide to the engineer in this process.

The mean is the most commonly used single value to describe a population. For the normal distribution, the mean μ is one of the two parameters which uniquely defines the distribution. It is identical to the median (50 percent point) and mode (most common value) of the distribution. The population mean is therefore of great interest in characterizing product per-

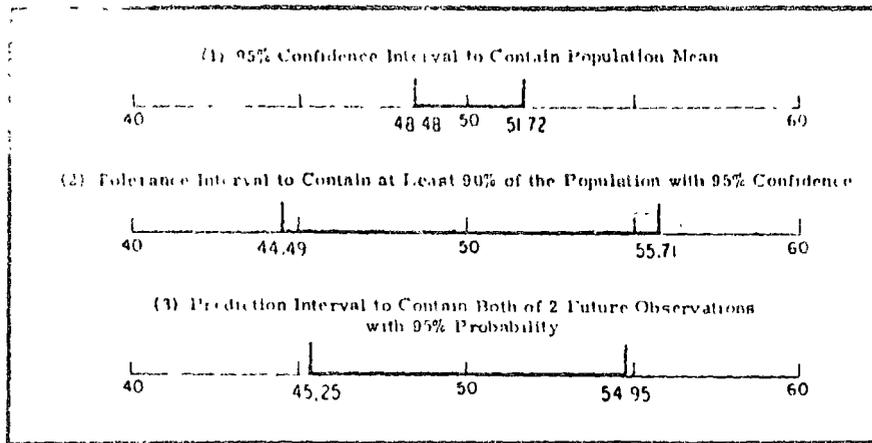


Figure 1.
How the lengths of the statistical intervals for the example compare

formance, and is often used as a standard by which competing processes are compared. Its use for such comparisons is especially appropriate when it is reasonable to assume that each of the competing processes has the same statistical variability (as measured by the process standard deviation) and, therefore, the differences between processes can be described completely by differences in their means. The assumption of equal standard deviations is frequently made.

Because of random fluctuations, a sample does not provide perfect information about the population mean μ . Thus, a confidence interval is established which contains the unknown value of μ with a specified degree of confidence.

If, instead of characterizing typical process performance, you are interested in estimating the range of variation of the underlying population or of the observations in a future sample, then a tolerance interval or a prediction interval is needed. Specifically, a tolerance interval is applicable if limits are needed that contain most of the sampled population, while a prediction interval would be used to obtain limits to contain all of a small number of future units from the population. Thus, an engineer who is concerned with the performance of a mass-produced item, such as a transistor or a lamp, would generally be interested in a tolerance interval to enclose a high proportion of the sampled population.

In contrast, a prediction interval to contain all of k future observations may be thought of as the astronaut's interval. A typical astronaut, who has been assigned to a specific number of flights, is generally not very interested in what will happen on the average in the population of all space flights, of which his happen to be a random sample (confidence interval on the mean), or even what will happen in at least 99 percent of such flights (tolerance interval). His main concern is the worst that will happen in the one, three, or five flights in which he will be personally involved. Similarly, a turbine engineer who is bidding on an order of three units based upon his past experience on five units of the same type, would use a prediction interval to obtain specification limits to contain the performance parameter for all three units with a high probability. Prediction intervals are also required by the typical customer who purchases one or a small number of units of a given product and is concerned with predicting the performance of the particular units he has purchased (in contrast to the long-run performance of the process from which the sample has been selected).

WHERE TO GET MORE INFORMATION

Standard books on elementary engineering statistics, Reference 4, give

prime space to the concept of confidence intervals and, in many cases, also discuss tolerance intervals, but make no mention of prediction intervals except in a regression context. Such intervals, however, are discussed in References 1, 2, 3, and 5. Further, Reference 3 provides a comprehensive comparison of statistical intervals for a normal population (including more detailed tabulations than are given here) and a discussion of methods for constructing the various intervals. This article also considers additional types of statistical intervals such as:

- A prediction interval to contain a future sample mean,
- A prediction interval to contain a future sample standard deviation,
- A confidence interval for the population standard deviation,
- A confidence interval for a population percentile.

Finally, a new time-sharing computer program calculates a wide variety of statistical intervals, including confidence, tolerance, and prediction intervals, Reference 6.

REFERENCES

- (1) Hahn, G. J., "Additional Factors for Calculating Prediction Intervals for Samples from a Normal Distribution," *Journal of the American Statistical Association*, 65, December, 1970.
- (2) ———, "Factors for Calculating Two-Sided Prediction Intervals for Samples from a Normal Distribution," *Journal of the American Statistical Association*, 64, September 1969.
- (3) ———, "Statistical Intervals for a Normal Population," *Journal of Quality Technology*, Volume 2, Number 3, pages 115-125, July 1970. Volume 2, Number 4, pages 195-206, October 1970.
- (4) Natrella, Mary Gibbons, *Experimental Statistics*, National Bureau of Standards Handbook 91, US Government Printing Office.
- (5) Nelson, W. B., "Two Sample Prediction," General Electric Company TIS Report 68-C-301, November 1968. (Available from Distribution Unit, PO Box 43, Building 5, Room 237, Schenectady, New York 12305).
- (6) "Summary Statistics Package—ONSAMS***" Document 033401, General Electric Information Service Department, 7735 Old Georgetown Road, Bethesda, Maryland.

	Pág.
MODELO DEL COSTO DE PERFORACION DE POZOS PETROLEROS DE DE SARROLLO EN MEXICO.....	1
LOS PRONOSTICOS TECNOLOGICOS EN LA PLANEACION A LARGO PLAZO.....	20
UNA REPRESENTACION GRAFICA PARA EL ANALISIS DE SENSIBILIDAD A VARIACIONES EN LOS COSTOS PARA FENOMENOS DE ESPERA.....	24
REDUCCION DE COSTOS EN LOS INVENTARIOS DE MATERIALES.....	33
ADMINISTRACION DE PROYECTOS EN INGENIERIA, CONSTRUCCION Y OPERACION.....	54
LA PRODUCTIVIDAD EN PROYECTOS: DEPARTAMENTAL O GRUPO ESPECIAL.....	64
UN CONCEPTO DE COSTOS EN LA INDUSTRIA EXTRACTIVA.....	74
EL CONTROL DE COSTOS APLICADO A LA ADMINISTRACION PUBLICA.....	76
EL PERSONAL Y SU INFLUENCIA EN LA ADMINISTRACION DE UN PROYECTO.....	87
ADMINISTRACION DE PROYECTOS EN INGENIERIA, CONSTRUCCION Y OPERACION.....	96
CONTROL DE COSTO DE INGENIERIA DE PROYECTO.....	109
LA UTILIZACION DE LA ADMINISTRACION POR RESULTADOS Y DE LA CONTABILIDAD POR AREAS DE RESPONSABILIDAD.....	132
ASPECTOS GENERALES DEL REPORTE FINAL DE UN PROYECTO SU ELABORACION Y UTILIDAD.....	140
BASES PARA LA ORGANIZACION DE LA UNIDAD DE PLANEACION Y PROGRAMACION DE PETROLEOS MEXICANOS.....	158
PLANEACION Y COSTOS DE LA INDUSTRIA FORESTAL.....	182
LA INVESTIGACION APLICADA COMO ELEMENTO VALIOSO EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS INDUSTRIALES.....	183
PROYECTO DE DESARROLLO TURISTICO EN CANCUN, Q. R.	195
LA SIDERURGIA LAZARO CARDENAS-LAS TRUCHAS, S.A. Y SU TRASCENDENCIA PARA LA ECONOMIA NACIONAL.....	231

	Pág.
ANALISIS DE LA SITUACION QUE PREVALECE EN MEXICO, EN LA SELECCION Y ADQUISICION DE MATERIALES Y EQUIPOS.....	1
CUANDO COMPRAR O RENTAR EQUIPO.....	13
SELECCION Y ADQUISICION DE MAQUINARIA Y EQUIPOS.....	14
NUEVOS METODOS EN EL ANALISIS DE INVERSIONES DE CAPITAL.....	40
PROCEDIMIENTOS PARA LA ADQUISICION DE EQUIPOS EN LA GERENCIA DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION DE PETROLEOS MEXICANOS.....	59
ADQUISICION DE EQUIPO EN UNA EMPRESA DE INGENIERIA.....	60
"LA SELECCION DE EQUIPO EN LA INGENIERIA DE PROYECTO DE INSTALACIONES INDUSTRIALES".....	69
EL IMPACTO FINANCIERO EN LA SELECCION DE MAQUINARIA Y EQUIPO DE PROCESO.....	88
PLANTEAMIENTO Y ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL DE OBRAS EN PETROLEOS MEXICANOS.....	99
MODELO PARA LA ESTIMACION DE COSTOS DE TERRACERIAS EN CAMINOS RURALES DE ACCESO.....	114
COMENTARIOS AL CONTROL DE COSTOS EN LOS PROYECTOS CIVILES.....	133
PRECIOS UNITARIOS DE MONTAJE, SOLDADO Y PRUEBAS DE TANQUES ESFERICOS DE ALTA PRESION.....	154
COSTO EN LA CONSTRUCCION DE UNA TUBERIA DE CONDUCCION SUBMARINA PARA HIDROCARBUROS.....	178
COMPARACION DE COSTO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO PARA PLANTAS INDUSTRIALES DISEÑADAS ELASTICAMENTE Y AL LIMITE.....	189
ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UN MOTOR DE REPUESTO PARA EQUIPOS DE MANEJO DE MATERIALES.....	214

SMIC - II Congreso Nacional

Tomo III INDICE

	Pág.
LA NECESIDAD DE CREAR NUEVAS INDUSTRIAS EN MEXICO.....	1
PLANEACION Y ESTIMADO DE COSTOS DE MONTAJE ELECTROMECA- NICO EN CENTRALES HIDROELECTRICAS.....	14
ORGANIZACION Y SUPERVISION DE LA CONSTRUCCION INDUS- TRIAL.....	25
CONSTRUCCION DE OLEOGASODUCTOS SUBMARINOS.....	42
COSTOS INDIRECTOS EN LOS PRESUPUESTOS DE CONSTRUCCION..	43
PLANEACION, ESTIMACION Y CONTROL DE COSTOS DE PROYECTOS INDUSTRIALES.....	55
LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCION INDUSTRIAL.....	71
COSTOS DE LOS AISLAMIENTOS EN LA INDUSTRIA.....	86
PLANEACION Y ESTIMADO DE COSTOS DE OBRA CIVIL EN UNA -- PLANTA TERMCELECTRICA.....	113
EVALUACION DE COSTOS DE TANQUES FABRICADOS EN CAMPO....	127
COSTOS DE ERECCION DE LINEAS DE TUBERIAS DE ACERO INOXI- DABLE EN PLANTAS DE PROCESO.....	128
DISEÑO DE UN SISTEMA BASICO DE COMUNICACION E INFORMA- CION PARA PROYECTOS EN EMPRESAS CORPORATIVAS.....	150
COSTO DE PREPARACION DE ESTIMADOS.....	158
LA SELECCION DEL TIPO DE CONTRATO DE CONSTRUCCION Y SU- IMPOTANCIA CON EL COSTO DE LA OBRA.....	159
ESTIMACION DE COSTO DE EQUIPO DE PROCESO.....	178
FACTORES DE COSTO EN LA IMPLEMENTACION DE SISTEMAS DE - CONTROL DE CONTAMINACION.....	179
PLANEACION, ESTIMACION Y CONTROL DE COSTOS DE PROYECTOS INDUSTRIALES.....	187
ESTUDIOS DE VIABILIDAD TECNICO ECONOMICA PARA PROYECTOS Y SU EVALUACION ECONOMICA.....	220

SMIC - II Congreso Nacional

Tomo IV INDICE

	Pág.
SUSTITUCION DE IMPORTACIONES	1
LOS COSTOS EN LA INDUSTRIA MEDIA Y PEQUEÑA	3
SELECCION DE TECNOLOGIA EN BASE A LA APLICACION DE LOS EX- PONENTES DE ESCALACION	4
PROGRAMAS DE ASISTENCIA A LA PEQUEÑA Y MEDIANA INDUSTRIA -	5
COMPLEMENTACION DE EMPRESAR POR ADQUISICION Y FUSION	7
FUSION DE CELANESE MEXICANA Y QUIMICA GENERAL	8
EVALUACION DEL RENDIMIENTO DE UN TALLER DE MANTENIMIENTO - (CLOSED JOB SHOP)	10
REDUCCION DE COSTOS EN LOS INVENTARIOS DE MATERIALES	11
EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO COMO UN MEDIO DE ECONOMIA DE - COSTOS EN LAS INSTALACIONES	12
JUSTIFICACION Y ANALISIS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN CEN- TRO DE PROCESAMIENTO DE INFORMACION POR COMPUTADORAS ELEC- TRONICAS	34
EL USO DE MODELOS EN LA ADMINISTRACION CIENTIFICA DE PEMEX	51
SELECCION DE UN SISTEMA ELECTRONICO PARA PROCESO DE DATOS.	66
LA INVESTIGACION DE OPERACIONES EN LA PRODUCTIVIDAD Y LOS- COSTOS	86
CALCULO NUMERICO MECANIZADO DE PRECISO UNITARIOS DE CONS- TRUCCION PARA OBRAS INDUSTRIALES QUE REALIZA PETROLEOS ME- XICANOS	95
LA COMPUTACION COMO HERRAMIENTA EFECTIVA EN LA ADMINISTRA- CION Y LA INGENIERIA	114
ALIMENTACION RETROALIMENTACION DE INFORMACION DE COSTOS ..	115
EL ANALISIS ESTADISTICO APLICADO AL CONTROL DE COSTOS	116
PROGRAMAS PARA OBTENCION DE PRECIOS UNITARIOS POR MEDIO DE COMPUTADORA	131
REGIONALIZACION DE PRECIOS UNITARIOS	160
SISTEMATIZACION DE ANALISIS DE COSTOS MEDIANTE PROCESOS -- ELECTRONICOS	186
COSTO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y DECISIONES PARA POSICION DE EQUIPOS	208

SMIC - II Congreso Nacional

Tomo V

INDICE

PEDAGOGIA DE LA INGENIERIA DE COSTOS.....	1
LA IMPORTANCIA DEL PROFESIONISTA EN LA PRODUCTIVIDAD.....	11
LOS COSTOS DE LA EDUCACION SUPERIOR Y SU EFICIENCIA.....	30
PLANES DE DESARROLLO DE RECURSOS HUMANOS.....	39
SENSIBILIZACION DE RECURSOS HUMANOS Y SU REPERCUSION EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA.....	41
LA ARITMETICA Y LA PRODUCTIVIDAD.....	57
PROGRAMA PARA CAPACITACION DE ANALISTAS DE COSTOS EN EDIFICACION.....	63
ESTIMATING AND COST CONTROL OF INDUSTRIAL PROJECTS.....	91
COST OF NUCLEAR POWER PLANTS IN THE UNITED STATES.....	98
A PRODUCT COST ESTIMATION PROGRAM AND MOST PROBABLE PRODUCT COST PROGRAM.....	118
TECHNICAL AND ECONOMIC COMPLEMENTATION BETWEEN MEXICAN AND JAPANESE ENTERPRISES FOR MAXIMUM PRODUCTIVITY.....	127
IMPACT OF LEGAL FACTORS ON PROJECT APPRAISALS.....	128
EFFECTIVE MANAGEMENT REPORTING FOR CONTROL IN THE HEAVY CONSTRUCTION INDUSTRY.....	135
ENGINEERING PLANNING UNDER CONDITIONS OF UNCERTAINTY - SIMPLIFIED APPROACH TO FORECASTING ENGINEERING BACKLOG...	146
PROGRESS PAYMENTS - A COMPUTERIZED CONCEPT.....	154

SMIC - II Congreso Nacional

TOMO VI

INDICE

Pág.		Pág.
	LOS CONJUNTOS, PARQUES Y CIUDADES INDUSTRIALES, COMO FACTORES DE LOCALIZACION INDUSTRIAL.....	1
	ASPECTOS TECNICOS DE LA LOCALIZACION INDUSTRIAL, A TRAVES DE LOS PARQUES, CONJUNTOS Y CIUDADES INDUSTRIALES.....	15
	DESCENTRALIZACION INDUSTRIAL Y LOS COSTOS DE ACOPIOS Y DISTRIBUCION.....	25
	LA INDUSTRIAL QUIMICA COMO CREADORA DE NUEVOS POLOS ECONOMICOS DE DESARROLLO.....	52
	REALIZACION DE ESTUDIOS DE PRE-INVERSION PARA DESARROLLOS REGIONALES.....	53
	ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LA LOCALIZACION DE PLANTAS INDUSTRIALES DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA EMPRESA PRIVADA	54
	LAS MEDIDAS FISCALES COMO PROMOTORAS DEL DESARROLLO INDUSTRIAL.....	73
	INCENTIVOS A LA INDUSTRIA PRIVADA PARA DESCENTRALIZAR.....	74
	VENTAJAS EN EL ESTABLECIMIENTO DE INDUSTRIAS EN EL ESTADO DE TABASCO.....	76
	OPTIMIZACION DE LOS COSTOS DE TRANSPORTES DEL PETROLEO CRUDO Y SUS DERIVADOS.....	77
	LOS ESTUDIOS DE PREINVERSION Y EL COMERCIO EXTERIOR.....	114
	DESARROLLO ORGANIZACIONAL: UN NUEVO ENFOQUE PARA LA OPTIMIZACION DE COSTOS.....	124
	CAPACIDAD DE EXPORTACION DE SERVICIOS TECNICOS MEXICANOS..	146
	POSIBILIDADES DE EXPORTACION DE LA EMPRESA MEXICANA APROVECHANDO SU PRODUCTIVIDAD MARGINAL.....	159
	CONTROL DE CALIDAD COMO FACTOR BASICO PARA LA EXPORTACION.	160
	COSTOS, PRODUCTIVIDAD Y EXPORTACION.....	178
	VENTAJAS DEL COSTO DIRECTO PARA TOMA DE DECISIONES.....	200

DETERMINACION DE TARIFAS DE AGUA POTABLE.....	1
INDICE REGIONAL DE PRECIOS DE MATERIALES, TERRENOS MANO DE OBRA Y EQUIPO PARA LA EDIFICACION DE BIENES INMUEBLES.....	24
UN METODO PARA PREDECIR A MEDIANO Y LARGO PLAZO EL EFECTO DE UN INCREMENTO EN LOS PRECIOS DE LOS PRODUCTOS DE UN SECTOR ECONOMICO, EN LA ECONOMIA NACIONAL.....	31
IMPACTO DE LOS FENOMENOS INFLACIONARIOS SOBRE EL VALOR DE LOS BIENES INMUEBLES.....	41
TESIS DE RENOVACION URBANA.....	52
LA DISMINUCION DEL PODER ADQUISITIVO DE LA MONEDA Y SU EFECTO EN LA TASA DE INTERES DE LOS CREDITOS HIPOTECARIOS.....	53
RESUMEN DE LA EVALUACION DEL CONJUNTO DE 16 EDIFICIOS DENOMINADOS "TORRES DE MIXCOAC".....	69
FACTORES DE COSTOS Y DERRAMA ECONOMICA EN LA CONSTRUCCION DE CASAS.....	81
INCREMENTO EN LA PRODUCTIVIDAD DE LOS RECURSOS HUMANOS PARA ABATIR LOS COSTOS DE CONSTRUCCION.....	92
LA PRODUCTIVIDAD DE LAS OBRAS PUBLICAS.....	112
EL METODO DE LAS SERIES DE PRODUCCION.....	127
EL COSTO DEL CAPITAL EN LA CONSTRUCCION DE VIVIENDA POPULAR.....	148
LA PRODUCTIVIDAD EN LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN MATERIA HABITACIONAL.....	151
INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION CON EL EMPLEO DE LA TECNICA DEL ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS.....	152
LA CONTRIBUCION DEL CONCRETO PREMEZCLADO A LA PRODUCTIVIDAD DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.....	167

Pág. Foreword

	v
1. Estimating Capital Costs: Principles and Techniques	7
Rapid Estimation of Plant Costs. John T. Gallagher	3
New Index Shows Plant Cost Trends. Thomas H. Arnold, Jr. and Cecil H. Chilton	11
CE Cost Indexes: A Sharp Rise Since 1965. Robert B. Norden	21
Capital Cost Estimates for Process Industries. John W. Hackney	25
Estimating Methods for Process Industry Capital Costs. John W. Hackney	43
New Cost Factors Give Quick, Accurate Estimates. C. A. Miller	59
Updated Investment Costs for 60 Types of Chemical Plants. John E. Haselbarth	68
2. The Module Approach to Capital Cost Estimating	71
Estimating the Cost of Process Modules via "Rapid Calc" Charts. Kenneth M. Guthrie	73
Field-Labor Predictions for Conceptual Projects. Kenneth M. Guthrie	77
Data and Techniques for Preliminary Capital Cost Estimating. Kenneth M. Guthrie	80
3. Costs of Process Equipment and Other Capital Items *	109
Costs of Process Equipment. H. E. Mills	111
Estimating the Cost of Process Buildings via Volumetric Ratios. William G. Knox	135
Costs for Rotating Disk Contactors. Jackson Clerk	137

* The 24-page report on pp. 111-134 (and also the 29-page report on pp. 80-108) contains data on a wide range of equipment and other capital-cost items. Subsequent articles in this section are arranged alphabetically, according to the bold-faced word in the title.

Dust Collection Equipment. Gordon D. Sargent	138
Estimating Costs of Process Dryers.	140
Preliminary Estimates for Steam-Jet Air Ejectors.	141
Capital Cost Data for Electrical Systems in Process Plants	143
Evaporator Economics and Capital Costs. F. C. Standiford, Jr.	145
Estimating the Cost of High-Pressure Equipment. Kenneth M. Guthrie	147
Guide to Estimating Costs of Installed Instruments. D. K. Ridley	151
Costs Correlated for Process Control Instrument Panels. Bela G. Liptak	153
Guide to Insulation Costs for Vessels. T. N. Dinning	155
How Much for Jacketed Equipment? Michael M. Kirk	157
Packed-Tower Costs. William F. Wroth	160
Piping, Pumps and Valves. Kenneth M. Guthrie	161
Installed Costs of Outside Piping. D. A. Bosworth	177
Reinforced-Plastic Pipe: A User's Experience. John H. Mallison	179
Chemical Feed Pumps. Michael M. Kirk	185
Low-Temperature Refrigerators: Costs and Operating Power. R. E. Bernert	186
Estimating the Cost of Jacketed, Agitated and Baffled Reactors. George C. Derrick	189
What Do Chemical Reactors Cost in Terms of Volume? T. E. Corrigan, W. E. Lewis, and K. N. McKelvey	190
Comparing Costs of Materials for Cryogenic Vessels	192
4. Buyer/Seller/Contractor Relationships, and the Control of Capital Costs	195
Negotiating with Engineering Contractors. Sidney A. Bresler and Martin J. Hertz	197
For Big Savings—Control Costs While Defining Scope. R. P. Sturgis	209
A Fresh Look at Engineering Construction Contracts. John T. Gallagher	212

Rapid Estimating of Engineering Cost. John T. Gallagher	216
Analyzing "Cost Plus" Engineering Bids. John T. Gallagher	220
A Look at an Engineering Contractor's Overhead Costs. Irwin Bromberg	225
Analyzing Field Construction Costs. John T. Gallagher	226
Purchasing Procedures for Engineers. William J. Davis	232
5. Estimating, Reporting and Control of Manufacturing Costs	235
A Guide to Clearer Cost Estimates. Gerald Teplitzky	237
Sources of Error in Operating-Cost Estimates. Paul R. Walton	240
Estimating Manufacturing Costs for New Processes.	243
Estimate Production Costs Quickly. John W. Hackney	245
Chart Gives Operating Labor for Various Plant Capacities. Francis P. O'Connell	251
Do You Know What You're Getting For Your Repair Dollar? R. J. Stratmeyer	253
How Accounting Helps the Chemical Engineer to Control Product Costs. Edward B. Nitchie	256
Accounting Data and Methods Supply Vital Cost Information. Edward B. Nitchie	263
Modern Accounting Methods Supply Vital Cost Information for Decision Making. Edward B. Nitchie	269
Manufacturing Costs for Batch-Produced Chemicals.	273
Direct Costing Aids in Making Operating Decisions. F. C. Bunk	274
The Learning Curve. Winfred B. Hirschmann	277
6. Techniques for Economic Evaluation and Venture Analysis	283
How to Appraise Capital Investments. John W. Hackney	285
Cost Engineering: The Broader Mission. G. Enyedy	305
Business Potential of R&D Projects. Gerald Teplitzky	307
Using the Profit-and-Loss Statement (to Evaluate R&D Projects). Gerald Teplitzky	316

Economic Evaluation of Research Projects—By Computer.
Robert W. DeCicco 322

Should Your Pet Project Be Built? What Should the Profit
Test Be? John F. Childs 329

Probability Technique Improves Investment Analysis. J. T.
Thorngren 333

Decision-Making Through Opinion Analysis. P. M. Reilly
and H. P. Johri 342

Guidelines for Evaluating New Fields and Products. E. A.
Ransom 350

Guidelines for Estimating Profitability. J. Ross, F. V.
Marsik, F. R. Douglas, and R. L. Wagner 356

Economic Justification for Equipment. David Stuhlberg 362

Use Capital Ratio: Invested Dollars/Sales Dollars.
Lawrence Lynn and R. F. Howland 367

Use Discounted Cash-Flow Method. Herbert E. Kroeger 373

The Role of the Profitability Index in Investment Evaluation.
William D. McEachron 377

Continuous Discounting for Realistic Investment Analysis
(Parts I and II). W. R. Hirschmann and J. R. Brauweiler 381

Which Investment Appraisal Technique Should You Use?
Raymond I. Reul 389

Two New Tools for Project Evaluation. D. H. Allen 395

Estimate Working Capital Needs. L. R. Bechtel 399

Calculating the Calculated Risk. David Stuhlberg 401

7. Economic Evaluation of Business and Technical Alternatives

Broad Alternatives:

Evaluating the Proposed Plant. Robert Frummerman 407

"Design Maintenance" Optimizes On-Stream Time. Peter
B. Alford 412

Design for Expansion (Economic Aspects). James M.
Robertson 417

Economics of Multiple Units. H. A. Quigley 421

Determining Optimum Plant Size. Thomas E. Corrigan and
Michael J. Dean 427

Evaluating Proposed Ventures That Tie In With Existing
Facilities. W. P. Hegarty 432

Evaluating the Incremental Project: An Illustrative Example.
W. P. Hegarty 435

Finding the Best Plant Location. Robert A. Will 439

Narrower Alternatives:

Minimize Batch Equipment Cost. S. E. Ketner 445

Costs of Air vs. Water Cooling. Jackson Clerk 449

Costlier Cooling Towers Require a New Approach to
Water-System Design. P. M. Paige 451

Computers for Engineering Calculations: How Do You
Figure Dollar Benefits? 456

Dollar Incentives for Computer Control. T. Q. Eliot and D. R.
Longmire 458

How to Find Optimum Economic Size for Multistage Heat
Exchangers. H. S. Mickley and E. I. Korchak 464

Selecting Heat-Transfer Media by Cost Comparison.
Stanley Kasper 468

Calculating Minimum-Cost Ion-Exchange Units. D. G.
Downing 472

Optimum Insulation Thickness—By Computer. Wesley J.
Dodge 477

When Should You Lease? Herbert E. Kroeger 481

Economics of Long- vs. Short-Life Materials. J. R. Brauweiler 487

Evaluating Quantity Discounts. George E. Mapstone 489

Investing in Major Spare Parts. H. Elgee 493

When Is Electricity Cheaper Than Steam Tracing? C. H.
Butz 497

8. Selling-Price and Sales-Volume Estimates

Selling Price vs. Raw-Material Cost. E. L. Grumer 503

How to Price New Products. L. Seglin 506

Long-Range Economic Price. Richard T. Cheslow and Alan G. Bates	510
Supply and Demand Curves in Profitability Analysis. Calvin S. Moore	515
Chemical Marketing Research. Robert B. Stobaugh	520
Market Simulation Makes a Science Out of Forecasting. Terry W. Rothermel	527
<i>Author Index</i>	531
<i>Subject Index</i>	533

SYMPOSIUM A -- CONSTRUCTION STATISTICS

A-1	Forecasting Ex-USA Plant Cost Escalation	J. H. Ortego H. C. Nelson	1
A-2	Effects of Inflation on Process Plants	Albert A. Savay	8
A-3	Cost Indexing the Bicentennium	Robert H. Dodds, P.E.	10
A-4	A Dutch Annual Composite Cost Index for Chemical and Similar Plants	J. Korevaar	15
A-5	United Kingdom Construction Cost Indices Formula Price Adjustment for Building	Eric E. N. Fry	23
A-6	Estimation by "INCO" System	Jorge Luis Castillo Tuffino	27
A-7	Cost Indices and Escalation		
	Part 1: Two Component Cost Indices	John Cran	29
	Part 2: Payment of Increased Costs on U.K. Construction Projects by Index Methods	Peter E. Goodacre	34
	Part 3: Statistics Canada - Contractors Selling Price Indexes	C. M. Jones	38
	Part 4: Cost Indices and Escalation - Introduc- tion and Background	Harley C. Nelson	42
	Part 5: A Model for Inflation Forecasting	John C. Wehner John M. Perkins Robert W. Verstrom	43

SYMPOSIUM B -- CAPITAL COST CONTROL

B-1	Capital Budgeting for Construction Vehicles	Julian A. Piekarski	45
B-2	Project Control Through Work Packaging Concepts	Robert L. Elmore, Jr. David C. Sullivan	50
B-3	Business Survival Through Cost Control	Patrick L. Durbin	57
B-4	Capital Estimates and Cost Control For A Long Term Construction Program	A. S. Jarvis	63
B-5	Cost Controlling A North Sea Oil Field Development Project	H. W. Michael	70
B-6	Cost Control in Building Design-Determining the Right Strategy	Peter Brandon	77
B-7	A Systems Approach to Project Management Measurements of Productivity and Cost Control	Howard M. Sanderson	86
B-8	- CPM - A Project Plan for Maximum Control	Thomas W. McKeown Raymond A. Haarstick	86

SYMPOSIUM C - MANAGEMENT SCIENCE

C-1	"Raw Material Assessment - A Case Study"	A. V. Bridgewater 91 J. M. C. Roberts C. Stavridis
C-2	The H-Coal Process an Economic Evaluation	Charles D. Hoertz 97
C-3	Economic Comparison of Synthetic Fuels Gasification and Liquefaction	Sidney Katell 103 L. G. White
C-4	Economics vs. Accounting Approach to Calculation of Equipment Cost	Dr. A. Warzawski 112
C-5	Management: The Other Side of Cost Engineering	Kenneth J. Branch 115
C-6	Risk Analysis	S. S. Deshmukh 118
C-7	Towards an Official AACE Standard Measure of Profitability	Fred R. Douglas 122 William H. Kapfer
C-8	Meaningful Risk Assessment	George T. Kraemer 127
C-9	The Effects of the Fluctuating Currency Rate on an International Project	Parmanand Kumar 133
C-10	The Key Marketing Variables	Henry C. Thorne 138
C-11	The Assignment of Joint and Common Costs	R. H. Wilson 143
C-13	Outlook: U. S. Costs and Prices	Dr. Gerlof Homan 147
C-14	A Methodology for the Economic Analysis of Component Redundancy	Gregory C. Opdycke 152

SYMPOSIUM D - COMPUTER APPLICATIONS

D-1	The Construction Cost Consultant's Dilemma - Large or Small Computers?	Clyde Walker 158
D-2	Energy Saving in Compacting Equipment	Dr. Panagiotis A. Drakatos . . 164
D-3	Using Computers for Construction Cost Estimating	W. Cole Early 170
D-4	Cost and Time Through Historical Models	William R. Orr, P.E. 179
D-5	The Use of Minicomputers in Cost Engineering	Raymond P. Wenig 188
D-6	Economic Modelling of a Gas-Based Petrochemical Complex	Derek Allen 194 Khalid Mahmud
D-7	CIR - Construction Control System	Irwin Bromberg 200
D-8	An Effective Management Information System	Melvin E. Novak 205
D-9	Laboratory Automation - A Key to Profitable Processing	Clifton D. Merkley 210
D-10	Optimization of Low Viscosity Fluid Systems	Roberto Andrade Cruz 217 Nora Luz Flores De Garcia Leonardo Gutierrez Zapata

SYMPOSIUM D (CONTINUED)

D-11	Increasing the Productivity of System End-Users	Paul J. Brady 228
D-12	Computerized Cost Estimating	William R. Barry 230
D-13	Computer-Aided Approach to Structures Cost Estimating	D.J. Le Blanc 235 J. A. Lorenzana
D-14	Protecting Computerized Estimates	Gui Ponce-Campos 241 Joseph J. Angelcor

SYMPOSIUM E - CONSTRUCTION COST MANAGEMENT

E-1	Power Industry Management in Energy, Dollar, Schedule Crisis	R. Winston Gardner 246 William C. Drotleff
E-2	Organization and Staffing for Project Management	Hugh S. Watson 250
E-3	Nuclear Power Plant Cost Reporting System	Dwight A. Zink 255 Peter J. Schapps
E-4	The Accountant's Role in Project Management	G. Arnold Fry 261
E-5	A Project Status Report for Management Control	Gerald W. Seitz 266
E-7	Cost Management Techniques for Construction Projects	Kenneth M. Guthrie 270
E-8	Managing for Project Control and Profitability	Alfred L. Dellon 277

SYMPOSIUM F - CONSTRUCTION RESEARCH

F-1	Problems in Construction Needing Research Part 1: Introduction and Background Part 2: Needs and Trends from the Contractor's Perspective	Boyd C. Paulson, Jr. 285 Chandra K. Jha
-----	--	--

SYMPOSIUM G - PLANNING

G-1	Project Management - Planning and Scheduling System	Gerald W. Duray 291
G-2	Pre-Op Test Planning - A Better Way	G. G. Tremba 294

SYMPOSIUM G (CONTINUED)

G-3	A Systems Approach to Long-Range Planning	Dikshit Sharad	301
G-4	Nuclear Power Plants: What it Takes to Get Them Built	Ramesh N. Budwani	311
G-5	Project Management with Scheduling	Daniel P. Elliott	318
G-6	Long Range Planning Concepts and Applications	Luis Rebollar Corona	322
G-7	Owner Approach to Planning and Scheduling	J. A. Bent J. W. Hackney	324
G-8	The Project Schedule - The Key to Project Communication	James M. Colvin Larkin B. Breed	331

SYMPOSIUM H -- PRODUCTIVITY

H-1	Productivity in Power Plant Construction	Marjatta Strandell	334
-----	--	----------------------------	-----

SYMPOSIUM I - CAPITAL COST ESTIMATING

I-1	Development Profile of Cost Estimating Procedure as Applied to Construction and Erection of Industrial Projects in the Philippines	Dalmacio C. Fortuna	338
I-2	Discussion of Estimating Methods	M. Rosenthal E. O. Green	343
I-3	Economical Systems for Computerized Controls	Arthur L. Nilsen	349
I-4	Good Cost Estimating: More Important than Ever	Robert H. Kirschke, P.E. Kartar Singh, P.E. Chin Chen, Ph.D., P.E.	354
I-5	Analysis of the Indirect Costs of Project Capital Investment Cost Estimates	Selden H. Harlow C. Thomas McCreedy	361
I-6	Range Estimating Coping with Uncertainty	Michael W. Curran	366
I-7	Improved Factor Estimating with Quantity and Manhour Ratios	Bauke Groen Kioe D. Tan	373
I-8	Preliminary Estimates of Process Plant Investments Can be Realistic	Gustav Enyedy, Jr. . . .	380

SYMPOSIUM J - ENVIRONMENTAL COSTS

J-1	Environmental Corrosion - Prediction and Cost	T. R. Shaw 387
J-2	Environmental Cost in Building Nuclear Power Plants	F. L. Pfischner, Jr. . 391 Dr. S. T. Su
J-3	Investment Cost Estimation for Environmental Impact Analysis	C. Leon Parker 397
J-4	Estimating National Costs Associated with Public Law 92-500 The Federal Water Pollution Control Act Amendments of 1972	Michael D. Giggey . . . 402 Stanley D. Elkerton

SYMPOSIUM K - ENGINEERING IN EUROPE

K-1	Engineering as a Function in the Design and Construction of Chemical Plants	H. Bootsma 408
-----	---	--------------------------

SYMPOSIUM L - MAINTENANCE/OPERATING COSTS

L-1	Profit Motivation Using Plant Operating Costs	W. W. Twaddle 416 P. D. Laue R. K. Jurvich
L-2	Budgeting Schools, Colleges and University Maintenance and Operating Costs	John C. Gardner . . . 421

SYMPOSIUM M - CONTRACTS

M-2	Doing Business in Brazil	A. J. MacKellar 424
M-3	A Bidding Strategy for Competitively Bid Construction Contracts	Dr. Brisbane H. Brown, Jr. . . . 429
M-4	Target Contracts for Large Power Plant Projects - A Client's View -	David G. Areghini . . . 432 J. Roger Ubaudi

SYMPOSIUM N - CONTINUING EDUCATION

N-1 Cost Engineering Education - One Approach

Carl Wolf 437
John Ciborski

SYMPOSIUM R - _____

R-2 Cost Systems: , Problems (and Some Solutions)

Paul M. Teicholz 440

1975 TECHNICAL PROGRAM

ANNUAL MEETING - AMERICAN ASSOCIATION OF COST ENGINEERS

SYMPOSIUM A - CAPITAL COST ESTIMATING

KEYNOTE ADDRESS

Where Does The AACE Certification Program Stand Today?	Robert E. Templeton----- 1
A-2 "Flame" Factored Labor and Material Estimates	Lawrence J. Bloch----- 7
A-3 Electronic Aids to Estimating	Edward L. Betz-----13
A-4 Cost Estimating For International Owner Companies	Wesley J. Dodge-----21
A-5 Estimating Project Costs in A Rapidly Expanding Economy	W. Phillip Laughlin-----24
A-6 Challenges and Pitfalls Of Conceptual Estimating	Maureen C. Cronin-----30
A-7 Construction Specifications - Their Impact on Construction Cost	William T. Trotter-----34
A-8 Cost Engineering Study of Step-Up Transformer Spare Capacity	Robert H. Kirschke Kartar Singh Chin Chen-----37
A-9 Impact of Construction Estimating on Various Financing Approaches	J. H. Mandel-----44

SYMPOSIUM B - CAPITAL COST CONTROL

B-1 Cost Control . . . Where It's At!	William G. Fischer J. W. Hackney-----46
B-2 Reporting Results A Review of Capital Expenditure Control	Julian A. Piekarski-----53
B-3 A Cost Study of Industrialized Buildings in an Industrial Plant	Charles Poulton-----58
B-4 International Cost Engineering	Anghel Patrascu-----67
B-5 Procurement Control System for Major Construction Projects	Kenneth A. Goff-----70
B-7 The Cost of Delay in Construction	Daniel M. Uman-----77
B-8 Project Cost Control Systems and Their Speed of Response, In The Context of Capital Investment	Ernest A. Stallworthy----80
B-9 Cost Systems For Multi-Currency Projects	John F. Bailey-----89
B-10 What Is This Thing Called % Complete - How To Put It To Good Use	Hami Kiliç Aslan Solu, P.E.-----94

SYMPOSIUM C - MANAGEMENT SCIENCE

C-1 Generalized Profitability and Sensitivity Analysis	Ivan V. Klumpar J. C. Agarwal-----99
C-2 Financial Crisis and The Cost Engineer	Bert J. Blewitt-----103

C-3	Profitability - An Evasive Concept	F. C. Jelen-----	106
C-4	Economic Concentration Trend in the Engineering-Construction Industry	John T. Gallagher-----	111
C-5	Human Relations in Cost Engineering	C. R. Hirt-----	116
C-6	Desalting - An Update	Kenneth G. Barnhill-----	117
C-7	Evaluation Criteria for Parallel Research Projects	Donald L. Brandt George E. Jones, Jr.-----	121
C-8	New Considerations in Capital Investment Evaluations For U.S. Firms	Carl Wolf-----	123
C-9	Cost Engineering in Business Management	Peter G. Zona-----	126
C-10	Multi-Project Resource Allocation: A Regional Economist's View	Dr. Foster M. Burton ----	129
C-11	Acquisitions For Profit and Growth	Parmanand Kumar-----	134

SYMPOSIUM D - COMPUTER APPLICATIONS

D-1	FDQ\$ Price and Delivery Quoting Service For CPI Equipment	Gustav Enyedy, Jr.-----	139
D-2	Cost Management In a New Economic Environment	Kenneth M. Guthrie-----	144
D-3	A Second Generation Management Information and Control System For Engineering and Construction of Public Buildings in Puerto Rico	Alfred L. Dellon-----	153
D-4	Project-Cash Flow Forecasting	Dwight A. Zink-----	159
D-5	Integrated Scheduling System - An Approach	Joseph R. Lorenzo Dikshit Sharad-----	164
D-6	Uniform System for Computerized Cost Estimating	Ganesh H. Patel-----	177
D-7	Integrating Construction Management	Martin Soniker-----	182
D-8	Problems In The Implementation of Scheduling Systems	Dr. Gui Ponce-Campos----	187

SYMPOSIUM E - EDUCATION, CERTIFICATION, COMMUNICATION

E-1	Training the Chemical Engineer For Cost Management	James H. Black-----	192
E-2	Continuing Education In Engineering	Kenneth K. Humphreys----	196
E-3	Certification and Licensing of Construction Estimators	Richard M. Green-----	200

E-4	Better Cost Reports Through Graphic Presentation	Kurt Heinze-----202
E-5	Understanding Building Contractor's Claims for Extras	Jerome Reiss-----207
E-6	Cost Engineering Education In North America	H. N. Ahuja-----212

SYMPOSIUM F - CONSTRUCTION COST MANAGEMENT

F-1	Merit Shop Construction - A Client's Viewpoint	S. E. Cartwright-----215
F-2	Construction Management On Private Building Projects	Robert B. Hemphill-----217
F-3	Construction Evaluation In Architects Offices	Hubert O. Schmidt-----223
F-4	Construction Management: 1977	Edward R. Kessler-----229
F-5	Construction Cost Control For Power Plants	O. Mendel A. J. Bevacqua-----234
F-6	Mastercost - A Construction Cost Control System Proposed By The American Institute of Architects	Herbert K. Enzmann-----240
F-7	Implementation Of A New Construction Scheduling and Cost Control System In A Major Electric Utility	James L. McAnally-----245
F-8	Construction Costs In Our Environment	William B. Orr, P.E.----248
F-9	Early Estimating And A Systems Approach In The Construction Management Process	Oliver D. Filley-----252
F-10	Construction Cost Management, Communication Is The Key	J. R. Grizzle-----257
F-11	Educating Construction Cost Managers	Donald L. Marshall-----261

SYMPOSIUM G - COST INFORMATION

G-2	Has Anyone Seen A Building Lately?	Glen A. Holtquist-----263
G-3	Retrieving Cost Information From Computerized Data Banks	Dr. Aaron Rose-----264
G-4	KSC Cost Index For Construction Management	Joseph A. Brown-----267
G-5	The Impact of Inflation On Cost Engineering Activities	Ernest H. Weinwurm-----271

SYMPOSIUM H - PRODUCTIVITY/ESCALATION

H-1	Extended Overtime And Construction Productivity	John Smith-----276
H-2	Escalating Costs of Process Plant Construction	Curtis M. Sides D. Keith Dodson-----283

H-3	Price Forecasting With Inflation & Learning	D. R. Tacke H. C. Thorne-----	287
H-4	Escalation, Its Forms And Applications	Elsie Eaves-----	288
H-5	Dealing With Inflation From Marketing Through Project Justification	David S. Bettinger, P.E.	292
H-6	Forecasting Capital Project Escalation In The Chemical Industry	David W. Caldwell-----	298
H-7	Factors Affecting Productivity	Leon Morrison-----	304

SYMPOSIUM J - OPERATING/MANUFACTURING COSTS

J-1	Estimation of Industrial Chemical Plant Startup Costs	George C. Derrick Walter L. Sutor-----	308
J-2	Confidence Limits on Startup Costs	Thomas G. Ray, Ph.D.----	316
J-3	Cost Reduction By Customizing Machines For Assembly Operations	H. Jack Behrens-----	319
J-4	Investment Recovery From Surplus Equipment	Ingram C. Myers, Jr.----	323
J-5	Trash To Treasure	William R. Park Sue Chapin Park-----	325
J-7	A Performance And Cost Model For Underground Drilling And Blasting	Guy A. Johnson-----	327

SYMPOSIUM K - ENERGY

K-1	Our Energy Needs And Our Potential Supply Base	Sidney Katell -----	338
K-2	Petrochemical Hydrocarbon Demand	Thomas C. Ponder-----	344
K-3	Energy-Utility Relationships In A Changing World	H. Carl Bauman-----	347
K-4	Pyritic Sulfur Removal From Coal	Edward F. Hensley-----	352
K-5	The Economics of Hydrogen Manufacturing	Ronald J. Riley-----	357

1974 TECHNICAL PROGRAM

ANNUAL MEETING - AMERICAN ASSOCIATION OF COST ENGINEERS

SYMPOSIUM A - CAPITAL COST ESTIMATING

A-1	An Interim System For Use During the Industry's Transition from Manual to Machine Prepared Cost Estimates	William F. Borneman -----	1
A-2	How To Sharpen Your Bidding	Joseph A. Brown -----	4
A-3	Methods of Estimating Long Term Personnel Deployment Costs	Jeffrey R. Israel -----	9
A-4	Recipe for Good Estimating - It Works!	Albert B. Lorenzoni -----	13
A-5	An Estimate, An Owner's Point of View	Alan S. Mendelssohn Richard A. Mazzini -----	17
A-6	Computerized Piping Estimation	Gerald F. Myers -----	20
A-7	Integrated Cost Engineering	Anghel Patrascu -----	25
	Technical Forum A	Lawrence J. Bloch	

SYMPOSIUM B - CAPITAL COST CONTROL

B-1	Maximum Profit Through Integrated Project Control	Gerhard L. Hollander -----	30
B-2	Interrelating Project Estimates to CPM Schedules	Albert A. Badger, Jr. -----	38
B-3	Approaches to Planning and Scheduling a Project	Ed Juracek -----	43
B-4	A New Approach to Cost Reporting: The Computerized Two Dimensional Cost Report	Socrates M. Kiritsis -----	46
B-5	Where It's At - The Field Cost Engineer	Don W. Kurth ----- Presented by D. Bruce Bigelow	54
B-6	Engineer-Constructor and Client Tools for Cost and Schedule Control	Trent O. Meacham Richard L. Patterson -----	57
B-7	Judgment with Precision for Better Cost Management	William R. Orr -----	64
B-8	Managerial Attention to Cost and Schedule	John W. Strach -----	71
	Technical Forum B	Frank P. Lanza	

SYMPOSIUM C - CONSTRUCTION COST MANAGEMENT

C-1	Can We Really Control Multi-Million Projects?	Joseph R. Lorenzo D. Sharad -----	74
C-2	An Owner's Approach to A Planned Project Information System	Robert B. McKnight -----	84
C-3	Construction Cost Management: An Opinionated Science	Richard P. Vanden Bosche -----	90
C-4	Construction Management - Who, What, Where and How Much Does It Cost	R. A. Porter -----	104
C-5	Construction Costs in the Health Care Industries	Joseph Alcabas -----	107
C-6	Construction Project Management: State of the Art	Richard P. Vanden Bosche David Rosoff -----	115
C-7	Engineering Contractor's Role in Developing Economical Solutions to Pollution Problems	Robert E. Templeton -----	119
C-8	Construction Cost Engineering	Leo R. Chaiko -----	126
C-9	The Owner as a Project Manager	D. Haeney B. Fletcher -----	131
	Technical Forum C	Richard P. Vanden Bosche	

SYMPOSIUM D - COMPUTER APPLICATIONS

D-1	The Use of Computers in Construction Cost Estimating	Oliver D. Filley -----	136
D-2	Computerized Cost Engineering in the Process Industries	Gustav Enyedy, Jr. -----	141
D-3	The Use and Advantages of Conversational Computer Programs for the Estimation of Plant Equipment Costs	Edward B. Wist -----	151
D-4	Computer-Aided Design and Cost Estimating of Municipal Wastewater Treatment Facilities	Herbert G. Blecker Harvey S. Epstein -----	156
	Technical Forum D	G. Patel	

SYMPOSIUM E - OPERATING AND MANUFACTURING COSTS

E-1	The Use of the Learning Curve	Jack H. Chelley -----	163
E-2	Estimation of Industrial Chemical Plant Startup Costs	George C. Derrick -----	169
E-3	Operating and Capital Costs of Producing Fired Structural Products from Waste Coal Ash	Kenneth K. Humphreys -----	176
E-4	Oil Shale - A Clean Energy Source	Sidney Katell Reid Stone Paul Wellman -----	182
E-5	Comparative Costs of Painting Steel	Ludwig Adams -----	191
	Technical Forum E	George C. Derrick	

SYMPOSIUM F - CONSTRUCTION STATISTICS

F-1	Construction Statistics: Appraising our Progress in Matching Needs with Deeds	Aaron Sabghir -----	197
F-2	Means of Combating Escalation and Inflation in Field Construction	Kathryn E. Schneider -----	202
	Technical Forum F	Gene T. Gin	

SYMPOSIUM G - PRODUCTIVITY

G-1	The Role of the Evaluation Group in the Corporate Structure	Julian A. Piekarski -----	207
G-2	An Approach to Determining the Degree of Construction Technology Utilization	David Rosoff P. B. Back -----	212
G-3	Risk Analysis for Capital Projects Using Risk Elements	Sam L. Shafer -----	218
G-4	Productivity in Construction - With Relation to Union and Nonunion Operation	John P. Trimmer -----	224
G-5	Productivity Aspects of Capital Cost Estimating	John W. Mackney -----	229
G-6	Measurement of Physical Accomplishments: An Approach	D. Sharad -----	235
	Technical Forum G	A. L. West	

SYMPOSIUM H - CONTINUING EDUCATION

H-1	Cost Engineering Training	Kenneth T. Lubeck -----	250
H-2	Cost Engineering Practice: A Survey Report and Recommendations for Improving Its Effectiveness in Engineering Organizations	Professor Carl Wolf -----	253
H-3	Cost Interpretation of Contractual Terms	Nathan M. Viswanathan -----	260
	Technical Forum H	Dr. Frederic C. Jelen	

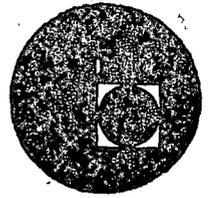
SYMPOSIUM J - MANAGEMENT SCIENCE

J-1	Cash Flow Analysis	Dr. Ivan V. Klumpar -----	263
J-2	Joint Treatment of Acid Mine Drainage and Domestic Sewage	Dr. William A. Sack Thomas A. Hellinski Randall Drazba -----	270
J-3	Project Cost Evaluation Using Probability Concepts	Kenneth A. Smith Robert L. Thoem -----	275
J-4	Acquisitions and Joint Ventures	H. C. Thorne R. O. Carlson -----	280
J-5	Regression Analysis - Its Application and its Acceptance	Professor Laurent E. Villeneuve -----	288
J-6	Psychology and the Cost Engineer	Bruce H. Pickover -----	293
	Technical Forum J	Dr. Ivan V. Klumpar	

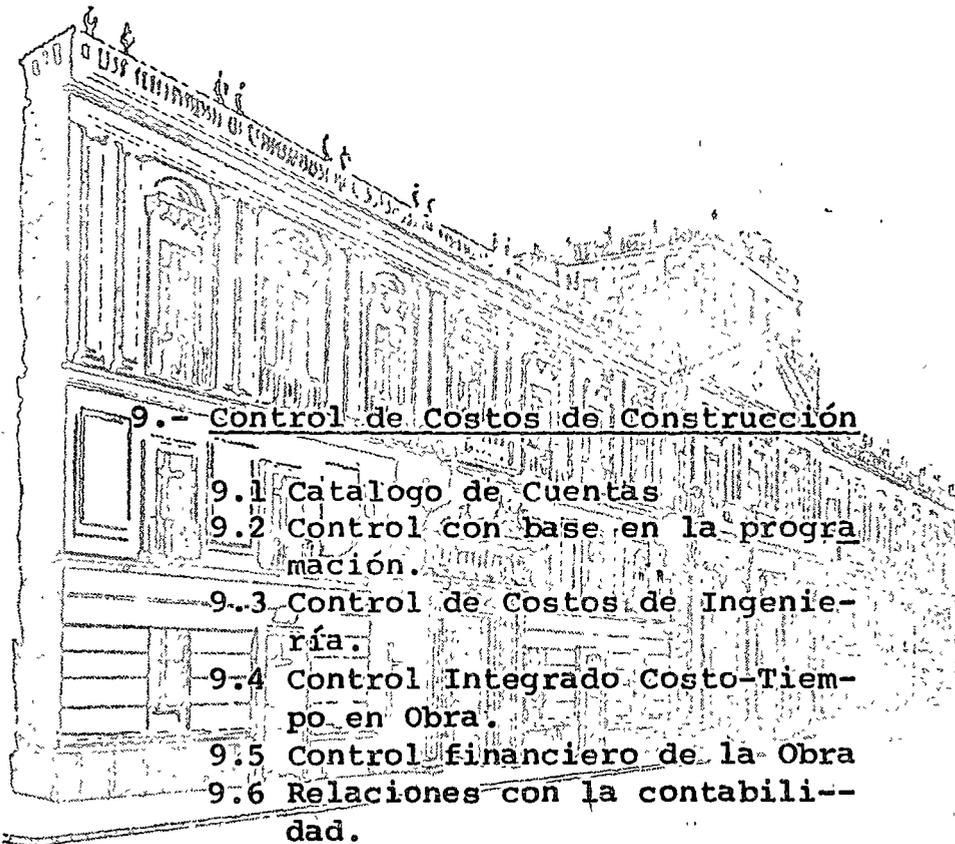




centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



CURSO DE ESTIMACION Y CONTROL DE COSTOS



9.- Control de Costos de Construcción

- 9.1 Catálogo de Cuentas
- 9.2 Control con base en la programación.
- 9.3 Control de Costos de Ingeniería.
- 9.4 Control Integrado Costo-Tiempo en Obra.
- 9.5 Control financiero de la Obra
- 9.6 Relaciones con la contabilidad.

ING. JUAN MORALES VERA

Handwritten text at the top of the page, including a date and a signature, with a circular stamp to the right.



9.- Control de Costos de Construcción

A.- INTRODUCCION

Todos los proyectos consumen importantes recursos y por lo tanto están sujetos a controles y limitaciones estrictas.

Estos se establecen en los elementos tales como equipo y rentabilidad y se aplican durante la vida productiva de la instalación esto es durante las fases de diseño, construcción, operación y mantenimiento.

Se han desarrollado muchos métodos para las funciones de Control de Costos de Construcción. Trataremos de sintetizar estas experiencias en una filosofía generalizada que puede implantarse al principio del proyecto y extenderse sobre la misma base, a lo largo del desarrollo de una instalación o construcción Industrial.

Se incluyen los datos para facilitar un mejor entendimiento de estas técnicas, que deben aplicarse inmediatamente después de la aprobación del proyecto.

9.1 Catálogo de Cuentas o Códigos de Costo.- Es un sistema simbólico generalmente numérico o alfanumérico, que permite identificar lógicamente y uniformemente todos los conceptos; el código de costo es la base de todo el control de recursos y consiste esencialmente en una lista de cuentas a las que se cargan los consumos de recursos y gastos de costo durante el diseño, la -

construcción u operación de las instalaciones de la planta. Se debe establecer un presupuesto para cada cuenta del código.

La estructura de un código de costos se basa en niveles de detalle como se muestra a manera de Ejemplo en los diagramas siguientes:

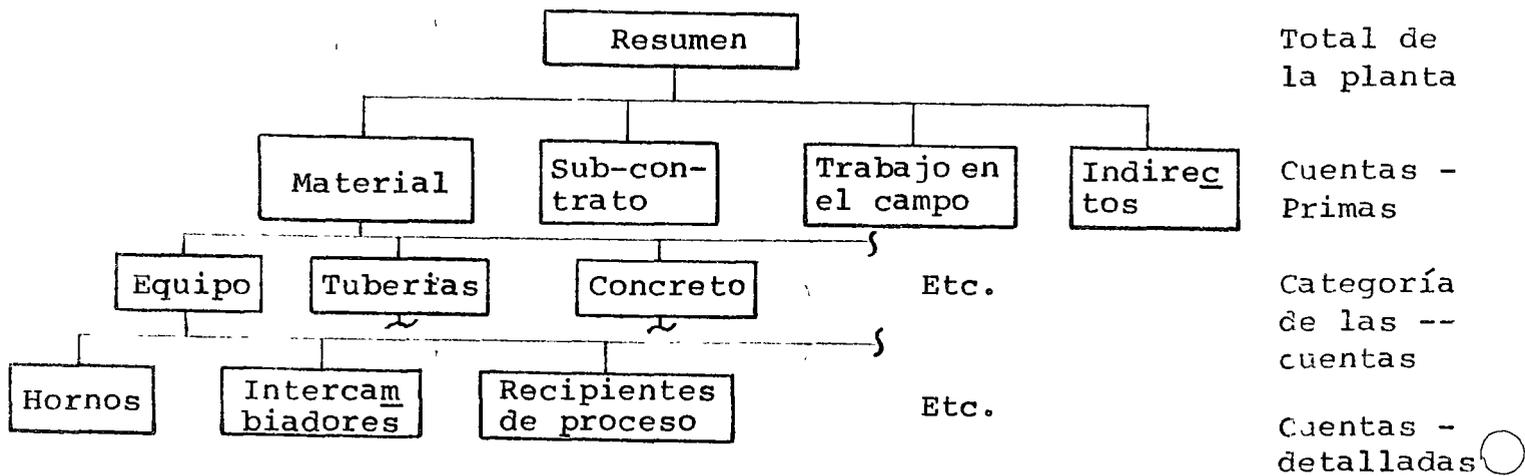


Figura # 1

La identificación del código de costos usualmente se hace por secuencia numérica la cual representa el número de contrato o de trabajo del contratista, el área o la localización, las cuentas primas y las cuentas de detalle y de subcontrato, según se muestra a continuación:

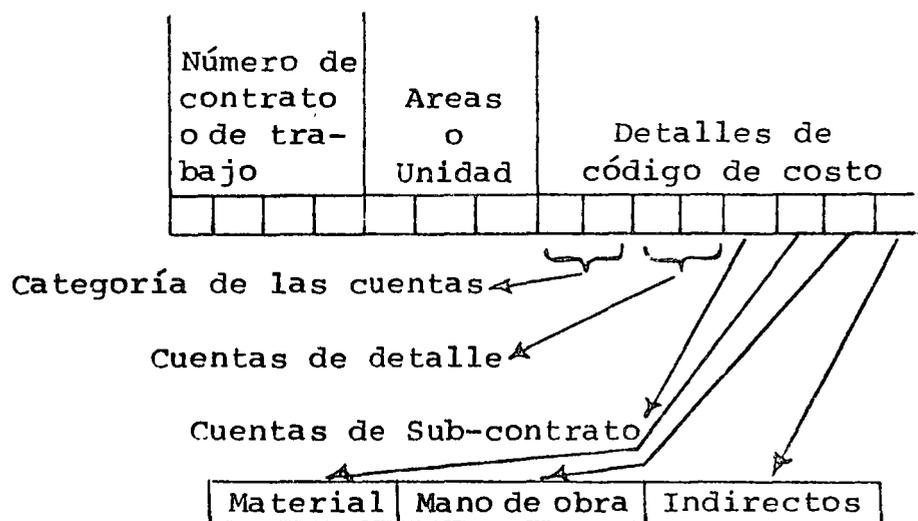
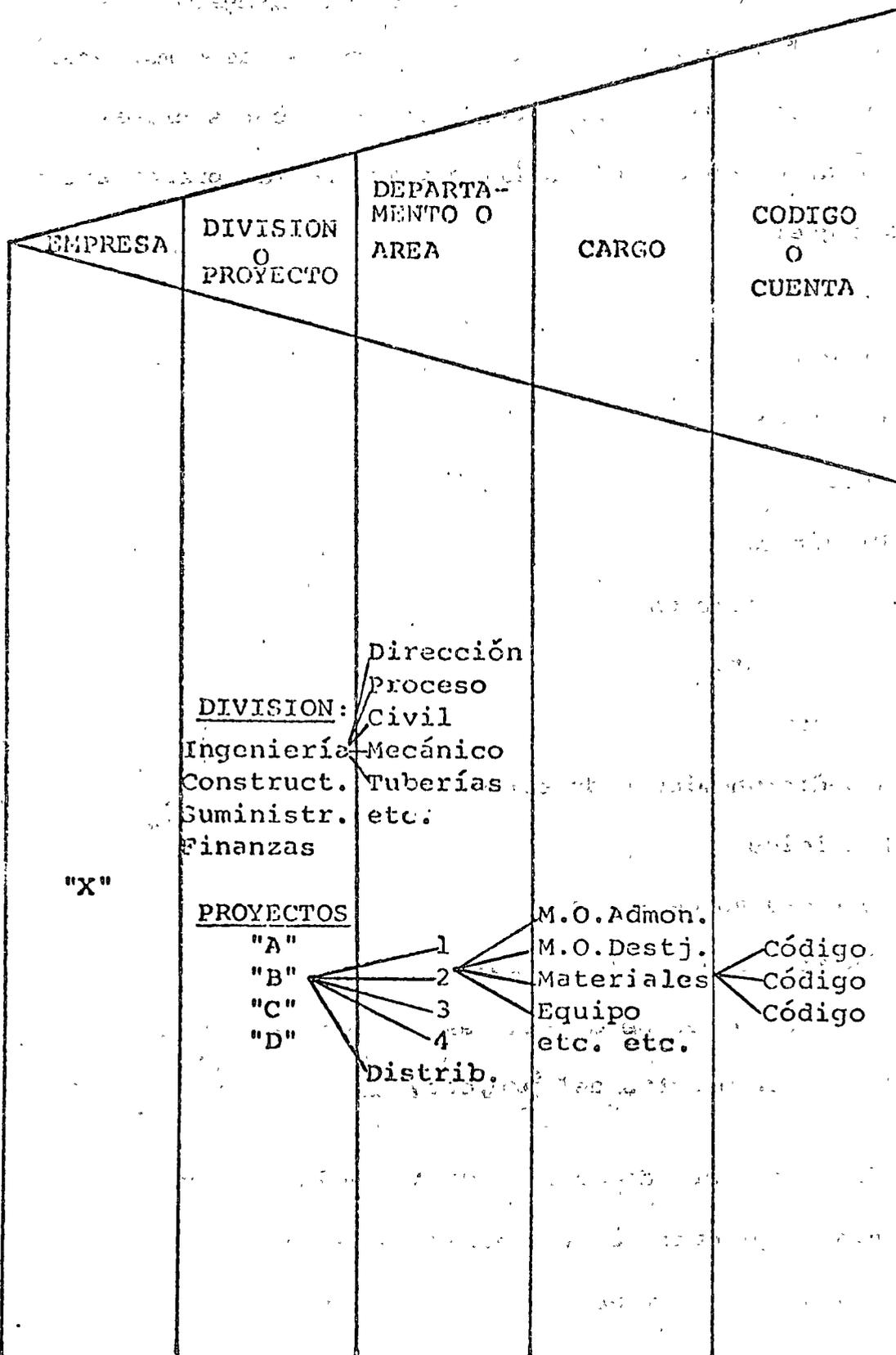


Figura # 2



TEORIA DEL ABANICO

Figura # 3

IDENTIFICACION TIPICA DE CUENTAS DE COSTOS

Una vez establecido el código de costo, se debe mantener a lo largo de la vida del proyecto. Algunas cuentas primas típicas para plantas de proceso químico y refinerías pueden arreglarse como sigue:

- 01 Equipo
- 02 Tuberías
- 03 Concreto
- 04 Acero
- 05 Eléctrica
- 06 Instrumentación
- 07 Aislamiento
- 08 Pintura
- 09 Acondicionamiento de sitio
- 10 Edificios
- 11 Estructuras de acero
- 12 Instalaciones de servicios

El siguiente nivel de detalle está a discreción del usuario o de los requerimientos del proyecto.

Un Código de costo de construcción puede ser numérico y debe ser, sin complicaciones y diseñado para aplicarse a todos los tipos de proyectos manejados por cada organización.

Puede contemplarse también como base para estructuras de costo y aplicaciones de computadora.

Se puede decir que las características básicas son:

- a.- Flexibilidad.- Para permitir unir o separar los conceptos que forman cada una de las partes fundamentales que integran los costos del Proyecto.
- b.- Contemplar una sola forma para clasificar un concepto.
- c.- Contemplar las políticas de la Empresa.
- d.- Ser claro, objetivo y de fácil comprensión.
- e.- Tener un instructivo que regule su aplicación y cambios.

EN RESUMEN, la idea que debe prevalecer en el estudio de un catálogo de Cuentas, es la Simplificación del mismo sin perder de vista los objetivos básicos requeridos para su desarrollo - efectivo, así como la facilidad de usarlo totalmente manual, - manual con asistencia mecanizada o totalmente mecanizado, en - todas las etapas de un proyecto y operaciones de una empresa y es decir en la planeación, organización, desarrollo y control, aunado a ello el registro ordenado y lógico que permita el establecimiento de estadísticas confiables, aplicables a futuras labores y proyectos de la Empresa.

9.2 Control con Base en la Programación

Los sistemas de programación de ruta crítica, han estado vigentes desde 1958 cuando se desarrolló el sistema PERT (PROGRAM EVALUATION & REVIEW TECHNIQUE) por la Cía de Consultores Administrativos BOOZ, ALLEN Y HAMILTON para la marina de los Estados Unidos, utilizándose por vez primera en el proyecto Polaris.

El método de C.P.M. (CRITICAL PATH METHOD) desarrollado también en 1958 por Kelly y Walker para Dupont y Remington Rand. ambos se utilizan para planeación y Control de Proyectos.

Estos programas son conocidos como "Programas de Ruta Crítica" y han evolucionado hasta convertirse en sistemas completos de información, tal es el caso de las técnicas recientes de Redes de precedencias, redes multi-integradas, asignación de recursos, etc.

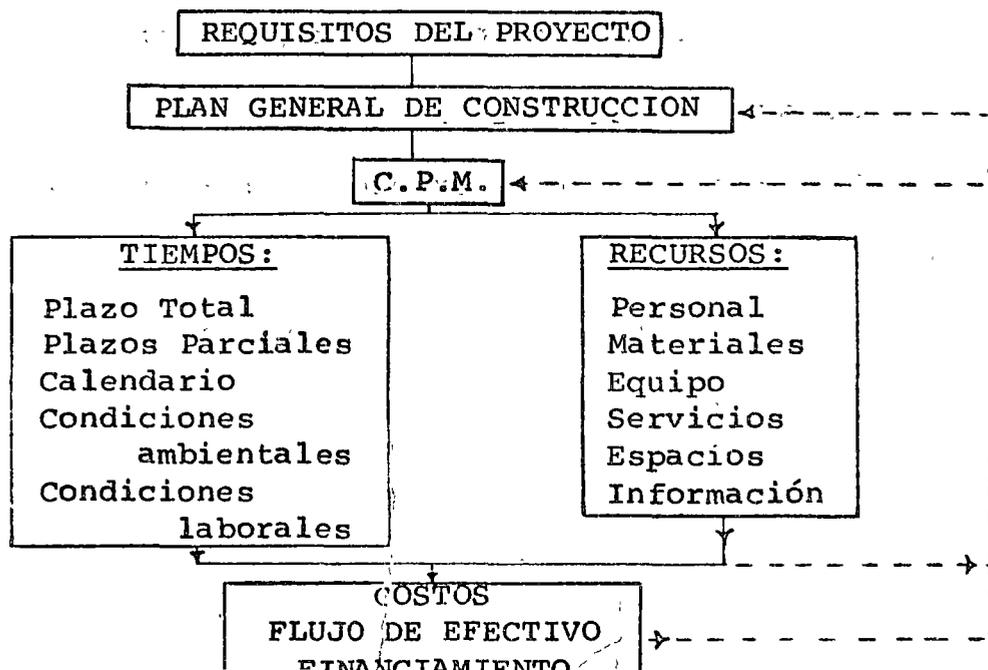
No obstante es conveniente aclarar que a pesar del uso generalizado, el rango de utilización exitoso de los sistemas de programación, no ha alcanzado un crecimiento equiparable. Una encuesta reciente de "Engineering News Record" sobre mas de 400 firmas efectuada por E.W. Davis, de Harvard. concluye -- que solo el 13% de 113 firmas contestantes, usan activamente los métodos de ruta crítica y sus sistemas, considerando sus resultados como muy satisfactorios.

Refiriendonos particularmente al método de C.P.M. es frecuente considerarlo como un método de programación más que como un sistema de control. Su aplicación se ha orientado en la mayor parte de los casos a la programación de tiempos de ejecución únicamente desaprovechando así su potencial como herramienta de programación y control general de un proyecto.

En realidad el C.P.M. es un sistema procesador de información, con diferentes niveles de aplicación, ya que separa las funciones de planeación de la programación, entendiéndose por planeación el determinar que actividades se van a efectuar y que orden de ejecución deben tener y por programación el acto de trasladar el plan a una tabla de recursos.

A su vez relaciona directamente tiempo y costo, esto es que los tiempos de una actividad, pueden acortarse por medio de un aumento en el costo mínimo de esa actividad.

En la figura 4 se indica esquemáticamente el control de la Obra por C.P.M.



Se pueden resumir como ventajas del C.P.M. las siguientes:

- 1.- Proporciona la disciplina base para la planeación del --
Proyecto.
- 2.- Refina y entera al usuario de los problemas involucrados
y su importancia relativa en el total del proyecto.
- 3.- Suministra un medio para valorizar las alternativas o es
trategias a desarrollar.
- 4.- Incrementa la coordinación del trabajo.
- 5.- Identifica los puntos clave del proyecto por adelantado
y formaliza y define responsabilidades.
- 6.- Hace posible la "Dirección por Excepción" llamando la --
atención del ejecutivo a aquellas actividades que son o
que presentan tendencias a estar en dificultades, en vez
de atender actividades que están progresando satisfacto-
riamente y no necesitan atención.
- 7.- Proporciona valores cuantitativos del "Tiempo Flotante"
de cada actividad.
- 8.- Suministra información sobre el tiempo óptimo del proyect
o y de cada actividad.
- 9.- Establece una base de comunicación entre las Gerencias y
las operaciones de campo.
- 10.- Es un medio efectivo de entrenamiento de personal en la
técnica de manejo de proyectos.
- 11.- Se obtiene una valiosa retroalimentación para futuros --
proyectos con el record del desarrollo real.

FUNCIONAMIENTO DEL C.P.M.

El C.P.M. es aplicable a todo tipo de Proyectos, entendiéndose se por Proyecto el conjunto de actividades dirigidas a la consecución de un objetivo único. Un Proyecto comprende una acción futura y todos los actos involucrados en obtener el fin fijado.

Cada Proyecto tiene una estructura propia, debido a las dependencias y circunstancias esenciales de las actividades individuales requeridas para su terminación. Cualquier plan para la ejecución de un proyecto debe tomar en cuenta esas dependencias.

Para tener la mejor programación para cualquier situación, tres elementos deben tomarse en consideración: 1) Equipo y Mano de Obra, 2) Tiempo, y 3) Dinero.

En estas condiciones el C.P.M. perfila la conveniencia de: Planear primero y Programar después, dejándolo solo a la programación el aspecto cuantitativo.

En otras palabras: La estructura de un Proyecto tiene que ser definida antes de atacar el problema de su programación. Así queda definida la primera regla del C.P.M. en que la Planeación y la Programación son dos operaciones distintas y separadas.

PLANEACION

La planeación de un proyecto consiste sencillamente en:

La determinación de las actividades que lo forman.

Su secuencia lógica.

y sus interrelaciones.

Descompuesto el Proyecto en tantas actividades como se juzgue necesario, se debe determinar el grado de interdependencia y la extensión en que algunos trabajos posiblemente puedan llevarse a cabo paralelamente, ó sea, debemos saber para cada actividad que trabajos debemos tener necesariamente concluídos para iniciarla, cuáles podemos a su vez iniciar, --- cuando hayamos terminado y que actividades pueden hacerse en forma simultánea.

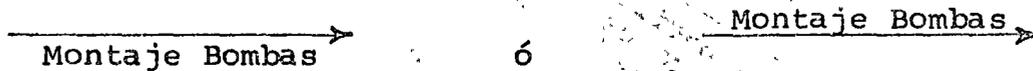
La gráfica mejor adaptada para la representación de la planeación de un proyecto es un diagrama de red.

Para la elaboración del diagrama de red, o diagrama de flechas, hay necesidad de representar gráficamente las actividades que constituyen el proyecto y la secuencia de cada una de ellas.

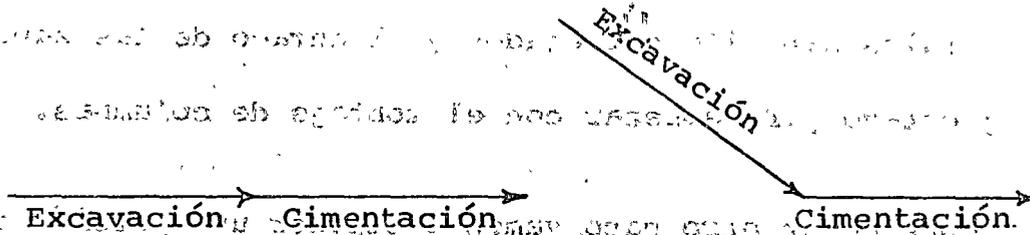
Una "actividad" se representa por una flecha cuyo sentido indica la trayectoria de su desarrollo. El principio de la flecha nos marca la iniciación de la actividad y su punta la ter

minación. Las flechas no representan ninguna magnitud, ni es calar ni vectorial, y pueden dibujarse curvas o quebradas, ascendiendo o descendiendo según lo requiera su ubicación y secuencia gráfica en el plano. Ejemplos:

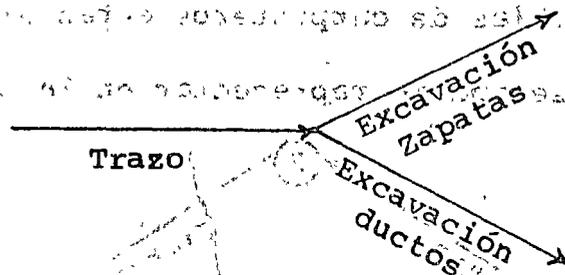
- 1) La descripción de la actividad se escribe arriba o abajo de la flecha brevemente.



- 2) La secuencia entre un trabajo que precede a otro, se arregla poniendo una flecha atrás de otra.



- 3) Dos ó más actividades pueden iniciarse simultáneamente e independientemente una de las otras.

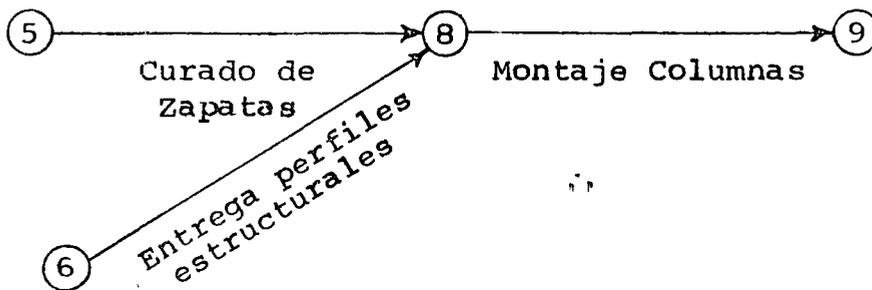


La unión de actividades es llamada "EVENTO" y es usualmente numerado por referencia y para propósitos de cálculo. El "EVENTO" queda definido como "Un lapso de tiempo en el pro-

greso del proyecto". Los "EVENTOS" son los distintos puntos de referencia para reportar el progreso del proyecto.

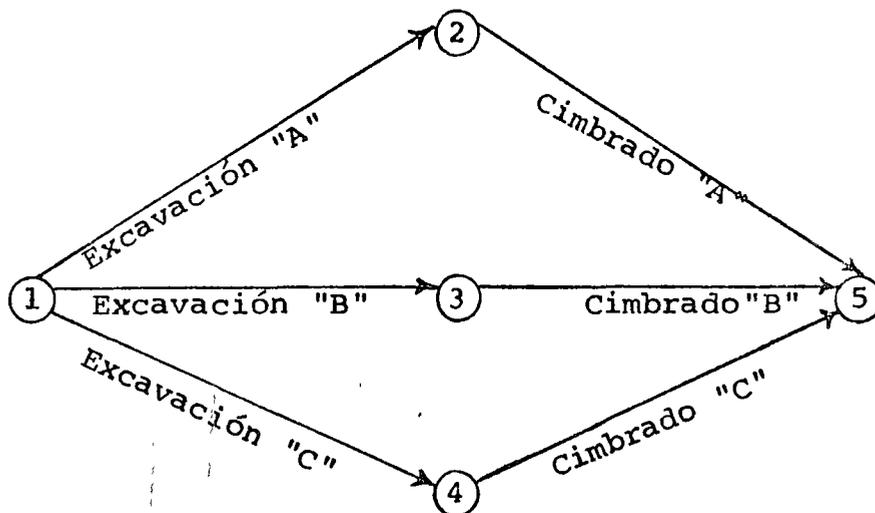
Se dice que un "EVENTO" está ocurriendo cuando todas las actividades que terminan en su nodo están terminadas.

Ejemplos:



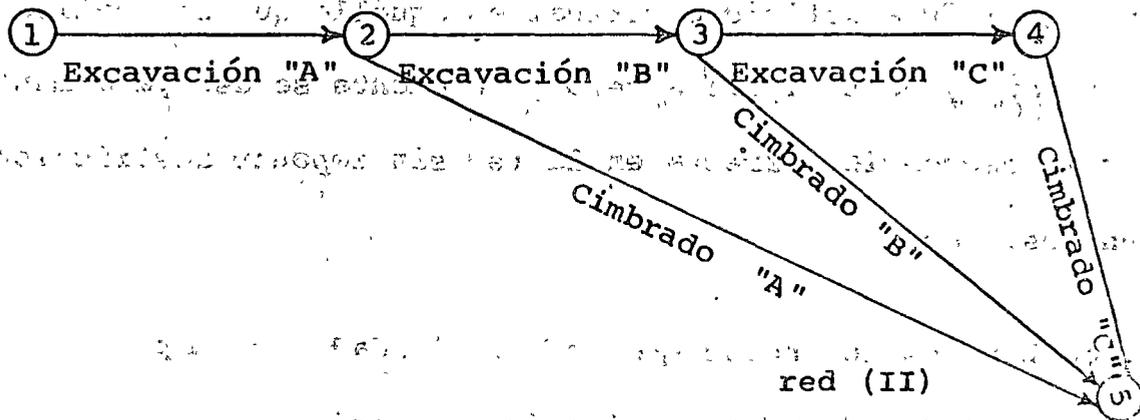
Se dice que el evento 8 ocurre sólo cuando los perfiles estructurales han sido entregados y el curado de las zapatas se ha ejecutado para empezar con el montaje de columnas.

Para considerar otro caso vamos a suponer una porción de un proyecto que involucra excavaciones y cimbrado de zapatas en tres áreas diferentes. Si las tres cuadrillas de excavación y las tres cuadrillas de carpinteros están disponibles, entonces el diagrama se podría representar en la siguiente forma:

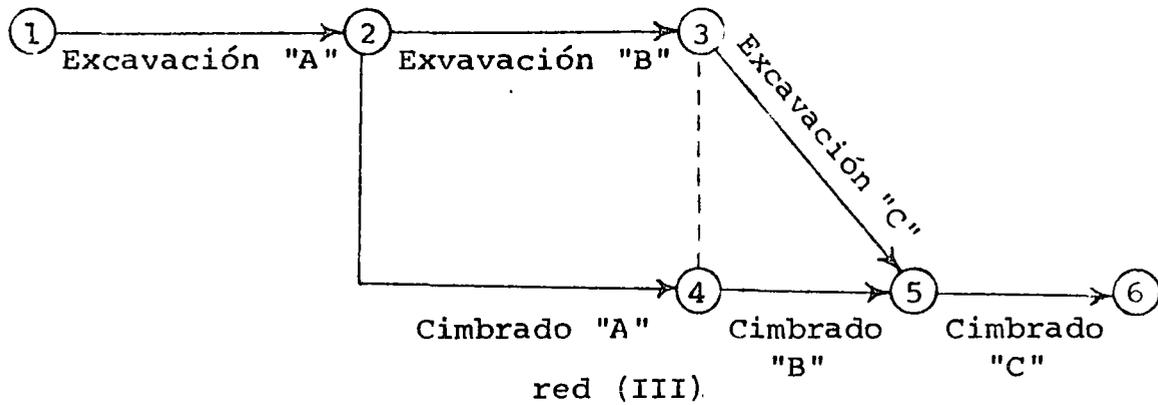


En el diagrama (I) se ha supuesto que las excavaciones en las tres áreas se pueden ejecutar simultáneamente y también el -- cimbrado en las tres áreas se ejecuta simultáneamente. La úni ca restricción mostrada en la red es que la excavación en ca da área debe terminarse antes de iniciar el cimbrado en cada área.

Suponemos ahora que solo tenemos una cuadrilla de excavación y que van a excavar las áreas A, B, y C consecutivamente y -- que tenemos disponibles las tres cuadrillas para cimbrar; es to quedaría representado en la siguiente forma:



Si añadimos otra restricción que sólo hay una cuadrilla de -- carpinteros y una para excavación, el diagrama quedaría expre sado en la siguiente forma:



En la red III ha sido necesario insertar en la red una flecha punteada que llamaremos "ACTIVIDAD VIRTUAL" que se define como sigue: "Una actividad virtual es aquélla que se realiza en un tiempo y costo igual a cero y solamente se usa para mantener la secuencia correcta en la red sin imponer restricciones innecesarias.

Si combinamos los nodos 3y4 sin la actividad virtual para 3-5 es taremos añadiendo una restricción que sería: Para iniciar la excavación C, tenemos que terminar el cimbrado en A, lo cual es obviamente incorrecto.

Se sugiere en este tópico que el lector ejecute los siguien-- tes problemas para manejar los conceptos anteriores.

Cheque su lógica con las siguientes preguntas al insertar cada actividad en la red.

1. ¿Qué otras actividades pueden ejecutarse al mismo tiempo?

2. ¿Qué otro trabajo ó trabajos deben estar terminados ó parcialmente terminados, antes de que este trabajo pueda ejecutarse?

3. ¿Qué otros trabajos pueden empezarse hasta que esta actividad se haya terminado?

1A) Dibuje la red con los siguientes datos:

A Debe preceder a B y D
C Debe preceder a D

1B) Dibuje la red con los siguientes datos:

A Debe preceder a C
C Debe preceder a B
D Debe preceder a B y E
E Debe preceder a F

2C) Dibuje la red con los siguientes datos:

A Debe preceder a B y C
B Debe preceder a D y E
C Debe preceder a E
D y E Debe preceder a F

2D) Dibuje la red con los siguientes datos:

A y B Deben preceder a C
B y C Deben preceder a D

2E) Dibuje la red con los siguientes datos:

A Debe preceder a B, C y D
B, C y D Deben preceder a E

2F) Las siguientes actividades deberán ejecutarse para la instalación de una nueva bomba en una parte de un proyecto. Dibuje un diagrama lógico de las actividades enlistadas en la siguiente forma:

A C T I V I D A D E STIEMPO REQUERIDO EN DÍAS

Instalación de la bomba	1
Instalación de la Base de la Bomba	6
Compra y Entrega de la Bomba	31
Preparar dibujos de Tuberías	10
Preparar dibujos de la Base de la Bomba	4
Prefabricación Tubería	5
Compra y entrega de los accesorios, válvulas y tuberías.	15
Información básica del Proceso	5
Instalación de la tubería	2
Aprobación del Cliente para ejecutar estos trabajos	1
Pruebas y Arranque de la Bomba	1
Planos certificados de la Bomba	15

9.3 Control de Costos de Ingeniería

Como ya se cito en clases anteriores el Sistema de Control de be reflejar la maturalaleza y las necesidades de la actividad - por lo tanto para el Control de Costos de Ingeniería se deben contemplar también como base los estandares o normas consti-- tuidas por los estimados de Costo, ya sea en base a número de planos, por número de piezas de Equipo Mayor, por actividades de Ingeniería, etc. que de una u otra forma nos conducen a la obtención de Horas Hombre y Costo estimados, lógicamente se tendrán costos directos e indirectos, o "Overhead" y como ya - se mencionó en otra clase se tendrán los gastos que general-- mente se manejan como rembolsables y el Honorario correspon-- diente.

Cabe mencionar que para seleccionar una firma de Ingeniería - entre los criterios usados los más importantes son la capaci-- dad de la gerencia del proyecto, la capacidad de Ingeniería, el precio bajo, el ser lider en nuevos desarrollos del proce-- so, la calidad del personal y muy especialmente los "Contro-- les de costos y programas".

En reciente encuesta con los Empresarios que contrataron Ser-- vicios de Ingeniería estos expresaron que la mayoría de los - contratistas estiman bajos los costos y programas para vender proyectos y después que estos estan muy avanzados, aparecen -

las excusas por sobrecostos y demoras de programas. En consecuencia la Alta Gerencia busca que los sistemas de Control de Costos de la Contratista le garantice y permita mantener los objetivos fijados.

Después de la selección del Contratista el Empresario buscará que el personal clave de su proyecto domine además de su especialidad las técnicas de programación, estimación, control de costos, control de materiales ya que no solo es necesario que la firma tenga sistemas actualizados para las funciones, sino también personal experimentado en la aplicación de esos sistemas.

Por lo tanto un sistema de Control de Costos de Ingeniería -- contemplará Mecanismos para medir las desviaciones en tiempo y costo sobre el estandar o plan establecido, siendo los renglones más importantes los siguientes.

- 1.- Estimado de Costos desglosado y Codificado.
- 2.- Mecanismos para detectar los cambios al alcance original (Alteraciones)
- 3.- Consumos y Costos de Horas Hombre
- 4.- Productividad de los Consumos de Horas Hombre
- 5.- Medición de los Avances Reales para compararlos con los - estimados.
- 6.- Determinación de los estimados para terminar.
- 7.- Análisis de las desviaciones detectadas.

Reporte de Control de Costos de Ingeniería

Las figuras anexas, servirán de base para integración del -
control de costos de ingeniería.

La figura 1 contiene el Reporte de costo, horas y planos.

La figura 2 contiene la gráfica de avance, costo, personal -
total y cientos de horas.

En base a ejemplos se anexa una tabla para el manejo de un -
FONDO REVOLVENTE, una tabla para relación de liquidaciones a
Precio Alzado, un formato de FACTURACION para cobro de horas,
un formato para el control de cobro del HONORARIO FIJO y un
formato para control de los gastos reembolsables como pueden
ser en este caso las llamadas telefónicas de larga distancia.

REPORTE DE COSTO, HORAS Y PLANOS

PROYECTO _____

CONCEPTO	DPTO.	COSTO / HORAS				PLANOS					
		ALTERACION	ESTIMADO REVISADO	CONSUMO A LA FECHA	ESTIMADO PARA TERMINAR	COSTO FINAL ESTIMADO	ALTERACION	ESTIMADO REVISADO	EQUIVALENTE A LA FECHA	ESTIMADO PARA TERMINAR	CANTIDAD ESPERADA
ESTRUCTURAL	01										
ARQUITECTONICO	02										
ELECTRICO	03										
INSTRUMENTACION	04										
TUBERIAS	05										
PROCESO	06										
MECANICO	07										
ESPECIFICACIONES	08										
PLANOS DEL FABRICANTE	09										
	10										
	11										
	12										
	13										
	14										
TOTAL DISEÑO											
COORDINACION	15										
CLERICAL D DISEÑO Y COOR.	16										
ESTIMADO	17										
PROGRAMACION	18										
COSTOS Y CONTABILIDAD	19										
COORDINACION Y OBRA	20										
	21										
	22										
	23										
	24										
SUB-TOTM DISEÑO Y COORD.											
	25										
	26										
	27										
	28										
	29										
ESTUDIOS ESPECIALES											
	30										
	31										
	32										
	33										
	34										
	35										
GRAN TOTAL											

figura 1

FONDO REVOLVENTE
=====

1.- Anticipos _____

2.- Gastos
=====

Facturas por Honorarios _____

Retención _____

Reembolsables _____

Total de Gastos _____

3.- Saldo (1 menos 2) _____

4.- Estimado Para:
=====

Facturas por Honorarios _____

Reembolsables _____

5.- Cantidad Requerida (3 + 4) _____

HONORARIO FIJO
=====

HONORARIOS TOTALES _____

FACTURADO A LA FECHA _____

POR FACTURAR _____

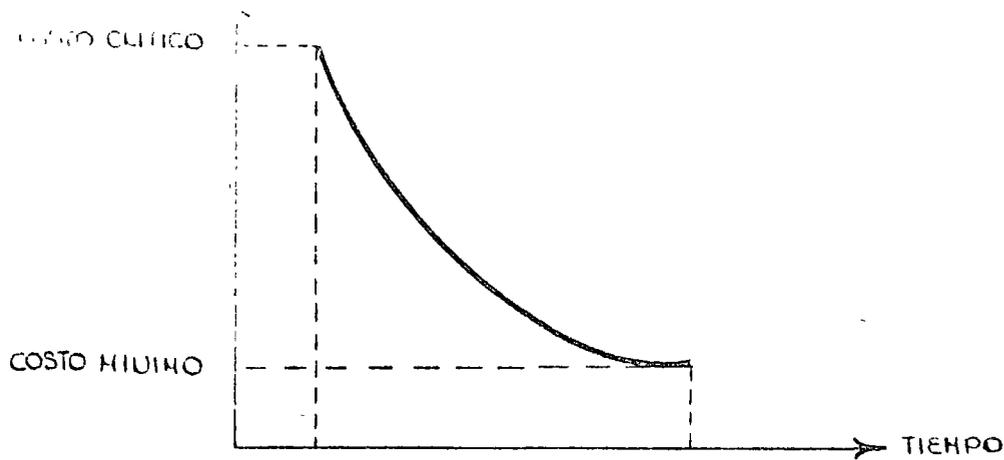
9.4 CONTROL INTEGRADO COSTO-TIEMPO

Para establecer la importancia de la relación Costo-Tiempo en la ejecución de un proyecto de Construcción, es necesario hacer un análisis de la forma en que esta constituido el costo y la influencia que sobre el tiene el factor tiempo.

Como es de todos conocido, el costo de ejecución de todas las actividades tiene una parte variable, cuyo monto depende de condiciones muy cambiantes, estas pueden ser físicas del lugar donde se lleva a cabo o climatológicas; del Equipo de Construcción y su operación, etc.

Lo anterior se muestra a continuación en las figuras 1, 2 y 3 de este Capítulo.

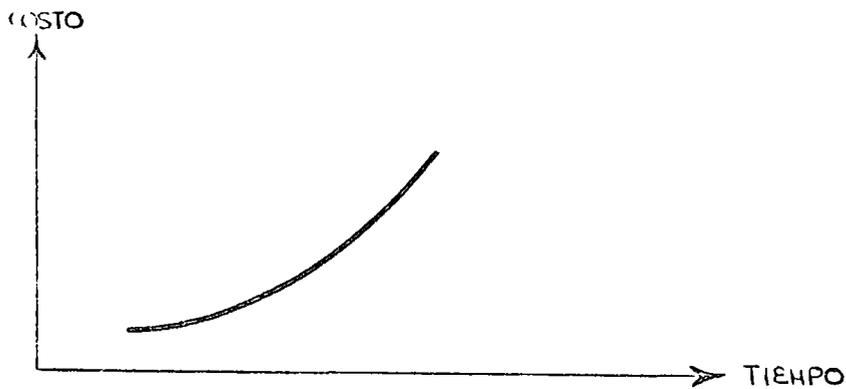
En la Gráfica 1 Costo Directo-Tiempo se identifican claramente dos puntos extremos de la curva: el punto M que define la duración y el costo Mínimo para una actividad y que representa las mejores condiciones de eficiencia, tanto para la Mano de Obra como para el Equipo. El punto C representa la duración mínima absoluta para una actividad, con su consecuente costo mínimo resultante. Observese que a partir del punto F, punto crítico no se puede reducir la duración aunque se incrementen los recursos personal-equipos, de hacerlo sería un incremento innecesario de Costo.



CURVA DE COSTO DIRECTO - TIEMPO

Gráfica I

La Gráfica 2 representa los costos indirectos con respecto al tiempo. En dicha gráfica se observa el incremento en función del tiempo.



CURVA DE COSTO INDIRECTO - TIEMPO

Gráfica II

Sumando las curvas anteriores obtendremos la representación gráfica del Costo-tiempo de una o de la suma de varias o todas las actividades.

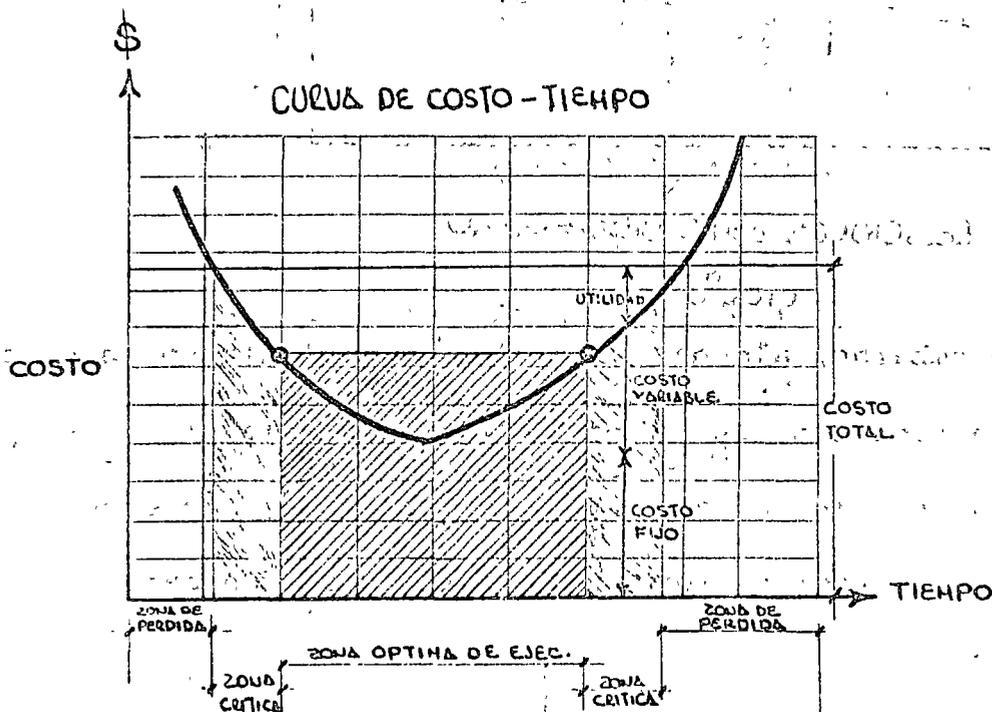
Esta curva determina datos de gran importancia para el proyecto como son: al tiempo óptimo Ejecución; que será el punto mínimo de la Curva, la Zona Optima de Ejecución que en todo proyecto se debe buscar ya que el costo respecto al mínimo se incrementa en forma despreciable, la Zona Crítica de Ejecución y la Zona de Pérdidas.

Se ve claramente la Zona que el constructor tiene que establecer como meta para asegurar un Costo Mínimo.

El pretender reducir el tiempo mas alla de la Zona Optima, repercute en una elevación de costo debido al incremento de recursos que hay que efectuar para reducir los tiempos de ejecución: Lo cual puede llevar en un momento dado al punto de falla.

Por otro lado el llevar la construcción a un tiempo mayor al comprendido en la Zona optima de ejecución conduce también a una elevación en el costo, por el incremento de los Costos Indirectos, situación que si se alarga demasiado, conducirá a la zona de pérdidas.

En la figura 3 queda asi establecida la variación del costo respecto al tiempo.



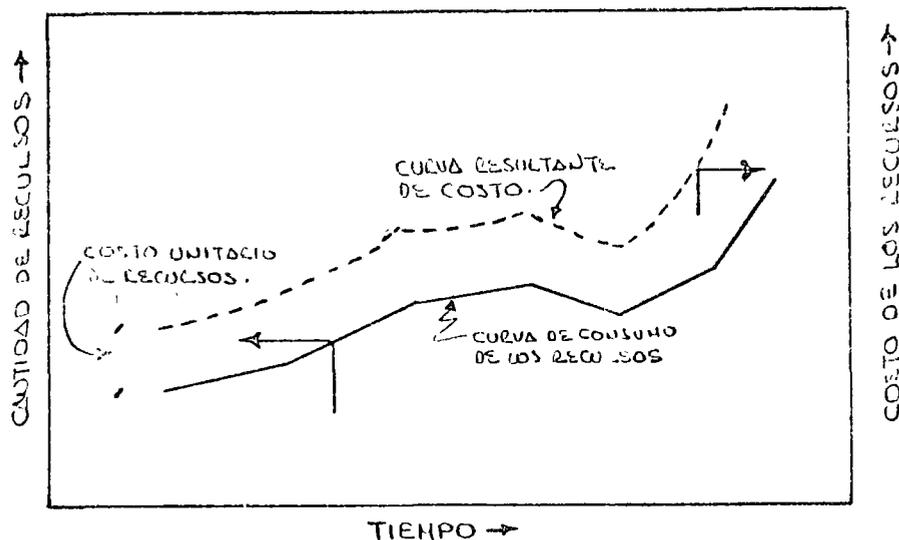
gráfica III

TECNICAS DE CONTROL DE COSTOS-TIEMPO

Como se indicó previamente, el control de costos es esencial - para minimizar los desembolsos de capital. Esto se verifica mediante la siguiente ecuación de costo básico:

$$\begin{array}{l} \text{DESEM BOLSO} \\ \text{DE CAPITAL} \end{array} = \begin{array}{l} \text{CANTIDAD} \\ \text{DE RECURSO} \end{array} = \begin{array}{l} \text{COSTO UNITARIO} \\ \text{DE RECURSOS} \end{array}$$

Las cantidades de recursos son una función directa de los requerimientos del proyecto, los costos unitarios son negociables y pueden variar considerablemente con el tiempo, el volumen y los acuerdos contractuales. Esto puede ilustrarse en una curva compuesta, como sigue:



RELACIONES DE RECURSO-COSTO

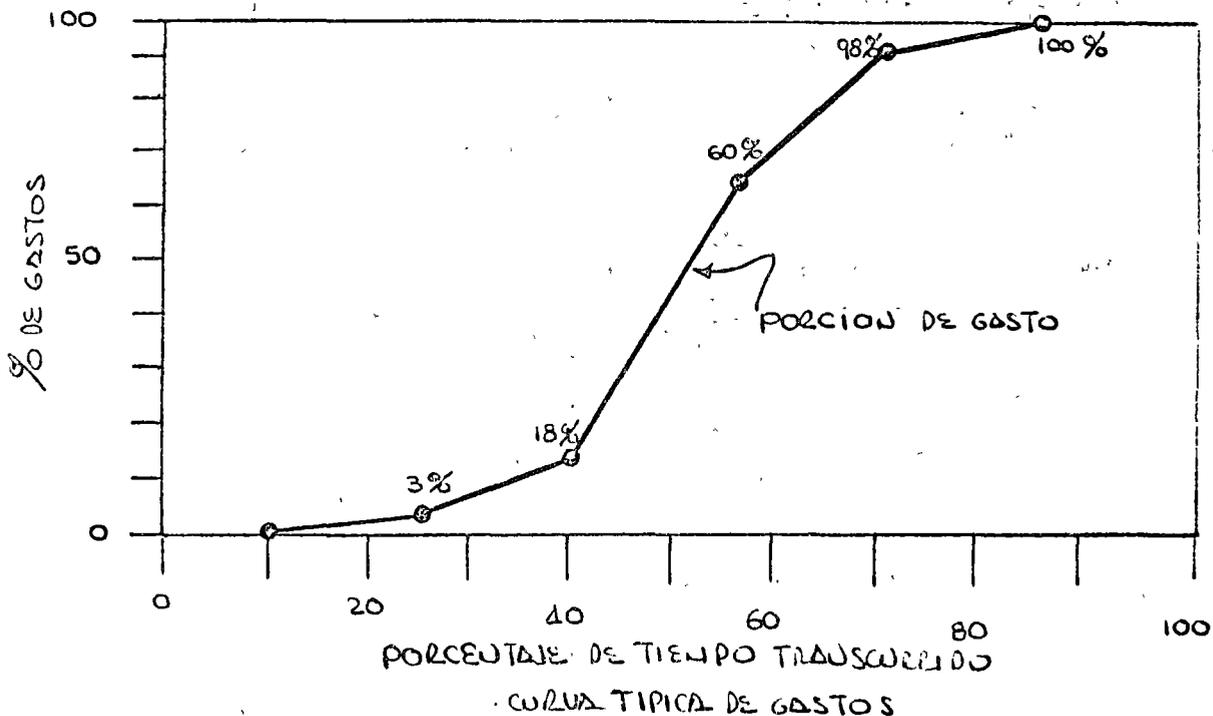
gráfica IV

Existen sin embargo, algunas cuentas en que el dinero en sí es la unidad de recursos, esto puede ser por ejemplo el dinero para gastos indirectos, escalación y contingencias. En estos casos se ejerce control en términos de proporción de gasto más bien que consumo.

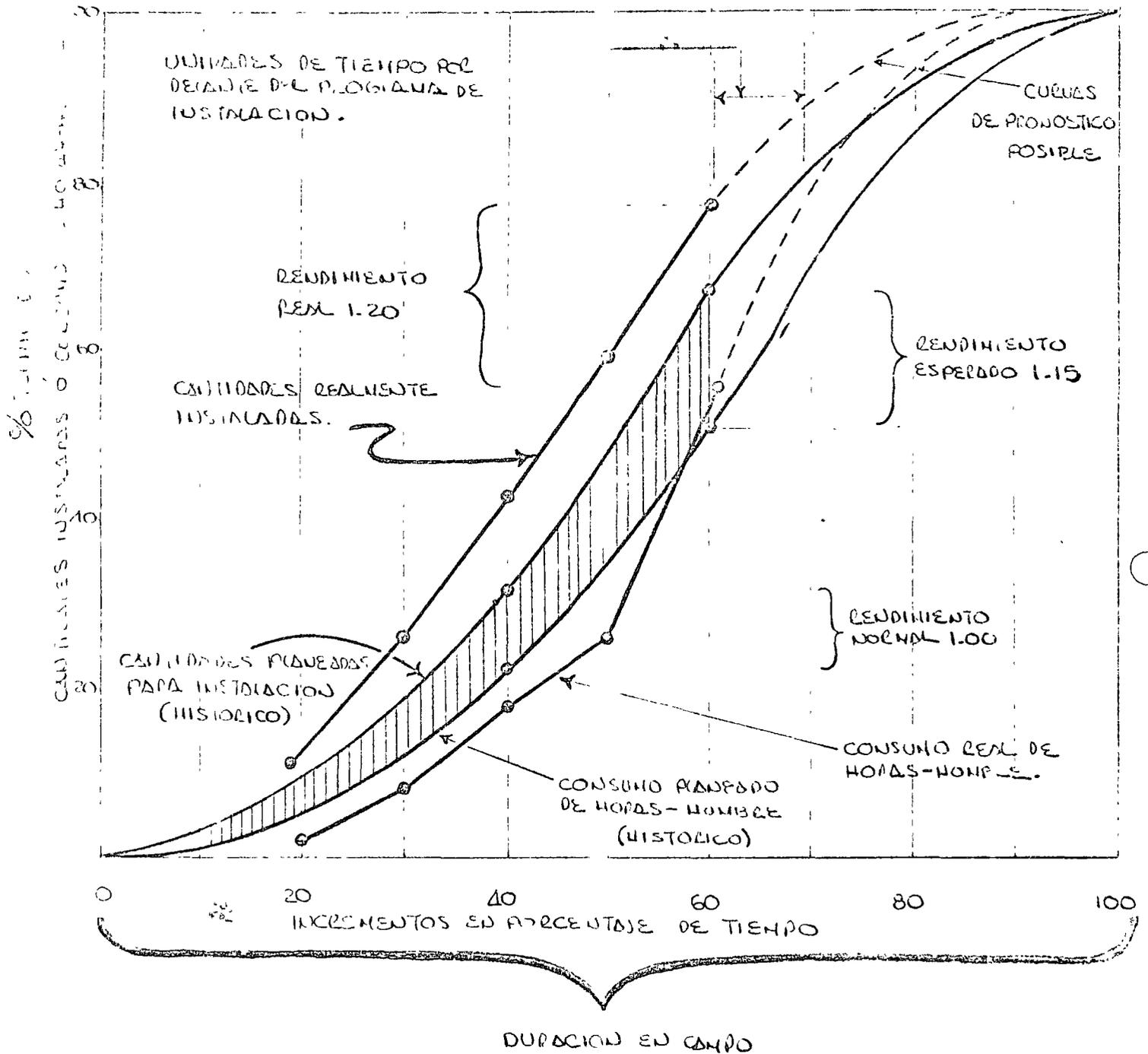
1.- Control de Recursos por Curvas

Una de las técnicas manuales usadas más frecuentemente para registrar y pronosticar el consumo de recursos es la curva acumulativa de porcentaje/tiempo. Estas son curvas estadísticas basadas en distribuciones beta obtenidas de experiencias reales en proyectos previos. Su uso depende de la proposición de que "el futuro se comportará como el pasado" siempre que las aplicaciones u operaciones sean similares. Esto, sin embargo, debe interpretarse con mucha cautela. Las curvas típicas porcentaje/tiempo se muestran en las Gráficas 6 y 7.

La Gráfica (5) muestra la tasa de instalación planeada o esperada para una cantidad de recurso (tal como tubería, concreto, acero, etc.). El perfil de esta curva se basa en observaciones históricas para instalaciones similares.



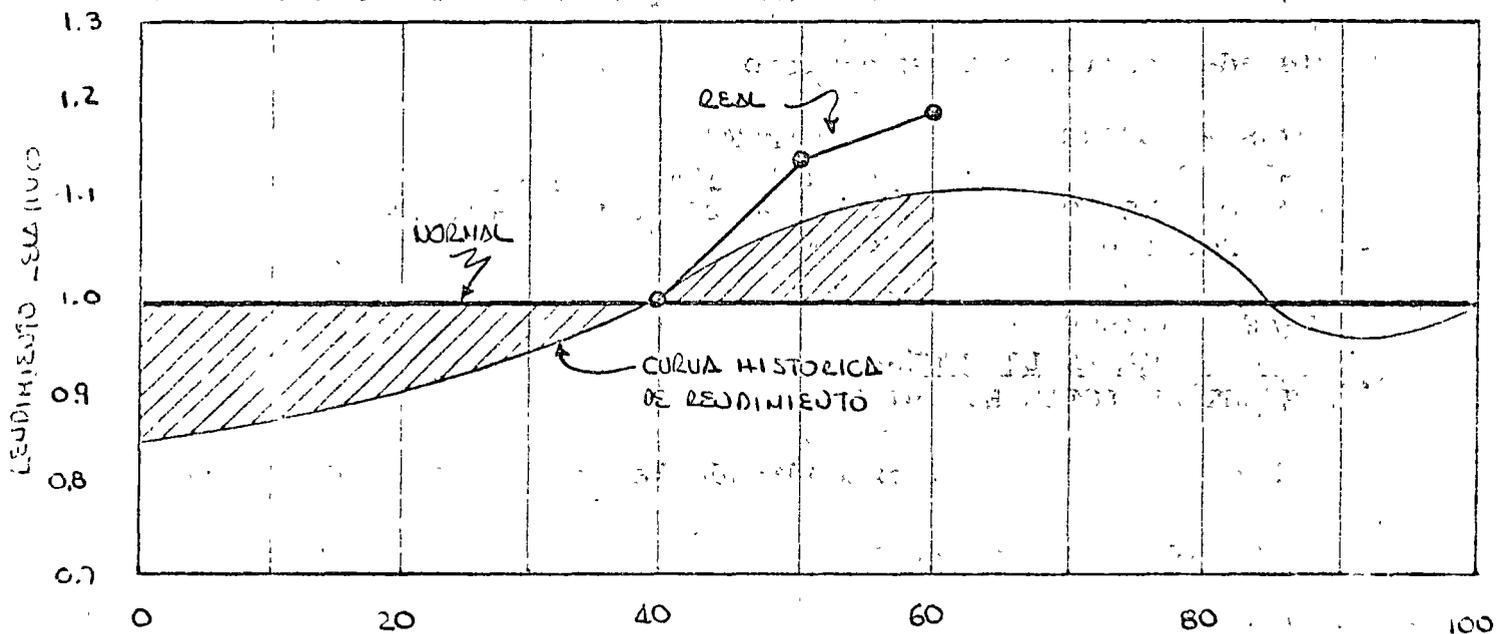
gráfica 5



CURVAS CARACTERISTICAS DE PORCENTAJE-TIEMPO Y RENDIMIENTO.

gráfica VII

La Gráfica (6) muestra las horas-hombre resultantes de trabajo en el campo asociadas con la instalación de recursos... esto se basa en tasas de unidad histórica (horas-hombre por unidad de recurso instalado) que tienden a variar sobre la duración del campo. Por ejemplo, puede esperarse bajo rendimiento (o -- productividad) del 20 al 40 por ciento del tiempo transcurrido en el campo. Este rendimiento por lo general mejora temporalmente hasta llegar alrededor del 60 al 70 por ciento del tiempo transcurrido, antes de la erosión que aparece debida a influencias de "final de la Obra" lo que es realmente un ejemplo del efecto de la curva de aprendizaje asociada con la mayoría de las actividades productivas.



gráfica VI

En este ejemplo, ha transcurrido el sesenta por ciento del --- tiempo, la cantidad ejecutada es sólo del 30%, en vez del 70% planeado, mientras que se ha consumido 60% de las horas-hombre presupuestadas, en vez del 40% planeado para la misma cantidad. La proporción por unidad es, pues sólo el 29% de la proporción planeada conforme a la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{PROPORCION REAL POR UNIDAD} &= \frac{\text{CANTIDAD REAL}}{\text{CANTIDAD PLANEADA}} \times \frac{\text{HORAS-HOMBRE PLANEADAS}}{\text{HORAS-HOMBRE REALES}} \\ &= \frac{30}{70} \times \frac{40}{60} = 0.286 \end{aligned}$$

Es lógico extender las cantidades restantes según la nueva proporción por unidad si no puede tomarse acción correctiva para mejorar la situación.

Otro método usado frecuentemente es el de calcular las horas-hombre reales gastadas por unidad por ciento ejecutada (o completada) conforme a la ecuación:

$$\begin{aligned} \text{HORAS - HOMBRE REALES POR UNO POR CIENTO DE EJECUCION} &= \frac{\text{POR CIENTO DE EJECUCION HASTA LA FECHA}}{\text{HORAS-HOMBRE GASTADAS HASTA LA FECHA}} = \end{aligned}$$

$$\frac{\text{HORAS - HOMBRE GASTADAS HASTA LA FECHA}}{\text{PORCENTAJE TOTAL EJECUTADO}}$$

Se hace el pronóstico extendiendo las cantidades del porcentaje restante por la experiencia de horas-hombre reales por porcentaje, como sigue:

$$\begin{aligned} \text{PRONOSTICO DE} &= \frac{\text{PORCENTAJE DE CANTIDAD RESTANTE}}{\text{PORCENTAJE}} \times \frac{\text{HORAS - HOMBRE REALES POR PORCENTAJE}}{\text{PORCENTAJE}} \end{aligned}$$

La Gráfica (7) muestra la curva típica de rendimiento obtenida de experiencias de campo.

Estas curvas suelen trazarse sobre una base de incremento de tiempo (tal como semanas, meses o años) y se relacionan con el porcentaje de terminación, cantidades instaladas, horas-hombre consumidas o dinero gastado. Estos ejemplos típicos se expresan en términos de por ciento logrado sobre por ciento transcurrido con fines ilustrativos.

Según este ejemplo, es obvio que la cantidad de instalación y el consumo de horas-hombre están estrechamente relacionados según la siguiente ecuación:

$$\text{HORAS - HOMBRE DE INSTALACION} = \text{CANTIDAD INSTALADA} \times \text{HORAS - HOMBRE UNITARIAS} *$$

* HORAS-HOMBRE POR UNIDAD INSTALADA

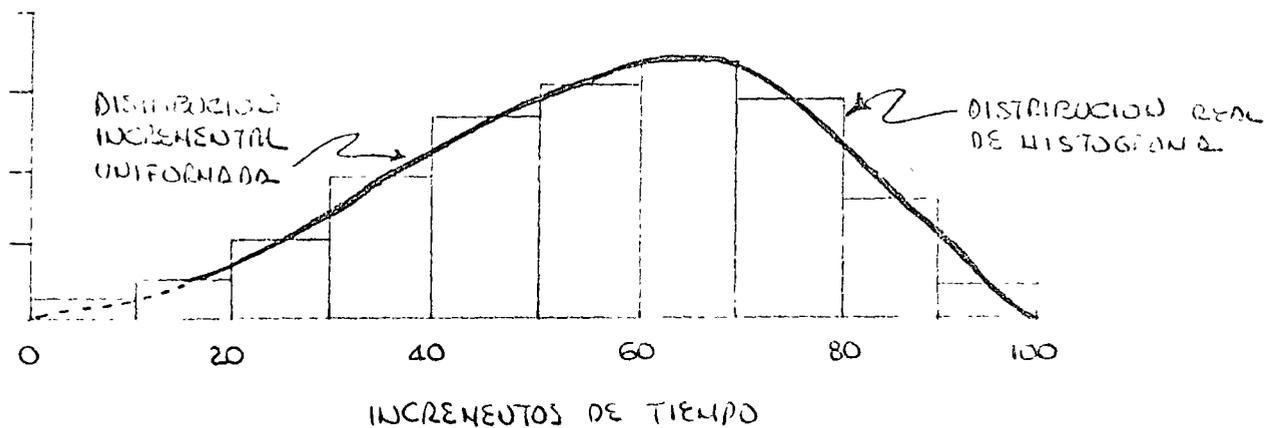
Esto se representa por la banda achurada, entre los dos perfiles. El ancho de esta banda depende de la productividad relativa de la mano de obra según se indica en la curva de rendimiento (Gráfica 6). En este ejemplo, el rendimiento "norma" representa horas hombre unitarias básicas en el estimado a un tiempo transcurrido del 40% (1.00), el rendimiento real se basa en inferencia histórica a un tiempo transcurrido del 60% (1.15) el rendimiento real se basa en reportes de campo a un tiempo transcurrido de 60% (1.20). Este es el período reportado.

Es notorio que éste es un Reporte Optimista.

Se ha instalado el 80% del recurso en vez del 65% planeado. La cuenta del recurso se adelantará al programa si continúa esta tendencia aún cuando el gasto de horas-hombre ha aumentado de cuarenta y ocho a cincuenta y tres por ciento en el mismo período. Los perfiles de trazos indican una posible extrapolación.

Este es otro ejemplo del conflicto concepto/realidad inherente a todas las nuevas empresas... en este caso, la tendencia es favorable. El ejemplo, sin embargo, ilustra las sorprendentes posibilidades de esta técnica.

Debe recordarse que estas curvas (conocidas como curvas "S") - suelen basarse en distribuciones de incrementos uniformes obtenidos de experiencias de construcción reales según se muestra en el siguiente diagrama.



DISTRIBUCION UNIFORMADA DE RECURSOS

Esto significa que el uso de curvas "S" debería limitarse al consumo continuo de materiales en masa como tuberías, premezclados, materiales eléctricos, etc... y las horas-hombre necesarias para la fabricación y montaje. Los gastos de dinero pueden también manejarse por este método, pero no se recomienda la técnica para aplicaciones "instantáneas" tales como costos de instalación de equipo.

Pronósticos Matemáticos

Como se indicó antes, el control de recursos tiene que ver casi exclusivamente con las relaciones entre cantidades y horas hombre de trabajo, ya sea en la fase de proyecto o durante la construcción. Esta es la relación:

$$\text{HORAS-HOMBRE TOTALES} = \frac{\text{CANTIDAD DE UNIDADES}}{\text{HORAS - HOMBRE UNITARIAS}} \times \text{HORAS - HOMBRE UNITARIAS}$$

Las horas-hombre unitarias, en este caso, son una medida de la productividad histórica requerida para diseñar, fabricar, instalar o montar una unidad de cantidad tal como horas-hombre por dibujo, horas-hombre por tonelada de equipo de proceso, horas-hombre por metro lineal de tubería, horas-hombre por metro cúbico de concreto, horas-hombre por tonelada de acero, etc. - Estas unidades suelen basarse en la experiencia real, que ha sido "normalizada" en normas mixtas.

El pronóstico matemático básico para consumo de horas-hombre descansa primordialmente en el juicio individual, el cual es -

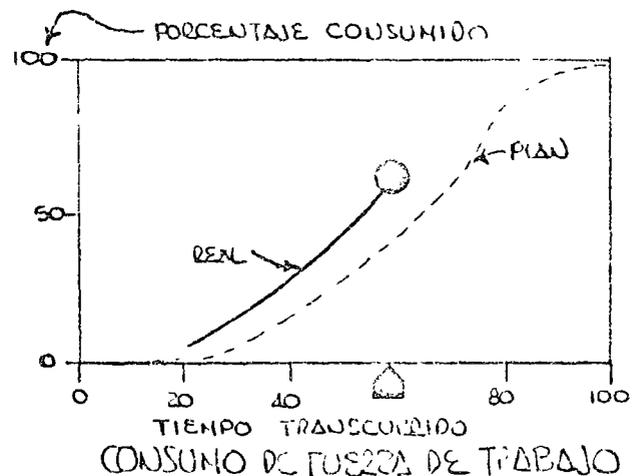
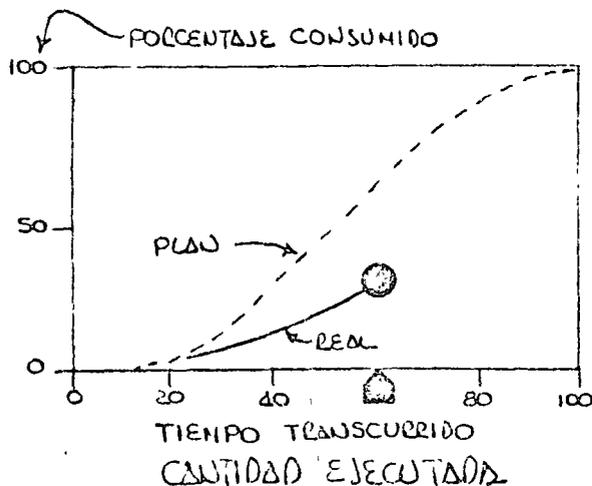
influido por el rendimiento hasta la fecha:

$$\text{PRONOSTICO DE CONSUMO DE HORAS-HOMBRE} = \underbrace{\left\{ \begin{array}{l} \text{HORAS - HOMBRE} \\ \text{CONSUMIDAS HAS} \\ \text{TA LA FECHA} \end{array} \right\}}_{\text{REAL}} + \underbrace{\left\{ \begin{array}{l} \text{HORAS - HOMBRE} \\ \text{ESTIMADAS HAS} \\ \text{TA COMPLETAR} \end{array} \right\}}_{\text{JUICIO}}$$

Este método puede mejorarse si también se toma en cuenta el porcentaje de la cantidad terminada. Este porcentaje de terminación se pone en fases de tiempo conforme al programa tomando en consideración los dibujos terminados, las cantidades instaladas, etc. Ahora puede calcularse el pronóstico a partir de:

$$\text{PRONOSTICO DE HORAS - HOMBRE} = \frac{\text{HORAS-HOMBRE HASTA LA FECHA}}{\text{CANTIDADES REALES} + \text{CANTIDADES PLANEADAS}}$$

Una vez que ha pasado del quince al veinte por ciento del tiempo, la proporción de cantidad ejecutada se vuelve una clara indicación de desviaciones del presupuesto. Por ejemplo, se ha consumido el 60% de las horas-hombre presupuestadas y sólo se ha ejecutado el treinta por ciento de la cantidad. Esto indica un sobrecosto potencialmente serio, tanto en tiempo como en dinero, a menos que se tome acción correctiva para mejorar la proporción de ejecución. En este caso, deben usarse gráficas para ayudar al análisis antes de formular el pronóstico:



La tendencia resultante puede expresarse por esta ecuación....

$$\begin{array}{l} \text{TENDENCIA} \\ \text{DE PORCENTAJE} \end{array} = \frac{\text{HORAS - HOMBRE PRESUPUESTADAS}}{\text{HORAS - HOMBRE REALES POR}} \times 100$$

POR 1% DE EJECUCION
1% DE EJECUCION

y la productividad indicada como sigue:

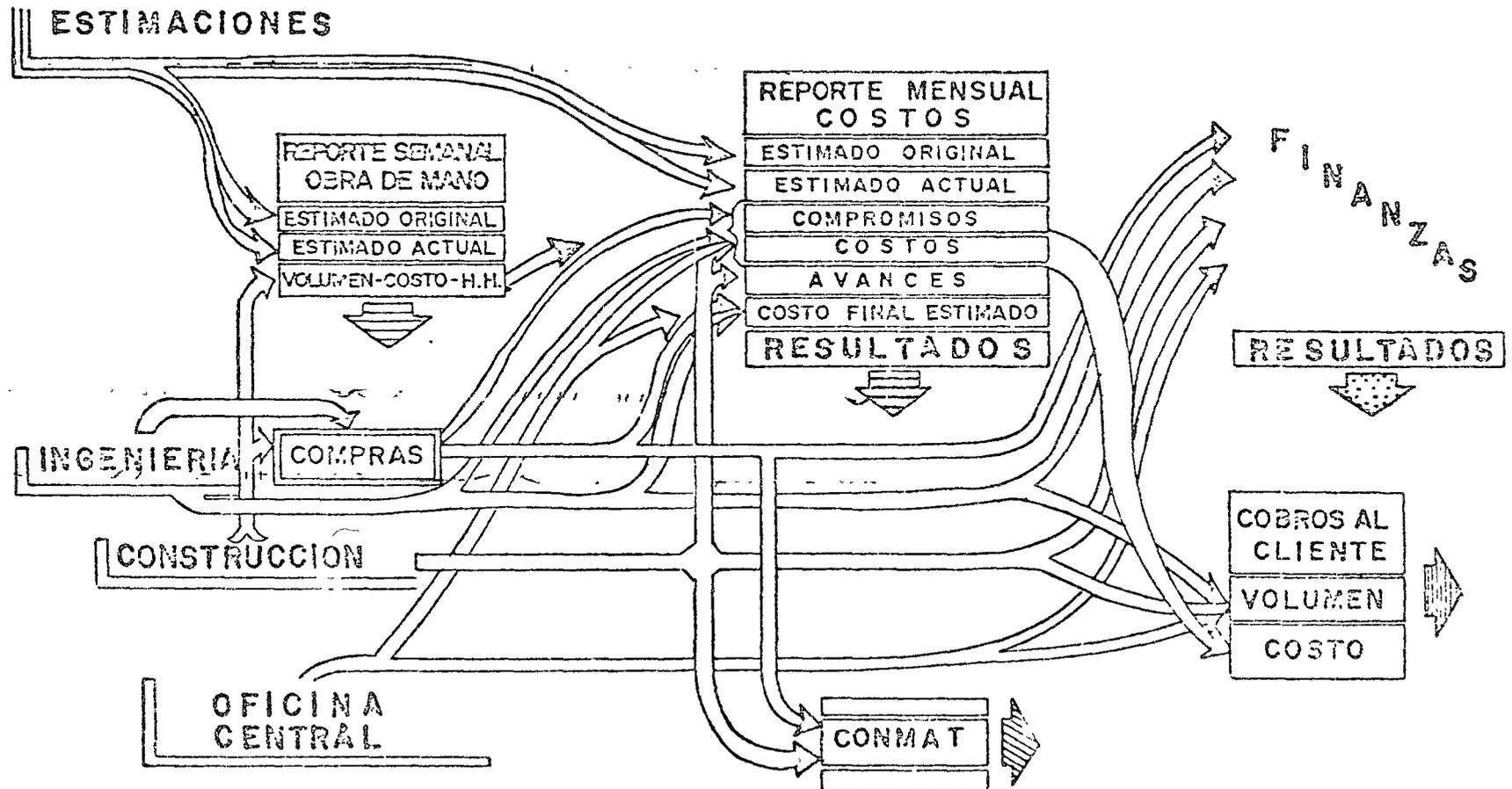
$$\begin{array}{l} \text{PRONOSTICO} \\ \text{DE PORCENTAJE} \\ \text{DE PRODUCTIVIDAD} \end{array} = \frac{\text{HORAS - HOMBRE PRESUPUESTADAS}}{\text{PRONOSTICO DE TOTAL DE HORAS - HOMBRE}} \times 100$$

A manera de ejemplos se anexa un diagrama de flujo de información básica para retroalimentar el Reporte de costos y que en forma principal son los departamentos de servicio de una empresa que cuenta con su sección de ESTIMACIONES, INGENIERIA, COMPRAS, OFICINA CENTRAL, CONSTRUCCION y CONTROL DE COSTOS que analiza la información generada por cada uno de los departamentos que para fines de coordinación llamaremos areas de responsabilidad.

Se anexa también un formato típico para el manejo del Control de Costos y dicho formato contiene los espacios para ubicación de la retroalimentación recibida, es decir, describe el número de cuenta que de acuerdo a un catálogo general debe identificar el nombre de la actividad, describe también el concepto o descripción de el mismo según las necesidades de detalle requerido y establecido, a continuación se presenta el ESTIMADO ORIGINAL, el ESTIMADO ACTUAL, los COM PROMISOS, los COSTOS, el MATERIAL RECIBIDO, el AVANCE, el COSTO FI NAL ESTIMADO y finalmente el resultado económico del concepto, representado en la ubicación del cargo ya sea este material y equipo, obra de mano, subcontrato, equipo de construcción y el total.

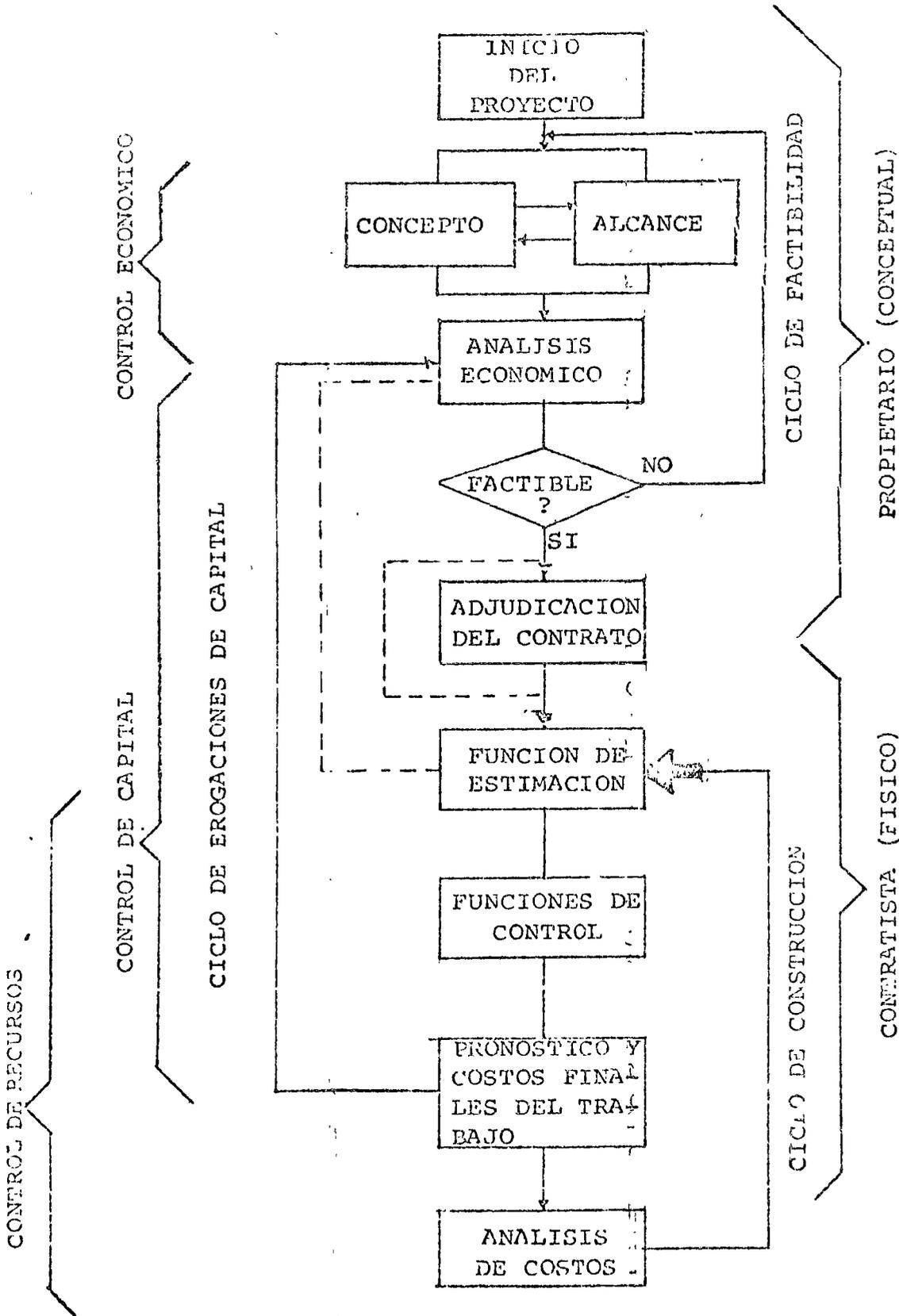
REPORTE DE COSTOS

DIAGRAMA GENERAL DE FLUJO



económica que pueden poner en serio peligro la recuperación de la inversión de capital y la esperanza de rentabilidad.

La medida del desempeño social suele resumirse en reportes anuales y otros documentos financieros resumidos.



COSTO BASICO Y CICLOS DE CONTROL DE RECURSOS

9.6 Relaciones con la Contabilidad. Los objetivos de la Contabilidad Administrativa se resumen en:

- A. Ser un sistema formal de información para la Organización productiva.
- B. Ser un Sistema efectivo de Contabilidad tanto Interno como Externo.
 - B.1 Interno.- Dirigido a los responsables de la toma de decisiones, Planeación y Control de Operaciones Normales y elaboración de planes a largo plazo.
 - B.2 Externo.- dirigido al aspecto legal, de Accionistas y de Terceras personas.

La Contabilidad financiera tiene un énfasis diferente a la Administrativa. La primera esta orientada hacia los aspectos de tipo histórico, de responsabilidad en la información externa, la segunda es enfocada a Nivel interno de la Organización.

Es decir la Contabilidad Administrativa está relacionada con la acumulación, clasificación e interpretación del costo, así como otra información que induce y ayuda al sistema de Control de Costos a cumplir los objetivos de la Organización o proyecto.

Varios autores coinciden en que la Contabilidad Administrativa es una "Técnica de Información", por lo que la Integración del Sistema Contable en un sistema de información debe ser total y

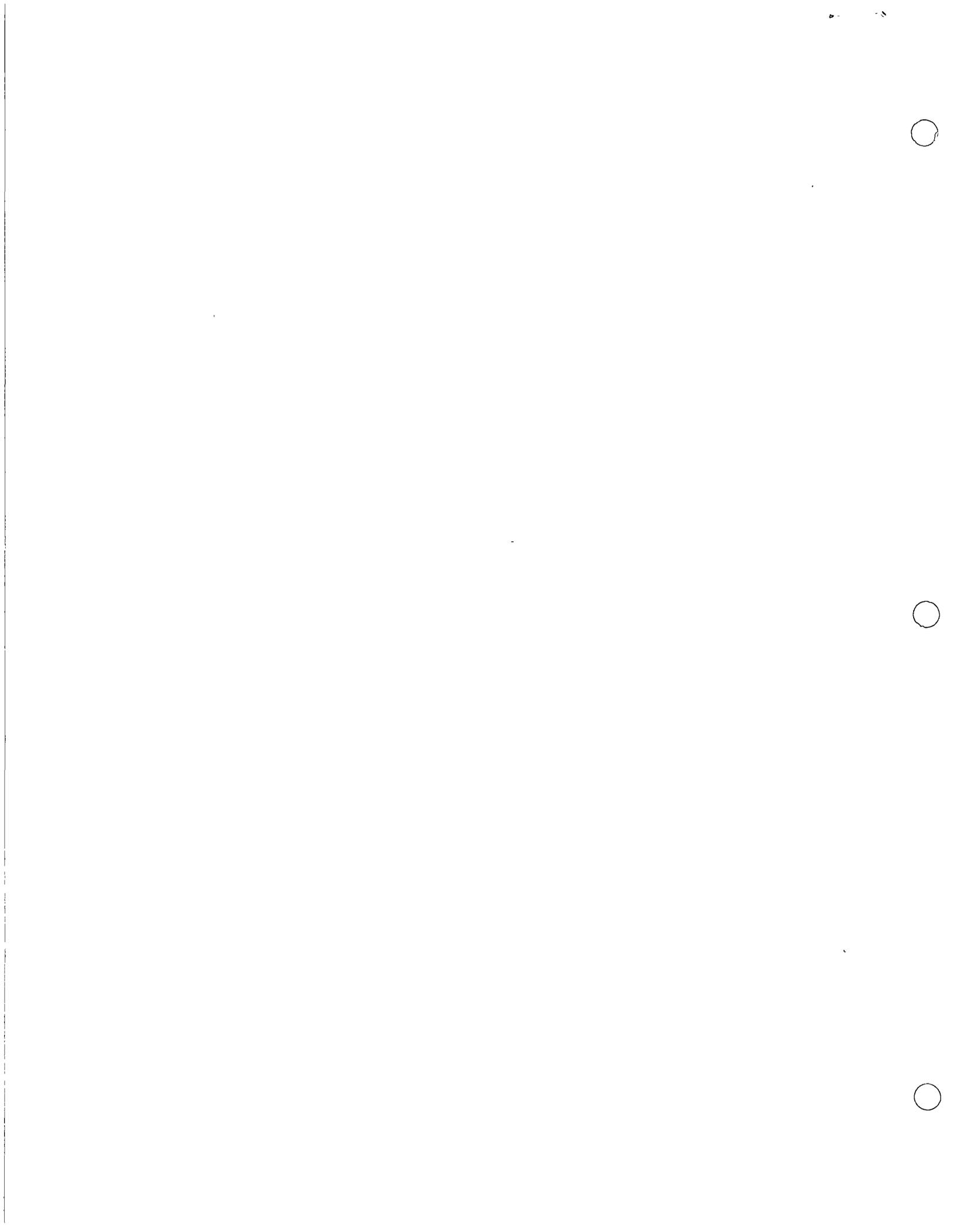
unificado en el que se aprovechen las ventajas del procesamiento
to electrónico de datos para así aprovechar integralmente los -
datos que aportan estos sistemas y lograr mejores estimados.

9.5 Ciclos de Control Financiero

El Ciclo de Control Financiero es el ápice de todas las funciones de control del Proyecto a lo largo de la vida económica del mismo... esto es, desde el inicio a través de los gastos de capital hasta el control de operaciones y la supervivencia en el mercado. Debe mantenerse un enlace constante -- con el interés del accionista, los indicadores económicos, -- la competencia, el desempeño de las ventas, las políticas de control gubernamental y muchos otros factores de incertidumbre.

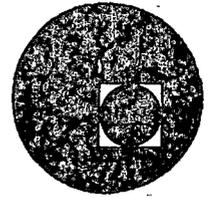
Específicamente ampliaremos uno de los tantos e importantes controles de financiamiento y esto lo referiremos a la ejecución de un proyecto determinado para el cual se ha firmado -- un contrato por administración y como cláusula participante tenemos el reembolso de los gastos efectuados por cuenta y -- orden de la propietaria, los cuales realiza la constructora.

Es de gran importancia obtener la aprobación en firmas de -- facturaciones, listas de raya y pagos que integren la creación de un pasivo contable que en lo sucesivo representen un valor, pues contando con la aprobación se procederá al cobro inmediato y si no se cuenta con esa aprobación, lo tardado del cobro motivaría que el valor invertido en la obtención de los insumos causara financiamiento con cargo a la constructora, por lo tanto, es necesario modificar o actualizar cualquier desviación --





centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



ESTIMACION Y CONTROL DE COSTOS



Septiembre , 1976

1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900



Clases de Números Índice

Simples

Se refieren a un bien particular y se pueden elaborar aún con una sola serie cronológica:

Combustóleo en Cd. Juárez

	1967	1968	1969	1970	1971
Cantidades	11 931	11 496	10 557	5 514	9 932
Número Índice (% de 1967)	100.0	96.3	88.5	46.2	83.2

Compuestos

Se refieren a diversos bienes y se requieren varias series cronológicas de bienes afines

1967 = 100

Producto	1967	1968	1969	1970	1971
Kerosina	98 866	102 115	99 453	94 997	94 727
Diesel	91 906	107 912	124 576	139 827	160 880
Gasolinas	495 031	537 413	553 727	638 199	681 628
Valor total	685 803	747 440	775 756	873 023	937 235
Número índice	100.0	109.0	113.1	127.3	136.7

Ejemplo:

Indicadores de volumen de la producción industrial.

Fuente: Banco de México

Período	Índice General	Índice Manufacturas (1970=100)	(1973=100)
1967		79.1	64.3
1968		85.5	69.5
1969		95.1	77.3
1970		100.0	81.3
1971		102.8	83.6
1972		112.7	91.6
1973		123.0	100.0
1974		131.5	106.9
1975		136.4	110.9

Índice 1974:

$$\frac{1974}{1968} = \frac{131.5}{85.5} = 153.8$$

$$\frac{1974}{1968} = \frac{106.9}{69.5} = 153.8$$

a) Selección y determinación del número de bienes

Deben ser representativos de aquellos cuyos cambios de costo se obtendrán por medio del índice

Material	Unid.	Precios Año N	Factor Equiv	Volumen	Vol. Equiv	Volumen Total
GRAVA	M3	85.00	1.00	5,591	5,591	29,405
Tepetate	M3	35.00	0.42	35,490	14,905	
Mats. Pétreos	M3	72.91	0.87	1,047	911	
Arena	M3	50.00	0.60	11,578	6,949	
Piedra braza	M3	50.00	0.72	1,460	1,051	

b) Ponderación de elementos

Asignación de "peso" (%) a cada uno de los elementos que integran la base

Material	Unid.	Vol. Total	Precio Año N	Importe	%
Varilla G.D. No. 3	Ton	574.31	5,348.66	3 071 789	29.29
Grava	M3	29,407.20	85.00	2 499 617	23.78
Cemento	Ton	2,781.84	530.00	1 474 375	14.03
Madera	P.T	174,179.21	5.33	926 633	8.81
Pintura vinílica	Lt	159.31	19.89	3 169	0.03
Clavos	Kg	97.50	11.58	1 129	0.01

CALCULO DE NUMEROS INDICE

1. - Métodos de Agregación Simple.

$$I = \frac{\sum P_n}{\sum P_o}$$

MATERIALES	UNID.	P R E C I O S			
		1972	1973	1974	1975
Varilla G.D. No. 3	Ton.	2540	2688	6020	5348
Grava	M3.	56	68	85	85
Cemento	Ton.	285	310	520	530
Madera	Pt.	3	4	6	5
Valor Total		2784	3010	6631	5968
Indices de Precios		100	108.1	238.2	214.4

MATERIALES	UNID.	P R E C I O S			
		1972	1973	1974	1975
Varilla G.D. No. 3	Kg.	2.54	2.69	6.02	5.35
Grava	M3.	56	68	85	85
Cemento	Ton.	285	310	520	530
Madera	Pt.	3	4	6	5
Valor Total		346.54	384.69	617.02	625.35
Indices de Precios		100	111.0	178.1	180.5

VENTAJA: Es fácil de aplicar

DESVENTAJAS: No toma en cuenta la importancia relativa de los bienes.

Las unidades empleadas afectan al valor del índice.

2. - METODO DE MEDIA DE RELATIVOS SIMPLE

Existen varias posibilidades, según el procedimiento usado para promediar los relativos de precios.

Para la media aritmética se tiene:

$$I = \frac{\sum p_n/p_0}{N}$$

RELATIVOS DE PRECIOS

MATERIALES	UNID.	1972	1973	1974	1975
Varilla G.D. No. 3	Ton.	100	105.8	237.0	210.6
Grava	M3.	100	121.4	151.8	151.8
Cemento	Ton.	100	108.8	182.5	186.0
Madera	P.t.	100	133.3	200.0	166.7
Totales:		400	469.3	771.3	715.1
Número Índice		100	117.3	192.8	178.8

3.-

$$I = \frac{\sum p_n q_0}{\sum p_0 q_0}$$

(DE AGREGACION PONDERADA)

MATERIALES	UNID.	CANT.	V A L O R E S							
			1972		1973		1974		1975	
Varilla G.D. No. 3	Ton.	0.57	2540	1448	2688	1532	6020	3431	5348	3049
Grava	M3.	29.4	56	1646	68	1999	85	2499	85	2499
Cemento	Ton.	2.8	285	798	310	868	520	1456	530	1484
Madera	P.T.	174.2	3	522	4	696	6	1045	5	871
TOTALES:				4414		5095		8431		7903
INDICES				100		115.4		191.0		179.0

Se recomienda redondear las cantidades dividiéndolas entre el múltiplo de 10 más adecuado, lo cual simplifica el trabajo.

* Divididas entre 1000.

CAMBIOS EN LOS ELEMENTOS DEL INDICE

Elemento	1962	1963	1964	1964	1965	1966
1	8,770	9,550	10,550	17,580	13,720	13,700
2	71,020	79,380	92,120			
3	4,560	4,680	4,950	8,350	5,350	5,090
4				38,640	51,310	56,100
	<u>84,350</u>	<u>93,610</u>	<u>107,620</u>	<u>64,570</u>	<u>70,380</u>	<u>74,890</u>
Números				100	109.0	116.0
Indice	100	111.0	127.6		139.1	148.0

FORMULA DE ESCALACION

$$V_A = F_A V_C = \frac{a I_n^1 + b I_n^2 + c I_n^3}{I_0^1 I_0^2 I_0^3}$$

V_A = Valor de actualización.

a, b, c = "pesos" de los diferentes componentes de obra.

I_0^1, I_0^2, I_0^3 = Indices de costo de los componentes de obra, en la fecha de contratación.

I_n^1, I_n^2, I_n^3 = Indices de costo de los componentes de obra, en la fecha de actualización.

F_A = Factor de actualización

V_C = Valor de contrato original

MATERIALES	UNIDAD	PRECIOS PARA 1975	FACTOR EQUIVALENTE	VOLUMEN	VOLUMEN EQUIVALENTE	TOTAL
Cemento	Ton	530.00	1.00	2,773.07	2,773.07	2,781.84
Cemento blanco	Ton	971.21	1.83	4.79	8.77	
Grava	M3	85.00	1.00	5,591.19	5,591.19	29,407.26
Tepetate	M3	35.00	0.42	35,490.21	14,905.89	
Material pétreo	M3	72.91	0.87	1,047.76	911.55	
Arena	M3	50.00	0.60	11,578.51	6,947.11	
Piedra braza	M3	60.00	0.72	1,460.44	1,051.52	
Varilla G.D. N° 3	Ton	5,348.66	1.00	369.27	369.27	574.31
Acero estructural	Ton	5,737.01	1.07	128.37	137.36	
Alam. Rec. No. 18	Ton	8,400.00	1.57	8.60	13.50	
Alambrón 6 mm	Ton	6,567.21	1.23	2.72	3.35	
Fierro fundido	Ton	10,070.00	1.88	20.55	38.63	
Fierro ang. 2"x2"x ½"	Ton	6,060.00	1.13	0.46	0.52	
Canal de 6"	Ton	5,737.01	1.07	1.91	2.04	
Placa de ½" x 4"	Ton	5,060.00	0.95	0.01	0.01	
Solera de 1½" x ½"	Ton	6,680.00	1.25	0.04	0.05	
Placa de 1.70x1.70x0.5	Ton	6,680.00	1.25	7.66	9.58	
Kurensal	Lto	18.06	1.00	8,423.24	8,423.24	11,594.59
Membrana	Lto	3.75	0.21	15,101.65	3,171.35	
Madera	P.T.	5.32	1.00	158,281.78	158,281.78	174,179.21
Triplay pino 16 mm	M2	101.71	15.65	1,015.81	15,897.43	
Tabique rojo recocido	Pza	0.65	1.00	52,849.00	52,849.00	523,157.64
Tabique perf. vert. 2 caras esmaltadas	Pza	3.34	5.14	89,893.00	462,050.02	
Block de 15x20x40	Pza	3.19	4.91	1,682.00	8,253.62	
Lámina asbesto 6.5 mm	M2	45.29	1.00	3,073.33	3,073.33	3,376.36
Lam. estructural 7.0 mm	M2	42.15	0.93	136.52	126.96	
Caballote standard	M1	51.23	1.13	155.81	176.07	
Festerbond	Lto	36.40	1.00	435.19	435.19	1,314.11
Microprimer	Lto	6.53	0.18	179.57	32.32	
Microfest	Lto	5.88	0.16	897.83	143.65	
Microlastic	Lto	8.20	0.22	1,795.66	395.05	
Festerblanc	Lto	24.80	0.67	459.55	307.90	
Asfalto	Lto	0.45	1.00	117,138.43	117,138.43	263,825.36
Asfalto impregnación	Lto	0.45	1.00	20,955.28	20,955.28	
Asfalto liga	Lto	0.45	1.00	15,716.46	15,716.46	
Asfalto mezcla	Lto	0.45	1.00	94,298.76	94,298.76	
Asfalto sello	Lto	0.45	1.00	489.37	489.37	

MATERIALES	UNIDAD	PRECIOS PARA 1975	FACTOR EQUIVALENTE	VOLUMEN	VOLUMEN EQUIVALENTE	TOTAL
Tubo de concreto de 15 cm. de Ø (simple)	Ml	13.74	1.00	356.65	356.65	16,476.71
De 20 cm de Ø	Ml	18.92	1.38	353.59	487.95	
De 25 cm de Ø	Ml	24.57	1.79	411.55	736.67	
De 30 cm de Ø	Ml	32.02	2.33	12.91	30.08	
De 38 cm de Ø	Ml	44.47	3.24	394.01	1,276.59	
De 45 cm de Ø	Ml	67.19	4.89	37.70	184.35	
De 60 cm de Ø (reforzdo)	Ml	198.91	14.48	427.72	6,193.38	
De 91 cm de Ø	Ml	362.22	26.36	273.56	7,211.04	
Tubería de asbesto cemento de 4" Ø	Ml	45.55	1.00	34.30	34.30	2,360.38
De 6" Ø	Ml	77.43	1.70	528.07	897.71	
De 8" Ø	Ml	118.43	2.60	238.60	620.36	
de 10" Ø	Ml	159.42	3.50	129.00	451.50	
de 12" Ø	Ml	189.49	4.16	85.70	356.51	
Puertos del No. 13	Pza	300.00	1.000	13	13.0	47.00
Del N° 12	Pza	160.00	0.533	9	4.8	
Del N° 9	Pza	45.00	0.150	27	4.0	
Del N° 6	Pza	38.00	0.127	18	2.3	
Del N° 5	Pza	21.30	0.071	44	3.1	
Del N° 4	Pza	34.00	0.113	63	7.1	
Del N° 3	Pza	28.00	0.093	49	4.5	
Del N° 2	Pza	18.75	0.062	138	8.5	

MATERIALES	UNIDAD	VOLUMEN TOTAL	PRECIOS PARA 1975	TOTAL \$	
Varilla G.D. No. 3	Ton	574.31	5,348.66	3,071,789	29.02
Grava	M3	29,407.26	85.00	2,499,617	23.78
Cemento	Ton	2,781.84	530.00	1,474,375	14.03
Madera	P.T.	174,179.21	5.32	926,633	8.81
Tabique rojo recocido	Pza	523,157.64	0.65	340,052	3.23
Tubo de concreto 15 cm Ø	M1	16,476.71	13.74	226,390	2.15
Tierra lama	M3	4,204.13	50.00	210,206	2.00
Kurensal	Lto	11,594.59	18.06	209,398	1.99
Primario anticorrosivo	Lto	8,063.88	24.32	196,113	1.87
Lámina asbesto 6.5 mm	M2	3,376.36	45.29	152,915	1.46
Aerolastic	Kg	8,683.28	17.30	150,221	1.43
Asfalto	Lto	263,825.39	0.45	118,721	1.13
Tubo asb-cem 4" Ø	M1	2,360.38	45.55	107,515	1.02
Pasto alfombra kikuyu	M2	26,275.83	4.00	105,103	1.00
Adoquín	M2	1,134.62	70.00	79,423	0.76
Agua	M3	6,227.93	10.00	62,279	0.59
Creeping red	M2	5,255.17	10.00	52,552	0.50
Fescue	M2	26,275.83	2.00	52,552	0.50
Abono orgánico	M2	26,275.83	2.00	52,552	0.50
Festerbond	Lto	1,314.11	36.40	47,834	0.46
Soldadura E-6010	Ton	3.25	14,030.00	45,597	0.43
Agregado metálico	Kg	6,610.30	5.64	37,282	0.36
Rejilla Irving	M2	61.65	604.16	37,246	0.36
Material bolsa 3"x 1-3/4"	M1	447.30	80.00	35,784	0.34
Azulejo de 11 x 11 cm	M2	387.41	76.54	29,652	0.28
Terrazo	M2	360.31	74.36	26,793	0.26
Celotex	M1	489.37	37.00	18,107	0.17
Parte interior c/porta vidrio	M1	172.38	95.00	16,376	0.16
Puntos de soldadura	Pza	1,836.00	8.55	15,698	0.15
Soportes del No. 13	Pza	47.00	300.00	14,100	0.14
Tapa bolsa	M1	272.66	40.00	10,906	0.10
Esmalte	Lto	324.16	33.20	10,762	0.10
Tubo de acero de 2" Ø	M1	146.16	72.77	10,636	0.10
Pasto inglés	Kg	1,313.39	8.00	10,507	0.10
Color rojo	Ton	1.08	9,500.00	10,260	0.10
Silicón	Lto	568.22	14.37	8,165	0.08
Piedra américa gris	M2	102.39	65.00	6,654	0.06
Acetileno	Kg	140.15	42.63	5,974	0.06
Festerflex	M2	1,023.52	5.27	5,394	0.05
Escalones Irving	Pza	21.00	245.14	5,147	0.05
Oxígeno	M3	214.55	18.11	3,885	0.04
Festegral	Kg	472.33	7.42	3,504	0.04
Pintura vinílica	Lto	159.31	19.89	3,169	0.03
Tornillos Maq. rosca	Kg	58.70	23.66	1,389	0.01
Clavo	Kg	97.50	11.58	1,129	0.01
Ganchos	Pza	410.90	2.22	912	0.01

CATEGORIAS	UNIDAD	SALARIOS PARA 1975	FACTOR EQUIVA LENTE	CANTIDAD TOTAL DE JORNADAS	CANTIDAD EQUIVA LENTE	CANTIDAD TOTAL EQUI VALENTE
<u>Cabo de oficios</u>	Jor	403.16	1.00	1,601.55	1,601.55	17,865.81
Operario especialista	Jor	372.22	0.923	471.32	435.03	
Operario de 1a.	Jor	318.58	0.79	10,277.01	8,118.84	
Operario de 2a.	Jor	275.52	0.683	1,304.52	890.98	
Operario de 3a.	Jor	241.94	0.60	482.49	289.47	
Ayudante de operario especialista	Jor	228.30	0.566	217.82	123.29	
Cabo de segunda	Jor	228.30	0.566	1,745.48	987.94	
Ayudante de operario	Jor	215.69	0.535	10,128.41	5,418.70	
<u>Obrero general</u>	Jor	181.48	1.00	32,919.31	32,919.31	32,919.31

EQUIPO	UNIDAD	RENTAS PARA 1975	FACTOR EQUIVA LENTE	CANTIDAD TOTAL DE HORAS	CANTIDAD EQUIVA LENTE	CANTIDAD TOTAL EQUIVALENTE
Camión de volteo 4.0 m ³	Hr	112.67	1.00	3,218.95	3,218.95	7,174.06
Camión Petrolizador	Hr	154.48	1.37	1,794.71	2,458.75	
Camión redilas 6.8 ton	Hr	108.72	0.96	752.52	722.42	
Camioneta redilas de 3.0 ton	Hr	97.59	0.87	407.97	354.93	
Camión winche 5.0 ton	Hr	152.35	1.35	239.89	323.85	
Equipo rodante	Hr	4.41	0.04	2,379.04	95.16	
Pala cargadora 1.0 YD 3	Hr	157.90	1.00	1,581.49	1,581.49	5,746.03
Motoconformadora 12 F	Hr	222.75	1.41	793.36	1,118.64	
Retroexcavadora s/orugas de 3/4 YD	Hr	261.59	1.66	422.28	700.98	
Tractor agrícola	Hr	32.70	0.21	1,387.77	291.43	
Compactador rodillo liso de 6 a 8 ton	Hr	109.86	0.70	1,092.46	764.62	
Comp. neum. 9 llantas	Hr	106.46	0.67	953.36	638.75	
Comp. rod. liso pata de cabra	Hr	56.34	0.36	520.00	187.20	
Comp. vibratorio de placa	Hr	8.92	0.06	2,533.70	152.02	
Grúa s/orugas 28 ton	Hr	295.51	1.87	64.60	120.80	
Grúa s/neumáticos 22 T	Hr	277.63	1.76	52.90	93.10	
Grúa s/orugas 15 ton	Hr	242.71	1.54	62.92	96.90	
Revolvedora 6S	Hr	49.46	1.00	3,582.29	3,582.29	6,917.7
Soldadora 300 amp	Hr	26.48	0.53	2,523.54	1,337.48	
Dobladora de varilla	Hr	1.80	0.04	8,171.80	326.87	
Cortadora de varilla	Hr	9.20	0.19	210.55	40.00	
Eq. de oxiacetileno	Hr	1.80	0.04	1,312.03	52.48	
Rodillo vibratorio	Hr	17.43	0.35	480.64	168.22	
Malacate pluma y polea de 1 ton	Hr	47.42	0.96	127.60	122.50	
Malacate 1.5 ton	Hr	53.60	1.08	65.44	70.68	
Triple c/diferencial 5.0 ton	Hr	1.44	0.03	341.89	10.26	
Vibrador de chicote	Hr	8.59	0.17	4,476.18	760.95	
Vibrador de regla	Hr	6.92	0.14	3,616.89	506.36	
Taladro eléctrico	Hr	1.80	0.04	15.49	0.62	

ÍTEMOS BÁSICOS	UNIDAD	CANTIDAD *	1 9 7 1		1 9 7 2		1 9 7 3		1 9 7 4		1 9 7 5	
			P. U.	Importe	P. U.	Importe	P. U.	Importe	P. U.	Importe	P. U.	Importe
Cemento	Ton	2.8	285.00	798	285.00	798	310.00	868	520.00	1456	530.00	1484
Grava	M3	29.4	56.00	1646	56.00	1646	68.64	2018	85.00	2499	85.00	2499
Varilla G. D. No. 3	Ton	0.57	2 540.00	1448	2 540.00	1448	2 608.00	1532	6 020.00	3431	5 348.00	3049
Madera	P.T.	174.2	2.70	470	2.80	498	3.50	610	6.03	1050	5.32	927
Fabrico	Pza	523.2	0.20	106	0.20	106	0.30	159	0.55	288	0.55	340
Suma de importes de materiales				4,598		4,598		5,211		8,724		8,279
Índice de materiales				100.00		100.0		115.6		193.5		184.1
Cato de Oficios	Jor	32.9	69.30	2,283	74.51	2,451	82.65	2,719	119.47	3,931	181.40	5,971
Obrero General	Jor	17.9	170.54	3,053	170.54	3,053	197.15	3,529	267.78	4,793	403.16	7,217
Suma de importes de mano de obra				5,336		5,504		6,248		8,724		13,188
Índice de mano de obra				100.0		103.1		117.1		163.5		247.1
Cambio de pulteo 4,000	Hr	7.1	67.87	482	67.87	482	68.64	487	84.20	598	112.67	800
Pala cargadora	Hr	5.7	86.29	492	86.29	492	91.16	520	128.01	730	157.90	900
Revolvente	Hr	7.0	16.33	114	16.33	114	16.33	114	22.45	157	29.48	185
Suma de importes de equipo				1,088		1,085		1,121		1,485		1,805
Índice de equipo				100.0		100.0		103.0		135.5		173.2
Importe de materiales + mano de obra + equipo				10,932		11,118		12,530		18,933		23,372
Índice de materiales + mano de obra + equipo				100.0		101.7		115.1		173.2		213.8

* Las cantidades están dadas en miles de unidades.





centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



ESTIMACION Y CONTROL DE COSTOS



Dr. Jorge Díaz Padilla
Alejandro López Toledo

Handwritten text at the top of the page, including a date and some illegible words.



ANALISIS Y CONTROL DE SISTEMAS DE INVENTARIOS

I. INTRODUCCION

La actividad económica de las instituciones y empresas de un país presenta, entre otras, las siguientes características relevantes para el tema que se trata:

- a. La producción de bienes de consumo intermedio o final (oferta) y la utilización de los mismos (demanda) no coinciden necesariamente en el tiempo ni el espacio.
- b. La incoherencia en el tiempo entre la cantidad de bienes producidos y la cantidad demandada, genera la necesidad de almacenar dichos bienes para conciliar las curvas de producción y de consumo.

Así por ejemplo, el consumo de trigo se realiza en el país durante todo el año, aún cuando la producción correspondiente la cosecha el sector primario al término del ciclo de invierno.

- c. Por su parte, el hecho de que las zonas productoras de bienes no coincidan geográficamente con las zonas de consumo, genera la necesidad de distribuir los productos y en consecuencia la demanda derivada de transporte.
- d. Finalmente, como corolario de los dos factores anteriores, el almacenamiento de bienes se encuentra distribuido en todo el país, ya sea en las zonas productoras, consumidoras o intermedias.

La producción almacenada de recursos utilizables, aunque ociosos por un lapso de tiempo, constituyen lo que se denomina "inventario".

II. TIPOS DE INVENTARIOS

Para estudiar sistemáticamente los almacenajes es conveniente hacer un análisis de los tipos de inventarios, lo cual permite distinguir sus propiedades y características, facilitando así su clasificación y control.

A continuación se enumeran los tipos más frecuentes de inventarios que se presentan en la práctica, asociados con las empresas cuya actividad económica se realiza principalmente en el sector industrial y en el sector servicios de comunicación y transporte. Esta caracterización de los inventarios está hecha atendiendo al tipo de productos que almacenan y a la función que apoyan dentro del proceso de producción.

1. INVENTARIOS DE MATERIA PRIMA

El almacenaje de materia prima se utiliza como factor de apoyo en las funciones de producción. Así por ejemplo en la industria siderúrgica integrada se tendrán almacenamientos de mineral de hierro y carbón; en la producción de concreto se requerirá almacenar arena, grava, agua, cemento y aditivos. En la industria siderúrgica no-integrada se almacenarán palanquilla, lingotes, rieles y ejes, para la producción de varilla, perfiles y alambrón.

2. INVENTARIO DE MATERIALES

Este tipo de almacenaje se utiliza cuando la empresa realiza actividades de construcción de infraestructura. Por ejemplo, en la construcción de subestaciones eléctricas se mantienen inventarios de transformadores, interruptores, cuchillas, fusibles, apartarrayos y estructuras. Cuando se

tiene un proceso repetitivo en la función de construcción, generalmente las empresas cuentan con almacén de materiales, sobre todo si la adquisición implica concurso entre proveedores y tiempos amplios de suministro.

3. INVENTARIOS DE PRODUCTOS SEMITERMINADOS O TERMINADOS.

En la función de distribución de la producción a los clientes, se almacenan productos con diferente grado de acabado. Al mantener este inventario se disminuye la demora en el suministro a los clientes. Por lo general, entre menos terminados se encuentren los productos más tardará la entrega, pero el costo de mantener las existencias será menor.

4. INVENTARIOS DE REFACCIONES Y ARTICULOS PARA CONSERVACION

Este tipo de almacenaje sirve de apoyo para expeditar las funciones de conservación y mantenimiento. Por ejemplo, en empresas de servicio de transporte ferroviario se mantienen almacenes de artículos necesarios para la conservación y mantenimiento de vías, estructuras, terminales y telecomunicaciones, así como inventarios para reparación, conservación y mantenimiento del equipo tractivo y de arrastre. Otro tanto sucede con las empresas de transporte aéreo para el mantenimiento del equipo de vuelo.

5. INVENTARIOS DE ARTICULOS DE CONSUMO

Este tipo de almacenaje de artículos de consumo lo practican casi en su totalidad todas las empresas e instituciones en el desempeño de sus funciones administrativas, al mantener inventarios de papelería y artículos de oficina. Principalmente las empresas del sector servicios, como son las entidades del Gobierno Federal y los Gobiernos Estatales, inciden en grandes inventarios de este tipo.

En México, las empresas del sector paraestatal, según sus funciones y atribuciones específicas utilizan sistemas de inventarios que incluyen uno, varios o todos los tipos de inventarios anteriores.

Por otra parte, atendiendo a las bodegas de almacenaje, estas pueden ser una o varias, localizadas en una misma zona o en diversas zonas del país.

Las bodegas podrán ser propias, logrando la empresa el control total de todos los aspectos del almacenaje, sobre todo los concernientes a pérdida o daño de los artículos por mal manejo o robo. Las bodegas públicas pueden ser del tipo que manejan carga general, graneles o productos que requieren refrigeración. Se utilizan generalmente en la distribución de productos para el manejo de los volúmenes excedentes en períodos críticos.

Adicionalmente a los tipos enumerados anteriormente, existe una amplia variedad de problemas de inventarios. Las empresas del sector de servicios financieros tienen problemas serios de control del inventario de efectivo, el cual hay necesidad de mantenerlo debido a la demanda de los cuentahabientes y a las disposiciones del sistema de depósito legal que establece como norma el Banco de México. Por tanto ese dinero ocioso deberá administrarse convenientemente, pudiendo utilizar conceptos y modelos derivados de la teoría de inventarios.

Los aspectos de administración de niveles de personal son también en su mayoría problemas de inventarios. Así por ejemplo las empresas de aviación comercial deben mantener un cierto nivel de inventario de sobrecargos. Si se capacita un alto número, habrá que cubrir los sueldos del personal no asignado, y si se tiene un déficit, habrá que cancelar vuelos o tomar medidas de emergencia, que de cualquier manera implican costos adicionales a la empresa.

Aún cuando el contexto de los sistemas de inventarios es muy amplio, el presente documento se restringirá a los cinco tipos de inventarios enumerados, que se refieren a la producción, distribución y mantenimiento de artículos.

III. ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS DE INVENTARIOS

En cualquiera de los tipos de inventarios mencionados se pueden identificar tres componentes principales, ligadas por flujos de información y de productos, como se ilustra en la Fig. 1.

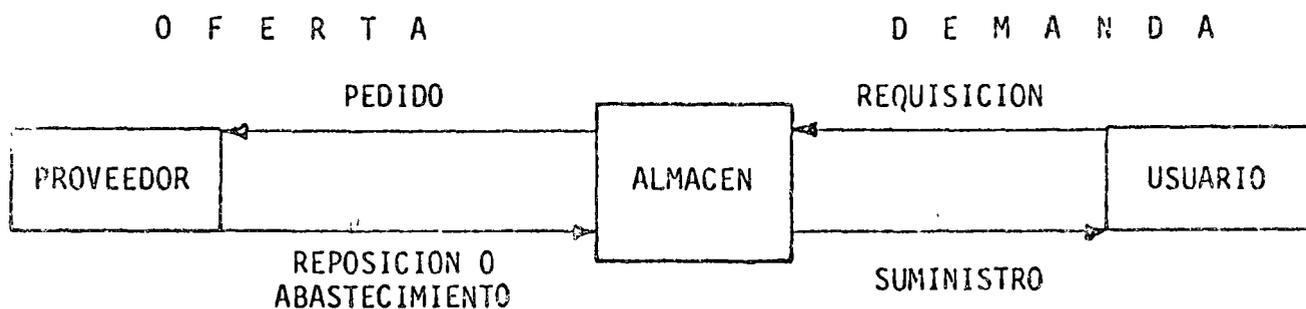


FIG. 1 COMPONENTES DEL SISTEMA

El usuario, que puede ser externo a la empresa, o interno (gerencias de producción, conservación y mantenimiento, construcción, operación, etc.), demanda determinados artículos. Esta solicitud llega en forma de requisiciones específicas al almacén. Este responde a dicho flujo de información mediante el suministro de los artículos.

A su vez el almacén, de acuerdo con una política establecida, mantiene su nivel de inventarios mediante pedidos al proveedor, el cual puede ser externo o bien interno (Gerencia de producción). La oferta, a su vez responde a dicho flujo de información mediante el abastecimiento de materiales para hacer la reposición del inventario.

CARACTERISTICAS DE LA DEMANDA

Al analizar la demanda representada por las requisiciones al almacén, se distinguen las siguientes características de la misma:

a. Tamaño de la demanda.

Se expresa por x , en toneladas, unidades, etc. La demanda esperada en períodos futuros puede ser conocida de antemano, en cuyo caso el sistema de inventarios se dice determinístico*.

Si la demanda no se conoce con certeza, el sistema de inventarios se dice probabilístico. En este caso posiblemente se conozca la función de distribución de probabilidades $f(x)$ o por lo menos una medida de su tendencia central y de su dispersión, ya sea en forma estadística, o en forma subjetiva dada por la experiencia.

b. Tasa de la demanda.

Es el tamaño de la demanda por unidad de tiempo y se designa por r . Si se presenta una demanda x en un período de tiempo t , la tasa de demanda está dada por $r = x/t$.

Para sistemas probabilísticos se utiliza la tasa de demanda promedio. Si $\bar{x}(t)$ es la demanda promedio durante el período t , la tasa de demanda promedio será: $r = \bar{x}(t)/t$.

* En este documento se considera siempre que la reposición al almacén está bajo control, del que toma decisiones. Para los sistemas de inventarios en los cuales la reposición es probabilística existe toda una teoría para su análisis y control, como es el caso de presas de almacenamiento, en el cual la demanda de agua para riego puede considerarse conocida, pero la reposición de agua de lluvia a la presa, es resultado de un proceso estocástico.

c. *Patrón de demanda*

Durante un período dado t se pueden reconocer diversas formas en que se satisface la demanda. El suministro puede ser instantáneo, sea al principio, al final o en cualquier punto intermedio del período. A su vez, el suministro puede hacerse uniformemente durante el período t , de manera que si S es el inventario inicial y x la demanda en el período t , el inventario disminuirá en forma lineal hasta valer $S - x$ al final del período. Esta variación podrá también ser no lineal o con disminuciones discretas en forma de escalera.

CARACTERÍSTICAS DE LA OFERTA

Los elementos a considerar en la reposición de inventarios son los siguientes:

a. *Tiempo de reorden*

Es el lapso de tiempo t entre la colocación de dos pedidos consecutivos. Los tiempos de reorden pueden estar prescritos por política de la empresa o por características del proceso productivo. En caso de no estar prescritos constituyen elementos de control sobre el inventario. Los tiempos de reorden pueden o no ser iguales.

b. *Tiempo de abastecimiento*

Es el lapso de tiempo l entre la colocación del pedido y el abastecimiento correspondiente al almacén. Cuando la demora en el abastecimiento es insignificante se trata como si $l = 0$. El tiempo de abastecimiento puede ser constante para cada pedido o puede variar, en cuyo caso se deberá tener información sobre su función de distribución de probabilidades $f(l)$.

c. *Tamaño del pedido*

Es la cantidad pedida en el tiempo T_i para reposición del inventario. Se

expresa como q_j . Si el tamaño del pedido es el mismo en cada pedido se escribe q y se dice que es el "tamaño del lote".

IV. FUNCION DE COSTOS

En los sistemas de inventarios solo los siguientes costos se consideran significativos y sujetos a control:

- a. Costo de Mantenimiento del Inventario
- b. Costo por Déficit en Almacén
- c. Costo de Adquisición para reposición de Inventarios.

a. *Costo de Mantenimiento del Inventario*

Este costo se representa por lo general como:

$$C_1 = I_1 c_1 \quad (1)$$

donde C_1 es el costo de mantenimiento del inventario por unidad de tiempo, I_1 es la cantidad de inventario promedio por unidad de tiempo y c_1 es el costo unitario de mantenimiento del inventario por unidad de tiempo y por unidad del inventario.

El costo unitario c_1 es a su vez función de una serie de componentes de costo, a saber:

1. Costo de operación del almacén, que incluye los costos de renta o depreciación de instalaciones y equipo, consumos, sueldos y salarios de operadores, personal de estiba y administrativo, reparación de instalaciones y equipo, gastos de oficina, comunicaciones, impuestos y varios.

2. Costo de primas de seguro de la carga.
3. Costo de deterioro y obsolescencia de los artículos.
4. Costo del sistema administrativo de control de inventarios, sea manual, con computadora independiente o con un sistema de teleinformática.

Y finalmente, el costo más importante y que es estrictamente proporcional al nivel de existencias y al tiempo, esto es:

5. Costo del capital invertido, el cual no es un desembolso, sino un costo de oportunidad que variará para cada empresa y es igual a la tasa de recuperación más alta que podría obtener la empresa por inversiones en proyectos alternativos.

sobre algunos de los costos anteriores se podría discutir el hecho de que varían con los niveles de inventario y con el tiempo; sin embargo, aunque sean fijos contribuyen al costo total, aunque en forma independiente de la estrategia de operación que se siga para el inventario.

b. *Costo por Déficit en Almacén*

$$C_2 = I_2 c_2 \quad (2)$$

donde C_2 es el costo por déficit en almacén por unidad de tiempo, I_2 es el déficit promedio del inventario y c_2 es el costo unitario que se incurre por unidad de déficit del inventario.

En algunos casos al recibir la requisición el almacén y no haber existencias el usuario posiblemente esté dispuesto u obligado a aceptar una demora en la fecha del suministro. Si el almacén es de materias primas, artículos semiterminados o refacciones, el costo asociado al déficit

corresponde a los costos de equipo ocioso o de programas de producción interrumpidos.

Si el almacén es de materiales para programas de construcción en que se afecta la ruta crítica, el costo puede ser el de las sanciones asociadas con los retrasos respectivos del programa de construcción.

En los casos anteriores no hay pérdida de la requisición y se supone que los costos son proporcionales tanto al déficit como a la duración del mismo.

En el caso de sistemas de inventario de artículos de consumo es posible que se pierda la venta, lo cual implica un costo fijo cada vez que se incurre en el déficit, que incluye la utilidad no realizada de dicha requisición y las consecuencias subjetivas que puede ocasionar el no satisfacer la demanda.

c. *Costo de las Adquisiciones*

$$C_3 = I_3 c_3 \quad (3)$$

donde C_3 es el costo de los pedidos para reposición de inventarios por unidad de tiempo, I_3 es el número promedio de reposiciones por unidad de tiempo y c_3 es el costo de cada pedido.

El costo del pedido de q unidades puede hacerse con un proveedor externo a la empresa, en cuyo caso se incluyen adicionalmente al costo de las unidades, los costos de elaboración del pedido (fijos y variables), de transporte del proveedor a la bodega y seguro, de descarga e inspección y otros.

Si el pedido se refiere a la producción de q unidades dentro de la propia

empresa tendrá que cuantificarse el costo fijo y variable de los artículos producidos.

En algunos casos c_3 no es constante sino que depende del tamaño del pedido y de la forma de pago (descuentos por volumen y/o por pronto pago).

d. *Costo Total por Unidad de Tiempo*

El costo total del inventario por unidad de tiempo está dado por:

$$C = c_1 I_1 + c_2 I_2 + c_3 I_3 + \text{cte.} \quad (4)$$

en donde c_1 , c_2 , c_3 y el costo fijo o constante son parámetros que deberán conocerse para cualquier problema de inventarios. Los términos I_1 , I_2 , I_3 son variables que dependen desde luego de la tasa de demanda y de las decisiones que se tomen fundamentalmente sobre el tiempo de reorden y el tamaño de los pedidos por unidad de tiempo. Los sumandos del costo total se encuentran muy relacionados, de tal manera que cuando uno de ellos aumenta esto tiende a disminuir los otros dos o viceversa.

V. EL PROBLEMA DE INVENTARIOS

El análisis detallado con relación a los sistemas de inventarios permite ahora definir el llamado:

Problema de Inventarios.

Es el problema de seleccionar una política de reorden y la cantidad del pedido, para minimizar en el tiempo el costo total del inventario.

El problema de inventarios es por tanto un problema de optimización, por lo cual la herramienta de la investigación de operaciones denominada *Teoría de*

Optimización ha contribuido muy sustancialmente a resolver el problema de inventarios.

De la ecuación (4) se puede observar que para minimizar C , es necesario conocer las características del problema, los parámetros c_1 , c_2 y c_3 , así como las expresiones de I_1 , I_2 e I_3 en términos de las variables decisionales: cuándo hacer los pedidos para abastecer el inventario y cuál debe ser el tamaño del pedido.

La teoría de inventarios aplica el análisis de sistemas en la solución de problemas de inventarios de acuerdo con los siguientes pasos: a. determinación de las propiedades y características del sistema, b. formulación del problema de inventarios, c. desarrollo de un modelo matemático de optimización que represente al sistema, d. selección de método o algoritmo de solución del modelo y e. derivación de la solución óptima del sistema de inventarios

La teoría de inventarios, iniciada en 1915 por F.W. Harris, que se considera publicó la clásica fórmula del tamaño del lote óptimo (pedido óptimo), y que a partir de la terminación de la segunda guerra mundial ha tenido un gran auge*, se ha preocupado por la optimización del costo total C , considerando siempre conocidos c_1 , c_2 y c_3 .

Sin embargo, a continuación se postula la necesidad y conveniencia de analizar los problemas de inventarios eliminando la hipótesis anterior.

En efecto, se discute la posibilidad de realizar el control de inventarios y la minimización de costos, tanto reduciendo los costos unitarios, como aplicando modelos de optimización a la expresión (4).

Como tesis se apunta la necesidad de jerarquizar el control de inventarios, iniciando una revisión de los costos c_1 y c_2 principalmente, buscando su

* Al final de este documento se presenta una lista bibliográfica de publicaciones sobre el tema de inventarios.

disminución y solo posteriormente la aplicación de los modelos de la teoría de inventarios.

VI. EL CONTROL DE LOS COSTOS DE ALMACENAJE

Para el problema de inventarios en México se considera que debe ser prioritaria la atención hacia la disminución del costo c_1 (mantenimiento del inventario).

En efecto, considerando el ciclo completo de producción y distribución, la función de almacenaje es probablemente la menos eficiente. Existen, claro está, importantes excepciones, sin embargo se observa una gran brecha en la tecnología de manejo de bodegas.

En el país los almacenes siempre han cubierto su función de prestar servicio, sin embargo se considera que ha llegado el momento en que se debe reconocer la necesidad y la obligación de que dicho servicio sea eficiente y efectivo.

Para ello, muchos de los sistemas y procedimientos para lograr esa eficiencia existen y solo es problema de implantación y control de los mismos en la función de almacenaje.

Un tratado completo sobre la operación de bodegas se puede encontrar en el libro de Jenkins [4], por lo que a continuación se enumerarán solamente los temas que incluyen a los procedimientos más importantes para mejorar la eficiencia operacional de las bodegas.

a. Estandarización de los tiempos de manejo de carga.

Cada una de las actividades operativas del almacén deberá tener su tiempo estándar de realización, desde estiba, desestiba, carga y descarga directa a camión o carro de ferrocarril, etcétera. La comparación de tiempos reales contra tiempo estándar permitirá controlar la duración de las diferentes actividades.

b. Estandarización de la Utilización del Espacio

Esto debe incluir distribución óptima del espacio disponible que concilie la mejor utilización del mismo con la eficiencia en el manejo de la carga. Se deberá determinar el método de estiba para cada artículo y la cubicación del mismo. Finalmente se obtendrá, para cada tipo de carga, el número de metros cuadrados que deberán usar cada 1000 cajas, por ejemplo de cada artículo.

c. Reportes de control de las Operaciones

Los estándares de tiempos y utilización de espacios deberán estar apoyados por un sistema de información, cuyos reportes permitan medir el grado de eficiencia con que la operación diaria se acerca a las metas fijadas por dichos estándares.

d. Planeación de las Operaciones

El proceso de planeación de las operaciones tiene por objeto preveer los requerimientos de espacio futuros y prepararse de antemano para satisfacerlos.

e. Implantación de Métodos de Reducción de Costos

Aún cuando la operación eficiente de almacenes se logra por medio de controles efectivos y motivación del personal, se requieren desde luego otros elementos. Estos incluyen los equipos y procedimientos adecuados, instalaciones adecuadas y sistemas de seguridad. Adicionalmente, cuando esto es posible, deberán utilizarse métodos de estiba a base de paletización, lo cual reduce substancialmente los tiempos de manejo de carga.

Finalmente deben mencionarse los métodos para la localización eficiente de los artículos almacenados dentro de las bodegas, dado que muchas veces los tiempos de búsqueda son muy importantes.

VII. SISTEMAS DE COMPUTO PARA EL CONTROL DE INVENTARIOS

Para los sistemas de inventarios en los cuales sus bodegas operan eficientemente, podrá ser muy útil la sistematización de su información, y este deberá ser el segundo nivel de mejoramiento de la operación y control de inventarios.

El mejor control de los inventarios es probablemente la base de justificación económica para la instalación de un sistema de cómputo como apoyo a la operación de almacenes. En efecto, la efectiva administración de los inventarios requiere de información confiable obtenida rápidamente para tomar las decisiones apropiadas. En el manejo contable de un almacén con un elevado número de artículos y movimientos, existe un sinnúmero de oportunidades para cometer errores al registrar movimientos de tantos productos. El uso efectivo de los sistemas de cómputo para control de inventarios permite un mayor grado de exactitud que el que usualmente se logra con sistemas manuales.

Por otra parte, en empresas cuyo sistema de inventarios utiliza múltiples almacenes en diversas regiones del país, uno de los problemas principales es la falta de estandarización de las operaciones, debido al carácter individual que le imprimen los administradores de cada almacén. La uniformidad se logra con más facilidad con una sistematización de los inventarios.

VIII. SISTEMA DE INVENTARIOS PARA EL SECTOR PARAESTATAL

El conjunto de empresas del sector paraestatal presentan una coyuntura muy importante que puede ser utilizada para el mejor control de sus inventarios.

1. Las empresas que cuentan con el mayor volumen de inventarios, son a la vez usuarios y proveedoras unas de otras. Por ejemplo, la industria

siderúrgica integrada del sector paraestatal, que responderá dentro de poco por el 50 % de la producción de acero en el país, mantiene inventarios para las adquisiciones de empresas del sector no-integrado y de las empresas generadoras y distribuidoras de energéticos, que responden por el 100 % de la producción nacional, así como de empresas prestadoras de servicios de transporte y telecomunicaciones. Estas a su vez proporcionan bienes y servicios fundamentales a la operación de la industria siderúrgica básica.

2. Existe una gran experiencia de varios años en el control computarizado de inventarios por parte de la empresa productora de energéticos más importante de México.
3. El sector paraestatal cuenta con el 27 % de la capacidad de computación instalada en el país.
4. Por tanto esta coyuntura permite concluir sobre la ventaja de establecer primeramente un "sistema de codificación" de inventarios común a todas las empresas que lo ameriten.
5. En segundo lugar, la creación de un Centro de Aplicaciones de Computación al área de inventarios. Este servicio tan especializado se ofrecería a todas las empresas del sector paraestatal que lo requirieran, para las aplicaciones de inventarios, de acuerdo con las características y necesidades del propio país.
5. Este tipo de aplicación de los sistemas de cómputo, desarrollado en México, haría mínimo el problema de utilización de equipo de cómputo extranjero, dado que, como apuntan acertadamente los canadienses, el equipo de cómputo

* Cabe hacer notar que el Gobierno de Canadá, dentro de su plan de acción para la reorganización del servicio de procesamiento de datos en el gobierno federal ha recomendado la implantación de un centro con características semejantes [7].

y el *software* orientado al uso del equipo son "neutros" al medio económico y social donde se utilicen y por tanto lo importante es el control de las aplicaciones.

IX. MODELOS DE OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE INVENTARIOS

En tanto que los almacenes de las empresas operen eficientemente y cuenten con la sistemización mencionada previa justificación, deberán aplicar modelos adecuados de inventarios para minimizar su costo total indicado en la expresión (4).

La teoría de inventarios ha desarrollado en los últimos veinticinco años una variedad de modelos de optimización que se ajustan a una diversidad de situaciones de sistemas de inventarios. Estos se pueden consultar en las referencias [1], [2], [3], principalmente.

Sin embargo, es probable que en cada caso específico sea necesario desarrollar un modelo propio del problema que se considere.

A continuación se muestra en forma ilustrativa el modelo más sencillo para el caso de demanda determinística.

MODELO DETERMINISTICO [1].

El modelo que se presenta como ilustración es el llamado sistema de "lote". Las fluctuaciones del sistema se presentan en la Fig. 2.

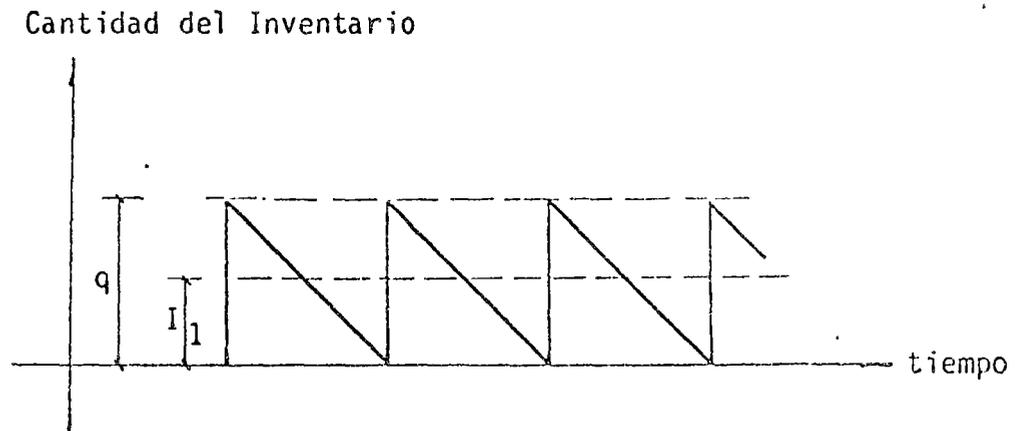


FIG. 2 EL SISTEMA DE LOTE

Las características del sistema son las siguientes:

- a. La demanda es determinística con una tasa constante r .
- b. Los pedidos se fincan cuando el inventario alcanza el nivel cero para que no ocurran déficits.
- c. El tamaño del pedido es constante, el tamaño del pedido es q .
- d. El tiempo de abastecimiento es cero.
- e. El costo unitario de mantenimiento del inventario es c_1 constante.
- f. El costo del abastecimiento es constante e igual a c_3 .

De acuerdo con las propiedades anteriores se deriva que el tiempo de reorden es $t = q/r$.

El inventario promedio $I_1 = q/2$ y el promedio de abastecimientos por unidad de tiempo es $I_3 = 1/t = r/q$. Por tanto la expresión del costo total del sistema es:

$$C = \frac{c_1 q}{2} + \frac{c_3 r}{q}$$

cuyo mínimo puede calcularse obteniendo la derivada e igualando a cero para obtener el q^* óptimo:

$$q^* = \sqrt{2r c_3/c_1}$$

y substituyendo dicho valor en la función de costo, el costo mínimo será:

$$C^* = \sqrt{2r c_1 c_3}$$

B I B L I O G R A F I A

- [1] Nador, E., *Inventory Systems*, John Wiley & Sons, Inc. 1966.
- [2] Ackoff, R.L. y Sasieni; M.W., *Fundamentos de Investigación de Operaciones*, Editorial Limusa-Wiley, S.A., 1971.
- [3] Hadley, G. y Within, T.M., *Analysis of Inventory Systems*, Prentice Hall, Inc., 1963.
- [4] Jenkins, C.H., *Modern Warehouse Management*, Mc Graw Hill, 1968.
- [5] Wagner, H., *Statistical Management of Inventory Systems*, John Wiley and Sons, Nueva York, 1962.
- [6] Hanssmann, F., *Operations Research in Production and Inventory Control*, John Wiley and Sons, Nueva York, 1962.
- [7] *The EDP Master Plan*, An action for the Implementation of the Electronic Data Processing Policy in the Federal Government, Gobierno de Canada, Treasury Board Secretariat, Diciembre 1972.
- [8] Within, T.M., *Theory of Inventory Management*, Princeton University Press, 1963.
- [9] Márquez, J., "Business Planning and Analysis: an Inventory Model Considering Random Demand with a Different Distribution Function per Unit Time", presentado en la Reunión del A.I.C.H.E.-I.M.I.Q., Denver, Colorado, 1970.
- [10] Brown, R., *Statistical Forecasting for Inventory Control*, Mc Gray Hill Book Co., Nueva York, 1959.

PROGRAMACION LINEAL Y DINAMICA

La *programación matemática* es un conjunto de técnicas aplicables a ciertos problemas de optimización de operaciones. Estas técnicas y sus teorías asociadas constituyen un capítulo importante dentro de la Teoría de Optimización.

En las secciones subsecuentes se plantea el problema de optimización y su proceso de solución, así como dos de los métodos de programación matemática que han encontrado una gran variedad de aplicaciones: la *programación lineal* y la *programación dinámica*.

I. TEORIA DE OPTIMIZACION

Cuando un ejecutivo o persona responsable de tomar decisiones se ve confrontado con el problema de seleccionar un curso de acción entre un conjunto de opciones, se verá compelido a escoger la mejor, en términos de un cierto objetivo u objetivos predeterminados según la naturaleza del problema.

Se supone en lo anterior, que el grado en el cual cada alternativa se acerca al objetivo puede evaluarse mediante un método cuantitativo. En otras palabras, una medida de la utilidad de cada curso de acción puede determinarse, permitiendo así al que toma decisiones, seleccionar la alternativa que registre la máxima utilidad. El grado de acercamiento al objetivo en cada caso particular es la "figura de mérito". En un gran número de problemas, el objetivo es la minimización de los costos, siendo la figura de mérito el costo asociado a cada alternativa.

DEFINICION - Un problema de optimización se define como la selección, entre un conjunto de varias alternativas (posiblemente un número infinito) de un problema, de aquella para la cual la figura de mérito se minimiza.

La naturaleza de los problemas de optimización es en general bastante compleja y una gran variedad de casos, presentando diversas características, se encuentran a menudo en problemas prácticos.

Es esta naturaleza tan diversa, así como las características estructurales tan distintas de los modelos, que indican claramente la necesidad de una gran variedad de técnicas para atacar la solución de problemas de optimización. El conjunto de todas estas técnicas, o sea las incluidas dentro de los nombres específicos de *programación matemática* (*programación lineal - dinámica, geométrica, en enteros*), *teoría de juegos*, *teoría estadística de la decisión*, *teoría del control*, *cálculo de variaciones*, etc., constituyen, junto con sus bases teóricas, la teoría general de optimización.

La teoría de optimización, en su acepción más amplia, es la rama unificada del *análisis matemático* que proporciona un enfoque formal para la solución de los problemas de optimización.

2. PROCESO DE SOLUCION DE UN PROBLEMA DE OPTIMIZACION: MINIMIZACION DE COSTOS

El proceso de solución para problemas de optimización puede no ser idéntico en todos los casos y puede diferir debido a la naturaleza especial del problema; sin embargo siempre será posible distinguir en el proceso los pasos básicos indicados en la Figura 1.1. Las líneas de retroalimentación indican la posible revisión de las decisiones anteriores.

En la etapa de definición del problema se identifican las variables de decisión o control que lo gobiernan, y se especifica a su vez la forma de interacción entre ellas. Deberá definirse una función de costo en términos de las variables de control relevantes, y el rango de los controles debe especificarse explícita o implícitamente. Finalmente, las restricciones que deben satisfacer las variables habrá que establecerlas.

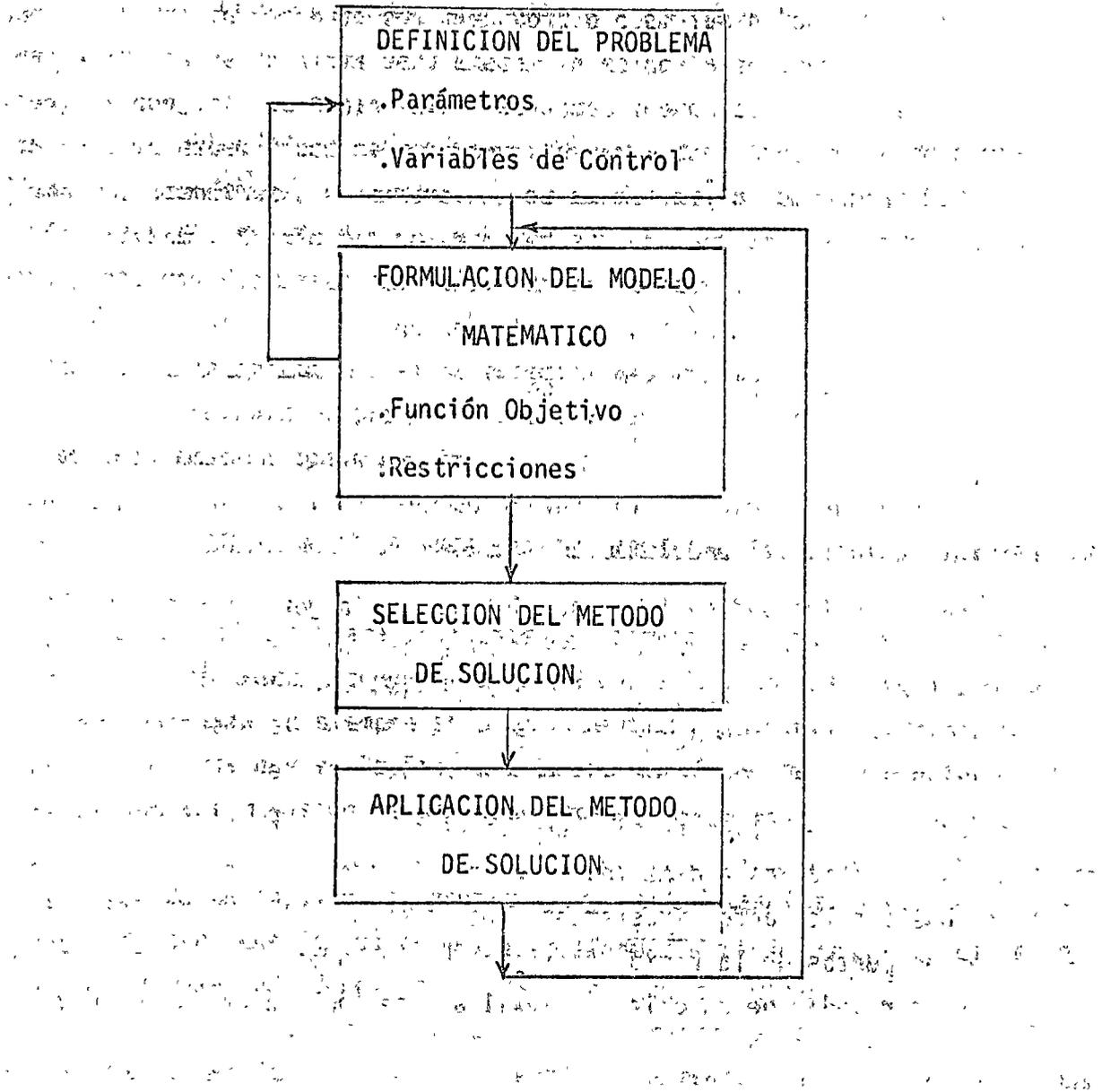


Fig. I.1 Proceso de Solución del Problema de Optimización

Una vez que el problema ha quedado adecuadamente definido, el paso subsecuente es formular un modelo abstracto (usualmente un modelo matemático), que represente fielmente la estructura esencial del problema y que pueda tener solución mediante la aplicación de un procedimiento conocido.

Es claro que la solución del modelo producirá resultados confiables solo en la medida que el modelo sea representativo del problema original. Si el problema no ha sido modelado apropiadamente, su solución puede llevar a resultados dudosos o completamente erróneos; por ejemplo considérese el caso de un modelo de programación lineal que da una solución no acotada como resultado de no haber incluido una de las restricciones dentro del modelo.

Se distinguen tres componentes principales de un modelo de optimización:

- a. El conjunto de variables del problema.
- b. La función de costo del problema
- c. El dominio de definición de las variables del problema (determinado por las restricciones del problema).

Las técnicas de solución son los procedimientos y algoritmos desarrollados para la solución del problema de optimización. La solución de un problema implica usualmente la determinación de los valores numéricos de las variables de control y el valor óptimo de los costos asociados.

Los métodos de optimización se dividen generalmente en dos grandes categorías: *métodos indirectos y directos*. Con los métodos directos, la solución óptima se busca calculando directamente los valores de la función de costo en diferentes puntos de la región factible. Los valores así obtenidos se comparan y, por medio de un criterio auxiliar, se analiza ahora un nuevo punto que, es de esperarse, mejorará el valor de la función de costo.

Alternativamente, los métodos indirectos buscan un conjunto de valores de las variables de control que satisfagan condiciones necesarias de optimalidad previamente conocidas. El método clásico del cálculo diferencial es un

ejemplo del tipo indirecto. En efecto, se buscan valores de las variables para los cuales las primeras derivadas de la función de costo se anulan, suponiendo que se garantice la continuidad de la función y la existencia de las derivadas en la región de interés. En esta forma, el problema de optimización ha sido transformado en un problema de búsqueda de raíces.

El algoritmo Simplex de la programación lineal exhibe aspectos tanto del método directo como del indirecto. Lleva a cabo una búsqueda directa solo entre los puntos extremos de la región factible (puntos que satisfacen la condición necesaria de optimalidad) en forma tal que el valor de la función de costo sea cuando menos tan buena como en el paso previo. Finalmente, el óptimo se detecta, de entre el conjunto de puntos extremos, cuando el criterio indirecto de factibilidad de la solución complementaria del problema dual asociado se ha satisfecho.

La selección de un método de solución conveniente para un problema dado depende del tipo de modelo empleado, las técnicas de solución existentes para ese modelo particular y las facilidades de computación disponibles para el ingeniero analista.

La selección final de un método adecuado para un problema particular depende por tanto de las propiedades detalladas del modelo así como de las técnicas de solución que formen parte del paquete de *software* de la instalación de computadora disponible.

3. PROGRAMACION LINEAL

La programación lineal es la parte de la teoría de optimización que se ocupa de la elaboración y solución de modelos explícitos, en los que las relaciones de las variables de control son lineales, tanto en la función de costo como en las restricciones del problema.

El modelo generalizado de programación lineal fue formulado por George Dantzig en 1947, quien también desarrolló el método Simplex para resolverlo.

En los últimos veinticinco años el desarrollo de la teoría de optimización particularmente de la programación lineal, ha sido en extremo fructífero, tanto en las técnicas puramente analíticas como en su aplicación a las ciencias administrativas, la ingeniería y las ciencias físicas.

La aplicación de la programación lineal es muy variada, y se presenta también en la asignación de facilidades de producción a diversos productos, en la selección óptima de carteras, en la asignación de programas de producción, en la distribución de productos, etc. En general, el denominador común estriba en la asignación óptima de recursos, entre un conjunto de actividades que compiten por ellos.

4. EL MODELO DE PROGRAMACION LINEAL

La forma general del modelo matemático de programación lineal que describe a un determinado problema de optimización es la siguiente:

A: Dados a_{ij} , c_j y b_i , determinar $x^0 [x_1, x_2, \dots, x_n]$ para

Maximizar o Minimizar la función de costo

$$z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (1)$$

Sujeta a las restricciones:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

La función (1) que se trata de minimizar, es la función objetivo. Las x_j , $j = 1, \dots, n$ son las llamadas variables de decisión. Los términos a_{ij} , c_j y b_i son constantes del problema

Forma Estándar. - Para efectos de solución, el modelo A debe expresarse mediante ciertas transformaciones, como un modelo equivalente en términos de variables no-negativas que deban satisfacer un conjunto de ecuaciones lineales y que minimicen una forma lineal.

Dicha formulación, la cual es necesaria para empleo del método Simplex, se conoce con el nombre de *forma estándar* del problema y es la siguiente:

B: Determinar \underline{x}^0 para

$$\text{Minimizar } z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (3)$$

Sujeta a las restricciones:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \quad ; i = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

$$x_j \geq 0 \quad ; j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

Transformaciones.- Para pasar de la forma general A a la forma estándar se requiere hacer uso de las siguientes transformaciones.

a.- Si en el problema original la restricción *i*-ésima es la desigualdad siguiente:

$$a_{i1} x_1 + a_{i2} x_2 + \dots + a_{in} x_n \leq b_i \quad (6)$$

ésta se puede transformar en igualdad mediante la introducción de la variable de holgura $x_{n+1} \geq 0$:

$$a_{i1} x_1 + a_{i2} x_2 + \dots + a_{in} x_n + x_{n+1} = b_i \quad (7)$$

Similarmente, si la restricción es de la forma:

$$a_{i1} x_1 + a_{i2} x_2 + \dots + a_{in} x_n \geq b_i \quad (8)$$

se transforma en igualdad mediante la introducción de la hogura x_{n+1} .

$$a_{i1} x_1 + a_{i2} x_2 + \dots + a_{in} x_n - x_{n+1} = b_i \quad (9)$$

b.- Si la i -ésima variable x_i no está restringida a tomar solo valores no negativos, se puede substituir mediante la transformación:

$$x_i = x'_i - x''_i, \text{ donde } x'_i \text{ y } x''_i \geq 0 \quad (10)$$

puesto que cualquier número puede escribirse como la diferencia de dos números positivos.

Definiciones.-

- a.- Solución Factible.- Cualquier vector \underline{x} que satisfaga las restricciones - (4) y las condiciones de nonegatividad (5).
- b.- Solución Factible Básica.- Una solución factible \underline{x} con no más de m componentes x_i positivas.
- c.- Solución Optima.- Una solución factible que también satisface (3).

5. EL METODO SIMPEX

El *Alogoritmo Simplex* es el nombre que se ha dado al método desarrollado por Dantzig para la solución de modelos de programación lineal. El algoritmo es un procedimiento algebraico que se acerca progresivamente a la solución óptima, si esta existe, o que detecta su inexistencia en dado caso, mediante un proceso iterativo hasta que se alcanza la optimalidad.

Para motivar el método considerese el siguiente simple modelo de programación lineal.

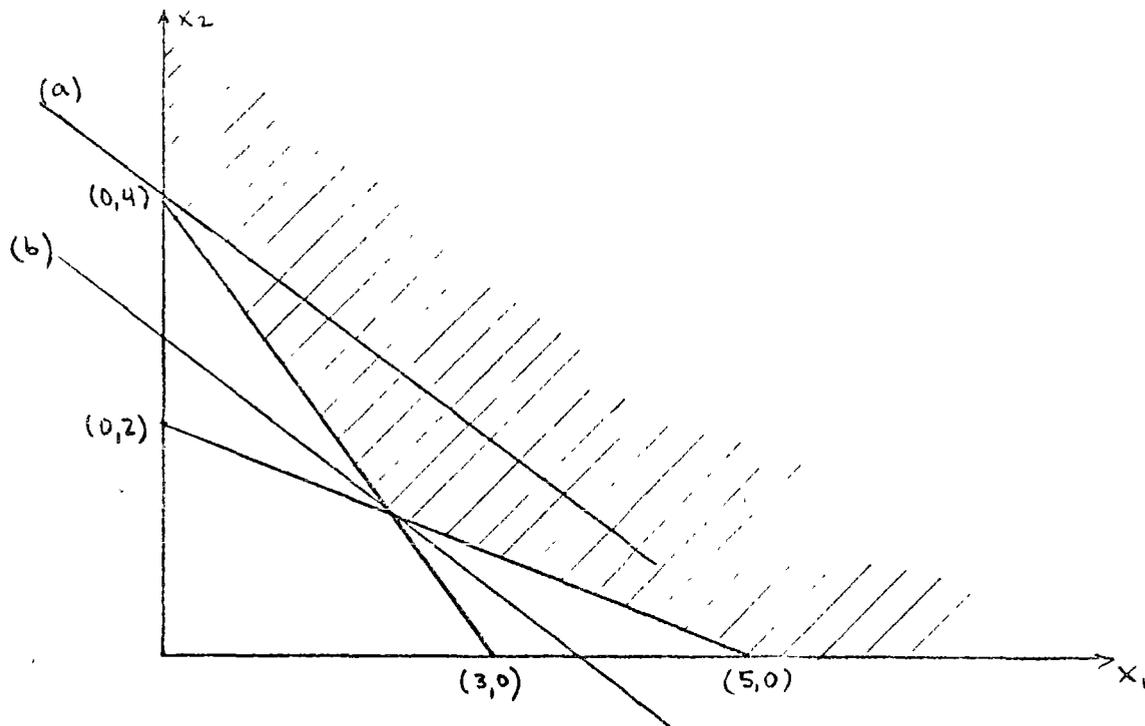
Una empresa produce dos tipos de productos P_1 y P_2 a partir de dos tipos de materiales M_1 y M_2 . En el procesamiento, una tonelada de material de tipo M_1 es transformada en un 28% del producto P_1 , un 70% del producto P_2 y el restante 2% es desperdicio. Similarmente, una tonelada de material tipo M_2 es transformada en un 40% del producto P_1 , un 30% del producto P_2 y el resto (30%) es desperdicio.

En un mes cualquiera, la demanda de productos P_1 y P_2 que se ha estimado en 1.5 tons. y 1.2 tons. respectivamente. Dado que cada tonelada de material M_1 cuesta \$3 mil y cada tonelada de material M_2 cuesta \$4 mil, se desea determinar la cantidad de material M_1 y M_2 que se debe comprar a fin de satisfacer la demanda y minimizar el costo. El problema puede plantearse como sigue.

Producto	Material M_1	Material M_2	Demanda
P_1	.28	.70	1.4
P_2	.40	.30	1.2
costo/ton	3.5	4	

Si X_1 es la cantidad de material M_1 comprado en toneladas, y X_2 es la correspondiente cantidad de M_2 , y Z es el costo total en miles de pesos, entonces se desea

$$\begin{aligned} \text{Minimizar } Z &= 3X_1 + 4X_2 \\ .28X_1 + .7X_2 &\geq 1.4 \\ .4X_1 + .3X_2 &\geq 1.2 \\ X_1, X_2 &\geq 0 \end{aligned}$$



La región sombreada corresponde al conjunto de soluciones factibles.

La recta (a), es su intersección con la región sombreada, corresponde a las soluciones factibles para las cuales $z = 16 = 3x_1 + 4x_2$. Si se dibuja una familia de rectas paralelas que contengan cuando menos un punto de la región factible y se acerquen al origen (en la dirección de valores decrecientes de z), la última recta de la familia es (b), la cual se apoya en el punto factible $(2.14, 1.14)$ y toma un valor de $z = 11$, que es la solución óptima.

Propiedades Fundamentales de la Programación Lineal.

En las referencias (1), (4) pueden verse las demostraciones detalladas de -- las siguientes propiedades en las que se basa el método Simplex.

- a. El conjunto de soluciones factibles de B es un conjunto convexo.
- b. Las soluciones factibles básicas corresponden a los puntos extremos del conjunto de soluciones factibles.
- c. Si existe una solución factible, existe también una solución factible básica.
- d. Existe solo un número finito de soluciones factibles básicas, esto es, de puntos extremos del conjunto convexo.
- e. Si una solución factible es óptima, debe corresponder a un punto de la frontera del conjunto de soluciones factibles.
- f. Si la función objetivo posee un mínimo finito, entonces por lo menos una solución óptima es una solución básica factible.

De acuerdo con lo anterior, las soluciones factibles básicas son: (0,4) con $z = 16$, (5,0) con $z = 15$, y (2.14, 1.14) con $z = 11$ que además es la óptima.

De acuerdo con f), el algoritmo de Simplex se limita a analizar un número reducido de soluciones factibles básicas y se detiene al detectar la solución básica factible óptima.

Para identificar una solución básica factible se procede como sigue:

Dado $A \underline{x} = \underline{b}$; ($m < n$) y el rango de A igual a m, se toma cualquier submatriz cuadrada de A, no singular y de orden m. Las $n - m$ variables no asociadas con las columnas de B se hacen iguales a cero y se resuelve el sistema de ecuaciones resultante:

$$\underline{x}_B = B^{-1} \underline{b}; \text{ el resto de las } \underline{x} = 0$$

y esto constituye una solución básica.

Partiendo de una solución básica factible (punto extremo), el procedimiento - corresponde a moverse hacia otro punto extremo adyacente, a lo largo de un -- vértice del conjunto factible, para lograr un valor de z menor. Cuando ningún punto extremo adyacente tiene un valor de z menor que el actual, la solución óptima se ha alcanzado y el proceso llega a su fin.

El proceso termina en un número finito de pasos. En efecto, puesto que en cada iteración el valor de z decrece, es imposible regresar a un punto extremo anteriormente analizado. Por otra parte, de la propiedad d), se desprende -- que no se podrán llevar a cabo más iteraciones que número de puntos extremos y por tanto el proceso es finito.

Los detalles correspondientes al desarrollo algebraico para sistematizar el proceso pueden consultarse en las referencias (1), (2) y (4). La Figura 2 -- muestra el diagrama de flujo del algoritmo primal del Simplex, para su pro-- gramación en computadora electrónica.

6. PROGRAMACION DINAMICA [3]

La característica común a todos los modelos de programación dinámica es la representación del problema de decisión en forma recursiva, esto es, por etapas.

Los problemas tratados con programación dinámica son normalmente de menor escala que los de programación lineal, debido principalmente a que en la programación dinámica se guarda información relativa al problema y sus posibles decisiones en cada etapa del horizonte de planeación, lo que puede causar problemas de dimensionalidad (demanda excesiva de memoria en soluciones por computadora).

Algunos modelos típicos de programación dinámica corresponden a los siguientes problemas:

- reglas de reorden en inventarios, indicando cuando y por que cantidad debe solicitarse un producto, minimizando costos de almacenamiento
- procedimientos de asignación de capital cuando los recursos son escasos

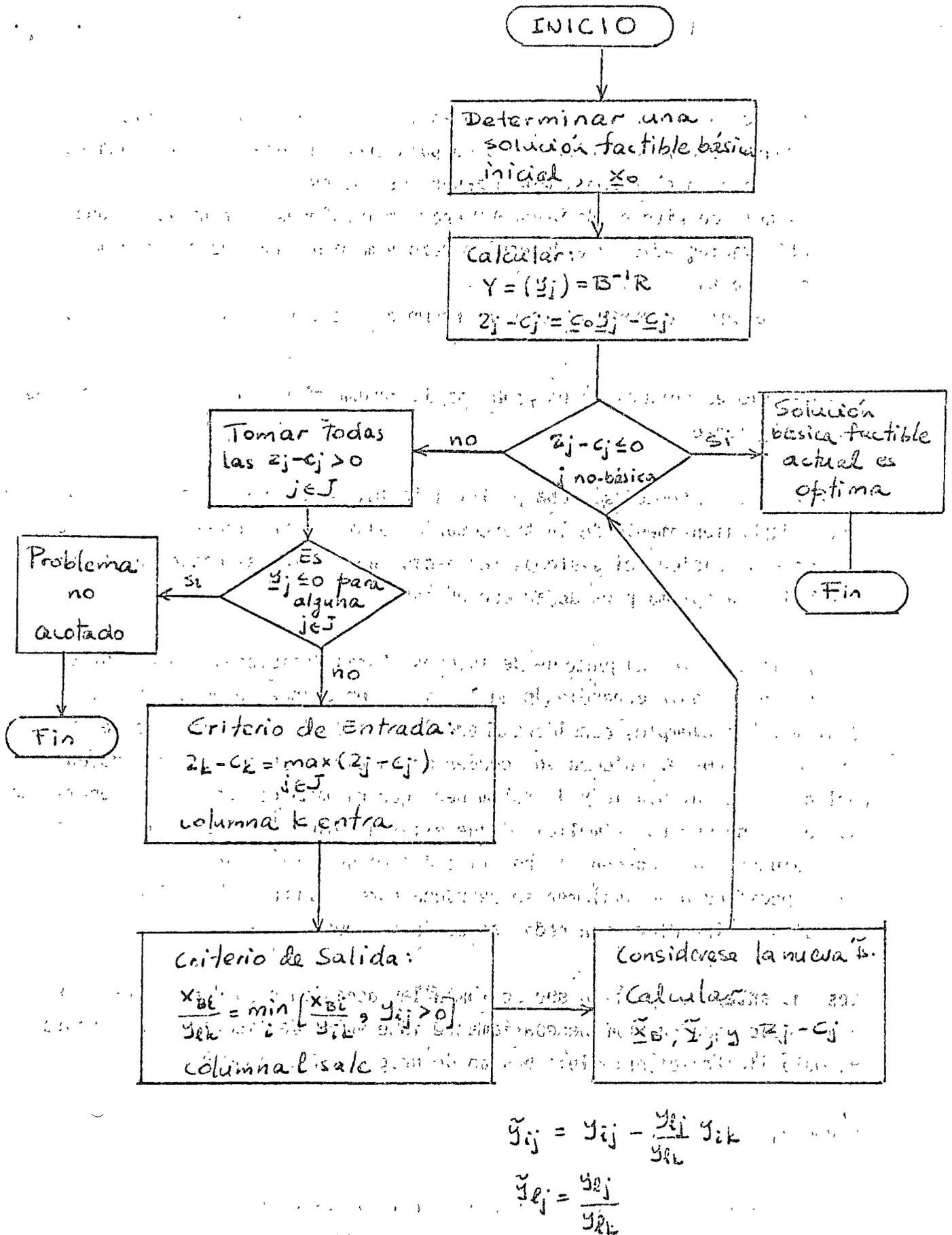


DIAGRAMA DE FLUJO DEL ALGORITMO PRIMAL SIMPLEX

- selección de medios de difusión en la promoción de un producto
- programas de producción y empleo para organizaciones cuya demanda es variable en el tiempo, minimizando los costos
- cálculo de niveles de inventario para refacciones, garantizando una utilización eficiente de equipo caro y minimizando costos de almacenamiento
- Estrategias a corto plazo para reemplazo de artículos depreciables.

Las decisiones óptimas en un problema de programación dinámica están basadas en el siguiente

Principio de Optimalidad: Una política óptima debe tener la propiedad de que independientemente de la trayectoria seguida para llegar a un cierto estado o situación del sistema, las decisiones restantes deben constituir una política óptima para dejar ese estado.

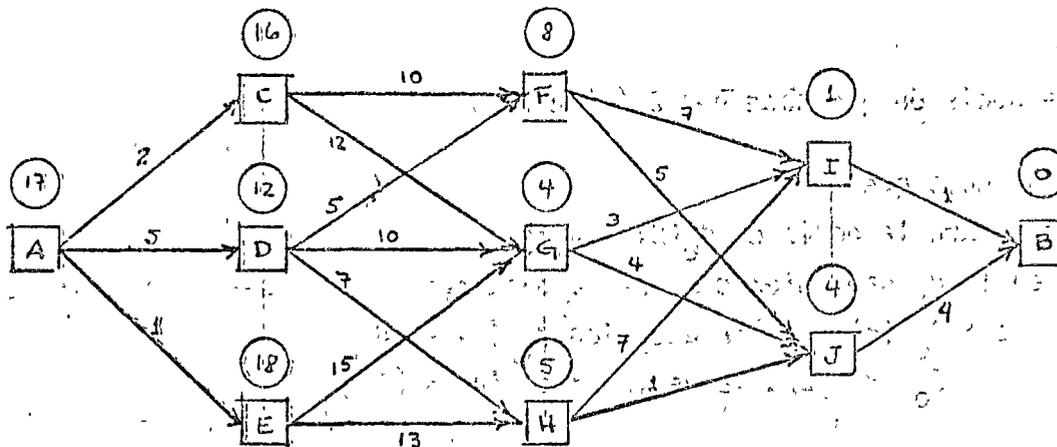
Una política es un conjunto de decisiones. Estas decisiones son el curso de acción a seguir dependiendo de la situación en que se encuentre el sistema. Por ejemplo, considere el problema de decidir en cada uno de los próximos 3 años el volumen de reorden de un cierto producto, en función del nivel de inventario y de tal manera que minimice costos de almacenamiento. Si se supone que por simplicidad que existen solo 3 niveles de inventario y 4 volúmenes de reorden, la política óptima será el conjunto de decisiones que especifiquen que volumen se reordena para cada uno de los 3 niveles posibles de inventario en cada uno de los 3 años de plan.

Los instantes (etapas) en que se toman las decisiones pueden representar a variables que no son necesariamente intervalos de tiempo. El siguiente ejemplo ilustra el principio básico de programación dinámica.

Ejemplo:

En un país x se desea construir una carretera desde una ciudad A hasta una ciudad B. La carretera pasará además por por 3 ciudades intermedias y su costo es proporcional a la longitud del camino.

Las posibles rutas y distancias en Kms. entre las ciudades han sido identificadas, y se ilustran en la siguiente gráfica.



Se desea encontrar la ruta de distancia mínima (y por tanto de costo mínimo) entre A y B.

El principio de optimalidad establece que dado que la carretera pasa por alguna ciudad (por ejemplo G), las decisiones sobre la ruta a tomar (GI-IB ó GJ-JB) deben constituir la política óptima para dejar esa ciudad. Puede por tanto notarse que si conocen las rutas óptimas desde F, G y H hasta B puede calcularse la ruta óptima desde D hasta B, puesto que bastaría comparar la suma de la distancia DF más la distancia óptima de F a B, con las sumas similares de D a G más óptimo de G a B, y de D a H más el óptimo de H a B. Como esto puede repetirse para C y E, se podrá entonces calcular la decisión óptima en A, así como la política óptima desde A hasta B.

Se observa que el cálculo recursivo puede iniciarse en B para llegar a A, en reversa a la dirección en que evoluciona el proceso (construcción del camino). Con esta base, el problema de programación dinámica tiene la siguiente formulación.

Sea

$J_n(s)$ = distancia mínima desde la ciudad s hasta B, cuando faltan n ciudades (incluyendo B) por tocar.

$d_n(s)$ = decisión que hace que $J_n(s)$ ocurra.

Se tiene entonces que

$J_0(B) = 0$ para la decisión $d_0(B) = \text{alto}$

y estando en la ciudad anterior a B, la distancia mínima sería simplemente

$J_1(I) = 1 + J_0(B)$ para la decisión $d_1(I) = IB$

$J_1(J) = 9 + J_0(B)$ para la decisión $d_1(J) = JB$

y ahora, dado que se conocen las políticas óptimas desde I y J hasta B, pueden calcularse las correspondientes a F, G y H, puesto que

$$J_2(F) = \min \left[\begin{array}{l} 7 + J_1(I) , 5 + J_1(J) \\ 3 + J_1(I) , 4 + J_1(J) \\ 7 + J_1(I) , 4 + J_1(I) \end{array} \right]$$

y así sucesivamente. El método recursivo puede establecerse como

$$J_n(s) = \min_{(s,j) \text{ en la red}} \{ C_{sj} + J_{n-1}(j) \} \text{ para } n = 1, 2, 3, 4$$

donde C_{sj} es la distancia de la ciudad s a la j . En la gráfica, los números en círculos corresponden a $J_n(s)$. Finalmente, una vez calculados $J_4(A)$ y $d_4(A)$, la política óptima desde A hasta B puede recuperarse observando la ciudad que especifique $d_4(A)$, la cual tendría un costo asociado $J_3(J)$ y una decisión óptima $d_3(J)$. Esta a su vez indicará cual es la próxima ciudad y su costo $J_2(k)$ y decisión $d_2(k)$ asociados y así sucesivamente. Se deja al lector el ejercicio de verificar que la ruta óptima es ADHJB, con un costo asociado de 17 Kms.

Si se incluyera la restricción de que la carretera pase por alguna ciudad por ejemplo I, la ruta óptima se calcularía en 2 etapas, una de A a I y la otra de I a B. En este caso, el costo óptimo es de 17 Km. para ACGI y 1 Km. para IB.

REFERENCIAS

1. Hadley, G., *Linear Programming*, Addison-Wesley Publishing Co., 1964.
2. Hillier, F. y G. Lieberman, *Introduction to Operations Research*. Holden-Day, Inc. 1967. Parte III.
3. Wagner, H.M., *Principles of Operations Research*, Prentice Hall, Inc., 1969.
4. Simonnard, M., *Linear Programming*. Prentice Hall, Inc., 1966.
5. Dantzig, G.B., *Linear Programming and Extensions*, Princeton University Press, Princeton (New Jersey), 1961.
6. Ford, L.R., y Fulkerson, D.R., *Flows in Networks*, Princeton University Press, Princeton (New Jersey), 1962.
7. Sasieni, M. W, Yaspan, A., y Friedman, L., *Operations Research: Methods and Problems*, J. Wiley, New York, 1959.

MODELOS DE LINEAS DE ESPERA

Existen en la vida real un gran número de sistemas en los que el cliente tiene que esperar para ser atendido debido a que la unidad o unidades de servicio se encuentren ocupadas.

La característica fundamental de los sistemas a analizar es que los instantes de llegada de los usuarios (instantes de demanda) y la duración de la ocupación de una unidad de servicio no pueden ser conocidos de antemano, sino que constituyen fenómenos aleatorios. No obstante, la *teoría de probabilidad* permite describir estos fenómenos, distinguiendo entre si los diferentes eventos o instantes de llegada y partida del sistema por medio de asignaciones numéricas que representan sus oportunidades de ocurrencia.

Los modelos de líneas de espera permiten evaluar el comportamiento de estos sistemas para diferentes características de los procesos de demanda y oferta de los servicios, y pueden utilizarse por tanto para el diseño de este tipo de sistemas. Por ejemplo, dado que los costos del servicio se incrementan al aumentar el número de unidades de servicio, puede decidirse el número mínimo que garantice un nivel adecuado de servicio. Un número reducido de unidades de servicio podría ser poco costosa, pero la demanda podría ser tal que el servicio fuese ineficiente, mientras que en el otro extremo, un número excesivo de unidades ofrecería un buen servicio pero sería una solución muy costosa.

Los modelos de líneas de espera pueden utilizarse para decidir el número adecuado de, entre otros,

- personal de mantenimiento para un cierto equipo
- cajas registradoras en un supermercado
- cajeras (os) en un banco
- bombas de gasolina y personal en una gasolinera
- troncales para una central telefónica

1. LLEGADAS, SERVICIOS Y DISCIPLINAS

Variables aleatorias pueden ser asociadas a cada instante de llegada y tiempo de duración del servicio. Las probabilidades de que una variable tome ciertos valores está determinada por una función denominada función de densidad de probabilidad (FDP). Estas FDP definen completamente a las variables aleatorias, cuyo conjunto describiendo todas las llegadas (y similarmente todos los tiempos de duración) constituyen un *proceso estocástico*.

Usualmente, la descripción del patrón de llegadas es dada por la FDP del tiempo entre llegadas sucesivas. Las salidas del sistema son normalmente determinadas por la FDP de tiempo de duración del servicio en cada unidad de servicio. Estas a su vez pueden estar arregladas en paralelo o en serie, dependiendo de si el servicio puede ser ofrecido indistintamente por cualquier unidad, ó si el usuario tiene que pasar todas las unidades de servicio.

En los modelos de líneas de espera el concepto de *disciplina* de la línea describe el orden en que los usuarios en la línea son atendidos.

Frecuentemente, los primeros en llegar son los primeros en ser atendidos; esta disciplina se conoce como primero en llegar, primero en ser atendido (first come, first served) otras disciplinas son, último en llegar, primero en ser atendido (last come, first served), y aleatoria (los usuarios son atendidos sin importar el orden de llegada).

2. VARIABLES CON DISTRIBUCION EXPONENCIAL

Variables aleatorias con distribución exponencial son frecuentemente utilizadas en modelos de líneas de espera.

En particular, considerese el proceso de llegada en el caso en que la FDP del tiempo t transcurrido entre llegadas sucesivas dada por

$$p_t(t_0) = \lambda e^{-\lambda t_0} \quad t_0 \geq 0 \quad (1)$$

La ecuación (1) describe probabilísticamente a la variable t , ya que permite evaluar probabilidades de eventos del tipo

$$\text{Prob} [a \leq t \leq b] = \int_a^b p_t(t_0) dt_0 = \int_a^b \lambda e^{-\lambda t_0} dt_0 \quad (2)$$

El proceso estocástico de llegadas, constituido por el conjunto de variables aleatorias de los instantes de llegada, es completamente descrito por la FDP ecuación (1) que define cada intervalo de tiempo entre llegadas sucesivas. Dado que la FDP es la misma para todos los intervalos, el proceso se conoce como *estacionario u homogéneo*.

En particular, la FDP exponencial (1) tiene la propiedad de que la probabilidad de que se tenga una llegada en cualquier intervalo de tiempo pequeño $[T, T + h]$ es proporcional a la longitud h del intervalo, e igual a λh (ver ec. (2)). Mas aún, la probabilidad de que no se tenga llegada alguna en el intervalo $[0, T + h]$, dado que no se tiene llegada en $[0, T]$, o se tiene una llegada en el instante T , es la misma probabilidad de que no se tenga llegada en el intervalo $[0, h]$. Esta última propiedad se conoce como de *no-memoria* de la variable aleatoria exponencial:

$$\text{Prob} [t \geq T + h / T > h] = \text{Prob} [t \geq h] \quad (3)$$

Este proceso de llegadas se conoce como proceso de Poisson, y la variable aleatoria n que describe el número de llegadas en un intervalo de tiempo es una variable de Poisson, descrita por

$$\text{Prob} \left[\begin{array}{l} n \text{ llegadas en cualquier} \\ \text{intervalo de longitud } T \end{array} \right] = \frac{(\lambda T)^n e^{-\lambda T}}{n!} \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (4)$$

El tiempo promedio entre llegadas sucesivas del proceso de Poisson está dado por

$$E [t] = \frac{1}{\lambda} = \text{tiempo promedio entre llegadas} \quad (5)$$

donde $E [t]$ denota el valor esperado o valor promedio de la variable aleatoria t , el tiempo entre llegadas sucesivas. De la ec. (5) puede concluirse que

$$\lambda = \text{razón de llegadas por unidad de tiempo} \quad (6)$$

La variable exponencial es también utilizada frecuentemente para describir la duración del servicio. Esto es, si t es ahora el tiempo de servicio, la FDP

$$p_t(t_0) = \mu e^{-\mu t_0}, \quad t_0 \geq 0 \quad (7)$$

define probabilísticamente el proceso de salidas de los usuarios del servicio. En este caso,

$$\text{tiempo promedio de servicio} = \frac{1}{\mu}$$

μ = tasa de servicio por unidad de tiempo que la unidad de servicio esta ocupada.

3. EL MODELO M | M | 1

El modelo de linea de espera en el que las llegadas son de acuerdo a un proceso de Poisson, los tiempos de servicio son exponenciales, y la disciplina es primero en llegar, primero en ser servido, se denota por M | M | 1 en la teoría de modelos de espera, donde M es representativo de Markov.

Este modelo es lo suficientemente simple para ilustrar los conceptos de interés en los modelos de lineas de espera, ya que se puede estudiar analíticamente. Esto no sucedió desafortunadamente con otro tipo de modelos en los que los procesos de llegada no son Poisson o existen mas servidores con lineas múltiples.

Sea n el número de usuarios en el sistema, incluyendo al que se encuentra en servicio, en un instante de tiempo cualquiera. Sea $t=0$ el tiempo inicial de operación del sistema, y sea

$P_n(T)$ = probabilidad de que n clientes esten en el sistema en el instante T

Si $h > 0$ es un intervalo de tiempo pequeño, entonces despreciando las probabilidades de que llegue mas de un usuario ó termine el servicio de mas de un usuario, se tiene que, para $n > 0$,

$$P_n(T+h) = (\lambda h) (1-\mu h) P_{n-1}(T) + (1-\lambda h) (1-\mu n) P_n(T) + (\lambda h) (\mu h) P_n(T) + (1-\lambda h) (\mu h) P_{n+1}(T) \quad (8)$$

donde los términos de la derecha corresponden a diferentes combinaciones de, una llegada y no salida, no llegada y no salida, una llegada y una salida, y no llegada y una salida, respectivamente.

Rearreglando, dividiendo por h y tomando el límite cuando $h \rightarrow 0$ se tiene que

$$\frac{dP_n}{dT} = \lambda P_{n-1}(T) - (\lambda + \mu) P_n(T) + \mu P_{n+1}(T), \quad n > 0 \quad (9)$$

la cual es una expresión exacta puesto que los términos ignorados en (8) se hacen nulos cuando $h \rightarrow 0$.

El caso $n=0$ puede similarmente obtenerse,

$$\frac{dP_0}{dT} = -\lambda P_0(T) + \mu P_1(T), \quad \text{para } n=0 \quad (10)$$

Las ecuaciones diferenciales (9)-(10) pueden resolverse para $P_n(T)$. Esta distribución describe probabilísticamente al número de usuarios en el sistema para cada instante de tiempo T .

De particular interés es el comportamiento *estacionario* del sistema, en el cual la distribución $P_n(T)$, $n=0,1, \dots$, tiende a ser constante P_n , $n=0,1, \dots$. En este caso, P_n puede también interpretarse como la fracción de un período largo de tiempo durante el cual la línea de espera tiene n usuarios. Si

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$$

se satisface, entonces el límite P_n existe. ρ es conocida como el *factor de utilización* del sistema o la *intensidad del tráfico*.

En el caso estacionario, la solución a (9)-(10) es

$$P_n = (1 - \rho) \rho^n \quad (12)$$

y el número promedio de usuarios es

$$E[n] = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{\lambda}{\mu-\lambda} \quad (13)$$

y su variancia (una medida de la dispersión del número de usuarios reales con respecto al promedio) es

$$\text{Var}[n] = \frac{\rho}{(1-\rho)^2} \quad (14)$$

y la probabilidad de que el número de usuarios en el sistema exceda un cierto valor N es

$$P[n \geq N] = \rho^N \quad (15)$$

Note que las fórmulas (12) a (15) dependen solamente de ρ que representa la fracción del tiempo en que la unidad de servicio está ocupada, ya que

$$\rho = \frac{\frac{1}{\mu}}{\frac{1}{\lambda}} \quad (16)$$

es el cociente del tiempo promedio de servicio al tiempo promedio entre llegadas. Note también que la condición $\rho < 1$ implica que los tiempos de servicio son en general menores a los tiempos entre llegadas de usuarios; si esta condición no se satisface, puede esperarse (y así sucede), que la línea tiende a crecer desmesuradamente y eventualmente a hacerse infinita.

Otras características de operación del sistema pueden también evaluarse a partir de P_n . Entre estas, el promedio de usuarios en la línea de espera (sin contar al que se está sirviendo) es

$$\text{Num. promedio usuarios en espera} = \frac{\rho^2}{1-\rho} \quad (17)$$

La duración promedio del período de ocupación de la unidad de servicio es

$$\text{Duración promedio de período de ocupación} = \frac{1}{\mu-\lambda} \quad (18)$$

donde el período de ocupación es el tiempo en que la unidad se encuentra continuamente ocupada. El número promedio de usuarios atendidos en cada

período de ocupación es

$$\text{Num. promedio usuarios atendidos} \\ \text{por período de ocupación} = \frac{1}{1-\rho} \quad (19)$$

El tiempo promedio en el sistema (desde que llega hasta que sale) de un usuario es

$$\text{Tiempo promedio en el sistema} = \frac{1}{\mu-\lambda} \quad (20)$$

y el tiempo promedio de espera es

$$\text{Tiempo promedio de espera} = \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)} \quad (21)$$

4. EJEMPLOS

Como caso particular considere el caso en que la unidad de tiempo es una hora y $\rho = 0.8$. Entonces, en promedio la unidad de servicio está desocupada 0.2 hr. (12 minutos por hora) y hay cuatro usuarios en el sistema. Si la tasa de servicio es de 10 por hora, $\mu = 10$, equivalente a 6 minutos por usuario en promedio, entonces el tiempo promedio de un usuario en el sistema es de 0.5 hr. (30 minutos), de los cuales 0.4 (24 mins.) los pasa en espera.

Si $\rho = 0.8$ aún pero λ y μ se duplican tal que $\mu = 20$, entonces los tiempos promedio en el sistema se reducen a la mitad.

La tabla 1 contiene algunos valores de operación de un sistema M | M | 1 para diferentes características de llegadas y estancias.

Considere ahora el ejemplo de una fábrica que desea decidir sobre las siguientes opciones en la compra de equipo para producción de bienes de consumo inmediato.

.Comprar 2 máquinas, cada una de las cuales produce 20 unidades diarias. Cada máquina cuesta \$ c_1 . En promedio, la demanda de producción es de 36 unidades diarias. Como aproximación se puede usar el modelo $M|M|1$, en el que a cada máquina se le asigna una demanda de $\lambda = 36/2 = 18$ unidades diarias. La utilización es por tanto de $\rho = \lambda/\mu = 0.9$. De acuerdo a (13), el número promedio de clientes en espera de ser atendidos por cada máquina (incluyendo el que está siendo atendido) es de 9, así que hay en promedio 18 clientes en el sistema, y de acuerdo a (20), el tiempo promedio que un cliente pasa en el sistema es de 1/2 día.

.Comprar 4 máquinas, cada una de las cuales produce 10 unidades diarias. Si cada máquina cuesta \$ $c_{1/2}$, el costo de esta opción es el mismo que el de la anterior y el sistema que tuviera las mejores características de operación sería el mejor. Alternativamente, la opción que ofreciera un comportamiento más pobre sería la más costosa dado que se necesitarían más máquinas para igualar a la mejor opción.

En este caso de 4 máquinas, considere nuevamente la aproximación $M|M|1$ para cada máquina, tal que la demanda $\lambda = 36/4 = 9$ por día por máquina. La intensidad de tráfico es $\rho = 0.9$ e igual a la anterior. De acuerdo a (13), el promedio de cliente en espera (incluyendo el que está siendo atendido) es de 9, y por tanto hay en promedio 36 en el sistema. También, de acuerdo a (20), el tiempo promedio que un cliente pasa en el sistema es de 1 día. Las cifras son por tanto dos veces mayores al caso anterior.

Finalmente, debe notarse, que los valores obtenidos con las aproximaciones $M|M|1$ son mayores que los del caso real, dado que en este último, los clientes tendrían la opción de unirse a la menor línea de espera, o aún cambiar de línea en el caso en que una máquina se desocupara.

Intensidad de tráfico ρ	Probabilidad de la unidad de servicio libre = $1 - \rho$	Número esperado en el Sistema = $\frac{\rho}{1-\rho}$	Promedio de usuarios en espera = $\frac{\rho^2}{1-\rho}$	$\mu = 10$			$\mu = 20$		
				λ	Tiempo en el Sistema	Tiempo en espera	λ	Tiempo en el Sistema	Tiempo en espera
.1	.9	.11	.01	1	.11	.01	2	.06	.01
.3	.7	.43	.13	3	.14	.04	6	.07	.02
.5	.5	1.00	.50	5	.20	.10	10	.10	.05
.6	.3	2.33	1.63	7	.33	.23	14	.17	.12
.7	.2	4.00	3.20	8	.50	.40	16	.25	.20
.9	.1	9.00	8.10	9	1.00	.90	18	.50	.45
.95	.05	19.00	18.05	9.5	2.00	1.90	19	1.00	.95
.99	.01	99.00	98.01	9.9	10.00	9.90	19.8	5.00	4.95
.999	.001	999.00	998.00	9.99	100.00	99.90	19.98	50.00	49.95

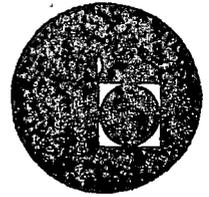
Tabla 1.- Características Operativas del Sistema M|M|1

λ = tasa de llegadas por unidad de tiempo
 μ = tasa de servicio por unidad de tiempo
 $\rho = \lambda/\mu$ intensidad de tráfico





centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

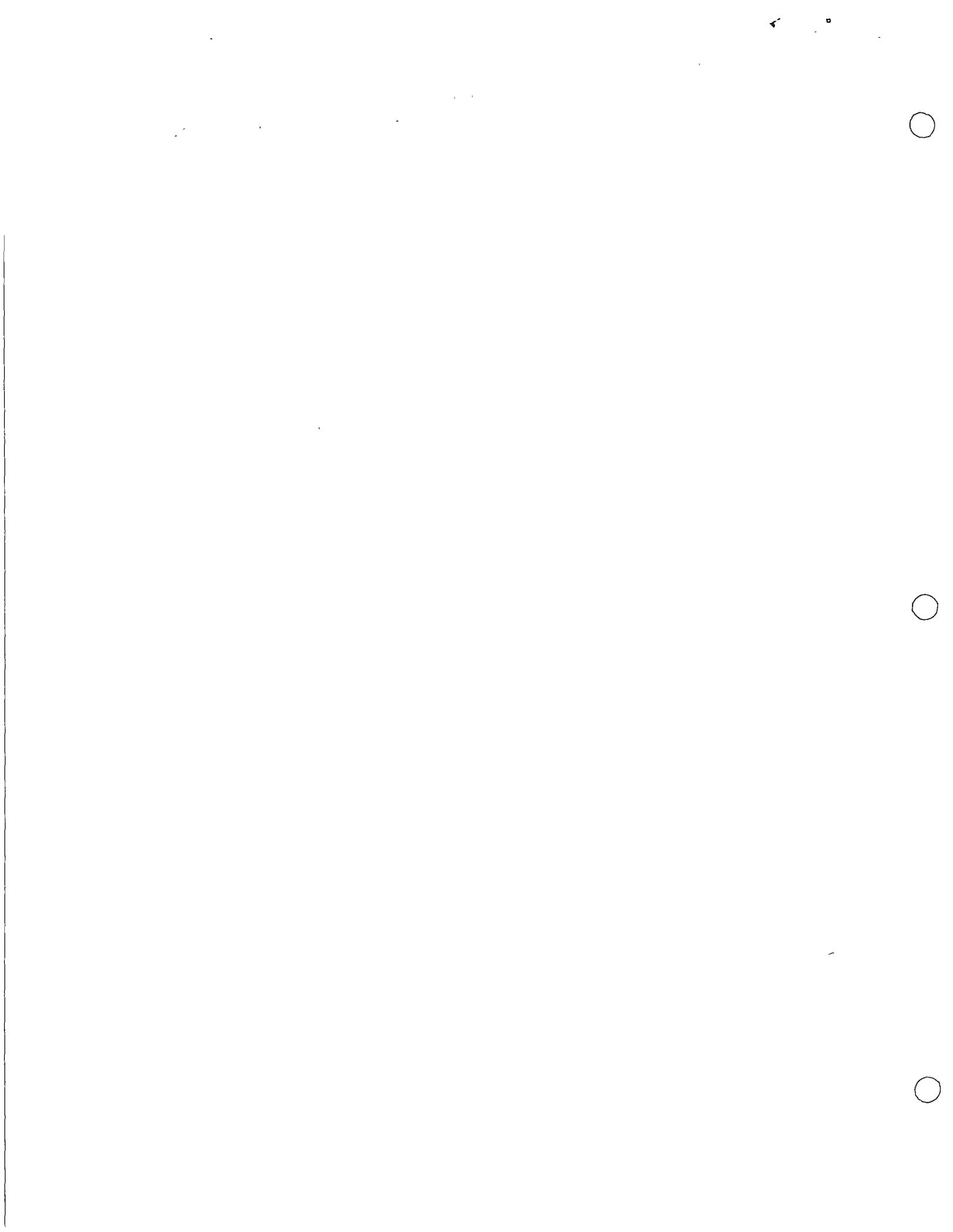


ESTIMACION Y CONTROL COSTOS



Dr. Jorge Díaz Padilla
Dr. Alejandro López Toledo

Septiembre, 1976.



OPTIMIZACION DE OPERACIONES*

* Capítulo 11, Curso Sobre Estimación y Control de Costos, Centro de Educación Continua, Facultad de Ingeniería, UNAM, Septiembre 1976.

INTRODUCCION

El análisis y optimización de operaciones forma parte de la disciplina científica conocida como *Investigación de Operaciones* (I. de O.) o *Análisis de Sistemas*. La *Investigación de Operaciones* se puede definir como un *enfoque científico al análisis y toma de decisiones* cuya aplicación requiere de los pasos siguientes:

- Elaborar descripciones matemáticas (modelos) del problema bajo estudio
- Analizar las consecuencias probables que implican los diversos cursos de acción disponibles
- Evaluar los méritos relativos de cada una de las acciones anteriores
- Seleccionar la acción "óptima"

En el contexto del análisis y control de costos, el esquema anterior puede interpretarse como la determinación de la combinación óptima de recursos que minimice el costo de una operación particular o de un conjunto de dichas operaciones. Por ejemplo, supóngase que una compañía tiene N plantas y desea fabricar un total de D unidades de cierto producto durante un período de tiempo determinado. En este caso, si x_i representa el nivel de producción en la i -ésima planta, la condición anterior puede escribirse como:

$$x_1 + x_2 + \dots + x_N = D, \quad x_i \geq 0 \quad (1)$$

y si el costo de producción de x_i unidades en la planta i está dado por x_i^2 / C_i ($C_i > 0$), la optimización de la operación en estudio se obtiene con la solución de la ecuación siguiente*:

* La *función objetivo* del problema.

$$\min \left(\frac{x_1^2}{C_1} + \frac{x_2^2}{C_2} + \dots + \frac{x_N^2}{C_N} \right) \quad (2)$$

sujeta a la restricción (1).

Las expresiones (1) y (2) constituyen la descripción matemática del problema (el modelo). Los cursos de acción disponibles son todas las posibles asignaciones de producción en las N plantas, las cuales pueden variar desde una concentración de toda la producción en alguna de ellas ($x_i = D$, $x_j = 0$ para $j \neq i$) hasta otra en donde se establezca un nivel de producción constante en todas las plantas ($x_i = D/N$, $\forall i$). El análisis y evaluación de los cursos de acción disponibles consiste en calcular el costo total que representa cada combinación de variables x_i . La combinación óptima será aquel conjunto de valores que satisfaga las ecuaciones (1) y (2), el cual se puede obtener con las técnicas de optimización no lineal o con los métodos de programación dinámica. La solución óptima resultante es:

$$(x_i)_{\text{opt}} = \frac{C_i D}{C_1 + C_2 + \dots + C_N} \quad \forall i$$

y representa un costo mínimo igual a $D^2 / (C_1 + C_2 + \dots + C_N)$.

Dentro del campo de la Investigación de Operaciones se han desarrollado un gran número de métodos y técnicas dirigidos a la solución de diferentes tipos de problemas con características particulares. Así por ejemplo, se puede hablar de los siguientes métodos de programación matemática:

- Programación lineal
- Programación dinámica
- Programación no lineal
- Programación entera
- Programación estocástica
- etc.

atendiendo a la forma algebraica del modelo, a si se toman en cuenta o no al factor tiempo o los efectos de la incertidumbre, etc. Por otro lado, atendiendo a tipos de aplicaciones particulares, se puede hablar de técnicas específicas tales como:

- Teoría del Reemplazo
- Análisis de Inventarios
- Modelos de Líneas de Espera
- Teoría de Juegos
- Análisis de Decisiones
- etc.

A continuación se discuten brevemente algunas de las técnicas anteriores y su aplicación al análisis y control de costos. Primeramente se presentan los elementos básicos de la Teoría de Reemplazo, la cual constituye una herramienta fundamental para el análisis de costos de maquinaria. Esta técnica ayuda a analizar aspectos tales como: hasta cuando es conveniente conservar equipo que se va deteriorando con su uso, con que tipo de maquinaria se debe hacer el reemplazo, etc. A continuación se discute el análisis y control de sistemas de inventarios lo cual permitirá optimizar los costos de materiales almacenados balanceando, por un lado, el costo de los recursos ociosos que se tienen en bodegas, y por otro, el que representaría el no contar en un momento dado con insumos suficientes y por lo tanto, tener que detener las operaciones. En seguida se presentan las bases de la programación lineal y de dinámica con lo cual, en el primer caso, se puede minimizar una función de costos si tanto la función objetivo como las restricciones son lineales en las variables o bien, en el

segundo, si se puede resolver el problema optimizándolo en forma secuencial. Finalmente, se discuten brevemente los modelos de líneas de espera con los cuales es posible optimizar operaciones en donde ciertas unidades tienen necesidad de esperar para ser atendidas (unidades de transporte esperando a ser cargadas o descargadas, por ejemplo).

El material que se presenta a continuación constituye tan solo una breve introducción a algunos métodos y modelos de la Investigación de Operaciones y su presentación tiene como objetivo fundamental el apuntar técnicas modernas que puedan ser de utilidad en el análisis y optimización de costos. Para un estudio detallado de las técnicas que aquí se mencionan, el lector es referido a la muy amplia bibliografía que se tiene al respecto*.

* Dos excelentes libros introductorios son los siguientes:

Hillier, F. S., y G. J. Lieberman, "Introduction to Operations Research", Holden - Day, Inc., 1967.

Wagner, H. N., "Principles of Operations Research", Prentice - Hall, Inc., 1969.

MODELOS DE REEMPLAZO

I. INTRODUCCION

En general, tanto el equipo industrial como el de construcción se desgastan con su uso y, en algunos casos, en lugar de hacer reparaciones puede resultar más económico reemplazarlos con equipos nuevos. En algunas otras ocasiones también sucede que el equipo se reemplaza no porque se encuentre en mal estado sino porque se tiene disponible en el mercado equipo mas moderno y eficiente.

Los modelos y la Teoria del Reemplazo permiten el análisis de esta situación y sirven para decidir en que momento es mas conveniente reemplazar que reparar el equipo.

II. UN MODELO DE REEMPLAZO

Supóngase que se tiene un camión que cuesta 50 unidades cuando está nuevo y se desea saber cuando sería conveniente reemplazarlo. El valor de rescate de dicho camión al final de un año cualquiera j , R_j , así como su costo de operación durante el mismo año, O_j , se muestran gráficamente en la Fig. 2.1. El valor de rescate es lo que se obtendría por la venta del camión al final del año y los costos de operación incluyen los conceptos de: combustibles, lubricantes, mantenimiento, etc.

Una manera de analizar el momento óptimo del reemplazo es simplemente calcular el costo promedio anual y reemplazar la máquina en el momento que empieza a incrementarse dicho costo. Utilizando los datos mostrados en la Fig. 2.1 se

obtienen los resultados siguientes:

AÑO DE REEMPLAZO	1	2	3	4	5	6	7	8
Costo Total de Operación	10	30	60	100	150	210	280	360
Compra - Venta	30	35	35	40	40	45	45	45
Costo Total	40	65	95	140	190	255	325	405
Costo Promedio Anual	40.0	32.5	31.7*	35.0	38.0	42.5	46.4	50.6

* Solución óptima

TABLA 2.1 CALCULO DEL COSTO PROMEDIO ANUAL

De la tabla se desprende que el menor costo promedio anual se obtiene reemplazando el camión al final de tres años de uso. Vale la pena hacer notar que el análisis anterior se basa en la hipótesis de que siempre se tendrá la necesidad de este equipo, la cual puede no ser siempre una hipótesis razonable.

El análisis mencionado arriba supone que el decisor es indiferente al tiempo en que se gaste el dinero. En general, este no será el caso y, en lugar de calcular costos promedio será necesario hacer análisis en base a costos actualizados. Si C es el costo de adquisición del equipo y $\alpha = (1+i)^{-1}$ (i es la tasa de actualización), el valor presente neto de todos los costos incurridos al reemplazar el equipo cada n períodos se indica en la expresión 2.1.

Con dicha ecuación se puede calcular el valor presente del flujo de costos incurridos por el reemplazo del equipo en diferentes períodos y, en base a este indicador, seleccionar el período óptimo. La ilustración de esta expresión se indica en la Tabla 2.2 de donde se observa que el camión en estudio debe

reemplazarse al finalizar el tercer período. En este caso, el resultado coincide con el obtenido anteriormente en la Tabla 2.1 aunque, en general, se obtendrán resultados diferentes con los dos métodos.

$$\begin{aligned}
 VP_n &= \{ C + O_1 + O_2 \alpha + O_3 \alpha^2 + \dots + O_n \alpha^{n-1} - R_n \alpha^n \} + \\
 &+ \{ C \alpha^n + O_1 \alpha^n + O_2 \alpha^{n+1} + \dots + O_n \alpha^{2n-1} - R_n \alpha^{2n} \} + \dots \\
 &= \{ C + \sum_{j=1}^n O_j \alpha^{j-1} - R_n \alpha^n \} + \{ C \alpha^n + \sum_{j=1}^n O_j \alpha^{n+j-1} - R_n \alpha^{2n} \} + \dots \\
 &= \{ C + \sum_{j=1}^n O_j \alpha^{j-1} - R_n \alpha^n \} + \alpha^n \{ C + \sum_{j=1}^n O_j \alpha^{j-1} - R_n \alpha^n \} + \dots \\
 &= \{ C + \sum_{j=1}^n O_j \alpha^{j-1} - R_n \alpha^n \} + \{ 1 + \alpha^n + \alpha^{2n} + \alpha^{3n} + \dots \} \quad (2.1)
 \end{aligned}$$

y como $\alpha < 1$, la serie geométrica del segundo paréntesis converge a $1/(1 - \alpha^n)$.

Por lo tanto,

$$VP_n = \frac{C + \sum_{j=1}^n O_j \alpha^{j-1} - R_n \alpha^n}{1 - \alpha^n} \quad (2.2)$$

III. BIBLIOGRAFIA

Cox D. R., *Renewal Theory*, Methuen & Co., London, 1962.

Dean, B. V., "Replacement Theory", in *Progress in Operations Research* Vol. 1, R. L. Ackoff (ed.), John Wiley and Sons, New York, 1961, pp. 327-362.

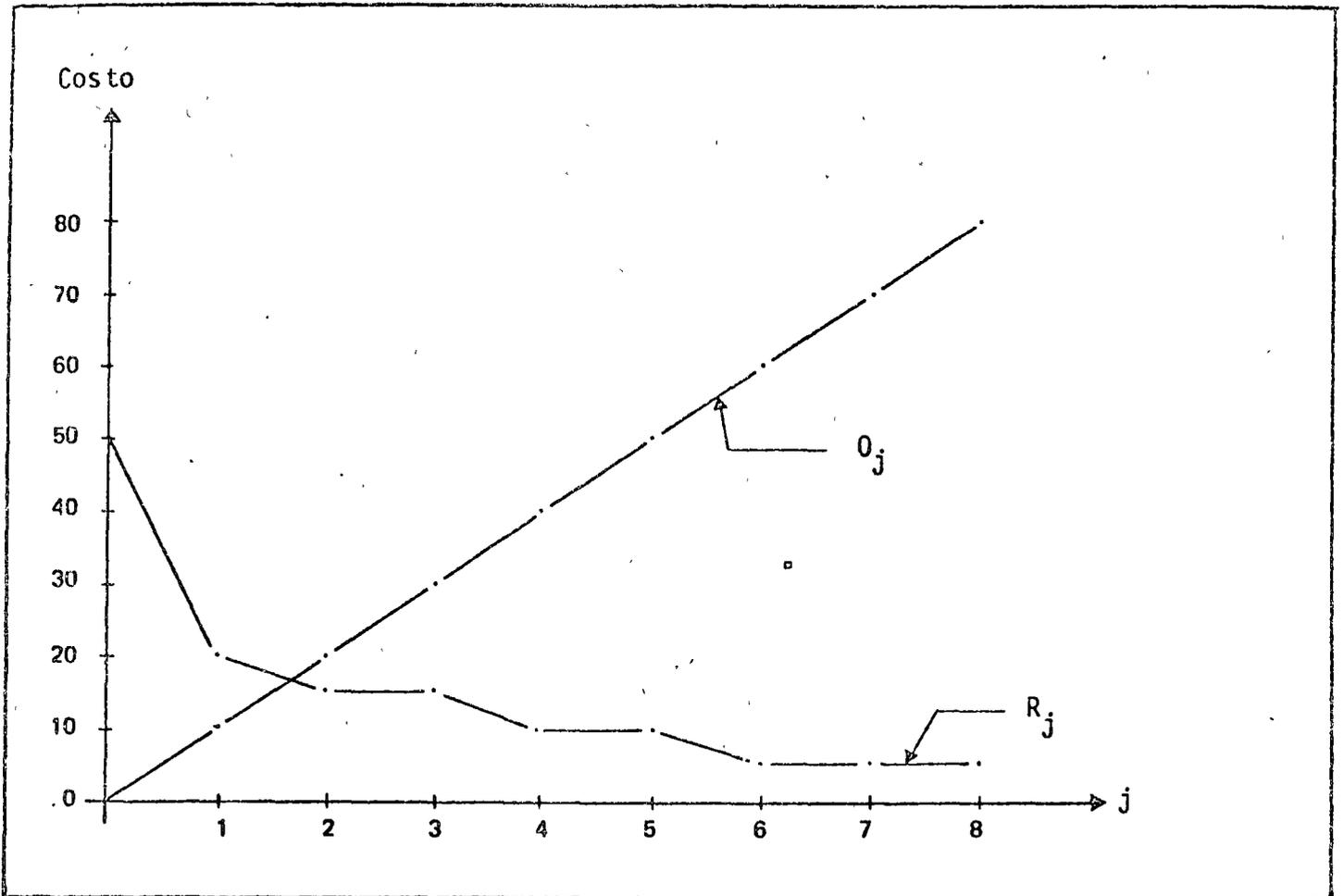


FIG. 2.1 UN EJEMPLO DEL PROBLEMA DE REEMPLAZO

j	1	2	3	4	5	6	7	8
α^{j-1}	1	.9524	.9071	.8639	.8228	.7836	.7463	.7108
α^j	.9524	.9071	.8639	.8228	.7836	.7463	.7108	.6770
$1 - \alpha^j$	.0476	.0929	.1361	.1772	.2164	.2537	.2892	.3230
O_j	0	10	20	30	40	50	60	70
$O_j \alpha^{j-1}$	0	9.5	18.1	25.9	32.9	39.2	44.8	49.8
$\sum O_j \alpha^{j-1}$	0	9.5	27.6	53.5	86.4	125.6	170.4	220.2
R_j	20	15	15	10	10	5	5	5
$-R_j \alpha^j$	-19.0	-13.6	-13.0	-8.2	-7.8	-3.7	-3.6	-3.4
$C + \sum O_j \alpha^{j-1}$	50	59.5	77.6	103.5	136.4	175.6	220.4	270.2
$C - R_j \alpha^j + \sum O_j \alpha^{j-1}$	31.0	45.9	64.6	95.3	128.6	171.9	216.8	266.8
VP_j	651.3	494.1	474.7*	537.8	594.3	677.6	749.7	826.0

* Solución óptima
 $C = 50$; $i = 5\%$

7 0 a



2



DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE ESTIMACION Y CONTROL DE COSTOS (DEL 30 DE AGOSTO AL 1o. DE OCTUBRE DE 1976)

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
1. ING. JORGE CARRILLO LOPEZ Río Balsas 78-5 Col. Cuauhtémoc México 5, D. F. Tel: 7-540917	PETROLEOS MEXICANOS Av. Escuadrón 201 Manz. 3 Lote 22 México, D. F.
2. JAIME CIPRES BALDERAS Calle 16 No. 196 Col. Progreso Nacional México 14, D. F. Tel: 3920226	THE COCA COLA EXPORT CORP. Río Amazonas No. 43 Col. Cuauhtémoc México, D. F.
3. MAXIMINO CHACON CERVANTES México, D. F.	PETROLEOS MEXICANOS. Av. Marina Nacional No. 329 México, D. F.
4. ING. LUIS FERNANDO CHAVEZ PADILLA Manz. 29 Lote 43 México 22, D. F.	COMPañIA MEXICANA DE CONSULTORES EN INGENIERIA, S.A. Insurgentes Sur 1824-8o. Piso México, D. F. Tel: 5345483
5. FERNANDO DE ALBA GUTIERREZ Ixcateopan No. 187 Col. Letrán Valle México 13, D. F. Tel: 5750815	TYDA, S.A. Parque Lira No. 91 México, D. F.
6. ING. MANUEL DURAN CORDOVA Novelistas No. 112-A Cd. Satélite Edo. de México Tel: 5724374	ING. RICARDO M. ANCIRA Carpio No. 81 México 4, D. F.
7. HUGO FRANCOULON ALVAREZ Ixcateopan No. 160 Col. Vertiz-Narvarte México 13, D. F. Tel: 5753820	BANCO DE MEXICO, S.A. Condesa No. 6 México 2, D. F.

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE ESTIMACION Y CONTROL DE COSTOS (DEL 30 DE AGOSTO AL 1o. DE OCTUBRE DE 1976)

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
8. ING. ALBERTO GARCIA SANCHEZ Retorno 304 No. 4 Unidad Modelo México 13, D. F. Tel: 5810020	
9. ING. JUAN ALFONSO GARCIA FRANCO Roma No. 13-301 Col. Juárez México 6, D. F. Tel: 5667400	PETROLEOS MEXICANOS Av. Marina Nacional No. 329 México, D. F.
10. ROBERTO GURROLA MORENO Rio Guadalquivir 58-403 Col. Cuauhtémoc México 5, D. F.	THE COCA COLA EXPORT CORP. Rio Amazonas No. 43 Col. Cuauhtémoc México 5, D. F.
11. ING. JOSE FELIX HERNANDEZ S. México, D. F.	PETROLEOS MEXICANOS Av. Marina Nacional No. 329 México, D. F.
12. ING. JORGE LOPEZ CORONA Fernando Zarraga No. 63 Circuito Médicos Cd. Satélite, Edo. de México Tel: 5622432	PETROLEOS MEXICANOS Av. Marina Nacional No. 329-Edif. A 10o. Piso México, D. F.
13. ING. CARLOS LOPEZ GONZALEZ México, D. F.	PETROLEOS MEXICANOS Av. Marina Nacional No. 329 México, D. F.
14. PABLO MARTINEZ GARCIA Av. 545 No. 220 Unidad Aragón México 14, D. F.	MOTORES Y REFACCIONES, S.A. Norte 35 No. 895 México, D. F.
15. ING. ALBERTO NILA LEAL Pedro Infante Mza. 22 Lote 1 Dr. Alfonso Ortiz Tirado México 9, D. F. Tel: 3995085	DIRECCION GENERAL DE OBRAS HIDRAU- LICAS D.D.F. Estación Cuitlahuac del Metro 2o.P. México, D. F.

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE ESTIMACION Y CONTROL DE COSTOS (DEL 30 DE AGOSTO AL 1o. DE OCTUBRE DE 1976)

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
16. ING. CASTULO RODOLFO PASTEN M. México, D. F.	ROCA FOSFORICA MEXICANA, S.A. DE C.V. México, D. F.
17. ING. EDUARDO PAZ GARCIA Calle Acordada 51-2 San José Insurgentes México 19, D. F. Tel: 5982628	PROGRAMACIONES Y ESTUDIOS, S.A. Cerro de las Torres 369-2 México, D. F.
18. ING. ESTEBAN PENSADO GRANIEL Marcos Carrillo No. 259 Col. Viaducto Piedad México 13, D. F. Tel: 5387175	CAMEX, S.A. Dinamarca No. 51-3er. Piso México, D. F.
19. ING. DAVID PEREZ SOBERANES Frambuesa No. 49 Col. Nueva Sta. María México 16, D. F. Tel: 5476140	GRAVA CONTROLADA, S.A. Cicinatli No. 40-4o. Piso México, D. F.
20. ING. FRANCISCO RIOS HERNANDEZ México, D. F.	FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM Ciudad Universitaria México 20, D. F.
21. ING. JOSE I. SAN JOSE ALCALDE Alabama No. 167 Col. Nápoles México 18, D. F. Tel: 5439943	ROCA FOSFORICA MEXICANA, S.A. DE C.V. Durango No. 90-8o. Piso México, D. F.
22. ING. JOSE JESUS VARGAS RUIZ Ruiz de Alarcón No. 84 Chilpancingo Tel: 22714	SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS Xola y Av. Universidad México, D. F.

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE ESTIMACION Y CONTROL DE COSTOS (DEL 30 DE AGOSTO AL 1o. DE OCTUBRE DE 1976)

NOMBRE Y DIRECCION

EMPRESA Y DIRECCION

23. C.P. FEDERICO G. VERA ROJO
Campo Matillas No. 14
San Antonio Azcapotzalco
México 16, D. F.
Tel: 5616950

LATINOAMERICANA DE INGENIERIA, S.A
Tuxpan No. 54
México, D. F.

24. ING. RAFAEL ZAVALA ZAVALA
San Borja 816-F
Col. del Valle
México 12, D. F.
Tel: 55910-50

PROFORMEX
Av. Hidalgo No. 5-9o. Piso
México, D. F.