

La sección INTERFASE pretende cubrir las expectativas de los alumnos que desean conocer las características del mercado laboral. Con este trabajo del ingeniero Julián Castellanos se da inicio a la sección, sobre la que esperamos una nutrida afluencia de artículos por parte de los profesionales químicos en ejercicio.

Anatomía y mercado de la ingeniería de proyecto

*Julián Castellanos Fernández **

Introducción

Cuando hablamos de ingeniería de proyecto, debemos entender por proyecto todo el camino que hay que recorrer para alcanzar un objetivo cuyo logro requiere de una serie de actividades en las que intervienen disciplinas de ingeniería para su ejecución. Aún en este sentido restrictivo, puede existir una amplísima variedad de proyectos; por ejemplo, el diseño de un componente de maquinaria, la construcción de un edificio, la investigación y desarrollo de un nuevo proceso, la erección de un complejo petroquímico o la de una central nucleoelectrónica.

Con mucha frecuencia, el objetivo está relacionado con un beneficio que puede caracterizarse en términos económicos. En tal caso se denomina, en forma genérica, proyecto de inversión, para cuya ejecución se requiere la aplicación de recursos: humanos, materiales y tecnológicos, todos ellos normalmente cuantificables en términos económicos.

Un proyecto puede ser relativamente sencillo y de corta duración, involucrando unas cuantas actividades, o inmensamente complejo con participación multidisciplinaria en miles de actividades interrelacionadas durante un largo periodo.

A continuación, nos concentraremos en proyectos relacionados con la industria de proceso, por ser ésta de particular interés para el estudiante de la profesión química.

En general, se pueden identificar las siguientes fases en la ejecución de estos proyectos:

- Análisis de factibilidad técnica-económica
- Planeación
- Ingeniería básica

- Ingeniería de detalle
- Adquisiciones
- Construcción
- Pruebas y arranque

Estas fases, si bien diferenciables, presentan una profunda interrelación. Con esto queremos decir, por ejemplo, que para iniciar la ingeniería de detalle se requiere que ciertas actividades de ingeniería básica hayan concluido, pero algunas de éstas, a su vez, necesitan de cierta información de la fase de detalle.

Análisis de factibilidad

El análisis de factibilidad técnica puede tener diversos grados de complejidad, dependiendo de la naturaleza del proyecto. Existen casos en los que esta fase se convierte prácticamente en un subproyecto, como pudiera ser el caso de una innovación que involucre toda una estrategia de investigación y desarrollo, con su gestación conceptual, diseño de experimentos, resultados a escala de mesa de laboratorio, planta piloto y frecuentes iteraciones.

En otras circunstancias, la evaluación técnica puede concretarse en realizar una revisión bibliohemerográfica de los procesos disponibles a nivel internacional, elaborar un cuestionario completo con todos los elementos necesarios para la evaluación, solicitar la información a los licenciadores potenciales (normalmente a través de un concurso formal de tecnología y previa firma de acuerdos de secrecía) y preparar una comparación que frecuentemente se presenta en forma tabular.

La evaluación económica incluye un análisis de

* Gerente de Proyectos del Instituto Mexicano del Petróleo, Apdo. Postal 14-805, 07730 México, D.F.
Recibido: 17 de octubre de 1989; aceptado: 27 de octubre de 1989

mercado que comprende tanto la recolección de datos estadísticos del producto en cuestión como de sus derivados primarios, secundarios, etcétera, hasta los de consumo final, y su proyección a futuro, mediante ajustes por regresión con variables macroeconómicas y el uso de modelos econométricos. Además, en la evaluación se deberán incorporar los siguientes componentes: un estudio para definir la capacidad óptima del proceso y su ubicación más conveniente, los cálculos preliminares de proceso para determinar rendimientos de productos y sub-productos, requerimiento de energéticos y de servicios auxiliares, el predimensionamiento de equipo y el estimado de los costos de inversión y de operación asociados. La evaluación económica concluye con la determinación de parámetros que miden la rentabilidad del proyecto, como pudieran ser la tasa interna de rendimiento o el periodo de recuperación de la inversión, y con un análisis de sensibilidad, que da una idea del efecto que sobre la rentabilidad tienen posibles variaciones tanto en los costos de las materias primas, de los productos y de los servicios, como en los rendimientos o en la inversión.

Planeación

La planeación es una fase fundamental en la ingeniería de proyecto; podríamos visualizarla como el

“punto de ajuste” en un sistema de control. En la planeación, en primer lugar, se define con toda claridad el objetivo del proyecto en términos del alcance, de las especificaciones técnicas y del tiempo y costo de ejecución; se definen también las actividades y eventos que habrán de presentarse en el proyecto, sus precedencias e interrelaciones (esto es, en qué secuencia deberán ejecutarse las actividades) y sus requerimientos individuales de recursos: humanos (horas-hombre), materiales (tubos, conexiones, cemento, varilla, etcétera) y/o económicos (\$).

Los documentos típicos que se generan en esta fase son los siguientes:

- Bases de diseño
- Normas y especificaciones de ingeniería
- Red del proyecto
- Programa del proyecto (Diagramas de Gantt)
- Ruta crítica
- Curva de avance programada
- Histogramas de recursos
- Curva programada de costo *vs* avance

Si bien las dos etapas descritas son posibles campos de especialización del profesional de las carreras químicas, el campo de acción natural, particularmente del ingeniero químico, es la fase que a continuación trataremos.

Figura 1 Red de proyecto típica (simplificada) para una ingeniería básica

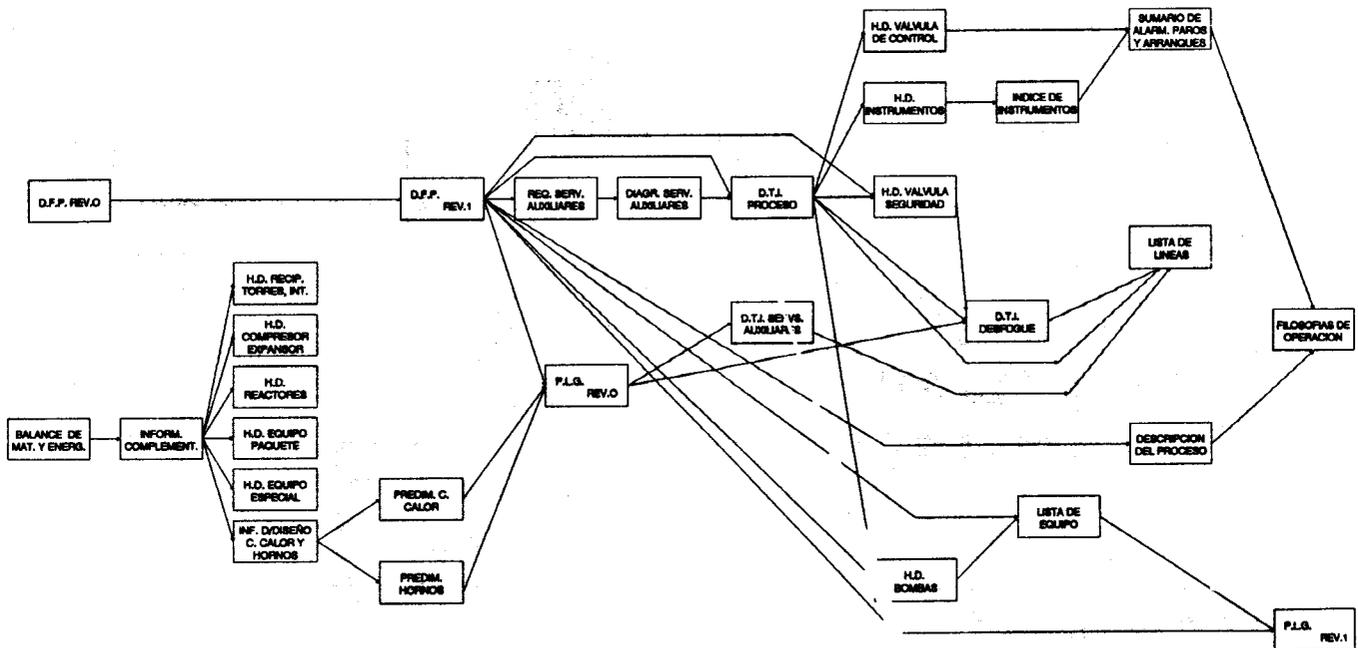
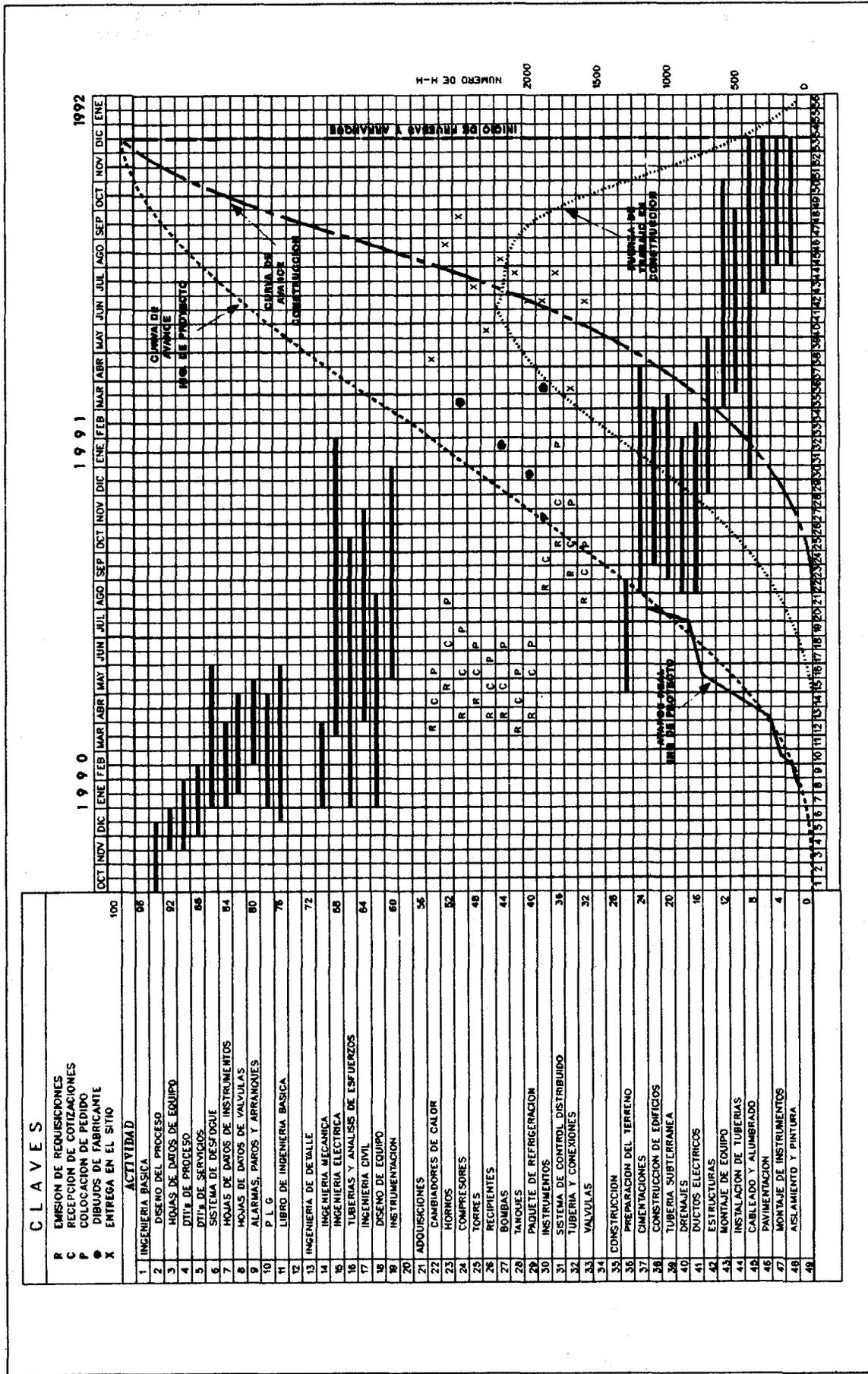


Figura 2 Programación global ejecutiva de una ingeniería de proyecto



Ingeniería básica

La ingeniería básica se inicia con el diseño del proceso, macroactividad que parte de un análisis de las bases de diseño, orientado a generar una primera tentativa de esquema de procesamiento y a asignar valores, también preliminares, a tantas variables como grados de libertad se presenten en el modelado matemático del proceso. Sigue una serie de cálculos complicados que actualmente se realizan con simuladores de proceso en sistemas de cómputo. Estos sistemas permiten el uso de modelos complejos con los que se logra una representación precisa del comportamiento de los fenómenos físicos, químicos y fisicoquímicos. De los cálculos surgen los balances de materia y energía con datos de flujo, composición y de requerimiento de energía, así como las propiedades termofísicas de todas las corrientes de interconexión de los equipos de procesamiento. A continuación, procede el dimensionamiento del equipo, en el que se generan datos de diámetros, alturas, volúmenes, pesos, etcétera, y de materiales de construcción, que constituyen los elementos para el estimado de la inversión; en este análisis se incluyen también los costos de operación por concepto de materias primas, servicios, reactivos y catalizadores, mano de obra, mantenimiento, depreciación y otros.

Todos estos datos de inversión y costo se pueden relacionar con la variable tiempo, tomando en cuenta el programa de erogaciones y los ingresos programables por concepto de la venta de los pro-

ductos, de acuerdo a la curva de aprendizaje de la nueva instalación, a partir de la fecha de arranque prevista. Finalmente, el flujo de efectivo, que de esta manera se calcula, da lugar al estimado de alguna variable de evaluación de la rentabilidad.

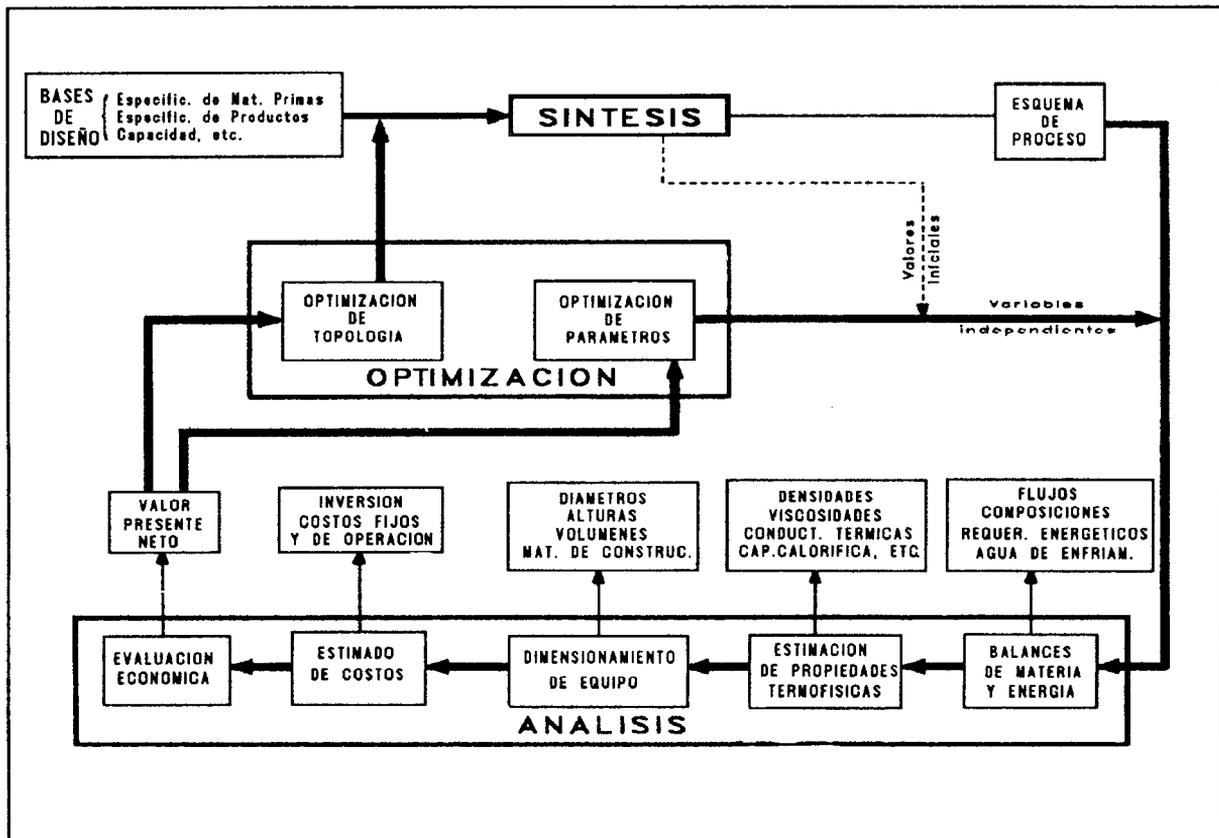
Este conjunto de cálculos habrá de repetirse varias veces, modificando el esquema originalmente propuesto y el valor de las variables independientes, en busca de mejoras en la función seleccionada, para medir la bondad del proceso. Desde luego, la estrategia para estas modificaciones secuenciales puede basarse en el criterio y experiencia del ingeniero de diseño, o bien recurrirse a procedimientos formales de optimización y síntesis de procesos.

Una vez definido el esquema de procesamiento y las variables óptimas de operación, habrá que realizar un análisis conceptual del comportamiento del proceso, bajo las diferentes circunstancias normales o anormales que puedan presentarse durante la operación.

Este análisis generará valores límite, máximos y mínimos que se podrán presentar en variables tales como flujo, presión y temperatura de las corrientes, las que deberán tomarse en cuenta en el diseño definitivo de los equipos y de las tuberías de interconexión.

En estos diseños se entra en mayores detalles pues, en el caso de los equipos, será necesario definir con precisión todas sus características internas, geométricas y dimensionales. Asimismo, en las

Figura 3 Secuencia de actividades en el diseño de procesos



tuberías se tendrán que considerar no sólo las líneas principales, sino también las auxiliares, para propósito de arranque, paro, purgas o emergencias. Será necesario definir los controles requeridos en el proceso, los instrumentos de medición y/o registro de flujos, presiones, temperaturas, niveles, composiciones, etcétera, las válvulas de operación manual, las de control automático y las de seguridad. En esta etapa, el dimensionamiento de las líneas se fundamentará en criterios de velocidad o de caída de presión por unidad de longitud, y en una etapa posterior —en la que ya se cuente con trayectorias de las líneas e isométricos de las tuberías— procederá una verificación hidráulica, con el cálculo de caídas de presión en líneas con flujos de líquidos, de gases o a dos fases.

Este diseño de tuberías, válvulas, conexiones e instrumentos deberá hacerse no sólo para las líneas de proceso, sino también para las de servicios auxiliares: agua de enfriamiento, vapor de baja, media y alta presión, condensado, aceite de calentamiento, refrigerantes, aceites de lubricación de maquinaria, etcétera, así como un diseño muy especial para el sistema de desfogue, basado en criterios de masas a relevar en condiciones de fuego, por falla de agua, electricidad o vapor.

Otro aspecto importante en el diseño de un proceso, es el de la localización física de los equipos en el área disponible de terreno, donde intervendrán factores de seguridad y económicos para la definición.

En forma específica, los documentos típicos que se generan durante la fase de ingeniería básica de un proyecto son los siguientes:

- Diagrama de flujo de proceso
- Balance de materia y energía e información complementaria
- Descripción del proceso
- Lista de equipo
- Requerimientos de servicios auxiliares y agentes químicos



- Diagramas de suministro y consumo de servicios auxiliares
- Hojas de datos de equipo de proceso
- Diagramas de tubería e instrumentación de líneas de proceso
- Diagramas de tubería e instrumentación de servicios auxiliares
- Diagrama del sistema de desfogue
- Lista de líneas
- Índices de instrumentos
- Hojas de datos de válvulas de control
- Hojas de datos de válvulas de seguridad
- Hojas de datos de instrumentos
- Resumen de alarmas, paros y arranques
- Plano de localización general
- Filosofías básicas de operación

Ingeniería de detalle

En la fase de ingeniería de detalle intervienen especialistas de diversas disciplinas de ingeniería para generar la documentación técnica que servirá de base en la adquisición de los equipos y materiales y para efectuar la construcción de la obra. La siguiente relación ejemplifica los documentos típicos que se generan en cada especialidad:

Ingeniería mecánica

Criterios generales de diseño; especificación detallada y/o selección de modelos de maquinaria rotatoria y de equipos con partes móviles, tales como: bombas, turbinas, compresores, expansores, filtros, agitadores, centrífugas, molinos, transportadores de banda y cangilones, grúas y polipastos; especificación detallada de paquetes de refrigeración y de aire acondicionado; definición del arreglo mecánico en el edificio de compresores.

Ingeniería eléctrica

Criterios generales de diseño; plano de clasificación de áreas; estudio de resistividad eléctrica; sistema general de fuerza, cédulas de conductores y arreglos en ductos; sistema de alimentación eléctrica a instrumentos y cédulas de conductores; arreglo de equipo eléctrico en subestación; sistema general de comunicaciones; cuadro de cargas para tableros de alumbrado; alumbrado en cuarto de control, estructuras y equipo; sistema general de alumbrado; alambrado en gabinete de relevadores; diagramas de control eléctrico; coordinación de protecciones; sistema general de tierras y apartarrayos.

Ingeniería de tuberías y análisis de esfuerzos

Criterios de diseño; diagrama de rutas de tuberías; plano clave de tuberías; orientación y localización de boquillas; estudios de tubería aérea; dibujos de plantas y elevaciones; tubería subterránea, drenajes y efluentes; sistema contraincendio; isométricos de tubería; plano de líneas de entrada y salida; plano de notas generales; apoyos para tuberías en recipientes; grapas para equipo; análisis de esfuerzos en líneas críticas; localización y dimensionamiento de curvas de expansión en rutas de tubería y de

resortes y juntas de expansión; maqueta constructiva.

Ingeniería civil

Criterios generales de diseño; análisis del estudio de mecánica de suelos; diseño y plano de localización de pilotes; cimentación de equipos; plano clave de cimentaciones; proyecto arquitectónico y civil del cuarto de control y de edificios de compresores, oficinas y talleres; diseño de fosas; cimentaciones de estructuras y de soportes y apoyos especiales; drenajes y pavimentos; plataformas y escaleras en edificios y equipo; plataformas para operación de válvulas; estructuras y apoyos; marcos de soportería para tubería; soportes de ductos eléctricos; cobertizos para equipo auxiliar.

Diseño de equipo

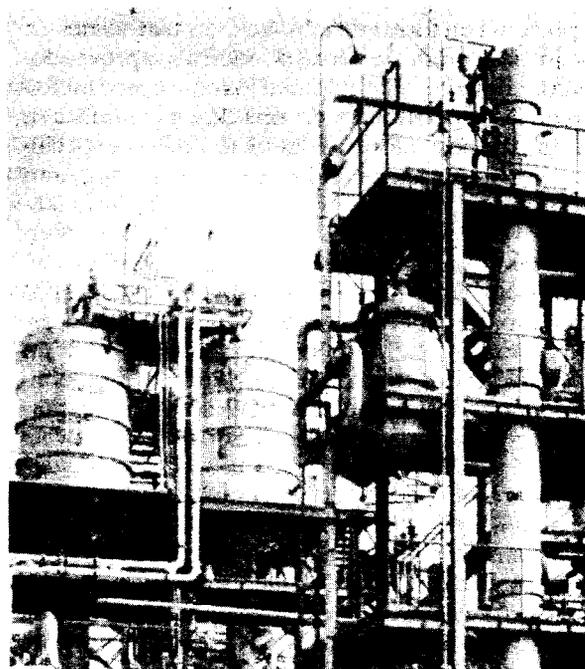
Criterios generales de diseño; planos constructivos de recipientes, torres de destilación, absorbedores, agotadores, contactores líquido-líquido, tanques de almacenamiento y reactores; diseño térmico, hojas de datos y planos constructivos de cambiadores de calor de haz de tubos y envolvente, cambiadores de placas, enfriadores con agua, eyectores y sistemas de vacío, condensadores de superficie, torres de enfriamiento de agua, hornos y calentadores a fuego directo; diseño y planos constructivos de platos de contacto e internos de torres y reactores.

Instrumentación

Adicionalmente a las actividades realizadas en la fase de ingeniería básica para definir los requerimientos de instrumentación y control del proceso, se genera durante la ingeniería de detalle documentación complementaria: especificación detallada de instrumentos y válvulas de control y de sistemas de control distribuido, adquisición de datos y control de supervisión; diagramas lógicos de control; diseño del tablero de control; típicos de instalación de instrumentos; plano de localización de instrumentos en campo.

Adquisiciones

La fase de adquisiciones en la ingeniería de proyecto es definitiva en los costos —y por lo tanto en la economía del proyecto—, así como en los tiempos, y en consecuencia en el cumplimiento de los programas de ejecución. De esta manera, para contar con opciones de selección en la compra de equipo y materiales que permitan optimizar las erogaciones y tiempos de entrega, es importante contar cuando menos con tres cotizaciones, y para asegurar esto será necesario vigilar que las requisiciones se elaboren con especificaciones técnicas precisas, pero suficientemente generales, que no restrinjan las posibilidades a un proveedor único. Siempre que sea factible, según la capacidad técnica del grupo encargado de la ingeniería de proyecto, será preferible generar planos constructivos del equipo a adquirir, con lo cual se tendrán varios beneficios: asegurar que los proveedores coticen con exacta-



mente las mismas bases de suministro, lo cual facilita la evaluación de las cotizaciones; ampliar la posibilidad de oferentes, que de otra manera quedaría limitada a aquéllos con capacidades tecnológicas de diseño —existen a nivel nacional algunos casos de monopolios que tienden a encarecer los equipos—; no esperar a la generación de planos de fabricación de los proveedores para continuar con las actividades de ingeniería para las que es necesaria esta información, con lo que se acortan los tiempos de ejecución.

Cuando no resulta posible generar planos constructivos, las especificaciones que acompañen a las requisiciones deberán definir: el comportamiento requerido en términos técnicos que dependerán del equipo en cuestión, los materiales de construcción y, en el caso de maquinaria rotatoria, el tipo de accionador requerido. Es conveniente acompañar la requisición de cuestionarios técnicos con todos los elementos necesarios para el proceso de evaluación y selección, y obligar a los proveedores a la presentación de sus cotizaciones en términos de dichos cuestionarios, para lo que pueden incluirse cláusulas de descalificación en caso de no cumplir con este requerimiento. Es también importante contar con una preselección de posibles proveedores por equipo y material, basada en un conocimiento exhaustivo de sus capacidades de fabricación, sistemas de aseguramiento de calidad y estadística de su comportamiento en proyectos anteriores; no es conveniente invitar a un concurso de suministro a aquellos proveedores que por estas consideraciones no se les asignaría un pedido, aún cuando presentaran la oferta económica más atractiva —aunque esto no es posible evitarlo en los concursos abiertos que exige la Ley de Adquisiciones del Gobierno Federal en el caso de proyectos para empresas del Sector Público.

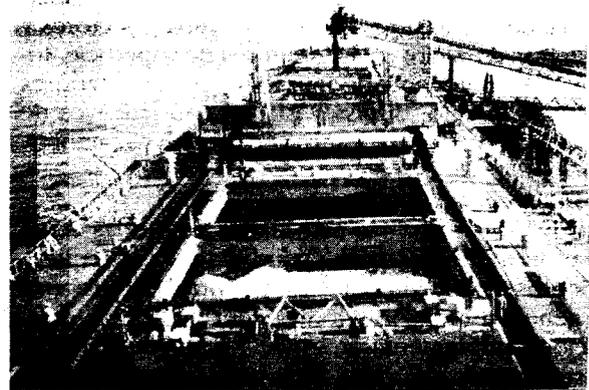
La evaluación de las cotizaciones normalmente

se presenta en forma de tabulaciones matriciales en las que las columnas corresponden a los proveedores concursantes y las hileras a los conceptos incluidos en las especificaciones; una de las columnas se utiliza para los valores o definición de las especificaciones requisitadas contra los que se comparan los propuestos por los proveedores. Para sistematizar la evaluación y quitarle —hasta donde es posible— las consideraciones subjetivas del evaluador, se utilizan factores de peso para cada concepto evaluado, de acuerdo a su importancia relativa, así como una escala y un criterio precisos para su calificación. La calificación individual de cada concepto, por su factor de peso correspondiente, permitirá generar una puntuación global por proveedor que será la base para una lista de prioridades como recomendación técnica. La evaluación económica considerará, además de los costos cotizados, los términos de pago, el tiempo de entrega, cláusulas de escalación (particularmente en épocas de alta inflación), compromisos y penalización aceptada en casos de incumplimiento, fletes para llevar el equipo al sitio de la obra (para cotizaciones libre a bordo), costos diferenciales asociados a diferencias en los equipos ofertados (por ejemplo, cimentación, montaje, instalaciones eléctricas, mantenimiento del equipo) y deberá tenerse mucho cuidado en que la comparación económica se haga sobre bases uniformes para todos los oferentes, tomando en consideración el alcance de suministro. Finalmente, se hará una selección, terminando con la colocación de una orden de compra, que será, una vez firmada por el comprador y aceptada por el proveedor, el documento contractual de la adquisición, debiendo por lo tanto contener información completa concerniente a las especificaciones técnicas, incluyendo planos y dibujos, si es necesario, del equipo adquirido, así como de las condiciones económicas de costo, términos de pago, programa de fabricación, compromiso de entrega y garantías. Una vez colocada la orden de compra se iniciará un proceso de seguimiento y expedición que asegure la entrega oportuna del equipo. Para este propósito se utiliza una combinación de comunicaciones telefónicas, informes escritos y visitas periódicas de verificación física. La expedición podrá además involucrar a los subcontratistas o proveedores del fabricante del equipo para agilizar el arribo oportuno de materiales y suministros a los talleres del proveedor directo. Otro aspecto importante será el de la inspección, que requiere de visitas de personal técnico especializado a las instalaciones del fabricante para realizar diferentes verificaciones, dependiendo de las características particulares del equipo en cuestión, como por ejemplo: certificación del análisis químico del acero u otros materiales; propiedades físicas de materiales usados en la fabricación, incluyendo pruebas metalúrgicas especiales; identificación de posibles defectos en los materiales a través de métodos visuales con instrumentos especiales para revisión interna, pruebas magnéticas, ultrasonido o rayos X; verificación de dimensiones, tolerancias, colocación de boquillas; cumplimiento

de normas en las técnicas de fabricación, pruebas hidrostáticas y de cumplimiento de códigos; análisis de espectros de vibración en pruebas de comportamiento dinámico de maquinaria rotatoria.

Construcción

La construcción de una obra involucra un número muy grande de actividades que se interrelacionan con las correspondientes a las fases que ya hemos escrito. Interviene mucha gente que estará a cargo de tareas muy diversas, se requiere de equipo especializado y de la aplicación de fuertes recursos económicos para el pago de personal, alquiler de maquinaria, suministro de herramienta y compra de materiales y elementos constructivos; se tienen que resolver problemas de carácter contractual, laboral y legal; se requiere de trámites ante las autoridades federales, estatales y locales para la obtención de



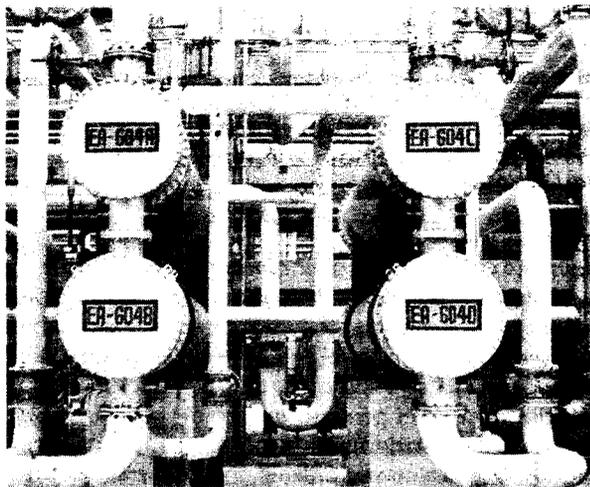
permisos de diferente índole; se ven involucrados aspectos relacionados con seguros, previsión de inclemencias climáticas, comunicaciones, transporte y muchos otros. Sin entrar en mayores detalles, mencionaremos las actividades sustantivas más relevantes en la fase de construcción: preparación del terreno, localización y trazo, urbanización, piloteo, cimentación de equipos, cimentación de estructuras, cimentación de soportes de tuberías, cimentación de edificios, construcción de edificios, tubería subterránea, drenajes pluvial, aceitoso y químico, ductos eléctricos, pavimentación, fabricación y montaje de marcos de soportería y traveses de liga, estructuras metálicas y de concreto, montaje de equipo, plataformas y escaleras, instalación de tubería aérea mayor y menor, cableado de fuerza, instalación de alumbrado, de tierras y de instrumentos, montaje y conexión de equipo eléctrico y área de transformadores, fabricación y montaje del tablero de instrumentos, aislamiento de tubería y equipo, y pintura.

Arranque y operación

Al final de las tareas de construcción empieza a

identificarse otra interfase, la correspondiente a la preparación de la unidad para su puesta en servicios. Para evitar retrasos en la culminación del proyecto, es importante planear esta transición. Se deberá realizar una verificación física de las instalaciones con el objeto de comprobar que estén totalmente terminadas y que se ha cumplido con todas las especificaciones del proyecto, que se hayan llevado a cabo todos los cambios y modificaciones acordados y que no falte ningún equipo, tuberías o partes de algún sistema. Es también esencial examinar la operabilidad de cada sistema, verificando que todos y cada uno de sus componentes se encuentren en lugares visibles y de fácil acceso y que estén debidamente instalados.

Se efectuará una limpieza completa de todas las tuberías y recipientes, con objeto de eliminar los residuos de la construcción y otros materiales extraños. La limpieza se puede hacer con agua, aire o



vapor; en algunos casos es necesario utilizar detergentes y/o agentes químicos, después de lo cual se procederá con el enjuague, drenado y secado.

Todas las tuberías y recipientes a presión deberán ser probados hidrostáticamente, dividiendo la planta en circuitos. Los equipos mecánicos también deberán ser probados en su funcionamiento. Se verificará que todos los instrumentos y dispositivos de seguridad estén debidamente calibrados y que actúan correctamente.

Deberá contarse con un Manual de Operación detallado de la unidad, que servirá de base para el entrenamiento del personal designado como tripulación operativa. El arranque de una planta se realiza por etapas de acondicionamiento de cada una de las secciones que la integran, estableciendo recirculaciones de corrientes hasta alcanzar las condiciones de presión y temperatura de diseño a medida que se incrementa la capacidad de operación y se obtienen los productos dentro de la especificación deseada.

Mercado

El mercado de trabajo más importante de la inge-

nería de proyectos se ubica naturalmente en las firmas de ingeniería. A nivel nacional existen alrededor de 30 empresas de diversos tamaños en las que, con mayor o menor alcance, se realizan las actividades que hemos comentado. Varias de ellas constituyen empresas con capacidad de construcción, otras proporcionan servicios limitados o muy especializados, pero en muy pocas existe capacidad para ejecución de ingeniería básica.

Destacan por su tamaño: el Instituto Mexicano del Petróleo (Subdirección General de Ingeniería de Proyecto), que se distingue por su capacidad única de realizar ingeniería básica para más de 40 procesos con tecnología propia y por su atención prioritaria a la industria petrolera; Bufete Industrial, con una larga tradición nacional, amplia capacidad de construcción y principal proveedor de servicios de ingeniería a empresas del sector privado; CFE Ingeniería de Campo en Dos Bocas, Ver., que se dedica en forma exclusiva al Proyecto Nucleoeléctrico de Laguna Verde; Atisa—Atkins, S. A.; Atlas Foster Wheeler, S. A.; ICA Industrial; Impulsora Industrial de Ingeniería; IPECSA; PYCORSA; Techint, y otras. Las firmas de ingeniería ocupan en total a aproximadamente tres mil ingenieros de diversas especialidades. Alrededor del 20% son ingenieros químicos que ocupan posiciones como especialistas de proceso, instrumentistas, y en las áreas de desarrollo tecnológico, estimación de costos, programación de proyectos, estudios económicos, asistencia en construcción y arranque, y en administración de proyectos.

Otro mercado de ocupación de profesionales para actividades de ingeniería de proyecto lo constituyen las empresas productoras de la industria de proceso en general que, como demandantes de servicios de ingeniería para sus ampliaciones, requieren contar con especialistas que constituyan la liga del área de producción con las firmas de ingeniería. Para dar una idea del tamaño de este mercado citaremos el caso de Petróleos Mexicanos, que en su estructura cuenta con una subdirección completa dedicada a proyectos y construcción de obras.

El panorama a futuro de la ingeniería de proyecto está absolutamente ligado a la reactivación económica que se anticipa, que evidentemente deberá dar lugar al crecimiento de las industrias energética, química y petroquímica, con la consecuente aparición de proyectos para nuevas instalaciones, con lo que puede preverse un repunte en la demanda de servicios de ingeniería, en contraste con lo ocurrido en los cinco últimos años en los que, para ciertos sectores, se redujo el mercado de trabajo en casi 50%, llegando de hecho a desaparecer varias firmas de ingeniería.

Sin embargo, para definir el mercado de trabajo que pueda anticiparse en el área de ingeniería de proyectos, habrá que tomar en consideración la creciente tendencia a la mecanización de actividades, con lo que es de esperarse un redimensionamiento y reorientación del mercado que demandará profesionales mejor capacitados y más especializados en cada disciplina de la ingeniería. 