

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

TITULO DEL TEMA

ANALISIS DE LA DISTRIBUCION DE LA INVERSION EN

PLANTAS DE REFINACION Y PETROQUIMICA

CARRERA

INGENIERO QUIMICO

AÑO

1973

M-165677

Osorio RosAS, MARCOS J.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A MIS PADRES

EN AGRADECIMIENTO POR TODOS SUS
ESFUERZOS Y SU GRAN AYUDA PARA
LOGRAR ESTA METÀ.

A MI MADRE:

con el profundo agradecimiento de haber hecho de mi lo que soy.

A SANDRA:

con todo mi amor.

A MIS AMIGOS:

con todo mi afecto.

Jurado asignado
originalmente
según el tema.

PRESIDENTE.	Ing. Eduardo Rojo y de Regil
VOCAL.	Ing. Arturo López Torres
SECRETARIO.	Ing. Jorge Martínez Montes
1er. SUPLENTE.	Ing. Oscar Ruíz Carmona
2o. SUPLENTE.	Ing. Mario Ramírez y Otero

Sitio donde se desarrolló el tema: Instituto Mexicano del Petróleo

Nombres completos y
firmas de los sustentantes.

Marcos Javier Osorio Rosas

Rosendo Tamayo Bautista

Nombre completo y firma
del asesor del tema.

Ing. Arturo López Torres

INDICE

INTRODUCCION.	1
GENERALIDADES.	2
CAPITULO I.-- FUNCION Y SIGNIFICADO DEL ESTIMADO DE UN PROYECTO.	3
1.-- Localización de una planta.	4
2.-- Tipos de estimados y grados de a-- proximación:	
2.1.-- Estimados de orden de magnitud	11
2.2.-- Estimados preliminares.	12
2.3.-- Estimados detallados.	16
2.4.-- Estimados de costo de ingenie ría de proyecto	23
CAPITULO II.-- ANALISIS DE COSTO.	39
1.-- Análisis de costo por proyecto.	40
2.-- Análisis de costo por equipo.	45
3.-- Criterios de aplicación.	48

CAPITULO III.-- CONTROL DE COSTO

1.-- Catálogo de cuentas.	53
2.-- Control de costo de equipo y materiales	59
3.-- Control de costo de ingeniería.	61
4.-- Relación de los controles de cos to con un programa de erogaciones.	64

CAPITULO IV.-- APLICACION DE LOS DATOS ESTADISTICOS

PARA EL CALCULO DE ESTIMADOS DE COSTO.	67
1.-- Indices de escalación por capaci dades.	69
2.-- Gráficas de costo de equipos.	71
3.-- Indices de escalación por tiempo.	93

APENDICE I.-- DESCRIPCION DE LOS PROCESOS TOMADOS

COMO BASE.	97
------------	----

APENDICE II.-- DEFINICION DE TERMINOS EMPLEADOS 122

CONCLUSIONES. 128

BIBLIOGRAFIA. 131

INTRODUCCION.

LA PRESENTE TESIS TIENE POR OBJETO REALIZAR UN ESTUDIO ANALITICO DE LAS INVERSIONES LLEVADAS A CABO EN LA INDUSTRIA DE REFINACION Y PETROQUIMICA BASICA, CON EL FIN DE ESTABLECER LAS COMPOSICIONES PORCENTUALES EN QUE PARTICIPAN LAS PARTIDAS CORRESPONDIENTES A EQUIPOS, MATERIALES, CONSTRUCCION, INGENIERIA Y ADMINISTRACION DE UN PROYECTO.

Con los resultados que el presente estudio arroje, se podrá contar con elementos de juicio durante la etapa inicial de un proyecto, para la planeación financiera de la Industria Petrolera, al establecer con mayor eficiencia y aproximación el monto y programación de las erogaciones que se efectuarán tanto en el país como en el extranjero, así como algunas recomendaciones para llevar un control adecuado del costo de un proyecto que permita tomar decisiones oportunas, a la vez que también permita la recuperación y actualización de la información de costos.

Como complemento del presente estudio se incluyen algunos procedimientos para la elaboración de índices de escalación de costos por diferencia de capacidades, gráficas para determinación de costos en función de una variable con los parámetros que afectan el costo y módulos que permitan estimar las inversiones de un proyecto.

Asimismo, se consideró de fundamental importancia el cálculo de índices de escalación con respecto al tiempo, lo que permite actualizar los costos de fechas anteriores a una fecha determinada.

GENERALIDADES.

Dentro de la realización de un proyecto, uno de los aspectos más importantes al parejo de una selección de tecnología, son los aspectos económicos, los que pudieramos clasificar fundamentalmente en los que se refieren a la ingeniería y gastos de personal, gastos de construcción y administrativos y los correspondientes a las adquisiciones de todos aquellos equipos y materiales cuya estructuración final da como resultado una planta de proceso.

Este es el motivo por el cual todas aquellas técnicas y métodos económicos tales como estimaciones, análisis de rentabilidad, estudios de mercado, etc., son un factor decisivo que es necesario evaluar casi en los inicios del proyecto debido a que es el factor fundamental en la decisión de continuar o no los estudios.

Asimismo y una vez que el proyecto se está realizando, los mecanismos de control y estimación actualizada son básicos para la buena administración del proyecto.

CAPITULO I

FUNCION Y SIGNIFICADO DEL ESTIMADO DE UN PROYECTO.

El proceso de estimación de costos dentro del programa general de un proyecto, permite aprovechar con un alto grado de eficiencia los recursos financieros de que el mismo dispone.

Uno de los principales problemas a que se enfrenta la persona encargada de realizar el estimado de costos de un proyecto, cualquiera que sea su grado de aproximación, es que se carece en muchos aspectos de información estadística confiable, así como la poca difusión que han tenido las técnicas de estimación de costos, lo que propicia con frecuencia que los estimados de costo sean notablemente bajos con respecto a los costos reales.

Se pudiera establecer como definición de estimación de costos, como el método basado en relaciones empíricas y metódicas de predecir el futuro económico de un proyecto; en general, la Ingeniería de Costos abarca la aplicación de principios y técnicas científicas a los problemas de estimación y control de costos, evaluación económica y rentabilidad de inversiones.

Al entrar específicamente en el tema de técnicas de estimación, se debe considerar primero el grado de precisión que se desea en los estimados, concepto éste último que es función directa de la información disponible.

1.-- LOCALIZACION DE UNA PLANTA,

Uno de los aspectos más importantes de un proyecto y que con mayor atención debe evaluarse, es el que se refiere a la localización de la planta. Aunque la cantidad de factores que se toman en cuenta al escoger el sitio ideal son muchos y han sido estudiados ampliamente, en el presente trabajo se considerarán únicamente aquellos aspectos claves que afectan directamente el costo de construcción y las facilidades de instalación de una planta, debido a que todas aquellas variables que intervienen en la selección del lugar y que afectan directamente en los costos de operación y por tanto del producto terminado se consideran fijas de antemano, quedando como criterio principal la localización de lugares abastecedores de materia prima.

La cantidad de información técnica, económica y comercial respecto a un proyecto, es la que permite evaluar en un momento dado entre posibles sitios de localización. En general, los factores que intervienen en la sitada elección, se pueden dividir en dos grupos: aquellos elementos de juicio cuantificables y los factores cuya cuantificación se meramente apreciativa, razón por la cual estos factores son muy numerosos, pero solamente se describirán como se dijo anteriormente, aquellos que tienen un impacto más fuerte en cuanto a su relación práctica y directa con el montaje de la planta y construcción de la misma.

A continuación se describen los factores que intervienen más

directamente en los costos de construcción.

Mano de Obra.-- La intervención de un grupo de gentes, sean o no calificadas o capacitadas, es de principio el factor más importante dentro del programa de construcción de una planta.

Esta es la razón por la que en el momento de efectuar una selección, ésta deberá ser orientada hacia la facilidad de conseguir el personal necesario para la construcción o de otra manera, deberá considerarse como costo fijo el ocasionado por la transportación diaria de la zona urbana a la zona de trabajo y viceversa, o bien, el sostenimiento en el campo del personal necesario para las labores durante el tiempo estimado de construcción.

Si por ejemplo, la planta se sitúa dentro de una zona urbana o suburbana, los costos de transportación son mínimos, así como el costo de la permanencia en la zona de trabajo por parte de los empleados, permanencia que por lo general se ve limitada a los turnos de trabajo normales.

En el caso de que la planta esté situada en zonas de difícil acceso o bien alejadas de zonas urbanas importantes, se deberá considerar, además del costo de transportación, las inversiones necesarias en obras civiles y servicios para el personal que permanezca en el campo, así como los viáticos que se originen.

Por otro lado, es necesario evaluar la calidad de la mano de obra disponible en la zona, que en caso de ser deficiente puede originar

la necesidad de capacitación y entrenamiento de parte del personal, con el respectivo costo; asimismo, la calidad fija el número de empleados necesarios, con objeto de mantener el tiempo estimado de construcción dentro de los límites tolerables.

Otro aspecto importante es la consideración de los tabuladores de los salarios federales vigentes en la zona, lo que puede permitir por un lado un ahorro, en caso de zonas poco industrializadas, tanto por los bajos tabuladores en sí, como por las facilidades oficiales respecto a impuestos, pero que puede tener la desventaja de ocasionar la utilización de mano de obra poco calificada.

Aspectos Físicos del Terreno.-- En segundo término se consideraran los aspectos físicos del terreno, o sea la ubicación del mismo en zonas de fácil o difícil acceso, tanto para la transportación de los materiales civiles como de los materiales y equipos de proceso; la cercanía o facilidad de comunicación con las fuentes de suministro de los primeros, la resistencia mecánica del terreno, la necesidad de nivelaciones y cimentaciones más enérgicas que en otros lugares para equipos similares, lo que podría en un momento dado y como resultado de la dificultad que presente el terreno, resultar muy costoso. Finalmente, la facilidad del suministro de la materia prima, que para el caso que nos ocupa, se realiza por medio de ductos, carrotanques o camiones.

Agua.-- La facilidad de la obtención de este servicio, básico en lo que se refiere a la construcción, tiene una importancia vital para la selección o el acondicionamiento del lugar en que se sitúa la planta.

El primer factor que deberá ser considerado, es la cercanía de la planta a ríos, pozos o cualquier otro medio de suministro de agua que llene las normas requeridas y que será empleada para la elaboración de concreto, base de la obra civil, ante el alto costo o aún la imposibilidad de transportar este material como premezclado.

En el caso de que la situación de la planta se realice en un lugar alejado de las fuentes de suministro de agua, deberá garantizarse un aprovisionamiento seguro de este servicio, así como de un caudal constante, tomando en cuenta que el tendido de una línea, la estación de bombeo y la zona de almacenamiento o la transportación en camiones del líquido, originarán un gasto fijo durante toda la construcción.

El suministro de agua deberá estar garantizado asimismo, para los servicios necesarios en la obra, debiéndose considerar los drenajes necesarios; finalmente, como factor de servicio de operación es de primera magnitud una vez que la planta comience la operación.

Comunicaciones.-- Durante la etapa de construcción de una planta, otro de los factores importantes al efectuar la selección, es el poder contar con los medios de transporte adecuados o facilidades para su instalación y tendido de vías y caminos de acceso.

Cuando la planta se encuentra integrada dentro de una zona industrial establecida, o dentro de los límites urbanos, las facilidades de contar con medios adecuados de transporte, tales como carreteras, ríos, ferrocarriles e inclusive transportes aéreos, puede no representar ningún problema, no siendo muy elevado el costo del trazo y construcción de ramales hasta la propia planta.

Esto es desde luego, un factor que influye en el costo de construcción de manera directa, ya que cuando existe alguna deficiencia de materiales de construcción, es posible obtenerlos rápidamente y a un costo (debido a las facilidades de acceso), relativamente bajo; asimismo, permite establecer entregas programadas por parte de los proveedores, tanto de los materiales de construcción como de los equipos y materiales de proceso.

La facilidad de los servicios de comunicaciones es rápida y eficiente, ya que en zonas urbanas lo tocante a teléfono y telégrafo, puede ser solucionado incluso con el tendido de líneas al lugar de construcción y la instalación de conmutadores, lo que a su vez permite un aprovisionamiento rápido de los materiales necesarios.

Cuando la planta se encuentra situada en zonas rurales o bien, en lugares carentes de vías de comunicación y transportación, deberá instalarse un servicio de comunicación tanto con la zona urbana más próxima de abastecimiento, como con las oficinas centrales de la compañía, con objeto de preveer, hasta donde sea posible la entrega de los materiales necesarios

en la construcción. El primer medio de comunicación con que deberá contar se, en función de la carencia de líneas telefónicas o telegráficas, es un equipo de radiocomunicación.

Por lo que toca a las vías de transporte, es necesario considerar los costos de la posible instalación de ramales de ferrocarril y carreteras apropiadas para la transportación primeramente, de los materiales de construcción y después, de los equipos y materiales de proceso, así como la comunicación normal de la planta durante su operación, tomando en cuenta las dificultades geográficas que el terreno presente.

Energéticos.- La facilidad de satisfacer la necesidad de energéticos durante la construcción, es un factor definitivo en la selección del sitio para la localización, ya que los costos pueden verse seriamente afectados en caso contrario.

La energía eléctrica es un factor decisivo en el momento de efectuar la selección y es resultado del análisis de costo practicado en relación a la facilidad de tendido de líneas y a la cercanía de la fuente capaz de proporcionar la energía requerida, así como en la confiabilidad de operación constante, tanto en suministro como en calidad.

También deberá ser tomada en cuenta, cuando el sitio elegido se encuentra en zonas rurales, o alejado de las líneas de conducción eléctrica, la autogeneración de energía, que deberá ser considerada, en caso de requerirse como costo fijo de construcción. El equipo de autogenera-

ción de energía deberá ser considerado, asimismo, aún en el caso de que pudieran prevenirse interrupciones del suministro normal.

En igual caso que la corriente eléctrica, se sitúan otros energéticos de uso menor, tales como gas, petróleo, diesel, etc., los que son usados por las máquinas accionadas por motores o aquellos equipos en los que se requiere algún calentamiento así como en la sección de servicios de el personal.

Los anteriores factores permiten establecer que de principio, los costos de construcción pueden abatirse al localizar el terreno en zonas urbanas o suburbanas, aunque en el caso de que el lugar seleccionado se encuentre alejado en zonas alejadas a ciudades, incomunicadas o de difícil acceso; deberán ser considerados en el momento de la selección, todos aquellos gastos que será necesario efectuar con objeto de facilitar la construcción, montaje y más tarde, la operación eficiente de la planta.

2.- TIPOS DE ESTIMADOS Y GRADOS DE APROXIMACIÓN.

2.1.- Estimados de Orden de Magnitud.

Los estimados de orden de magnitud, se preparan por lo general con muy poca información, por lo que el porcentaje de desviación aceptable es de $\pm 30\%$. El objeto de tales estimados es el poder contar en la fase inicial de un proyecto con la información de los costos aproximados en lo que respecta a equipos y materiales de proceso y por medio de éstos, los costos de ingeniería, diseño y dibujo que se requieren para el desarrollo del proyecto, ya que por medio de los datos que este análisis proporciona, es posible tomar decisiones sobre la viabilidad de llevar a cabo la inversión o proceder a estudios posteriores más profundos. (1).

La información que se requiere para llevar a cabo el estimado de orden de magnitud, es el tipo de proceso que se va a manejar y las cantidades totales aproximadas de la alimentación o del producto final que la planta va a manejar, debiéndose precisar dentro de lo posible, si el proceso es fluido, fluido-sólido o sólido, si es continuo o intermitente y finalmente la naturaleza de la unidad o planta que se construirá, esto es, si es una planta nueva en un sitio nuevo, una unidad nueva en un sitio o planta existente o si es una expansión dentro de una unidad en funcionamiento. Es obvio que estar dentro del límite de error es resultado de la calidad y cantidad de los datos suministrados. (2).

2.2 .- Estimados Preliminares.-

Generalmente este tipo de estimados es el paso posterior al estimado de orden de magnitud, desde luego en caso de que este último hubiere arrojado un resultado positivo. Tienen como finalidad el poderse utilizar para la asignación de fondos en un presupuesto de compra y construcción, debiéndose contar para su elaboración con la siguiente información:

Cantidad y calidad del producto a elaborar cualquiera que éste sea.

Necesidades estimadas de servicios. (Volumen de agua de enfriamiento, vapor, demanda requerida de energía eléctrica, capacidades de drenaje, etc.)

Capacidades en almacenamiento y facilidades de manejo.

Digrama de flujo, lista de equipos preliminares, en los que se debe precisar en términos generales las dimensiones de los equipos, su arreglo y disposición, temperatura y presión de diseño, los flujos en los equipos principales indicados y de ser posible, un índice de la instrumentación necesaria para el control automatizado del proceso; finalmente, las especificaciones y tipos de los materiales de construcción de los equipos.

En base a la información anteriormente suministrada, se procede a elaborar el estimado preliminar, pudiéndose hacer entre otros, por

alguno de los métodos siguientes:

A.- Método del Factor Exponencial.-

Este método se fundamenta en el conocimiento del costo de un equipo o planta de capacidad determinada, igual o muy similar al que se está evaluando, razón por la que es necesario disponer de una lista de equipo preliminar dimensionada, empleándose para el cálculo la siguiente ecuación (3):

$$C_2 = C_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^E$$

donde:

C_2 = Costo del equipo que se investiga.

C_1 = Costo base de referencia.

P_1 y P_2 = Capacidades o tamaños respectivos.

E = Exponente.

El uso de la ecuación anterior es limitado, ya que al extrapolarse a valores aproximadamente diez veces el rango del equipo base, se puede incurrir en errores considerables, debido sobre todo al aumento no proporcionado del costo con respecto a la capacidad o tamaño del equipo o planta que se está evaluando.

Con datos de costo de equipo de más de una capacidad, es-

posible derivar un factor exponencial adecuado y que se ajuste más a las necesidades particulares de un proyecto o de algún equipo en especial.

El exponente se calcula por medio de la pendiente de la gráfica logarítmica de datos de costo contra capacidad o tamaño de equipos o plantas de la misma naturaleza.

B.- Método de la Aplicación de Índices.-

Una segunda técnica al elaborar estimados preliminares es la consideración de los costos de partidas iguales de equipo durante los años anteriores a la fecha en que se realiza el estimado o a la fecha de la compra programada, por lo que se emplean índices o sean, indicadores numéricos de los cambios relativos de los costos, a partir de un año que se toma como base, fecha a la que son referidas las variaciones que aquellos tienen. El cálculo del costo actual se realiza por la aplicación de la siguiente ecuación: (4)

$$C_2 = C_1 \left(\frac{i_2}{i_1} \right)$$

donde:

C_2 = Costo del equipo que se investiga.

C_1 = Costo base de referencia.

i_1 e i_2 = Índices respectivos.

Normalmente se cuenta con índices que abarcan fundamentalmente cuatro componentes principales en el costo de una planta que son:

- a) Equipo, materiales y soportería.
- b) Trabajo de erección e instalación.
- c) Edificios, materiales civiles y construcción.
- d) Ingeniería, diseño, dibujo y supervisión.

Desde luego, el número total de partidas principales pueden ser más o estar subdivididas en sub-índices componentes del índice principal.

C.- Método de Porcentajes.-

Este método se fundamenta en los análisis estadísticos de cada tipo de plantas de proceso y es comunmente utilizado al efectuar estimados preliminares.

El procedimiento se basa en considerar porcentajes pesados dentro del total de proyectos afines o del mismo tipo, con objeto de determinar en base a un renglón de referencia todos los demás.

En el caso de que los renglones de referencia tengan subcomponentes, se pueden aplicar asimismo porcentajes de composición, por ejemplo cada tipo de equipo de proceso, cada especialidad que interviene en ingeniería, etc.

Cualquiera de los métodos que se sigan al elaborar un estimado preliminar, el porcentaje de error permisible no debe rebasar del 20%. -- Los métodos anteriormente señalados, son los que mayor aplicación tienen dentro del ámbito de las plantas de refinación y petroquímicas y los métodos de cálculo, así como los valores que poseen se detallan en el capítulo II. (5)

2.3. Estimados Detallados.--

El estimado detallado se elabora normalmente cuando el avance del proyecto es sensible, por lo general cuando la ingeniería básica al menos está por concluir, por lo que la información para elaborarlos son: hojas de datos de cada equipo en particular, diagrama de flujo general y por secciones, diagramas de balances de vapor y agua de enfriamiento, diagramas unifilares, diagramas de tubería e instrumentación, listas de materiales e índices de instrumentos.

Por lo que se refiere al estimado de costo de ingeniería, éste será tratado en forma individual más adelante.

Para la evaluación del estimado de costo detallado, la aplicación del catálogo de cuentas es muy importante ya que el método para realizarlo es dividir los equipos y materiales por partidas y dentro de cada una de ellas se estima el costo individual de cada componente.

A continuación se hace una descripción breve de la informa--

ción mínima básica con la que se debe contar para poder estimar el costo de cada uno de los diferentes equipos, siguiendo para esto el orden del catálogo de cuentas establecido en la sección uno del capítulo III.

BA.-- Esta partida ampara lo que se refiere a los equipos de transferencia de calor en una sola fase fluida por medio de quemadores o algún otro tipo de suministro de energía térmica. Los equipos a los que esta cuenta se refiere son calentadores a fuego directo, hornos y hervidores.

La información mínima necesaria es la carga térmica en unidades normales de ingeniería, el tipo (horizontal o vertical), número de pasos y finalmente las especificaciones de los materiales de construcción tanto de los tubos como de las envolventes, conexiones y accesorios.

En base al cálculo anterior y por la aplicación de porcentajes, es posible calcular el costo de plataformas, escaleras, chimeneas, aislamiento y refractario.

DA.-- Este renglón cubre lo referente a torres de proceso; el cálculo del costo se elabora en base a las dimensiones de la torre (altura, diámetro), número de secciones en caso de así requerirlo, tipo de cabezas, espesores, presión y temperatura de diseño, número y tipo de boquillas y finalmente las dimensiones del faldón o del medio por el que el equipo se sostiene.

Se considerarán desde luego las especificaciones propias de los materiales de construcción y en caso de requerirlo, el espesor, tipo y material del recubrimiento.

DB.-- En esta cuenta se consideran fundamentalmente los platos y empaques o cualquier otro tipo de internos que la columna requiere para su operación. En el primer caso los datos necesarios son el tipo de plato, diámetro, arreglo y material de construcción. Para los empaques se requiere el tipo, diámetro y altura empacada, espesor, materiales y cualquier otro tipo de dato específico del tipo de interno de que se trate.

DC.-- Aquí se incluyen los reactores, equipos en los que se lleva un cambio de la naturaleza intrínseca de las sustancias alimentadas al reactor, para cuyo dato de costo se requiere la presión y temperatura de diseño, el tipo de reactor de que se trate, tipo y cantidad de catalizador, altura del recipiente, diámetro, espesor, tipo de las cabezas, tipo y número de boquillas, dimensiones del faldón o del medio por el que el equipo se sostiene, tipo de recubrimiento, materiales de construcción y si así se requiere, tipo de chaqueta, tipo y potencia del agitador, o en general cualquier particularidad del diseño del equipo.

EA.- Esta cuenta es la correspondiente a los equipos de intercambio de calor en línea de proceso o sean, los intercambiadores de calor, rehervidores, enfriadores y condensadores para cuyo cálculo es necesario contar con la siguiente información: área de transferencia de calor, calor transferido, tipo del equipo, número de pasos en la coraza y en los tubos, arreglo (serie, paralelo o combinaciones), presión y temperatura de diseño, materiales de construcción de los tubos, espejos, mamparas y coraza.

FA.- Recipientes de proceso y tanques acumuladores. Estos equipos se calculan de manera similar a las torres siendo los datos necesarios para el cálculo los siguientes: dimensiones (longitud y diámetro), tipo de cabezas o tapas (planas, torisféricas, elipsoidales, etc.), espesores, presión y temperatura de diseño y tipo y número de boquillas.

FB.- Este renglón cubre lo referente a internos de tanques y recipientes para cuyo cálculo son necesarios los siguientes datos: tipo del interno, diámetro, espesor y especificaciones del material de construcción.

GA.- Bombas y accionadores: para el cálculo de estos equipos en lo que se refiere al costo, es necesario especificar primeramente el tipo de la bomba (centrífuga, de tornillo, desplazamiento positivo, etc.)

la capacidad a la que el equipo opera, presiones de succión y descarga o bien, la diferencia de presiones, la potencia y la posición y desde luego los materiales de construcción de la carcaza, los internos y las partes de desgaste, así como de la flecha.

Los accionadores de las bombas, que pueden ser motores eléctricos o turbinas de vapor, debiéndose especificar en el primer caso el tipo del motor, su código, la velocidad, la potencia, el voltaje, ciclaje y número de fases. Por lo que se refiere a las turbinas de vapor, se deberá indicar el tipo, la potencia, la eficiencia y los materiales de construcción.

GB.- En esta cuenta se incluyen los compresores y sus accionadores. En general, es necesario especificar los mismos datos que para las bombas: tipo, presiones de succión y descarga, potencia, posición, capacidad y materiales de construcción de la carcaza del rotor y del impulsor.

Los accionadores se especifican de igual modo que en la cuenta anterior.

Finalmente, tanto en los compresores como en las bombas, se deberá especificar cuando así se requiera, los accesorios necesarios para el funcionamiento o instalación de los equipos (engranes, empaques, sistemas de lubricación) o bien, sobre todo en el caso de los compresores,

cuando dentro del precio van incluidos algunos equipos de manera paquete (tambores de succión, cambiadores de calor, expansores, eyectores, detectores de vibración, etc.).

HA.- Aunque normalmente se estima el costo de las tuberías, válvulas y conexiones como un porcentaje del costo total del equipo de proceso, es también posible evaluarlo con una lista de materiales donde se indiquen los tipos (ya sea de tubería o accesorios), cantidades, longitud, diámetro, cédulas, presiones y tamaños de las válvulas en su caso y los materiales de construcción.

KA.- Para la estimación del costo de los instrumentos, que como en el caso anterior se pueden evaluar directamente dependiendo de lo automatizado que se requiere sea la planta y del costo del equipo principal de proceso, se puede evaluar por medio de un índice de instrumentos en el que se cuente con una información detallada para cada tipo de instrumento en función de la variable que maneje.

NA.- En este caso es necesario evaluar para cada tipo de equipo, como en el caso anterior una serie de datos propios de la naturaleza y función del equipo mismo, datos que se encuentran en los diagramas unifilares, sistema general de tierras y alumbrado.

PA.- Equipos especiales y paquetes. En los equipos a que se requiere esta cuenta, los datos que son necesarios para evaluar su costo,

varían de acuerdo al tipo de equipo de que se trate. En general estos pueden ser: paquete secador de aire de instrumentos y de planta, paquete del sistema de vacío, paquete de tratamiento químico, gruas, etc. y en general cualquier clase de equipo de que se trate que por la función específica de la planta sea necesario considerar.

En cualquiera de las anteriores partidas deberán considerarse por medio de la aplicación de porcentajes o factores, tanto el costo de las partes de repuesto como de los materiales auxiliares que sea necesario tomar en cuenta, de igual modo que considerar si el equipo de referencia es comprado nacional o de importación ya que el costo puede verse afectado por concepto de los embarques, transportación y en algunos casos debido al pago de impuestos y aranceles.

En el caso de que sea necesario evaluar algún equipo en especial del que no se cuente con la información necesaria, esta evaluación puede llevarse a cabo por medio de la aplicación de porcentajes sobre el total o sobre alguna cuenta previamente evaluada que sea similar al equipo o en todo caso, por la consideración de datos recientes de proveedores.

Con un control de costo adecuado, se puede medir la desviación que los costos reales tienen con respecto al costo estimado; cuando esta desviación sea por cuentas o global mayor que la máxima tolerable, puede ser un factor que señale una aplicación inadecuada del método empleado para estimar el costo, un cambio en las especificaciones de inge-

nería, en los materiales de construcción o en caso de que la fecha de estimación y la de compra tengan diferencias grandes en tiempo, indican que pudo haber un aumento fuerte dentro de los costos de un mismo tipo de equipo, que puede ser el resultado de índole económica tanto nacional como extranjera. Cuando ésto sucede y conociendo las causas, es recomendable elaborar un estimado actualizado en el que se considere el reajuste de precios.

Al final del proyecto y con el dato de la desviación se puede evaluar la técnica seguida para elaborar el estimado.

2.4 Estimado de Costo de Ingeniería de Proyecto.

Una de las actividades que más constantemente participan en la realización de un proyecto, desde el nacimiento de la idea hasta el arranque de la planta, es la correspondiente a la ingeniería, debido a que dentro de los límites fijados anteriormente, el concepto de ingeniería no cesa de intervenir de manera fundamental y completa en cada una de las fases, cualquiera que ésta sea de un proyecto. (6)

Aún en el caso de duplicaciones al mismo tiempo de plantas de la misma naturaleza y características, sin la participación de la ingeniería, diseño y dibujo y de las actividades de tipo administrativo, la realización del proyecto es de todo tipo imposible, sin la participación del

personal adecuado que lo lleve acabo.

Descontando las horas-hombre empleadas en concebir una idea, desarrollarla y presentarla como proposición digna de un estudio mayor, un estimado de la cantidad y por tanto del costo por hora-hombre, abarcando desde el inicio de la ingeniería básica hasta el final de la construcción, instalación y prueba, deberá ser elaborado para conocer además del dato del costo, la duración estimada del proyecto y la disponibilidad de personal para cada una de las especialidades que participan en el proyecto, en función de las cargas de trabajo esperadas.

De igual manera que con los estimados de costo mencionados anteriormente en las secciones precedentes, la exactitud del estimado y los métodos por medio de los que se elabora, dependen en forma directa de la información de que se disponga y aunque quizá en menor grado, de la organización y sistemas que la compañía en particular aplica.

Quando la experiencia acumulada por ésta en determinado tipo de proceso es grande, es posible elaborar un estimado de costo de ingeniería con un error de $\pm 10\% - 12\%$ únicamente con el dato de capacidad de la planta y de los servicios con que ésta debe contar. (7)

Sin embargo, pudieran existir casos en los que para la realización del estimado del total de horas-hombre, sea necesario contar con información más detallada como diagramas de flujo, lista de equipo dimensionada, etc. o que cada una de las especialidades que interviene evalúen

las necesidades propias de horas-hombre para finalizar el trabajo, aunque logicamente estas dos últimas opciones representan un consumo de horas-hombre con lo que el estimado puede diferir del consumo real y debe ser ajustado con respecto al avance total.

Las especialidades que intervienen en un proyecto pueden agruparse en cuatro renglones principales como son:

- a) Ingeniería de Proceso
- b) Ingeniería de Proyecto
- c) Ingeniería de Diseño
- d) Adquisiciones y Administrativas

cada una de las cuales tiene subcomponentes.

Como la ingeniería forma parte de un estimado total, el costo que representa forma parte del costo indirecto de la planta, por lo que las erogaciones correspondientes a cada uno de los puntos anteriores forman el costo total de la ingeniería.

Para la elaboración de un estimado de ingeniería se debe partir de dos puntos básicos (técnico y humano) que son:

- a) Resultado del análisis practicado en datos obtenidos de trabajos realizados con anterioridad
- b) Experiencia del grupo encargado de la elaboración, complementación y actualización del estimado.

Asimismo, en función del tipo de datos que se obtienen del

punto (a), es posible dividir las técnicas para la evaluación del estimado de ingeniería en dos grupos:

1) Sistema de Factores: Se calcula el costo de la ingeniería como función de algún otro costo.

2) Sistema de Evaluación Directa: En el primer caso, lo más común es encontrar el costo total de la ingeniería expresado como porcentaje del costo total y en el segundo caso como horas-hombre por plano dibujado y horas-hombre por equipo, aunque para ambos casos existen variantes como el calcular la ingeniería como función directa del costo de equipo y materiales, proporcionar horas-hombre por unidad de superficie de plano producido o basar el costo de ingeniería en el costo directo.

2.4.1 Sistema de Factores.

La aplicación de este método puede ser considerada como medio para la evaluación de los estimados preliminares del costo de ingeniería, aún cuando en algunos casos sea posible elaborar estimados con rango de aproximación muy altos, aplicandose por lo general a estimados totales de orden de magnitud, donde la aproximación del estimado es en muchos casos mayor que el costo mismo de la ingeniería o cuando una inexactitud grande en este renglón tiene una ponderación pequeña en la exactitud del estimado total.

De modo general, el costo de la ingeniería cumple con las siguientes premisas:

1) El costo de la ingeniería, expresado como un porcentaje del costo total de una planta, disminuye al aumentar el costo total.

2) En plantas con capacidades muy bajas o sea con bajo costo relativo, puede preverse que el costo de la ingeniería llegue a ser hasta de un 25 % del costo total.

De los párrafos anteriores es posible deducir que dentro de un rango, el costo por unidad de equipo o sección principal de proceso para un mismo grupo de plantas en lo que se refiere a la ingeniería, varía muy poco en comparación al costo total; finalmente es necesario considerar el aumento o disminución del costo de ingeniería en relación a la complejidad de la planta como porcentaje del costo total.

Existe desde luego el caso de que una firma que se especialice en un determinado tipo de plantas o de procesos, por lo que, dentro de un determinado rango desarrolle una cantidad fija de trabajo, pudiendo por tanto elaborar gráficas o estadísticas muy exactas con las que es posible elaborar estimados de ingeniería muy aproximados contando con un mínimo de información.

Es posible asimismo, establecer un punto de referencia del que se parte hipotéticamente para el desarrollo de todos los diseños y estimar el trabajo en exceso o en defecto que se requiere en cada caso.

Cuando un estimado se hace por el sistema de factores, se puede conocer el costo de la ingeniería en caso necesario, desglosando en

diferentes partidas o especialidades que intervienen, con la evaluación de la fuerza de trabajo que será necesaria para desarrollar el proyecto.

Para lograr lo anterior se presentan las partidas que intervienen en la tabla (2.4.1) donde a cada especialidad se le ha asignado una letra arbitrariamente con el único objeto de identificarla.

- A.-- PROYECTO
- B.-- PROCESO
- C.-- INGENIERIA MECANICA
- D.-- RECIPIENTES
- E.-- TUBERIA Y LISTA DE MATERIALES
- F.-- INSTRUMENTACION
- G.-- INGENIERIA ELECTRICA
- H.-- INGENIERIA CIVIL
- I.-- ADQUISICIONES
- J.-- SERVICIOS ADMINISTRATIVOS

T A B L A 2.4.1

En la tabla (2.4.2) se presentan factores típicos para el cálculo del costo de ingeniería para plantas de Refinación y Petroquímicas, nuevas dentro de los límites que se consideran en el diseño, esto es, considerando que aunque fuese una unidad dentro de una planta existente, es

necesario invertir horas-hombre para el desarrollo de la ingeniería básica, de detalle, obra civil, etc.

<u>CUENTA</u>	<u>% METODO I</u>	<u>% METODO II</u>
A	14.23	14.32
B	3.85	3.91
C	6.04	6.08
D	5.24	5.32
E	29.34	29.21
F	7.92	7.97
G	5.41	5.43
H	11.23	11.06
I	12.15	12.18
J	<u>4.59</u> 100.00	<u>4.52</u> 100.00

T A B L A 2.4.2

En la tabla anterior estan señaladas dos columnas como método I y método II debido a que en el primer caso, los factores de ponderación, o sea el peso que cada especialidad tiene dentro del total, fueron calculados dentro de varios proyectos analizados, en base al proyecto de mayor número de horas-hombre totales y en el segundo caso se calculó en --

base al porcentaje de horas-hombre totales de todos los proyectos.

En caso de que sean duplicaciones de plantas existentes o de plantas de diseño gemelo, cuya ingeniería se desarrolla más o menos simultáneamente, se pueden aplicar factores corregidos así como un factor de duplicación total en el que se incluya un porcentaje por imprevistos, siendo pertinente aclarar en este punto que lo que tiene un significado real son los factores de duplicación, que se pueden considerar constantes, no así los factores de composición, que de uno a otro tipo de proyecto pueden estar sujetos a variación.

Finalmente, con objeto de poder contar con información preliminar del costo de ingeniería, en la tabla (2.4.3) se presentan los factores de acuerdo a los bloques principales que intervienen en el desarrollo del proyecto, sitándose entre paréntesis las cuentas que agrupa (ver tabla 2.4.1).

PROCESO (B)	3.88
PROYECTO (A)	14.27
DISEÑO (C,D, E, F,G,H)	65.12
ADMINISTRACION	15.72
	100.00

Las anteriores divisiones son arbitrarias, funcionando una --
distribución para cada compañía en particular.

Asimismo, la participación que cada una de ellas tiene dentro
de un proyecto, es también normada por la clase, tipo, tamaño, etc., del --
proyecto mismo, debiéndose corregir los factores aquí propuestos cuando --
ello lo amerite.

Cuando se obtiene después de la aplicación de los factores el
costo por partidas y conociendo el costo promedio de la hora--hombre por es
pecialidad, se calcula el costo total estimado de ingeniería, lo que en ba
se a experiencias anteriores permitirá redondear el estimado.

2.4.2. Estimados en base a horas--hombre por equipo.--

Este siste--
ma es una variante del sistema de factores y en él se emplean las horas-- --
hombre de dibujo e ingeniería relacionadas al número de equipos principa--
les de proceso: esto es, el factor en este caso son un número de horas-- --
hombre determinadas de dibujo por pieza de equipo principal de proceso. To
dos los demás conceptos que componen el total del costo de la ingeniería --
están incluidos dentro de un costo de horas--hombre de dibujo.

Para este tipo de estimados, algunos autores consideran que --
un factor de 250 a 300 horas--hombre por dibujo de cada equipo mayor es una
cifra adecuada para una planta de proceso manejando fluidos. (8)

Con este fin se define como equipo mayor de proceso como todo equipo físicamente identificable en el que se ejecuta un trabajo o se lleva a cabo una operación unitaria sobre un fluido o material.

Bajo tal definición, una bomba y su accionador, un filtro, un recipiente con sus internos, un cambiador de calor, etc., son piezas de equipo mayor.

En caso de instalaciones o equipos paquete, deberá ser considerado individualmente cada una de las piezas por separado de equipo mayor que la forman.

Para este tipo de estimados, la cuantificación de los equipos y por tanto de las horas-hombre empleadas, deberá de hacerse a partir de los diagramas de tubería e instrumentación (DTI) completos, o bien sobre diagramas de flujo de proceso.

Las variaciones que pudiera tener el método anteriormente descrito son las siguientes:

a) Se considera que existe una variación proporcional a la capacidad o tamaño de la planta, es decir a mayor capacidad mayor número de horas-hombre por equipo, a menor capacidad menor número de horas-hombre necesarias aunque esta variación se considera pequeña.

b) Existe una variación más importante debido a la densidad de equipos en las diferentes áreas componentes de un proceso.

Una densidad grande de equipo significa mayor número de horas

hombre por plano, aunque menor número por equipo; sin embargo, una densidad baja de equipos puede inclusive llegar a duplicar el factor.

c) Puede existir una variación fuerte en el costo total de la hora-hombre por especialidad que interviene debido al tipo de planta de que se trate.

Aquellas plantas compuestas por equipos relativamente sencillos de calcular y de especificar, requerirán de menor ingeniería básica, especializada y de detalle que aquellas plantas con equipos complicados e inclusive este factor de complejidad deberá ser considerado cuando la experiencia sea mínima para un tipo de plantas en especial.

En las tablas 2.4.3. y 2.4.4., se proponen ecuaciones obtenidas por correlación de datos, empleando el método de los mínimos cuadrados utilizando como diagramas el número de diagramas de flujo de proceso contra horas-hombre consumidas por diferentes grupos que intervienen en un proyecto y la misma correlación aplicada al número de diagramas de tubería e instrumentación contra horas-hombre para diferentes especialidades respectivamente.

De la ecuación final propuesta en ambos casos o sea la que proporciona el número de horas-hombre totales del proyecto, es posible calcular proporcionalmente las horas-hombre que requieren las demás especialidades no especificadas en estas tablas.

Dado que los datos que proporcionan las ecuaciones de las ta

blas de referencia son promedios estadísticos de una serie de proyectos --
analizados, su aplicación a un caso en particular, requiere desde luego de
un ajuste.

TABLA 2.4.3.

1.-- INSTRUMENTACION.

$$Y = 1196 + 3022 X$$

2.-- TUBERIAS

$$Y = 15640 + 6583 X$$

3.-- PROYECTOS

$$Y = 6670 + 2840 X$$

4.-- RECIPIENTES

$$Y = 4685 + 815 X$$

5.-- PROCESO

$$Y = 4550 + 1115 X$$

6.-- TOTALES

$$Y = 65,000 + 24,500 X$$

donde:

Y = No. de horas-hombre en la especialidad correspondien
te.

X = No. de diagramas de flujo de proceso.

TABLA 2.4.4.

1.- INSTRUMENTOS

$$Y = 9803 + 210 X$$

2.- TUBERIAS

$$Y = 23663 + 1608 X$$

3.- PROYECTOS

$$Y = 12930 + 585 X$$

4.- RECIPIENTES

$$Y = 4126 + 279 X$$

5.- PROCESO

$$Y = 940 + 460 X$$

6.- ELECTRICO

$$Y = 6416 + 277 X$$

7.- TOTAL

$$Y = 47,000 + 28,300 X$$

donde:

Y = No. de horas-hombre de la especialidad correspondiente.

X = No. de diagramas de tubería e instrumentación.

2.4.3. Estimados por evaluación directa.--

Quando se requiere -- hacer un estimado de costo de ingeniería con una aproximación de $\pm 10\%$ -- o menor y los factores con los que se cuenta para elaborarlo no garantizan esa exactitud, o bien cada uno de los departamentos involucrados en el proyecto no está en condiciones de suministrar un dato más exacto de las horas-hombre que consumirá, es necesario hacer una evaluación directa de la cantidad de trabajo que habrá que desarrollar.

El sistema general que se sigue en este tipo de estimaciones es el de evaluar primeramente las horas-hombre por cada una de las especialidades y multiplicarlas directamente por su costo unitario promedio, con lo que se obtiene el costo total de la mano de obra directa (mod).

En general, en cuanto a la información que se requiere no -- existe una norma que delimite exactamente cuando se cuenta con suficiente información y cuando no, por lo que es necesario contar con suficientes -- datos estadísticos confiables de diseños anteriores, que pueden ser usados como guía para reducir el margen de error en las apreciaciones.

Existe asimismo, cuando no se cuenta con información estandarizada de tamaños de dibujos, con el método de horas-hombre por área unitaria de dibujo por desarrollar.

Por lo que se refiere a las horas-hombre necesarias en las especialidades de servicios administrativos y adquisiciones, se estiman -- --

considerando fundamentalmente la duración estimada del proyecto y la dificultad que éste presenta para su desarrollo.

El dato de la duración del proyecto se obtiene por lo general de un programa del proyecto que muestre la duración en meses en función de las actividades que deben desarrollar cada uno de los departamentos involucrados, debiéndose de cargar un porcentaje extra en estas especialidades -- como factor de prevención por estudios especiales, cuando el proyecto así lo requiera.

BIBLIOGRAFIA. CAPITULO I.

- (1).-- S.M.I.C. Memorias del Primer Congreso de Ingeniería de Costos.
Tomos I y II. México, 1970.
- (2).-- Arnold, T. H., Chilton, C. H. New Index Shows Plant Cost Trends.
Chem. Eng., Feb. 18, 1963.
- (3).-- Chase, J. D. Plant Cost vs. Capacity: New Way to Use Exponents.
Chem. Eng., Abril 6, 1970.
- (4).-- Ver (2).
- (5).-- Ver (1).
- (6).-- Pérez Bolde, A. Estimación de Costos de Ingeniería. Revista Ingeniería de Costos. México, 1972.
- (7).-- Id.
- (8).-- Id.

C A P I T U L O I I

ANÁLISIS DE COSTO.

La importancia de los análisis de costo en base a la información de que se dispone al final de un proyecto, de los resúmenes estadísticos editados o elaborados para uso interno de las compañías de ingeniería o los análisis que se elaboran en base a datos suministrados por algunas dependencias oficiales, son para el Ingeniero de Costos de definitiva importancia para la elaboración de cualquier tipo de estimados de costo para proyectos futuros. Asimismo, una correcta aplicación de los métodos actuales de procesamiento de datos, tanto para la realización de análisis como para la sistematización de la información que éste suministre, son una herramienta también importante que permite disminuir los porcentajes de error en futuros estimados.

Un análisis de costo, implica un estudio detallado de la manera como se distribuye una inversión total dentro de cada una de las diferentes partes que constituyen un proyecto. Por lo general, los resultados que este análisis arroje quedan expresados como porcentajes de un costo que se toma como base, que puede ser el capital total de que se dispone para la realización del proyecto o el dato ya sea real o estimado del costo del equipo principal de proceso sobre el cual se aplican los antes citados porcentajes. (1)

Las composiciones porcentuales que en las siguientes secciones se discuten, son promedios ponderados que deberán ser ajustados forzozamente para cada caso en particular, dependiendo fundamentalmente del tamaño de la planta, el grado de complejidad y la automatización que se desea, ya que por ejemplo; en el caso de que las capacidades de las plantas sean muy pequeñas o de plantas en que el número de equipos necesarios son muy pocos, el costo de ingeniería puede verse incrementado hasta llegar a ser el 50 % del costo del equipo principal de proceso.

Debido a que no todos los equipos y materiales necesarios para la construcción de una planta de refinación o petroquímica son de fabricación nacional, bien sea por el tipo de aleaciones empleadas para su construcción o por los rangos de capacidades de los mismos o por sus elevados costos no justifiquen su adquisición en el país, se establece un criterio de selección de compra, ya sea nacional o extranjera.

El estudio analítico de un proyecto arroja como primer resultado un porcentaje de orden de magnitud que permite calcular, tomando como base una planta similar de costo y capacidad de diseño conocidos, el costo de proyectos futuros.

1.- ANALISIS DE COSTO POR PROYECTO.

El análisis de costo por proyecto, permite visualizar ampliamente la distribución de las inversiones que se

efectúan en cada proyecto; esta distribución final se realiza fundamentalmente en cuatro grupos: (2), (3).

Ingeniería de Proyecto

Equipo de Proceso

Materiales e Instrumentos de Control

Construcción y Administración

El conocimiento de un porcentaje promedio para cada una de las anteriores partidas y los porcentajes que corresponden a las composiciones de las mismas, permite mejorar los estimados de inversiones a que pueden ascender cada una de las partidas que integran el costo total de una unidad de refinación o petroquímica.

Las partidas en que puede dividirse para su análisis el costo total de un proyecto son las siguientes: (2).

Equipo de Proceso

Equipo y Material Eléctrico

Tuberías Válvulas y Conexiones

Instrumentos y Controles

Aislamiento y Pintura

Materiales Civiles

Soportes de Tuberías

Ingeniería de Proyecto y de Diseño

Construcción y Administración

Los anteriores renglones son porcentajes del equipo de proceso que se toma como referencia, a partir del cual se calculan como función directa del costo los restantes renglones. En esta sección se presentarán los porcentajes correspondientes al costo total de un proyecto excepto el de equipo de proceso que se verá en particular posteriormente.

El equipo de proceso se toma como base de cálculo, debido a que el número y tipos de equipos que son determinados en un principio por los flujos que la planta maneja, determinan a su vez la tubería, válvulas y conexiones que son necesarios así como, en función de la composición química de los fluidos es posible determinar los materiales de construcción necesarios.

Dentro del equipo y material eléctrico se consideran: subestación, tableros de control eléctrico, líneas de transmisión de fuerza, alumbrado, arrancadores y estaciones manuales de control, sistema de tierras, instalaciones para instrumentos, sistemas de generación de energía de emergencia, motores no especificados en el equipo de proceso.

Dentro del inciso de tuberías, válvulas y conexiones se consideran: todos aquellos accesorios que se requieran para la conducción de los fluidos de uno a otro equipo o el transporte de los productos a los límites de la planta o a almacenamiento.

En lo correspondiente a instrumentos y controles se incluyen los registradores, así como los instrumentos y válvulas de control los

cuales podríamos clasificar según la variable principal que los afecta en los siguientes: flujo, nivel, presión, temperatura, viscosidad, composición, velocidad, tiempo. Desde luego, la cantidad de instrumentos requeridos para la operación de una planta, dependen del grado de automatización que se requiera. Se incluyen asimismo, los tableros generales y locales de control y gabinetes de alarma.

En el renglón de aislamiento y pintura, se incluye el aislamiento de equipos y tubería así como la pintura de equipo, tuberías, estructuras, plataformas y escaleras.

Dentro de los materiales civiles se agrupan los materiales necesarios para la cimentación y construcción de los edificios requeridos dentro del area de proceso, así como estructuras, plataformas, escaleras, calzadas de acceso, drenajes y registros.

Los soportes de tubería son las estructuras necesarias para la instalación de tubería aerea.

El renglón de ingeniería abarca el costo de la ingeniería de proyecto, ingeniería básica, ingeniería de detalle, expeditación y tramitación con clientes y proveedores y cuando el tipo de proceso empleado lo requiera, se incluyen también honorarios a terceros.

Finalmente, las partidas correspondientes a construcción y administración, se refieren a los gastos necesarios para la erección e instalación en el campo de los equipos y la administración en si del proyecto.

ANALISIS DE COSTO TOTAL POR PROYECTO

Se toma como referencia el equipo principal de proceso.

PARTIDAS	PORCENTAJES		
	Mínimo	Promedio	Máximo
EQUIPO ELECTRICO	4.5	7.0	9.0
MATERIAL ELECTRICO	10.0	12.0	13.0
INSTRUMENTACION	7.0	10.0	12.0
TUBERIAS VALVULAS Y CONEXIONES	27.0	30.0	32.0
AISLAMIENTO Y PINTURA	4.5	5.5	6.0
MATERIAL CIVIL	8.5	11.0	12.0
T O T A L E S	61.5	75.5	84.0

Tomando como base el total erogado para un proyecto

EQUIPO Y MATERIALES	45.0	52.0	56.0
INGENIERIA	6.0	8.0	10.0
CONSTRUCCION	28.0	30.0	35.0
ADMINISTRACION	8.0	10.0	11.0

2.- ANALISIS DE COSTO POR EQUIPOS.

El equipo de proceso se encuentra dividido para el presente análisis en las siguientes partidas:

Calentadores y Hornos a Fuego Directo

Torres

Internos de Torres

Reactores

Cambiadores de Calor

Recipientes y Tanques Atmosféricos

Bombas y Accionadores

Equipos Paquete

La descripción de estos equipos se trata más a fondo en otros capítulos del presente trabajo.

Siguiendo el criterio de la sección anterior se dan a continuación las tablas de composición para las plantas de refinación y petroquímica básica en las que se presentan promedios y límites de variaciones.

ANALISIS DE COSTO POR EQUIPO PARA PLANTAS DE REFINACION

EQUIPOS	PORCENTAJES		
	Mínimo	Promedio	Máximo
CALENTADORES	18.0	22.6	25.5
TORRES	8.0	14.6	20.0
INTERNOS DE TORRES	3.8	6.2	8.5
CAMBIADORES DE CALOR	25.3	33.0	36.4
RECIPIENTES	1.8	3.0	4.6
BOMBAS	7.2	10.9	12.5
EQUIPO ESPECIAL	6.8	9.7	11.2

ANALISIS DE COSTO POR EQUIPO PARA PLANTAS DE PETROQUIMICA BASICA

EQUIPOS	PORCENTAJES		
	Mínimo	Promedio	Máximo
CALENTADORES	1.2	1.8	2.0
TORRES	4.7	6.6	8.5
INTERNOS DE TORRES	0.9	1.15	1.8
CAMBIADORES DE CALOR	19.1	20.7	21.3
RECIPIENTES	14.0	16.9	22.7
BOMBAS	1.7	2.2	3.1
COMPRESORES	33.6	48.8	53.8
EQUIPO ESPECIAL	1.7	1.85	1.9

3.- CRITERIOS DE APLICACION.

Uno de los criterios más importantes para la correcta aplicación de los porcentajes presentados en las secciones anteriores, es que los proyectos únicamente incluyen la parte correspondiente a límites de la planta dentro del area de proceso, suponiendo que los requisitos de servicios son completamente satisfechos por unidades o equipos ubicados fuera de los límites considerados y que distribuyen adecuadamente a las unidades de proceso mencionadas.

La aplicación que tiene el análisis de costo total de un proyecto, o sea el manejo de los porcentajes, es que una vez conocido el costo global aproximado de la planta por cualquiera de los métodos reportados en la literatura o desarrollados por la compañía de ingeniería en particular de que se trate, costo que se estima en base a la capacidad de la planta, es posible conocer la distribución de la inversión necesaria para efectuarlo.

Con este dato y un tiempo de duración estimado, permite desarrollar de modo muy general un programa de erogaciones para disponer así mismo y en el momento determinado de las cantidades de dinero que se requieren.

Finalmente, es posible calcular las partidas correspondientes a construcción y administración.

El análisis de costo practicado con objeto de obtener un

perfil global de distribución del costo que cada tipo de equipos de proceso tienen en una planta de refinación o petroquímica, permite primeramente la elaboración con una buena aproximación de un estimado de costo detallado, permitiendo inclusive una asignación a cada uno de los equipos cuando se tienen datos suficientes.

Los porcentajes antes presentados, se someten a una revisión cada vez que un proyecto finaliza, por medio de los documentos de compra, con los cuales es posible afinar los futuros estimados tanto por partidas como por tipos de plantas. Permite asimismo checar el orden y la importancia que cada partida tiene, tanto en costo como en el orden de diseño que estos tienen dentro de un proyecto.

Así por ejemplo, dentro de las plantas de refinación la principal partida de costo es la que comprende los equipos de transferencia de calor en línea de proceso o sean los condensadores, rehervidores, enfriadores e intercambiadores tanto por el número de los equipos como por los materiales de construcción. (4).

En las plantas petroquímicas la partida principal de costo son los equipos de compresión, los que en ocasiones llegan a ser del orden de 30 a 50% sobre el costo total estimado. (4).

En ambos casos, los equipos de manejo de fluidos y transferencia de momentum o sean las bombas, aunque en número pueden llegar a ser altas, en costo normalmente no rebasan el 10% .

Los demás equipos se reparten el costo de forma proporcional al tipo y tamaño de planta, así como a los materiales de construcción en función de la composición de los fluidos, siendo los mayores aquellos en los que se lleva a cabo una separación o una transformación de las sustancias que se alimentan.

Finalmente aunque los porcentajes de composición del costo de unidades de refinación y petroquímica, que aunque por si solos dan un criterio sobre la distribución de la inversión, éste se puede redondear con los siguientes datos:

De los calentadores la parte correspondiente a materiales básicos se compra en el extranjero, representando un 60% del costo total y el 40% restante son adquisiciones nacionales y que corresponden a los refractarios, estructuras, plataformas, escaleras y chimeneas.

La adquisición de torres se realiza totalmente en México, no así los internos que dependiendo del material y tipo, pueden o no ser comprados localmente por las diferencias de precios entre los fabricantes nacionales y extranjeros.

Los cambiadores de calor pueden ser fabricados en México prácticamente en todos los tipos utilizados; en las unidades petroquímicas existen algunos cuyos materiales inclinan la decisión de compra en el extranjero.

Los recipientes a presión se fabrican totalmente en México, no

así los internos que actualmente se compran en el extranjero por su alto costo nacional.

Las bombas centrífugas hasta de 150 BHP, pueden ser compradas en México y los equipos mayores de este tamaño, generalmente se compran en el extranjero. Para las bombas que requieren motores eléctricos hasta de 150 HP, pueden comprarse motores nacionales, arriba de esta capacidad son de importación. Para las bombas accionadas con turbina, ésta debe ser comprada en el extranjero.

Los compresores utilizados en las unidades petroquímicas, son comprados en el extranjero junto con sus accionadores sean éstos motores eléctricos o turbinas de vapor.

Los compresores utilizados para aire de planta e instrumentos, son de fabricación nacional.

El equipo especial como son las gruas viajeras y algunos secadores de aire de instrumentos son de fabricación nacional.

Finalmente cabe mencionar que dentro de los requerimientos de capital de un proyecto, pocas veces se considera la partida correspondiente a partes de repuesto, la cual es del orden de 2 a 3% sobre el total de la inversión.

Las partes de repuesto que son convenientes adquirir en el momento en que se hace la compra del equipo, tienen un monto equivalente al 5% del costo del equipo de proceso.

BIBLIOGRAFIA. CAPITULO II.

- (1).- Rivera Flandes, G. R., Osorio Rosas, M. J., Tamayo Bautista, R.,
Análisis de Inversiones en Equipo, Materiales e Ingeniería en la
Industria del Petróleo. I.M.I.Q., XIII Convención Nacional, Puebla
Nov. 1973.
- (2).- Id.
- (3).- Arnold, T. H., Chilton, C. H., New Index Shows Plant Cost Trends.
Chem. Eng. Feb., 18, 1963.
- (4).- Rivera Flandes, G. R., Apuntes Personales, México, 1973.

CAPITULO III

CONTROL DE COSTO

1.- CATALOGO DE CUENTAS.

La realización del estimado de costos de un proyecto, cualquiera que sea el grado de exactitud o los renglones que abar--- que o el lugar dentro del avance del proyecto, es de una importancia defi--- nitiva para la consecución del mismo, permitiendo establecer un criterio --- definitivo tanto en la disponibilidad de recursos y financiamiento como a largo plazo la rentabilidad del mismo.

Normalmente, los estimados de costo se pueden considerar com--- puestos por dos renglones principales: el estimado de costo de equipo y ma--- teriales y el estimado de costo de ingeniería de proyecto y diseño; no obs--- tante, estas dos no son las únicas partidas que forman el estimado de cos--- to total de un proyecto, pero si son los componentes principales ya que a partir de ellos y mediante cualquiera de los procedimientos que más adelan--- te se mencionan, es posible determinar la cantidad necesaria a erogar has--- ta el final del proyecto, o sea hasta el punto anterior al arranque del --- mismo, cantidad que se reparte desde luego en cada una de las partidas que integran el costo total.

Con los datos de estimados antes mencionados y un programa de actividades del proyecto, es posible efectuar un análisis de flujo efectivo (cash flow), o sea la elaboración de un programa de erogaciones tanto para la compra de equipo y materiales como para el desarrollo de la ingeniería de proyecto.

El grado de exactitud o porcentaje de error a elaborar cada tipo de estimado, es desde luego función directa de la información suministrada; anteriormente se ha detallado que clase de información es necesaria para la elaboración de los diferentes tipos de estimados, así como el momento dentro de un programa en que debe ser proporcionada dicha información.

Para llevar a cabo este tipo de trabajo, es necesario contar con un control de costos adecuado, el cual permitirá una mayor facilidad en el manejo de los datos estimados tanto individualmente como por partidas, fechas de compra, diferencias entre los costos estimados y los costos reales, etc., razón por la cual se hace necesario el manejo y creación de un catálogo de cuentas.

Un catálogo de cuentas para control de costos y en general para control del proyecto, permite llevar acabo una mejor coordinación de las diversas actividades que se desarrollan a lo largo del proyecto desde el punto de vista administrativo y de planeación.

En todo momento es un sistema indispensable para control admi-

nistrativo, razón por la que cualquier organización que desee llevar acabo un control de costos en forma directa, deberá seleccionar el sistema más a decuado para sus necesidades.

SI dicha organización desarrolla diversos tipos de trabajos, -- el sistema que seleccione deberá ser consistente y flexible con objeto de que sea aplicable a los diferentes tipos y tamaños de los proyectos.

Un catálogo de cuentas deberá cubrir areas y conceptos genera- les y al mismo tiempo estar estructurado en forma tal que permita la rápi- da identificación de conceptos específicos y particulares.

En proyectos de gran magnitud, el control de los mismos es una labor compleja que requiere modernos sistemas de control y procesamiento -- de datos en el menor tiempo posible, por lo que el catálogo de cuentas de- berá estar codificado de modo que permita la aplicación directa de métodos mecánicos para la selección, análisis e interpretación de los datos.

Un catálogo de cuentas es en términos generales un lenguaje -- consistente que sirva para identificar conceptos en forma rápida y efecti- va.

Asimismo, deberá proporcionar una nomenclatura para todas las partidas que intervienen en el proyecto y servir como índice completo de -- las mismas.

Existen varias formas de identificar todos y cada uno de los -- diferentes conceptos, siendo la más conveniente y comunmente empleada en --

obras industriales aquella en que los equipos de proceso sirven de columna vertebral para elaborar el catálogo.

El catálogo de cuentas es la mejor herramienta de que dispone el personal técnico para llevar un control de costos completo en todos los proyectos que desarrolle y deberá servir desde las fases iniciales de diseño, durante la construcción, hasta el inicio de la operación. El catálogo de cuentas les señala a planificadores y ejecutores el comportamiento que, sin ser ley inmutable, les permita crear un proyecto bien analizado, bien controlado y bien programado; en otros términos bien administrado.

Para poder llevar acabo un control de costos, éste deberá hacerse contra un presupuesto determinado y aprobado de antemano. En una organización eficiente, este presupuesto proviene de una estimación detallada en que las cuentas de estimación corresponden a los conceptos del catálogo de cuentas.

En la actualidad, el factor tiempo interviene notablemente en los costos del proyecto, el grado de avance y el apego a la programación previa, debiendo reflejarse en la forma más directa posible en el catálogo de cuentas.

Dicho catálogo deberá ser diseñado y estructurado por el Departamento de Ingeniería de Costos de una compañía contando siempre con la asistencia técnica de los grupos de operación de la propia compañía, a fin de crear claves que permitan satisfacer las siguientes condiciones: (1).

a) Suministrar una forma de identificación uniforme para equipos de proceso, materiales, mano de obra y todos los conceptos involucrados en un proyecto.

b) Servir de índice general para todos los conceptos que forman parte del proyecto.

c) Facilitar la recopilación de datos generales y particulares para el control de costos.

d) Suministrar datos estadísticos de costo para preparar nuevos estimados.

e) Suministrar una forma correcta de archivo para control de contabilidad y auditoría.

f) Satisfacer las necesidades de programación del proyecto en todas sus etapas.

El catálogo de cuentas utilizado en el presente trabajo cubre lo referente a equipo y materiales básicos de proceso.

CATALOGO DE CUENTAS

CUENTA

DESCRIPCION

BA

Calentadores, Hornos y Hervidores a fuego directo.

DA

Torres (cascarón)

CUENTA

DESCRIPCION

DB	Internos de torres (platos, empaques, rejillas, etc.
DC	Reactores
EA	Cambiadores de calor (coraza y tubos)
EB	Cambiadores enfriados por aire (soloaires)
FA	Recipientes de proceso y tanques acumuladores atmosféricos y a presión (cascarón)
FB	Internos de recipientes y tanques (mallas separadoras, eliminadores de niebla, rejillas)
GA	Bombas y sus accionadores (motores eléctricos turbinas de vapor)
GB	Compresores y sus accionadores (motores eléctricos, turbinas de vapor)
HA	Tubería, válvulas y conexiones
KA	Instrumentos y controles
NA	Equipo y material eléctrico
PA	Paquetes de equipos especiales

Finalmente, se enfatiza el hecho de que cualquier nomenclatura numérica o alfa-numérica que se empleó en un proyecto determinado, es útil siempre y cuando permanezca constante tanto en los programas como en los controles de costo desde su inicio hasta su terminación.

2.- CONTROL DE COSTO DE EQUIPO Y MATERIALES.

Una vez que se ha elaborado un estimado detallado de equipo y materiales, es muy conveniente contar con una forma específica que de manera resumida, cuente con la información detallada obtenida del estimado y de los datos reales con que se cuente conforme avanza el proyecto, o sean los costos unitarios por tipos particulares de equipos, los costos totales por cuentas, las cantidades de equipos requeridos y todos los datos que para información y control del costo del proyecto son necesarios.

El control de costo de equipo y materiales debe ser elaborado de acuerdo con las codificaciones establecidas en el catálogo de cuentas así como la lista de equipo, permitiendo además un asiento a los datos del estimado detallado original y de los correspondientes valores del costo real, una columna para estimado actual donde se anoten los costos reestimados de aquellos equipos en los que existan modificaciones en el diseño, tales como variaciones en la capacidad, en el tamaño, cambio de especificaciones en los materiales de construcción, cambio de el número de los equipos, cancelaciones a órdenes de compra colocadas, etc.

El control de costo de equipo y materiales debe asimismo permitir al final del proyecto, estimar las desviaciones que los costos estimados tienen con respecto a los costos reales, desviación que es conveniente

te indicarse por cuenta y total como porcentajes de aproximación o de desviación según el signo considerado, con el fin de emplear un método correctivo a los medios de estimación.

De igual manera, dicho control deberá estar diseñado para permitir un análisis de costo más eficiente y confiable, análisis que se practica basado en el sumario estadístico que el control contiene, así como en las fechas en que cada uno de los equipos se compraron y el país en que fué colocada la compra. (2).

Refleja finalmete la correcta aplicación que el programa de erogaciones tuvo a lo largo del proyecto.

3.- CONTROL DE COSTO DE INGENIERIA.

El objeto de llevar acabo un control de costo de ingeniería es básicamente el contar con información actualizada en un período de tiempo fijo (normalmente mensual) tanto de las horas-hombre consumidas a la fecha por cada especialidad que participe, así como de las horas hombre de que se dispone para terminar el proyecto; con esta información y el costo de la hora-hombre promedio en cada especialidad, se obtienen el costo de la mano de obra directa por ejercer.

La base para llevar un control de horas disponibles y horas consumidas, son desde luego las horas-hombre programadas a una fecha determinada por cada especialidad que interviene. El control de las horas-hombre consumidas permite en un momento determinado hacer ajustes tanto del avance del proyecto como dentro del programa del mismo. El avance indicado como porcentaje lo proporciona por tanto la relación de horas-hombre consumidas contra las programadas.

Uno de los datos más importantes son las cantidades erogadas o comprometidas a una fecha, tanto en costo total de ingeniería como en costo de mano de obra directa; esto último se calcula directamente con el promedio de los costos horarios por el número de horas-hombre consumidas en cada especialidad.

El costo total de ingeniería, será el costo de la mano de

obra directa, más los gastos indirectos comprometidos a esa fecha. Estos --
gastos en general son:

Papelería

Comunicaciones

Viáticos y Transportación

Vacaciones y ausencias del personal

Reproducciones

Honorarios a terceros

Partidas que son amparadas por la facturación mensual del pro-
yecto.

Para el cálculo del costo total de ingeniería y el costo to-
tal para terminar el proyecto se emplean tres factores de corrección; (3)

a) Un factor por duración del proyecto, que se estima según --
el tiempo de duración del proyecto y que refleja principalmente la tenden-
cia total anual por el aumento del costo de la vida.

b) Un factor por avance del proyecto que se calcula con la re-
lación de horas-hombre programadas y consumidas. Este factor corrige el --
costo como función de la participación de las especialidades a cada paso --
del proyecto.

c) Un factor que indica la proporción de la relación de mano
de obra directa comprometida contra el costo total facturado.

Con los factores anteriores y el costo de la mano de obra directa se calcula el costo con la siguiente ecuación:

$$Fa \cdot Fd \cdot Fc \cdot C_{\text{mod}} = \text{CTI}$$

donde:

Fa = Factor por avance del proyecto

Fd = Factor por duración del proyecto

Fc = Factor por relación de costo

C_{mod} = Costo de la mano de obra directa

CTI = Costo total de ingeniería

Finalmente, con el total de horas-hombre y el costo total estimado, o sea el monto comprometido a la fecha más el costo por ejercer, se calcula un costo promedio total de horas-hombre para ese proyecto en específico.

4.-- RELACION DE LOS PROGRAMAS DE COSTO CON UN PROGRAMA DE EROGACIONES.

Uno de los aspectos más importantes para un proyecto es el aspecto financiero, debido a que es necesario conocer con tanta exactitud como sea posible las cantidades gastadas mensualmente, en que han sido gastadas, donde se han gastado y desde luego lo concerniente a los gastos por efectuar.

Así pues, uno de los aspectos más importantes de los controles de costo tanto de equipo y materiales como de ingeniería, es el poder proporcionar información a este respecto, razón por la cual es conveniente en base a ellos, elaborar un programa de erogaciones.

Este programa de erogaciones nos permite asimismo el poder llevar a una fecha determinada los montos comprometidos tanto acumulados como por períodos establecidos de las cantidades destinadas al pago de la ingeniería.

La asignación de las cantidades y las fechas en que se van a erogar, se realizan las primeras con los datos que proporciona el estimado de costos y las segundas de acuerdo con el programa general del proyecto, actualizandose el programa de erogaciones cada vez que cualquiera de los dos anteriores se modifique; las fechas consideradas son las que corresponden a la actividad de procura, específicamente al envío del documento de compra.

La importancia de llevar acabo un control de erogaciones se ve acentuada en aquellos casos en que los financiamientos necesarios para efectuar el proyecto deberán ser programados con objeto de disponer de las cantidades de dinero necesarias para efectuar las compras en el momento indicado, ya que de lo contrario los gastos fijos y los intereses al finalizar el proyecto serán muy altos, con la consecuente pérdida por parte de la compañía.

BIBLIOGRAFIA. CAPITULO III.

- (1).-- Sociedad Mexicana de Ingeniería de Costos. Memorias del Primer Congreso Nacional de Ingeniería de Costos. Tomo I y II., México, Sep 1970.
- (2).-- Id.
- (3).-- Rivera Flandes, G. R., Apuntes Personales. México, 1973.

C A P I T U L O I V

APLICACION DE LOS DATOS ESTADISTICOS PARA EL CALCULO DE ESTIMADOS DE COSTO.

Como resultado de los proyectos elaborados por las compañías de ingeniería, se pueden coleccionar una serie de datos de costos reales, con los cuales es posible elaborar diversos métodos que permitan calcular con mayor certeza las diversas partidas que integran el costo total de un proyecto.

La aplicación de los métodos estadísticos es en este punto de definitiva importancia, ya que son las herramientas matemáticas fundamentales para su elaboración.

El primer paso, una vez que se han ordenado los datos, en función de la variable principal de costo que se esté considerando, es encontrar la ecuación que más se aproxime a ellos, después de lo cual, por la aplicación del método de los mínimos cuadrados se ajusta la ecuación propuesta con lo que es posible realizar predicciones con mayor aproximación.

Esta técnica tiene una aplicación obvia en la elaboración de gráficas de costo, índices de escalación por capacidad e índices de escalación por tiempo, de cuya correcta aplicación es posible obtener un estimado de costo actualizado a la fecha en que se estima terminarán de realizarse las compras. (1)

El método de los mínimos cuadrados mencionado anteriormente --
permite un ajuste bastante exacto de los datos y es el que se ha tomado co-
mo base para la elaboración de las gráficas y de la información que se re-
porta en las secciones siguientes del presente capítulo.

Es conveniente hacer notar que la validez de dicho método es --
la correcta selección de la curva apropiada, así como en ocasiones especia-
les, escoger incluso combinaciones de ellas.

1.- INDICES DE ESCALACION POR CAPACIDADES.

Un índice de escalación por capacidad es un número exponencial, que permite establecer el costo de plantas o equipos conociendo el costo de una unidad similar de capacidad conocida y que sirve como referencia.

En el capítulo I sección 2.2 se describe este método, razón por la que en esta ocasión únicamente se presentan algunos de los valores que dicho índice tiene.

El cálculo de estos índices es por medio de la obtención de la pendiente de la curva de costo contra capacidad o tamaño para diferentes unidades y equipos, por lo cual tienen una estrecha relación con la sección (2) del presente capítulo, además de los índices reportados en la literatura especializada y que se citan como referencia. (2), (3), (4), (5).

INDICES DE ESCALACION POR CAPACIDADES PARA COSTO DE PLANTAS

TIPO DE PROCESO	INDICE
Refinación	0.70 - 0.85
Destilación al Vacío	0.78 - 0.82
Destilación Atmosférica	0.51 - 0.62
Reformado Catalítico	0.60 - 0.70
Hidrotratamiento	0.68 - 0.74
Reductora de Viscosidad	0.55 - 0.62
Desintegración Catalítica (FCC)	0.81 - 0.88
Tratamiento de Gases	0.71 - 0.79
Hidrodesulfurizado	0.74 - 0.83
Etileno	0.68 - 0.73

2.- GRAFICAS DE COSTO DE EQUIPO.

Una de las principales herramientas con las que se cuenta para la elaboración de un estimado son las gráficas de costo para cada equipo.

Una gráfica de costos, es una relación de dos variables (el costo y una variable dependiente del mismo) expresada por medio de una curva previamente calculada y ajustada dentro de un rango de valores conocidos y que permite calcular valores extrapolados con una aproximación suficientemente buena.

Puede incluir asimismo parámetros que estén relacionados directamente con la curva que sirve de base y que por lo general pueden ser expresados también como porcentajes del costo de un equipo en cuestión.

Así por ejemplo, en una gráfica de costo para un tipo determinado de cambiador de calor, se relacionan las variables de costos por unidad de equipo en las ordenadas y se toma como variable principal el área de transferencia total de calor que se coloca en las abscisas y los puntos que forman la curva corresponden por ejemplo, a los equipos construidos en acero al carbón tanto en la coraza como en los tubos, tomándose como parámetros aquellos equipos construidos en combinaciones de acero al carbón y aleaciones especiales o bien a los construidos en su totalidad por uno o más tipos de estas aleaciones especiales.

Una variante de la relación gráfica en dos dimensiones, son los nomogramas o sean las representaciones de tres o más variables de cuya interrelación se obtiene un resultado en función al "peso" de las variables consideradas.

Los datos con los cuales se elaboran las gráficas presentadas en este capítulo, fueron obtenidas de cotizaciones directas tanto de proveedores nacionales como extranjeros y la información ha sido tomada para el año de 1973.

En ninguno de los casos se considera el costo de la instalación ni erección de los equipos, así como tampoco el costo de transportación del equipo al sitio donde se localiza la planta ni las partes de repuesto necesarias para la operación segura durante un tiempo determinado.

A continuación se describen las variables de costo principales que se tomaron para la elaboración de las gráficas de acuerdo a los criterios establecidos anteriormente. (6).

Calentadores a fuego directo.- La primera consideración importante es la posición del calentador, debido a que esto influye en los materiales y accesorios necesarios tales como plataformas, escaleras, soportería estructural, etc., los que se estiman como un porcentaje del costo de los materiales básicos. La variable principal de costo tomada en este caso es la cantidad de calor transferida y como parámetros los materiales de construcción. Los hornos se diferencian principalmente en hornos de pirólisis

hornos de reformado y hornos reductores de viscosidad, de los cuales una vez seleccionado el tipo se calcula de igual manera que los anteriores.

Torres y Recipientes.-- Las gráficas de costo de torres y recipientes tienen una confiabilidad muy relativa, debido a que cada una de ellas puede ser de un tipo de un especial tanto en su diseño, en el tipo de servicio y en los accesorios necesarios para el tipo de proceso. Para el cálculo del costo del equipo se toma como variable principal el peso de la torre o recipiente y como parámetros los materiales de construcción, aplicándose un dato reciente de \$/Kg.

Internos de torres y recipientes.-- El primer dato fijo que es necesario es el tipo de interno en cuestión, pudiendo ser éstos platos, empaques o mallas separadoras. En el primer caso, la gráfica se elabora para cada tipo de plato en función de su diámetro. Para los empaques se recomienda la aplicación de datos recientes de proveedores del costo por pie o metro cúbico empacado. En el caso de los internos de recipientes se toma como variable principal el diámetro y el espesor y como parámetros los materiales de construcción.

Cambiadores de Calor.-- Las variables principales de costo son el area total de transferencia y el calor intercambiado, considerándose como parámetros los tipos específicos de éstos y los materiales de construcción.

Bombas y Compresores. Para cada uno de estos equipos la variable principal que se ha considerado es la potencia expresada como BHP y se toman como parámetros los tipos y los materiales específicos de construcción; se pueden tomar como porcentajes del costo del equipo principal aquellos accesorios necesarios para el funcionamiento de la unidad, sobre todo en el caso de los compresores para los que muchas veces es necesario evaluar el costo de eyectores, expansores, condensadores, tambores de succión, etc., que se consideran como parte del equipo de compresión. Los accionadores de los equipos antes mencionados pueden ser de dos tipos: motor eléctrico y turbina de vapor. Para los motores se considera la potencia expresada en HP como variable principal y para las turbinas el tipo y la potencia en BHP, los materiales de construcción y la calidad del vapor.

En general, todas estas gráficas tienen la limitación de que para capacidades o rangos muy bajos o muy altos, no obedecen la ecuación de costo propuesta.

A continuación se presentan en forma tabular los costos unitarios promedio para algunos de los elementos de control que son necesarios para la operación eficiente y segura de una planta. Estos datos permiten calcular de manera más detallada el costo de la instrumentación pudiéndose obtener asimismo el costo por cada variable principal que afecta el proceso (nivel, flujo, temperatura, presión, etc.) aunque desde luego el estimado de instrumentación deberá ser corregido en cuanto se tenga el dato del

rango de operación real.

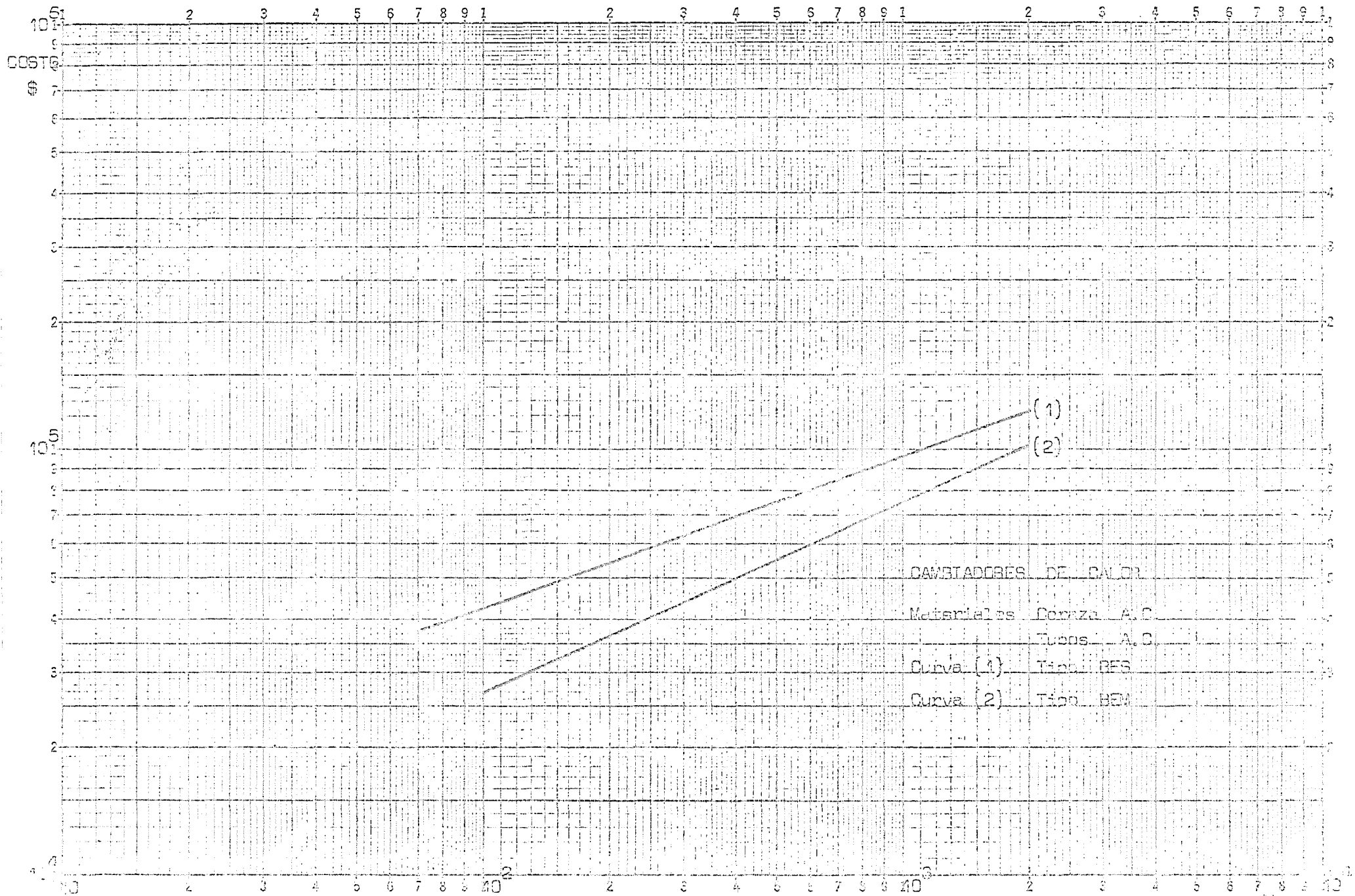
En los instrumentos que se tabulan a continuación, no se han indicado rangos debido a que la variación de éstos en los datos tomados como base es muy amplia, razón por la que se recomienda su uso exclusivamente para estimados de orden de magnitud.

DESCRIPCION	COSTO (pesos $\times 10^3$)
Analizador de Humedad	66.0
Analizador de infra-rojo	82.0
Analizador de proceso	221.0
Analizador de viscosidad	80.0
Anunciador de alarma	16.0
Arrestador de flama	4.0
Consola electrónica indicadora de temperatura	63.0
Controlador de nivel	8.0
Controlador local de temperatura	10.0
Controlador indicador de temperatura	7.5
Controlador receptor	6.0
Control local de presión	1.6
Convertidor FEM/aire	8.0
Disco de ruptura	1.5

DESCRIPCION	COSTO (pesos x 10 ³)
Estación de control manual	2.5
Estación de control proporcional	7.2
Estación neumática	2.6
Gabinete de alarma	13.6
Indicador controlador	5.0
Indicador de flujo local	1.0
Indicador de nivel	3.0
Indicador multipunto de temperatura	61.0
Indicador de tiro	10.0
Instrumento de nivel con desplazador	9.5
Instrumentos de tablero (paquete)	65.0
Instrumento receptor	7.5
Interruptor por nivel	7.4
Interruptor por presión	1.5
Interruptor por temperatura	1.8
Manómetro	0.4
Medidor de desplazamiento positivo	17.4
Medidor de flujo	6.5
Placa de orificio	0.4
Registrador controlador	8.0

DESCRIPCION	COSTO (pesos x 10 ³)
Registrador eléctrico de temperatura	11.7
Registrador de flujo	8.4
Registrador receptor	5.5
Registrador de temperatura	20.0
Regulador de flujo local	5.8
Regulador de presión	2.5
Rotámetro	3.4
Sistema de protección de flama	13.8
Termómetro	0.4
Termómetro con termopozo	0.8
Termopar	0.4
Termopar y termopozo (ensamble)	0.6
Termopozos	0.3
Transductor	3.3
Transmisor de presión	5.4
Transmisor de presión diferencial	6.3
Transmisor de temperatura	4.6
Válvulas de control	10.4
Válvulas de mariposa	24.5
Válvula operada con pistón	24.0

DESCRIPCION	COSTO (pesos x 10 ³)
Válvula de paro por emergencia	27.0
Válvula de seguridad	4.0
Válvula de solenoide	3.0
Vidrio de nivel	3.7



CAMBIADORES DE CALOR

Materiales Coraza A.C.

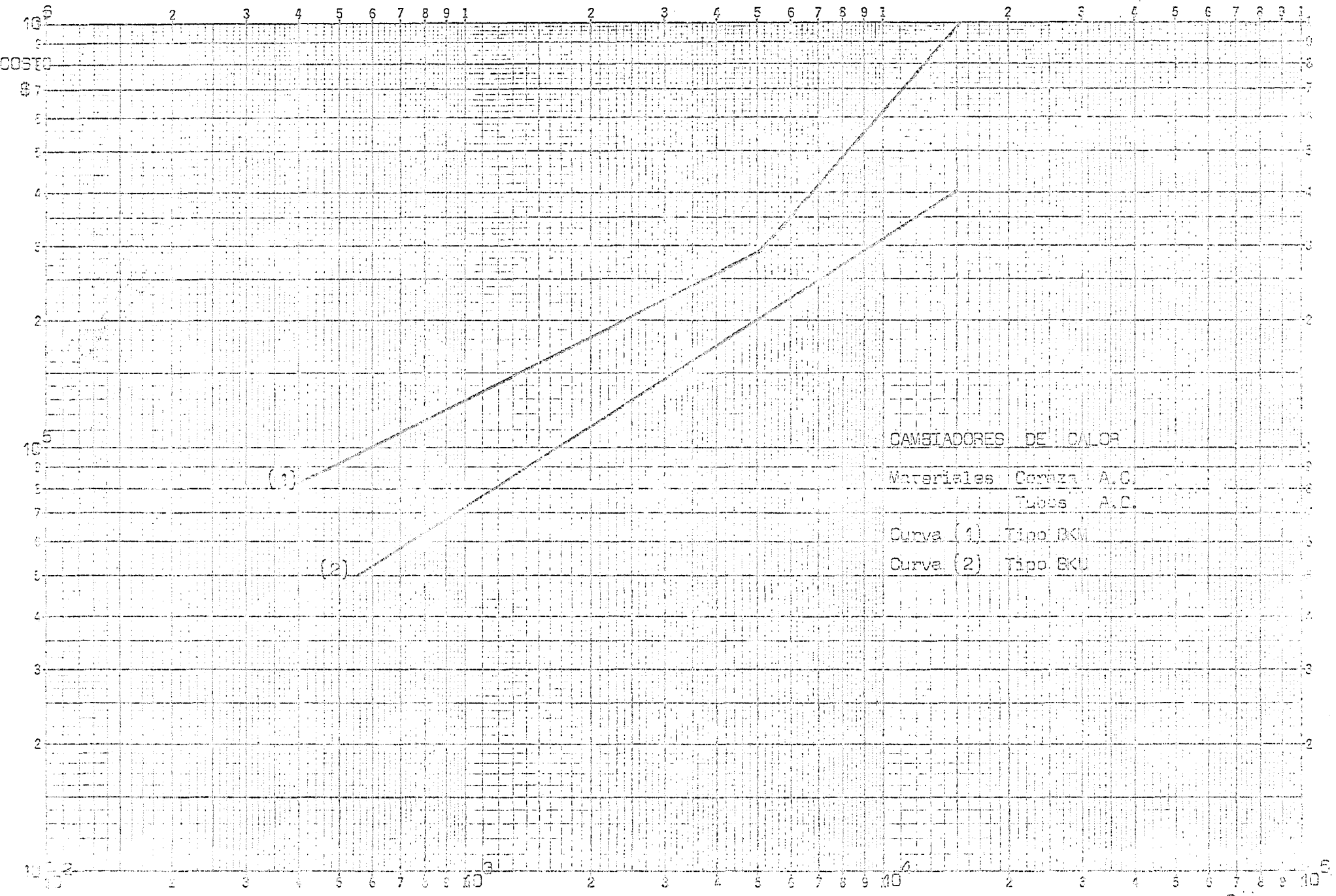
Tubos A.C.

Curva (1) Tipo BEG

Curva (2) Tipo BEW



AREA = Ft²



CANBIADORES DE CALOR

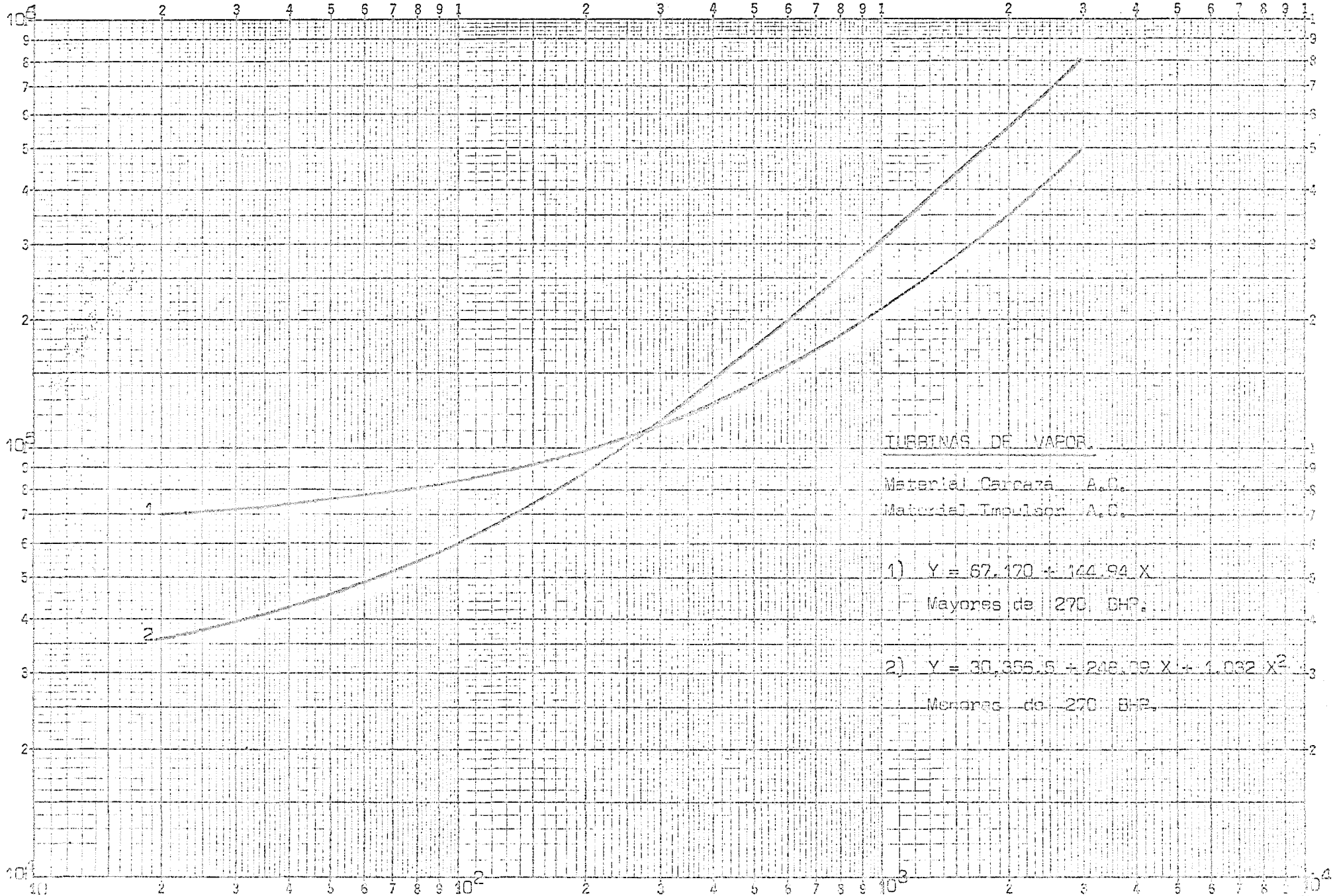
Materiales: Caramba A.C.

Tubos A.C.

Curva (1) Tipo RKU

Curva (2) Tipo ECU

COSTO EN M.N.



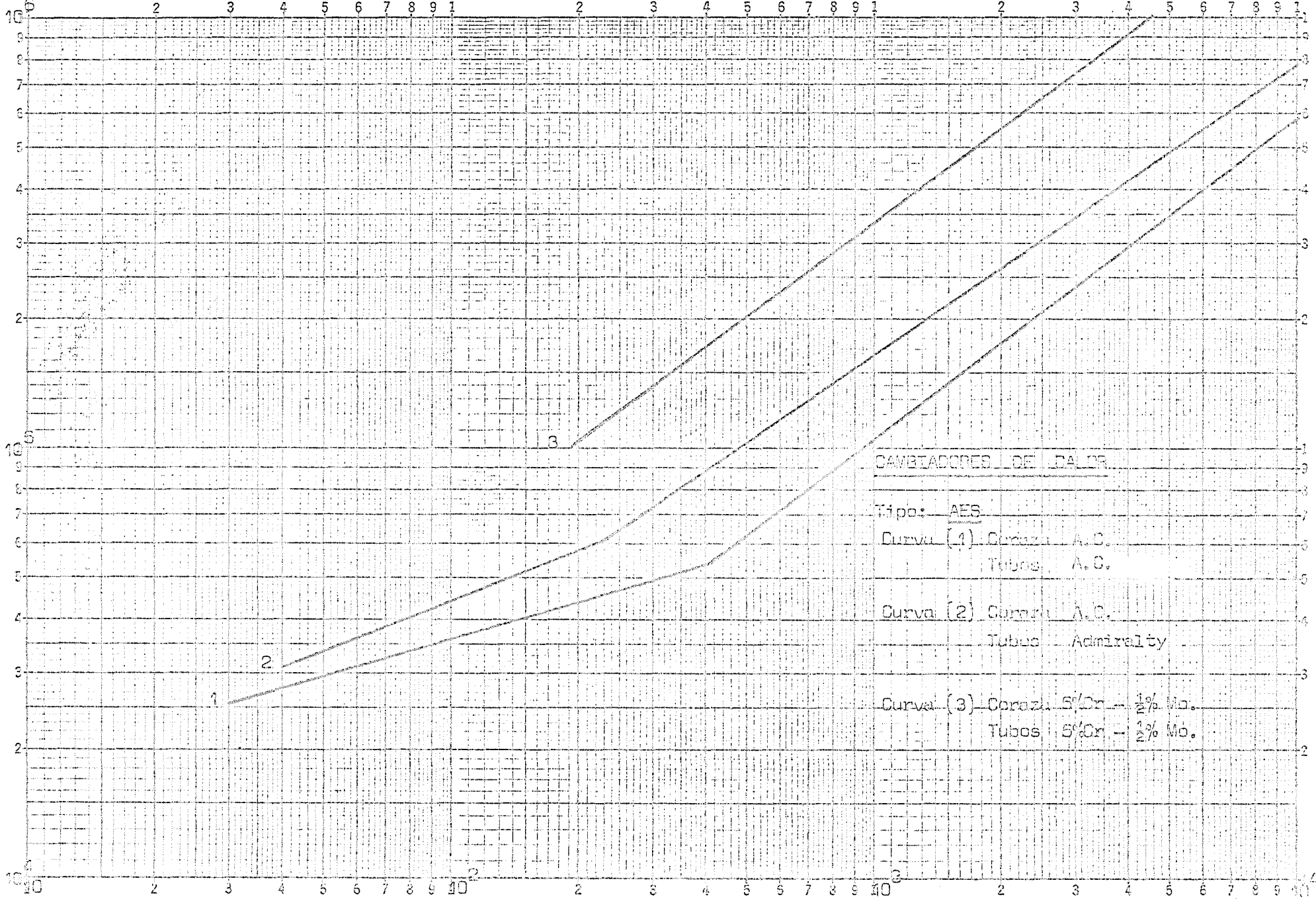
TURBINAS DE VAPOR

Materia: Carcasa A.C.
Materia: Impulson A.C.

1) $Y = 67,170 + 144,94 X$
Mayores de 270 B.H.P.

2) $Y = 30,355.5 + 246.09 X + 1.032 X^2$
Menores de 270 B.H.P.

COSTO EN M.N.



CAMBIADORES DE CALOR

Tipo: AES

Curva (1) Coraza A.C.
Tubos A.C.

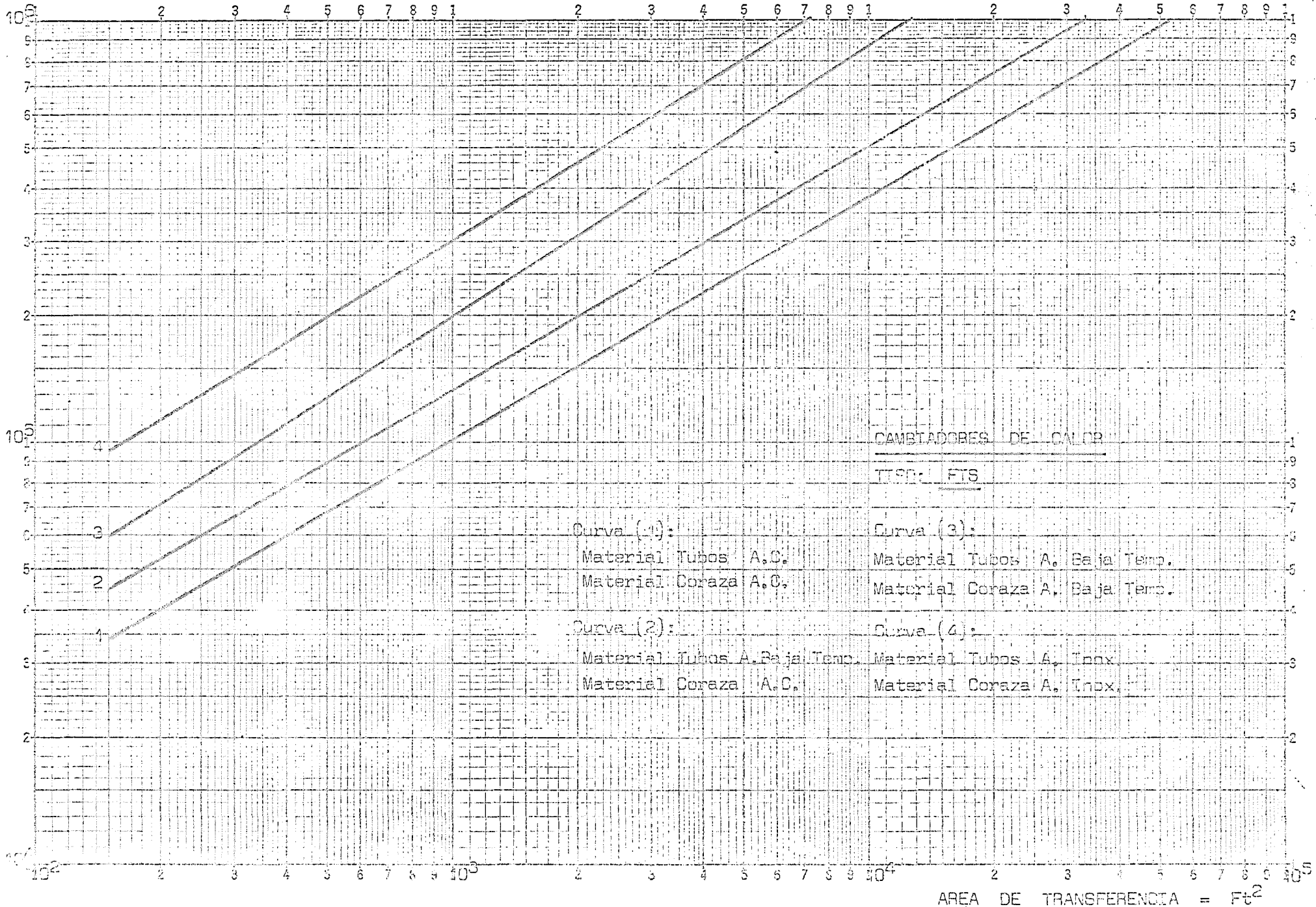
Curva (2) Coraza A.C.
Tubos Admiralty

Curva (3) Coraza 5% Cr - 1/2% Mo.
Tubos 5% Cr - 1/2% Mo.



Potencia = H.P.

COSTO EN M.N.



CAMBIADORES DE CALOR

TIPOS: FTS

Curva (1):
 Material Tubos A.C.
 Material Coraza A.C.

Curva (3):
 Material Tubos A. Baja Temp.
 Material Coraza A. Baja Temp.

Curva (2):
 Material Tubos A. Baja Temp.
 Material Coraza A.C.

Curva (4):
 Material Tubos A. Inox.
 Material Coraza A. Inox.

AREA DE TRANSFERENCIA = Ft²

COSTO EN M.N.



CAMBIADREGL DE LOG LOG

TIPO: GKH

Curva (1):

Material Tubos A.T.

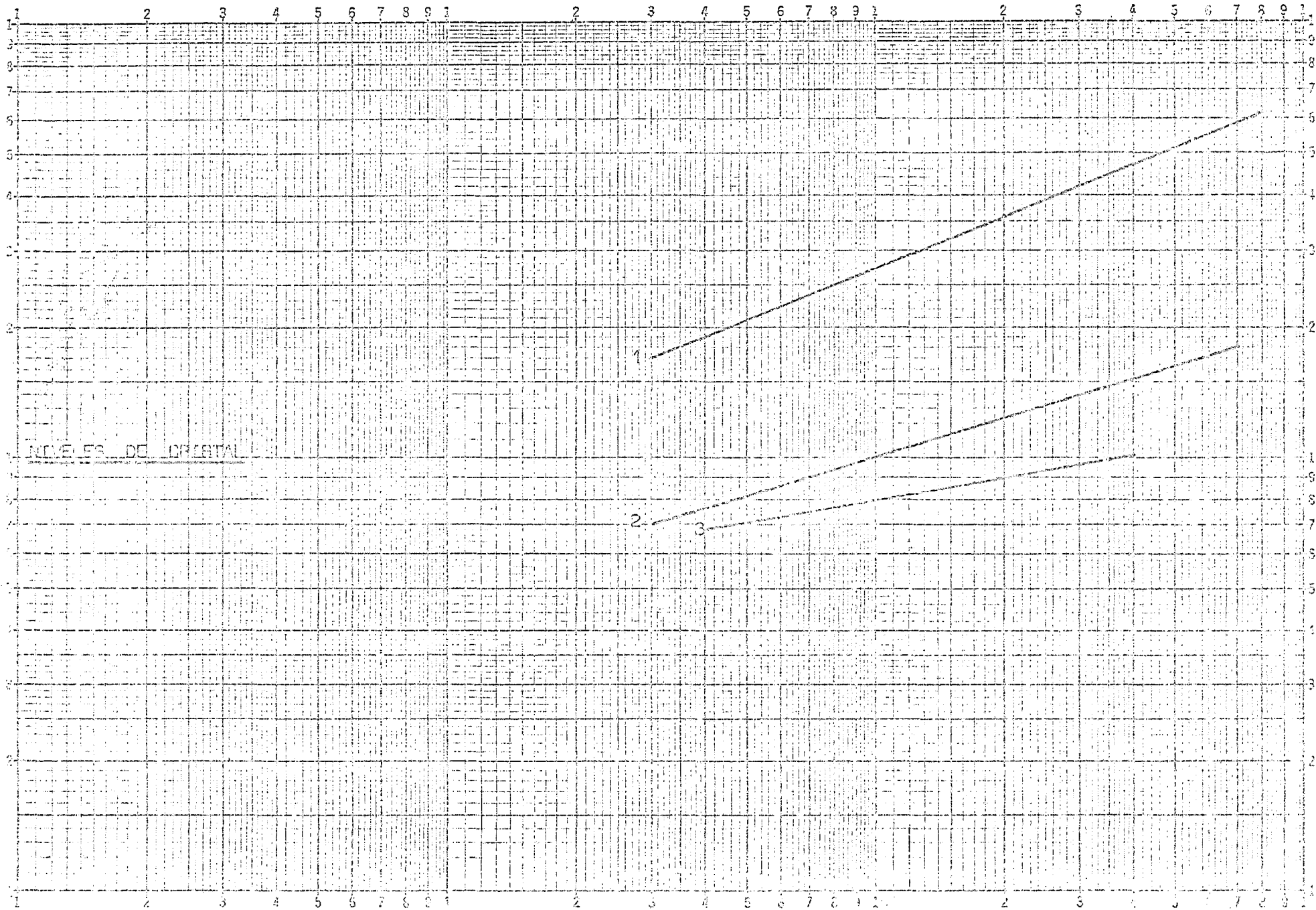
Material Coraza A.C.

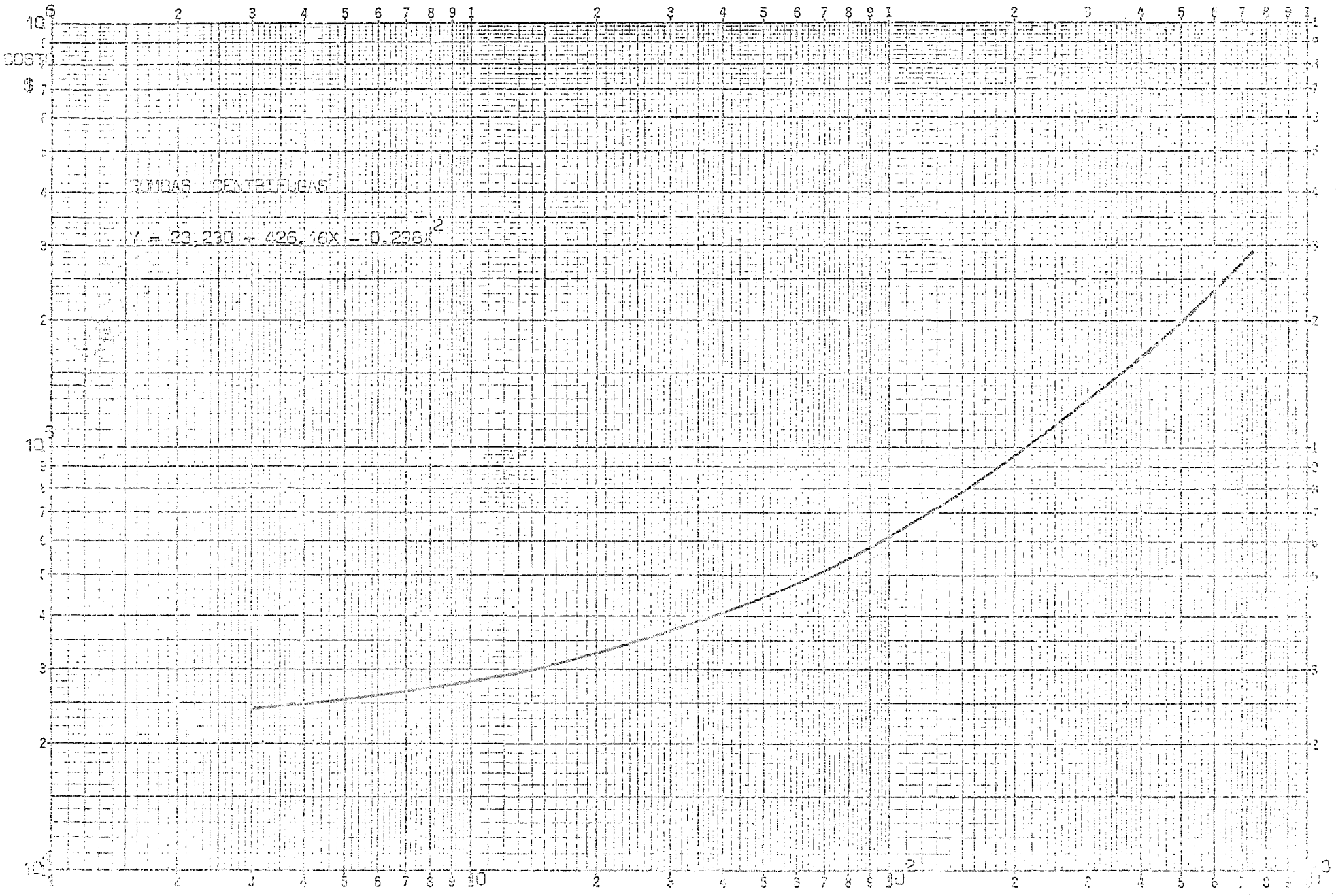
Curva (2):

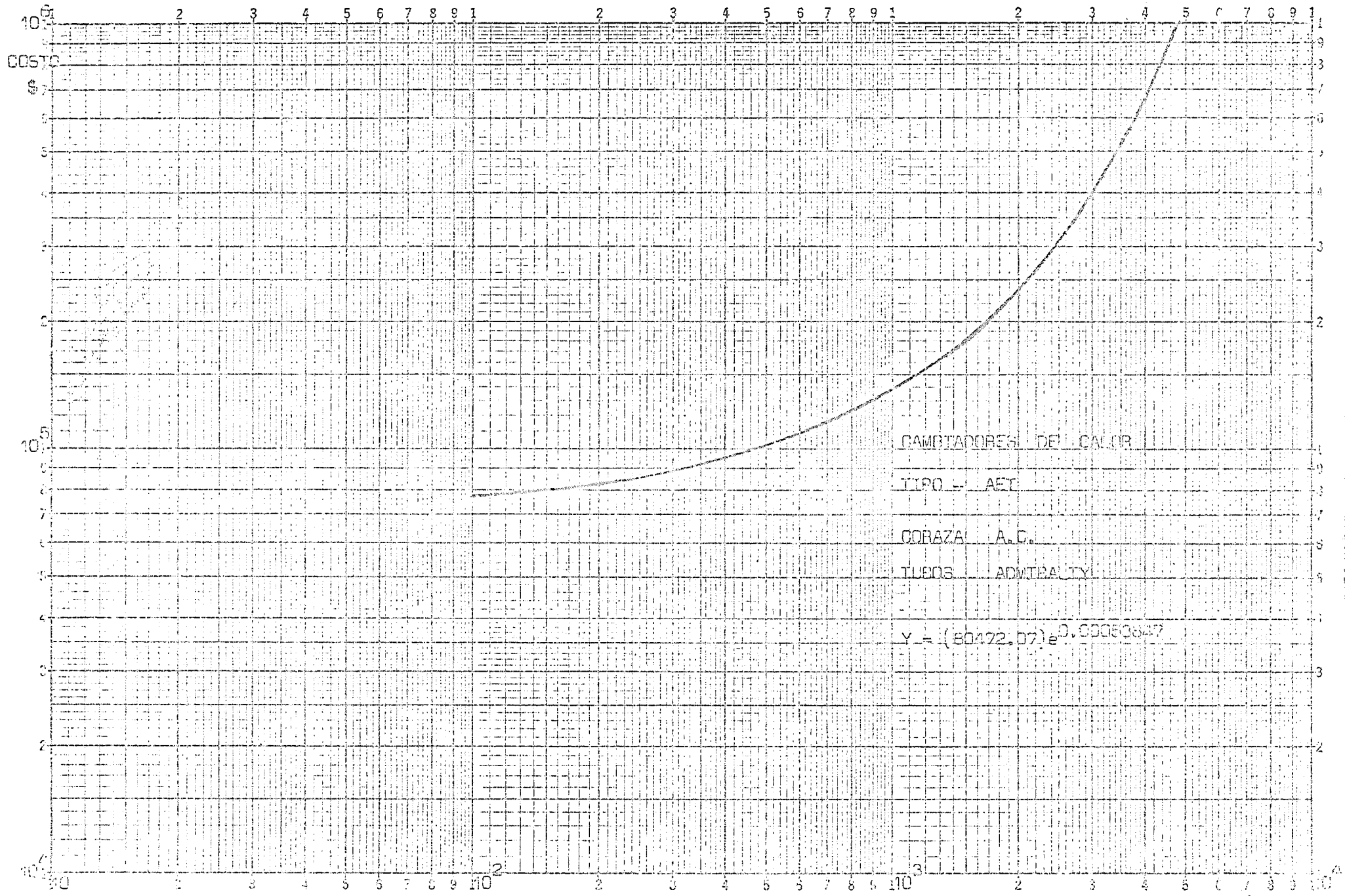
Material Tubos A. Bajo Temp.

Material Coraza A. Bajo Temp.

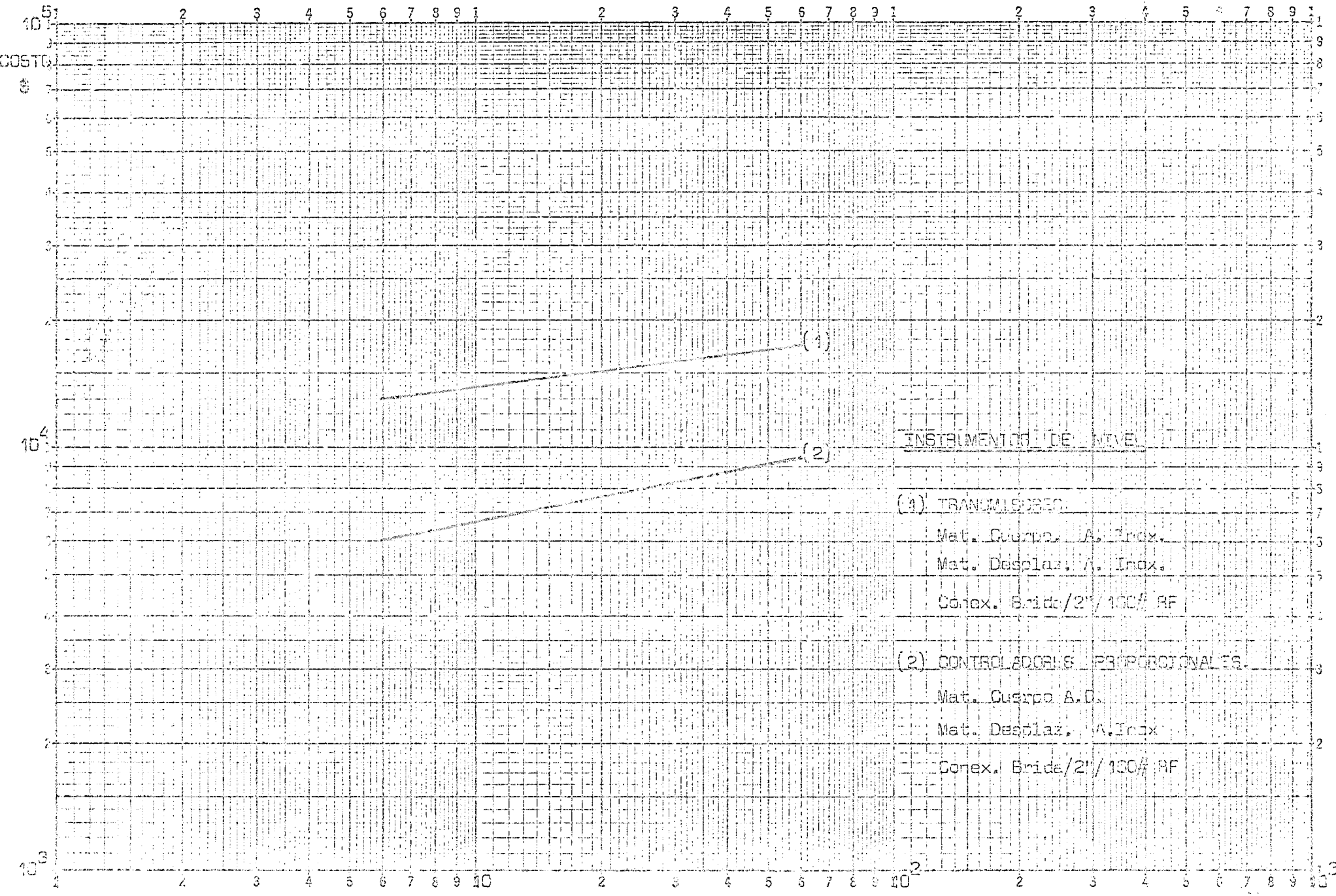
AREA DE TRANSFERENCIA = m²







$Y = (80472.07)e^{0.00000847X}$



INSTRUMENTOS DE NIVEL

- (1) TRANSMISORES.
 - Mat. Cuerpo, A. Inox.
 - Mat. Desplaz. V. Inox.
 - Conex. Brida/2"/150# RF
- (2) CONTROLADORES PROPORCIONALES.
 - Mat. Cuerpo A.D.
 - Mat. Desplaz. A. Inox
 - Conex. Brida/2"/150# RF

3.- INDICES DE ESCALACION POR TIEMPO.

La estimación de los costos para sistemas grandes de equipo y además para aquellos proyectos dentro de los cuales el tiempo estimado para realizarlos abarca varios años, debe incluir las variaciones que los costos tengan, a partir de una fecha de estimación determinada, debido al paso del tiempo, lo que da como resultado el aumento del costo de la mano de obra, de los materiales de construcción, etc. (?).

Esta es la razón por la que al realizar un estimado de costos se debe contar con algún medio através del cual sea posible predecir de una manera confiable la forma como variarán los costos de cada una de las partidas que integran el costo total del equipo de proceso, con objeto de saber cual es el monto que por este concepto se tendrá comprometido al final del proyecto y al elaborar un programa de erogaciones, las cantidades de que habrá que disponer en el momento de efectuar las compras.

Estos indicadores son los índices de escalación respecto al tiempo.

La información que se reporta en la literatura especializada a este respecto, cubre de manera muy amplia todos los renglones que intervienen para la instalación y construcción de una planta, aunque tiene la limitación de que, en muchos aspectos su aplicación se limita a los Estados Unidos, principalmente en lo que se refiere al costo de la mano de obra,

los costos de construcción e instalación e incluso en algunos equipos.

En el presente capítulo se presentan valores para los índices de escalación en México, para cuya elaboración se ha tomado como base de cálculo arbitraria, la referencia de los datos de costo de equipo para el mes de agosto de 1967, considerando los datos a esta fecha como 100.000, tabulando anualmente hasta el año de 1973. (8), (9), (10).

Estos índices corresponden exclusivamente a algunos equipos básicos de proceso, de los cuales se obtuvieron datos confiables. Por lo que respecta a los índices de construcción, no se reunieron datos suficientes ni dignos de confianza como para evaluarlos.

Finalmente, para los índices del aumento del costo de la mano de obra, se recomienda calcular de acuerdo con los indicadores que reporta el Banco de México.

INDICES DE ESCALACION POR TIEMPO PARA EQUIPOS DE PROCESO

EQUIPOS	Ago. 1967	Dic. 1967	Dic. 1968	Dic. 1969	Dic. 1970	Dic. 1971	Dic. 1972	Oct. 1973
TORRES	100,000	102,300	109,200	116,100	123,000	129,900	136,800	142,600
CAMBIADORES DE CALOR AC/AC	100,000	102,200	107,800	113,200	119,500	125,300	131,200	133,000
CAMBIADORES DE CALOR AC/ALEAC.	100,000	105,100	120,600	136,000	151,500	166,900	182,400	195,200
RECIPIENTES	100,000	110,600	142,500	174,300	206,200	238,000	269,900	293,000
BOMBAS CENTRIF.	100,000	102,100	107,800	114,100	120,400	126,700	132,900	133,200
COMPRESORES DE PROCESO	100,000	102,300	105,000	108,700	112,500	116,200	120,000	123,100
COMPRESORES AIRE PTA. E INSTRUM.	100,000	100,800	103,100	105,400	107,700	110,000	112,300	114,200
TURBINAS	100,000	105,500	112,800	120,100	127,400	134,700	142,100	148,200
GRUAS	100,000	101,000	104,100	107,200	110,300	113,300	116,900	119,000

Bases: Costos de equipos de capacidad y diseño similar comprados entre 1967 y 1973 en México.

BIBLIOGRAFIA. CAPITULO IV,

- (1).-- Wilson, J. D., Want to Predict Cost Escalation?. Hydrocarbon Processing, Enero, 1966.
- (2).-- Nelson, W. J., How to Scale Plant Cost to Other Sizes., The Oil & Gas Journal, Sept., 28, 1964.
- (3).-- Nelson, W. J., Cost vs. Size. The Oil & Gas Journal. Oct. 5, 1960
- (4).-- Nelson, W. J., How to Estimate Cost of a Specific Refinery. The Oil & Gas Journal., Sept., 4, 1970.
- (5).-- Chase, J. D., Plant Cost vs. Capacity: New Way to Use Exponents. Chem. Eng. Abril, 6, 1970.
- (6).-- Popper, H., Modern Cost Engineering Techniques., Mc Grow-Hill, 1970
- (7).-- Arnold, T. H., Chilton, C. H., New Index Shows Plant Cost Trends. Chem. Eng., Feb., 18, 1963.
- (8).-- Id.
- (9).-- Chilton, C. H., Plant Cost Index Point up to Inflation. Chem. Eng. Abril, 25, 1966.
- (10).-- Wilson, J. D., Want to Predict Cost Escalation?. Hydrocarbon Processing., Enero, 1966.

A P E N D I C E I

DESCRIPCION DE LOS PROCESOS TOMADOS COMO BASE.

Los procesos tomados como base para la elaboración del presente trabajo son algunas plantas de refinación y petroquímica básica existentes en el país. A continuación se describe brevemente cada uno de ellos: (1).

A.- PLANTA DE DESTILACION COMBINADA. (Atmosférica y Alto Vacío).

El petróleo crudo está formado por una serie de hidrocarburos que comprenden desde gas licuado hasta asfalto y coke. Su preparación en columnas de destilación se logra aprovechando las diferencias de volatilidades que tienen unos y otros; el procedimiento consiste en llevar el petróleo crudo a una temperatura en que los componentes ligeros se evaporen y a continuación se condensen los hidrocarburos evaporados.

La condensación se efectúa a diferentes temperaturas: los hidrocarburos más volátiles se condensan a menor temperatura que los de menor volatilidad. De esta manera se obtienen distintos condensados, cuyas propiedades corresponden a gas licuado, gasolinas, kerosinas o combustible diesel.

El residuo de la destilación del petróleo crudo se somete a una nueva destilación al alto vacío. para separar componentes menos volátiles, que de acuerdo a las propiedades del petróleo crudo de que se trate, serán destinadas a lubricantes o a obtención de gasolinas de alto octano por im-

dio de otros procesos.

El residuo de la destilación al vacío es asfalto o bien, es la carga a la planta de coque o a la planta hidrodesulfuradora de residuos para la obtención de destilados nuevamente útiles.

Los destilados al vacío que van a ser destinados a lubricantes, se someten a una serie de procesos especiales como son: extracción con furfural, desparafinación con metil-etil-cetona, obteniéndose de ellos al final lubricantes básicos, que con diferentes aditivos forman los lubricantes y parafinas existentes en el mercado.

Los destilados al vacío, que por sus características no se destinan a lubricantes, se pasan a la planta de desintegración catalítica para convertirlos en productos comerciales.

La función básica de la planta de destilación combinada, es procesar crudos en la sección atmosférica y los residuos de ésta procesarlos en la sección de vacío; finalmente, eliminar el ácido sulfhídrico de las gasolinas por hidrogenación o tratamiento cáustico. La sección de vacío se empleará para producir gasóleo ligero y pesado para la carga de las plantas F.C.C. y/o Isomax, pudiéndose procesar una parte del residuo primario directamente en las plantas F.C.C. o en las unidades de destilación al vacío para lubricantes. (1), (2).

El proceso consiste en el precalentamiento de crudo, despunte y fraccionamiento primario y atmosférico del que se obtiene: nafta ligera, --

nafta pesada, kerosina, gasóleo primario ligero, gasóleo ligero de vacío y residuos primarios.

Para llevar a cabo la separación de los gasóleos ligero y pesado del residuo, se emplea una torre de destilación al vacío (seca), sin utilizar vapor de arrastre. Los gasóleos se enviarán directamente a la planta catalítica o en su defecto a recipientes.

El residuo de la torre se envía, después de intercambiar calor con la carga, a un tanque acumulador del cual puede ser obtenido combustible mediante la adición de diluyente.(3).

B.- PLANTA HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS.

Muchos factores han estimulado el crecimiento de las unidades de hidrotratamiento. Aunque los fundamentos técnicos son conocidos desde hace algún tiempo, su práctica fué limitada hasta la aparición de una fuente rápida de hidrógeno, subproducto del reformado catalítico.

Varios de los nuevos procesos de hidrotratamiento han sido desarrollados para tratar el subproducto líquido de la manufactura de olefinas. Estos subproductos líquidos son ricos en su contenido de aromáticos, aunque también contienen contaminantes de acetileno y diolefinas que tienen una tendencia a polimerizarse y formar lodos. Por medio de hidrotratamiento se puede hidrogenar selectivamente estos contaminantes sin destruir las partes aromáticas.

El hidrotratamiento ofrece un excelente pretratamiento para la alimentación de la planta de reformado catalítico. El tratamiento reduce el contenido de materiales que pudieran tener una acción ulterior sobre el catalizador en el reformado.

Los catalizadores de platino son los más usados en la mayoría de los procesos de reformado catalítico hoy en día, debido a que dan rendimientos de octano superiores. El contenido de nitrógeno reportado en la alimentación, puede decrementar la eficiencia de la isomerización de esta función dual del catalizador. Por otro lado, el azufre disminuye la función dehidrogenadora del catalizador.

El hidrotratamiento es de gran beneficio en la preparación de carga a la planta catalítica, debido a que a la par que reduce el contenido de nitrógeno, elimina posibles contaminantes que pudieran actuar posteriormente sobre el catalizador. Usualmente, el nitrógeno requiere hidrotratamientos más severos para su eliminación, por lo que un proceso que remueve este componente, lo hace con más facilidad con otros compuestos.

El crecimiento del hidrotratamiento está encadenado con el reformado catalítico de otras maneras. La demanda de combustibles y eliminación de contaminantes por la adición de aditivos para gasolinas para uso en motores de mejor calidad, es un incentivo común para ambos procesos. El reformado da mejoras en el octanaje de los combustibles mientras que el hidrotratamiento contribuye a aumentar su pureza. Ambas características son aún más apreciadas debido a que la refinación puede emplear crudos pobres en calidad, produciendo combustibles muy buenos.

Las variables primarias que influyen el hidrotratamiento son: la presión parcial del hidrógeno, la temperatura de operación del proceso y el tiempo de contacto. Un incremento en la presión del hidrógeno permite remover más fácilmente los materiales indeseables, permitiendo así mismo un aumento en la hidrogenación; como consecuencia de lo anterior, la presión del hidrógeno se lleva tan alta como es posible, cuidando que el costo del hidrógeno preparado sea razonable. El exceso de temperatura incrementa la formación de coke, por lo que esta es llevada tan abajo como las condicio-

nes de reacción lo permitan. El tiempo de contacto es fijado de manera tal que permitan un tratamiento adecuado sin exceder el punto que fija el exceso de uso de hidrógeno y bajo el de formación de coke. En las instalaciones comerciales el tiempo de contacto se ve complicado por la necesidad de obtener una exposición adecuada de la alimentación en el catalizador.

La función básica de la planta, es mejorar la calidad de las naftas ligeras y de despunte, así como parte de las gasolinas de la hidrodesulfuradora de intermedios, removiendo los compuestos pesados de azufre y separando el gas con alto contenido de sulfhídrico para su posterior tratamiento.

La carga de alimentación consiste en los cortes de la planta de destilación primaria atmosférica, correspondientes a las naftas de despunte y naftas ligeras con una parte de las gasolinas provenientes de las plantas hidrodesulfuradoras de destilados intermedios, así como hidrógeno fresco de la reformadora que se mezcla con la carga.

Esta consiste en una mezcla que se alimenta al calentador de carga, después de haber intercambiado calor con el efluente del reactor y que posteriormente entra al reactor de hidrodesulfuración; el producto desulfurado, efluente del reactor, se mezcla con una corriente de hidrógeno fresco proveniente de la planta reformadora y pasa a un separador del que sale hidrógeno que se recircula a la alimentación y gas amargo que se envía a la planta de tratamiento de gases; por otro lado sale producto desulfura-

do que pasa a los separadores de carga de la desbutanizadora.

En la columna desbutanizadora se separan butano amargo que se envía a la planta de tratamiento, saliendo por los fondos una corriente que se recircula en parte através del calentador de fondos y por otra parte sirve de carga a la desisohexanizadora. De ésta, los fondos cargan al calentador de reformación de la unidad reformadora y el resto de los flujos cargan a la torre desisopentanizadora y fraccionadora de la planta de fraccionamiento. (4).

C.- PLANTA HIDRODESULFURADORA DE DESTILADOS INTERMEDIOS.

La planta hidrodesulfuradora de destilados intermedios en cuanto a la función básica que desarrolla, es igual que la hidrodesulfuradora de naftas, o sea, remover los compuestos de azufre, nitrógeno y arsénico -- fundamentalmente, de las corrientes intermedias de la planta de destilación combinada (nafta pesada) o carga de aceite cíclico ligero, proveniente de la planta catalítica, obteniéndose como productos turbosina y diesel respectivamente.

Podrá procesar asimismo, caras de kerosina o mezclas de gasóleos con contenidos de azufre intermedios a los casos anteriormente mencionados de nafta pesada y aceite cíclico ligero, obteniéndose diesel cuando la carga sea una mezcla de gasóleos.

El tipo de proceso general, es la hidrogenación catalítica de compuestos de azufre y olefinas presentes en las diversas cargas.

Además de los productos ya mencionados, la planta hidrodesulfuradora de destilados intermedios carga a las unidades de tratamiento y fraccionamiento y a la planta catalítica. (5).

D.- PLANTA REFORMADORA DE NAFTAS.

La necesidad de incrementar el índice de octano de una mezcla de gasolinas es la razón principal de llevar a cabo el rearrreglo o reformado de la estructura molecular de una fracción de petróleo, con este proceso.

El reformado catalítico y la isomerización son los procesos que usualmente cumplen con esta necesidad. Las alimentaciones para ambos casos son compuestos que están en, o cercanos al rango de ebullición de las gasolinas.

Por lo que se refiere al catalizador en el reformado, uno de los últimos avances es la combinación de rhenio con platino para su formulación, lo que da como resultado un catalizador más estable que da reformados en mayores rendimientos y con índices de octanaje superiores.

La reacción predominante durante el reformado, es la hidrogenación de naftas para formar aromáticos de alto octanaje, excepto para pequeñas porciones del producto reformado que son purificadas para surtir los materiales primordiales para la petroquímica de derivados aromáticos; el reformado pasa a formar parte de la mezcla de gasolinas. De hecho, el crecimiento de reformado catalítico corre paralelo al aumento de la demanda de gasolinas.

La mayoría de las alimentaciones para el reformado son hidrotratadas previamente para remover los compuestos de arsénico, nitrógeno y

azufre. Estos compuestos de otro modo podrían envenenar los catalizadores empleados en el proceso. El remover adecuadamente los venenos, extiende la vida del catalizador de reformado lo suficiente para justificar la operación del hidrotretamiento, además, rinde una buena cantidad de hidrógeno subproducto parte del cual es recirculado para sostener la presión del reactor y eliminar la formación de coke.

El remanente del hidrógeno es utilizado en procesos como hidrotretamiento, "hidrocracking", isomerización y manufactura de productos de petroquímica.

Como ya se mencionó anteriormente, las unidades de reformado catalítico tienen por objeto mejorar los índices de octano de las naftas ligeras bajas en él, obteniendo combustibles para motores de primera calidad. En segundo lugar, para producir altos rendimientos de hidrocarburos aromáticos a partir de algunos cortes de naftas, finalmente para la obtención de gas licuado natural a partir de nafta.

La carga de alimentación consiste en naftas provenientes de la unidad reductora de viscosidad hidroreducidas de reducción catalítica o bien sin tratamiento previo, dentro de un rango de evaporación de 400°F., o bien de cortes selectos de plantas anteriores.

Las unidades reformadoras están compuestas de las secciones de reacción, separación y fraccionamiento. En este tipo convencional de arreglos, generalmente se emplea una disposición de tres reactores en serie.

Los ciclos de proceso son grandes, de algunos meses o años y cuando se requiere, se puede llevar a cabo la regeneración dentro de los límites de la planta.

El concepto de reformado catalítico, se ha originado como resultado de la necesidad de producir hidrógeno y reformado de calidad constante y a regímenes continuos en periodos de tiempo ininterrumpidos.

La sección de proceso continuo, consiste en una secuencia de reactores en serie, através de cuyo lecho catalítico se establece un flujo continuo por gravedad dentro del que se encuentra integrada una sección independiente de regeneración del catalizador ya usado. Este diseño permite retirar de manera continua al catalizador de no mucho tiempo de uso del reactor de abajo en la serie, con objeto de transferirlo al regenerador, además de que permite que el catalizador en la sección de proceso sea cambiado o reemplazado en el momento que así se requiera y a cualquier velocidad.

El catalizador retirado es llevado a la sección de regeneración, donde es continuamente regenerado bajo condiciones de estado estable después de lo cual, se regresa a la parte superior del tren de reacción en condiciones equivalentes a las que poseería un catalizador fresco en lo que se refiere a selectividad y estabilidad. Finalmente, del tipo de catalizador depende el que se puedan obtener altas estabilidades con lo que el proceso puede llevarse a cabo a bajas presiones, favoreciendo así el

rendimiento de los productos de la reformación.

Las variables principales del proceso son: temperaturas en el reactor, espacio-velocidad, presión, relación de reflujo de hidrógeno y relación de reflujo del catalizador; variables que intervienen interrelacionadas y seleccionadas de tal modo que permiten el diseño más económico de la planta, con lo que se obtiene los más altos rendimientos y calidades.(6)

E.- PLANTA DE TRATAMIENTO Y FRACCIONAMIENTO DE HIDROCARBUROS.

(Proceso Girbotol).

La función básica de la planta, es el tratamiento de las corrientes líquidas provenientes de la planta hidrodesulfuradora de naftas y el gas ácido de las unidades hidrodesulfuradora de naftas y de destilados intermedios, con mono, di o trietanolamina, según sea la selectividad requerida, con objeto de absorber el ácido sulfhídrico que contienen los fluidos anteriormente señalados.

La carga de alimentación consiste en gas amargo proveniente de las unidades hidrodesulfuradoras, gas que se envía a un tanque separador; el gas amargo separado pasa a un absorbedor, recipiente en el que hace contacto con la amina y con agua de lavado hasta que alcanza las condiciones de pureza necesarias. Después de este paso es enviado a los límites de la planta como producto (gas combustible).

La carga líquida (propano y n-butano), proveniente de la columna desbutanizadora de la planta hidrodesulfuradora de naftas, es alimentada directamente a un contactor donde por un mecanismo similar al empleado en la sección de gases es puesta en contacto a contracorriente con la amina que absorbe el ácido sulfhídrico. Después de abandonar el contactor, pasa a un separador de donde salen los hidrocarburos a la sección de fraccionamiento.

La amina procedente de los fondos del separador, del contactor

y del absorbedor, es enviada a una torre reactivadora de amina en la que se le separa el gas ácido, el cual es enviado a las plantas de recuperación de azufre, enviándose la amina limpia a recirculación.

La sección de fraccionamiento tiene como objeto, separar como productos terminados, a las corrientes provenientes de las plantas reformadora e hidrodesulfuradora.

La carga que proviene de la sección de tratamiento y de la planta reformadora, es procesada en la sección de fraccionamiento de ligeros. Estas corrientes se alimentan a la columna despropanizadora por cuyos domos sale una corriente que en parte carga a la torre desetanizadora, parte se recircula y lo demás es enviado como gas seco a límites de la planta; la columna desetanizadora saca como producto propano y finalmente los fondos de la despropanizadora cargan a la torre desisobutanizadora que obtiene como productos, butano e isobutano a límites de la planta.

En la sección de fraccionamiento de pesados, se procesan los flujos procedentes de los domos y fondos de la columna desisohexanizadora de la planta hidrodesulfuradora de naftas. La primera corriente se procesa en la columna desisobutanizadora, de la que se obtiene por el domo isopentano y por el fondo n-pentano e isohexano. La corriente que procede de los fondos de la desisohexanizadora (hexano y pesados), se manda una parte a límites de batería para la producción de gasolina incolora y el resto carga al fraccionador del que se obtiene gasolvente. (7).

F.- PLANTA REDUCTORA DE VISCOSIDAD.

Algunas formas de desintegración térmica son usadas en los procesos de refinación del petróleo debido a que son procesos que ofrecen una manera barata de mejorar la calidad de una gran porción del aceite crudo; cuando el interés fundamental es la obtención de gasolinas, la reducción térmica es usada en dos formas. Una de ellas es el empleo de este método para que a partir de residuos, aumentar el rendimiento de naftas para tratamientos en procesos posteriores y si la alimentación del horno es de bajo contenido en azufre, el coke residual puede ser utilizado en procesos metalúrgicos.

Una forma moderada de efectuar el rompimiento térmico, es la que se usa en la unidad reductora de viscosidad, con objeto de degradar esta propiedad del fluido de alimentación sin que existan alteraciones importantes dentro del rango de temperatura de ebullición.

La planta reductora de viscosidad carga asfalto y reduce considerablemente el volumen de aceite diluyente necesario para elaborar combustible a partir del residuo de muy alta viscosidad. Los aceites diluyentes que así se ahorren se transforman en gasolinas por desintegración catalítica o bien, previa purificación se convierten en kerosina y diesel.

La alimentación, que consiste en asfalto y residuo de crudo de la destilación al vacío, es calentado y reducido térmicamente en forma moderada en el horno reductor de viscosidad. El producto efluente del horno

después de ser apagado con gasóleo ligero de la planta de vacío, se dirige a la parte baja o sección de evaporación del fraccionador, donde es evaporado instantaneamente. Los residuos quedan en el fondo y los vapores destilados en la parte superior.

El gasóleo pesado es retirado de la torre y cargado en el horno desintegrador de gasóleo pesado. El producto efluente después de apagar se es evaporado junto con el efluente del horno reductor.

Los fondos de la torre son evaporados al vacío, siendo regresado el material producto de la destilación al fraccionador donde contribuye a formar la corriente de recirculación que carga al horno reductor de gasleo pesado.

Los fondos de vacío son mezclados con el gasóleo ligero con objeto de obtener las especificaciones deseadas saliendo del horno como producto neto.

Con un diseño cuidadoso , la proporción de conversión de aceite del horno a gasolinas puede ser mejorada, aún cuando las especificaciones de los productos sean rígidas. (8).

G.- PLANTA DE DESINTEGRACION CATALITICA FLUIDIZADA.

El proceso de la desintegración catalítica fluidizada que a continuación se describe es un proceso totalmente nuevo y ha sido desarrollado principalmente por la firma norteamericana de ingeniería The M. W. Kellogg Co., difiriendo este proceso de sus antecesores fundamentalmente en tres aspectos que son:

A) La reacción no se lleva a cabo en el lecho del reactor sino en el ascendente que conduce al catalizador y a la carga del recipiente.

B) La introducción de catalizadores zeolíticos extremadamente activos, que influyen en gran parte en el diseño.

C) El papel que juega el precalentamiento de la carga y la minimización del reflujo.

Por lo que respecta al ascendente o línea de transferencia de desintegración, la gran ventaja que presenta es que aproxima a flujo concurrente al catalizador y a los vapores reactivos; para lograr lo anterior en un reactor comercial, la velocidad del vapor deberá ser alta con lo que minimiza la concentración del catalizador en las paredes y reduce la relación del tiempo de residencia del catalizador al tiempo de residencia de los vapores en la línea de transferencia.

También importantes son desde luego, el tiempo de residencia y

el de contacto, el que al aumentar provoca una disminución de la selectividad de las gasolinas, por lo que el rendimiento de conversión decrece.

Las características de la alimentación y el rendimiento que se persigue son los factores que definen el tiempo de contacto adecuado.

La temperatura de reacción afecta principalmente al índice de octano de la gasolina producida; la diferencia con los diseños anteriores es que la temperatura de reacción se ha incrementado de 50°F a 70°F, ya que existe una temperatura óptima para la operación.

En cuanto a la presión óptima, presenta tanto ventajas como desventajas, ya que a la vez que mejora la cinética de reacción, produce un diámetro del equipo menor, reduce la carga de vapor al fraccionador, reduce el requerimiento de potencia en el compresor, mejora la eficiencia de los ciclones y mejora también la eficiencia de los sistemas de recuperación; tiene por otro lado un efecto negativo en la distribución de los productos, incrementa los requerimientos de potencia del soplador de aire, aumenta la cantidad de inerte en el sistema, aumenta la caída de presión en las válvulas de compuerta del regenerador y finalmente incrementa la permanencia del catalizador a la misma velocidad.

El diseño global de la unidad está dividido en tres secciones principales que son el convertidor, el fraccionador y la unidad de recuperación de vapor. Hay desde luego tanto un intercambio de calor como de materia en estas tres secciones.

La carga de alimentación consiste en fracciones de hidrocarburo que varían de nafta a crudo reducido. En ciertos casos, cuando se tienen en reserva aromáticos pesados, se usa una hidrogenación previa para obtener grandes conversiones y selectividades en los productos deseados.

Los productos finales que mediante el proceso de desintegración catalítica fluidizada se obtienen en límites de la planta son: gasolinas, gasóleos catalíticos ligeros, aceite y coke.(9).

A continuación se describe el proceso "DEMEX", que se emplea como preparación de carga para la unidad catalítica. (10).

El proceso consiste en introducir un residuo de alto vacío a un sistema de extracción con solvente para obtener un extracto casi libre de metales, el que es posible someter a procesos catalíticos subsiguientes para obtener productos de mayor valor que el residuo original.

Este proceso, en combinación con procesos catalíticos de hidrodeshidrosulfuración, ayuda a la obtención de combustibles de bajo contenido de azufre.

El procesar residuos de alto vacío mediante el proceso Demex con el fin de obtener un producto con un contenido bajo de metales, trae consigo una diversificación de aplicaciones muy amplias tales como:

- a.-- Preparar carga para hidrodeshidrosulfuración.
- b.-- Preparar carga para hidrodeshidrogenación.
- c.-- Preparar carga para desintegración catalítica fluidizada.

d.-- Para la obtención de lubricantes de mejor calidad.

e.-- Para la preparación de combustibles de bajo contenido de azufre.

f.-- Aprovechamiento de los residuos Demex para mejorar asfaltos.

Dado que la primera planta, en etapa actual de ingeniería, se aplicará a lo referente en el punto (c), el proceso que a continuación se describe tiene tal efecto.

El núcleo central de la unidad Demex es el contactor. En él, -- la extracción se efectúa sometiendo la carga a contracorriente con el solvente, éste lleva consigo al extracto libre de metales y precipita un producto rico en metales llamado asfalteno. En el domo se efectúa una rectificación del extracto libre de metales por medio de un serpentín de calentamiento, pudiéndose en esta forma controlar su calidad. Las corrientes -- que salen del contactor van a un sistema de recuperación de solvente. La corriente del domo, como primera etapa, recibe un calentamiento que luego en un evaporador, se separa la mayor parte del solvente y va a dar al acumulador de solvente de alta presión.

Los fondos del evaporador son enviados a un agotador con arrastre de vapor para terminar de eliminar el resto del solvente y cuyos fondos forman el extracto libre de metales.

Por otra parte, la corriente del fondo recibe un calentamiento en un calentador a fuego directo y pasa a un separador. El solvente se envía al separador de alta presión y el fondo a un agotador con arrastre de

vapor, obteniéndose como fondos el residuo pesado (asfaltenos en su mayor parte) y el domo de este agotador se junta con el domo del agotador de extracto para ir, previo enfriamiento, a un sistema de separación de agua, luego a una compresora para finalmente pasar al acumulador de baja presión. En este acumulador se recibe el solvente de reposición y mediante una bomba se controla el nivel del acumulador de alta presión que es donde se suministra solvente para el contactor; éste recibe carga directamente de la planta.

• El extracto libre de metales, complementado con gasóleos de alto vacío, servirá de carga a la planta F.C.C.

Finalmente, los fondos del calentador del proceso Demex pueden emplearse debido a su dureza como mejoradores de asfalto evitándose la operación de soplado para incrementar la concentración de asfaltenos por polimerización de los componentes de bajo peso molecular.

H.-- PLANTA DE ETILENO.

El proceso para la obtención de etileno de alta pureza, se divide en las siguientes secciones: (11):

Pirólisis y Enfriamiento

Compresión y Purificación

Secado

Fraccionamiento

Sistemas de Refrigeración

Almacenamiento

Pirólisis y Enfriamiento.-- El etano de alimentación se carga a los hornos de pirólisis en donde se efectúa la reacción para convertir el etano en etileno. Esta reacción se efectúa a lo largo de los tubos de los hornos, saliendo los productos de la reacción a una temperatura aproximada de 1500 a 1600°F.

El efluente de los hornos se enfría en intercambiadores de calor y por contacto directo con agua a contracorriente en una torre.

Compresión y Purificación.-- La corriente fría de gas que contiene el etileno producto se comprime en un compresor centrífugo.

Los gases comprimidos pasan al sistema de purificación para eliminarle ahí el bióxido de carbono, compuestos de azufre y pequeñas cantidades de acetileno producidas en la pirólisis. La eliminación del bióxido

de carbono y de los compuestos de azufre se efectúa poniendo en contacto la corriente de gas con una solución de sosa cáustica. Esta operación se efectúa en una columna de lavado cáustico. El acetileno que impurifica la corriente rica en etileno, se transforma por hidrogenación catalítica en etano, en un convertidor de acetileno.

Secado.- El gas purificado se enfría hasta una temperatura aproximada de 59°F y se hace fluir a los secadores de gas de proceso en donde se elimina el agua que contiene. La corriente de gas en estas condiciones está lista para pasar a las secciones de fraccionamiento a baja temperatura de la planta.

Fraccionamiento.- El gas seco proveniente de la sección de secado se enfría y se condensa en pasos sucesivos. Este condensado es la carga de la columna desmetanizadora. En esta columna se separan, por el domo, metano que se utiliza como gas combustible en la planta y por el fondo, una corriente compuesta de etileno, propileno e hidrocarburos más pesados.

La corriente del fondo de la desmetanizadora es la alimentación a la torre desetanizadora, en donde el etano y el etileno se separan del propileno e hidrocarburos más pesados. El etileno y el etano con pequeñas cantidades de metano y propileno pasan del domo de la torre desetanizadora a la torre fraccionadora de etileno.

El etileno producto, de alta pureza, se extrae de uno de los

platos superiores de esa columna en estado líquido y a una temperatura a proximada de -13°F .

Sistemas de Refrigeración.- Estas plantas cuentan con dos sistemas de refrigeración en cascada que utilizan propileno y etileno como refrigerante. En ambos sistemas se utilizan compresores centrífugos para la compresión del refrigerante.

Almacenamiento.- El almacenamiento se realiza en tanques a bajas temperaturas.

A P E N D I C E II

DEFINICIONES DE TERMINOS EMPLEADOS.

Con el objeto de presentar una visión más clara, se presentan a continuación algunas definiciones básicas dentro de la terminología empleada en la Ingeniería de Costos. (12).

Capital de Trabajo.-- Fondos que se adicionan al capital fijo y a las inversiones en inmuebles con lo que una compañía contribuye (excluyendo los gastos de arranque en sí) a que el proyecto empiece y enfrente las obligaciones subsecuentes conforme éstas aparezcan. Consiste en la diferencia entre el activo circulante (caja, recibos e inventario) y el pasivo circulante (cuentas, notas y pagos de impuestos). Normalmente estos costos pueden ser convertidos rápidamente en efectivos. Por lo general se asume que el capital de trabajo se recupera al final del proyecto sin pérdida.

Capital Fijo.-- Es el valor total de los bienes y muebles registrados en los libros de contabilidad y de los cuales, las autoridades fiscales, aceptan que sean depreciados. El capital fijo incluye el equipo de proceso, edificios, servicios auxiliares, inmuebles y equipo de transportación; el terreno aún cuando no sufre devaluación, también se incluye en este renglón. También se concideran dentro de este concepto, los costos de trámites legales, acondicionamiento del lugar, arranque, costo de

patentes y licencias. Es característico que el capital fijo no puede ser convertido de inmediato en el efectivo que indican en los libros.

Control de Costos.- Es la aplicación de procedimientos para seguir el progreso de proyectos, de diseño y construcción, así como operaciones de manufactura con un método que tiende a minimizar los costos con el objetivo de incrementar la ganancia y asegurar una operación eficiente. Existen tres elementos principales de control. El primero es establecer la condición óptima, el segundo es medir la variación respecto al óptimo y el tercero es tomar una acción correctiva con el objeto de disminuir esa variación. La aplicación de estos procedimientos tiende a limitar los costos de aquellos que han sido previamente autorizados por el capital del proyecto o normas de costo, enfocando los efectos de control donde pueden ser más efectivos, dando como resultado un control máximo de costos mínimos de operación.

Costo de Asesoramiento.- Es el porcentaje de costo utilizado para mantener asesorado al personal de operación de una empresa.

Costo de Capital.- Es un promedio de tres componentes:

- a) Costo de créditos a largo plazo.
- b) Interés pagado a cualquier acción preferente.
- c) Costo del dinero en el mercado.

Costo de Construcción.- Es la suma de todos los costos, directos o indirectos, que son inherentes al convertir un plan de diseño para

materiales y equipos en un proyecto listo para operación.

Costo de Materiales.-- Es el costo de cualquier cosa de una naturaleza sustancial, que es esencial para la construcción u operación de una instalación, ya sea de naturaleza directa o indirecta. Generalmente se incluye toda clase de equipos manufacturados como una parte básica.

Costo Promedio Anual.-- Incluye el costo de capital y operación durante un año para un producto terminado. El costo promedio anual se utiliza para hacer comparaciones de presupuestos de inversión utilizando técnicas de valor presente y aplicando una tasa de interés aceptable.

Depreciación.-- Es la localización de los activos fijos menos los ahorros (si existen) sobre la vida útil estimada de una unidad, de manera sistemática y racional.

Efectivo Disponible.-- (Cash Flow). Es el flujo neto en moneda corriente entrante o saliente del proyecto; la suma algebraica en cualquier período de tiempo, de todos los cobros en efectivo, gastos e inversiones. Es también llamado generación en efectivo o producto efectivo.

Escalación.-- Es la previsión de un incremento en los costos actuales o estimados, del costo de equipos, materiales, trabajo, etc., actuando en los puntos especificados en un contrato; se debe al cambio continuo del nivel de los precios en el tiempo.

Estimado.-- Es una evaluación de los costos de los elementos de un proyecto u obra. Hay tres tipos de estimados, basados en el grado

unidad mayor.

Gastos de Administración.-- Son los costos originados por el personal ejecutivo de una empresa, así como los de los departamentos legal, compras, tráfico, contabilidad y otros de asesoría.

Gastos Fijos.-- Es el costo o gasto inherente al efectuar una operación, por ejemplo: ingeniería, construcción, operación o manufactura y que no pueden cargarse o identificarse con una parte del trabajo.

Índice de Costos.-- (Índice de precios). Es el número que relaciona el costo de una partida en un momento dado con el correspondiente costo en una fecha en el pasado arbitrariamente tomada.

Límite de Planta.-- (Límite de Bateria). Es el límite geográfico, real o imaginario de una planta o unidad de proceso, establecido con el fin de especificar e identificar una parte determinada de planta. Generalmente se refiere a áreas de proceso e incluye todos los equipos de proceso, excluyendo los servicios tales como: almacenamiento, talleres, edificios administrativos, etc.

Presupuesto de Capital.-- Es un procedimiento sistemático para clasificar, evaluar y establecer prioridades para las erogaciones futuras, con objeto de compararlas y seleccionarlas e incluirlas en los análisis de los requerimientos financieros.

Punto de Equilibrio.-- Es el porcentaje de operación de una empresa o unidad, en la que se cubren los gastos fijos y variables pero no --

de aproximación que sea posible dentro de una planta de industria de proceso:

- a) Estimado de Orden de Magnitud.- Es un estimado aproximado, elaborado sin detalles de datos de ingeniería. Algunos ejemplos son: un estimado calculado en base a capacidad-capacidad-costo de plantas, un estimado empleando factores de costo o un estimado de relaciones aproximadas. El grado de aproximación que se logra, varía entre un 30 a 50 %.
- b) Estimado Preliminar.- Este tipo de estimados se preparan mediante hojas de diagrams de flujo, arreglos y diagramas con detalle de los equipos. Normalmente se espera que un estimado de este tipo tenga una aproximación entre el 15 y el 30 %.
- c) Estimado Definitivo.- Es un estimado que se prepara a partir de una serie de datos de ingeniería bien definidos. Estos datos incluyen como mínimo, planos de localización general completos, diagramas de tubería e instrumentación, diagramas unifilares, hojas de datos de equipo con cotizaciones, dibujos de estructuras, dibujos de obra civil y un juego completo de las especificaciones del proyecto. Dentro de esta categoría se puede esperar un error entre 5 y 15 %.

Expansión.- Cualquier incremento en la capacidad instalada de una planta o unidad, usualmente con un aumento de la inversión. Las posibles aplicaciones de lo anterior, varían de la eliminación de áreas problema, hasta el reemplazo completo de las instalaciones ya existentes por una

se obtiene utilidad. Generalmente se incluye la depreciación.

Valor Actual.- (Valor Presente). Es el valor que se descuenta del dinero circulante en un punto arbitrario cualquiera en el tiempo. También es el sistema de comparación de las inversiones propuestas, que incluyen un descuento a una tasa de interés conocido, con el fin de escoger alternativas que tengan el más alto valor por unidad de inversión. Esta técnica elimina la dificultad ocasional con el índice de rentabilidad de soluciones múltiples, pero presenta el problema de la elección o el cálculo de un costo de capital o tasa mínima de devolución.

CONCLUSIONES.

La correcta aplicación de los conceptos enumerados con objeto de obtener una estimación adecuada del costo de un proyecto, es de vital importancia para la administración, planeación financiera y ejecución del mismo.

Al llevar acabo un estimado de costo, debe analizarse la calidad de la información de que se dispone con objeto de fijar el rango de aproximación que es posible obtener.

Por otra parte, la información que el estimado de costo proporciona, permite planificar de manera adecuada las inversiones que deberán realizarse tanto en el país como en el extranjero, lo que da como resultado un proyecto bien administrado, bien planificado y correctamente ejecutado.

La aplicación de los factores presentados en el análisis de costo, se ven restringidos en las plantas petroquímicas a aquellas unidades productoras de materia prima para la posterior fabricación de productos específicos. Las cantidades que en este capítulo se proponen, deberán ser consideradas como promedios ajustandose para cada tipo de planta en particular en función de diferentes capacidades, complejidad en los diseños, etc.

El aspecto más importante para la correcta administración de un proyecto, es un control de costo adecuado capaz de satisfacer las

necesidades de manejo de la información que cada compañía en particular tiene, control que debe reflejarse de una manera concreta en todos aquellos elementos de costo que intervienen en la realización del proyecto. A su vez, sin un catálogo de cuentas adecuado y simple, no es posible ejercer un control eficiente lo que se reflejará en pérdidas tanto del cliente como de la compañía.

La aplicación de los datos que se obtienen al final de un proyecto permiten la elaboración de los índices y gráficas que se proponen en la presente tesis; estos proporcionan información confiable para la rápida estimación tanto de los equipos principales de proceso como de las unidades de referencia, aunque tienen la limitación de que para rangos muy altos o muy bajos de capacidades, la exactitud disminuye y por otra parte, debido al aumento que en el último año y medio han tenido los costos de fabricación, montaje e instalación de cada uno de los equipos, los índices de escalación respecto al tiempo deberán ser revisados con una periodicidad mínima de tres a cuatro meses. Debe hacerse hincapié en el hecho de que todos los datos referidos en la presente tesis deberán ajustarse de acuerdo al criterio del estimador para cada caso particular, con lo que la exactitud podrá mantenerse en un rango apropiado.

El trabajo proporciona una visión de conjunto de la distribución de las inversiones que es necesario efectuar desde el momento en que se celebra un contrato de ingeniería hasta el arranque de la planta terminada.

BIBLIOGRAFIA. APENDICES.

- (1).-- PEMEX. El Petróleo., México, 1972.
- (2).-- PEMEX. Memorias de Labores., México, 1968, 1969, 1970, 1971, 1972.
- (3).-- Gulf Publishing Co., Refining Handbook., Hydrocarbon Processing,
1970.
- (4).-- Id.
- (5).-- Id.
- (6).-- Id.
- (7).-- Id.
- (8).-- Id.
- (9).-- Id.
- (10).-- Instituto Mexicano del Petróleo-Petróleos Mexicanos., Primer Seminario de Ingeniería Química Aplicada a la Industria Petrolera. México Agosto, 1973.
- (11).-- Revista del I.M.P., Vol I, No. 1, Enero, 1969.
- (12).-- American Association of Cost Engineers. Cost Engineers Handbook,
Index No. AA-2, secc. 29 A, U.S.A., Marzo, 1969.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.-- Arnold, T.H., Chilton, C.H., New Index Shows Plant Cost Trends.
Chem. Eng., Feb. 18, 1963.
- 2.-- Chilton, C.H., Plant Cost Index Points Up to Inflation.
Chem. Eng., Abril 25, 1966
- 3.-- Chase, J.D., Plant Cost vs Capacity: New Way to Use Exponents.
Chem. Eng. Abril 6, 1970.
- 4.-- Guthrie, K.M., Capital and Operating Cost for 54 Chemical Processes.
Chem. Eng. Junio 15, 1970
- 5.-- Haselbarth, J.E., Updated Investment Cost for 60 Types of Chemical Plants
Chem. Eng. Diciembre 4, 1967.
- 6.-- Wilson, J.D. Want to Predict Cost Escalation.
H.P.I. Enero, 1966.
- 7.-- Perez Bolde, A., Estimación de Costo de Ingeniería.
Ingeniería de Costos. 1972.
- 8.-- Popper, H. Modern Cost Engineering Techniques.
Mc. Graw Hill. 1970
- 9.-- Gallagher, J.T., Rapid Estimation of Plant Cost.
Chem. Eng. Diciembre 18, 1967.
- 10.-- Nelson, W.L., How to Estimate Cost of a Specific Refinery.
The OGJ. Septiembre 4, 1970.

- 11.-- Nelson, W.L., How to Scale Plant Cost to Other Sizes.
The O.G.J. Septiembre 23, 1964.
- 12.-- Nelson, W.L., Cost vs Size.
The Oil and Gas Journal. Octubre 5, 1950.
- 13.-- American Association of Cost Engineers. Cost Engineering Handbook.
Index No. AA-2. Marzo, 1969.
- 14.-- Refining Process Handbook. Hydrocarbon Processing, 1970.
- 15.-- SMIC. Memorias del Primer Congreso Nacional de Ingeniería de Costos.
Tomos I y II. Septiembre, 1970.
- 16.-- Rivera Flandes, G.R. Apuntes Personales, 1973.
- 17.-- Rivera Flandes G.R., Tamayo Bautista R., Osorio Rosas M.J. Análisis
de Inversiones en Equipo, Materiales e Ingeniería en la Industria del
Petroleo. XIII Convención Nacional, IMIQ.
- 18.-- PEMEX. Memorias de Labores. 1968, 1969, 1970, 1971, 1972.
- 19.-- PEMEX. El Petroleo, 1972.