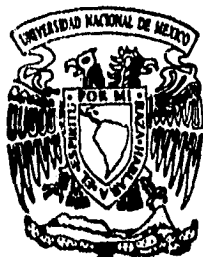


00569  
1  
24



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**  
División de Estudios de Posgrado

**Evaluación Integral de Alternativas Tecno-  
lógicas en Proyectos de Inversión de Plantas  
de Refinación y Petroquímicas**

**( CONSIDERACIONES Y PROPUESTA DE METODOLOGIA )**

**T E S I S**

Que para obtener el grado de  
**MAESTRIA EN CIENCIAS QUIMICAS**  
**( GESTION DE TECNOLOGIA )**

**p r e s e n t a**

**AGUSTIN GONZALEZ ORTIZ**



**México, D. F.**

**1996**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

**TESIS**

**COMPLETA**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA  
DIRECCIÓN

LIC. ANTONIO DÍAZ GARCÍA  
Jefe de la Unidad de Registro e Información.  
Ciudad Universitaria  
Presente.

Me es grato informarle que el alumno ING. AGUSTÍN GONZÁLEZ ORTIZ, presentará próximamente su examen para obtener el grado de Maestría en Ciencias Químicas (Gestión de Tecnología) ante el siguiente jurado:

Presidente:	Dr. Julio Landgrave Romero
Primer Vocal	Dr. Tomás Miklos Ilkovic
Secretario:	M. en C. Ma. del Rocío Cassaigne Hernández
Primer Suplente:	I.Q. Marcelino Gómez Velasco
Segundo Suplente:	I.Q. Francisco Nieto Colín

Sin otro particular de momento, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Ciudad Universitaria, D. F., 13 de septiembre de 1996.

DR. ANDONI GARRITZ RUIZ  
Director.

C.c.p. Integrantes del Jurado  
C.c.p. Coordinador de Área  
C.c.p. Departamento de Control Escolar  
C.c.p. Interesado  
\*ggm.

**TESIS: EVALUACION INTEGRAL DE ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS  
EN PROYECTOS DE INVERSION DE PLANTAS DE REFINACION Y  
PETROQUIMICAS: CONSIDERACIONES Y PROPUESTA DE  
METODOLOGIA.**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRIA EN CIENCIAS QUIMICAS  
(GESTION DE TECNOLOGIA), PRESENTA EL ALUMNO AGUSTIN GONZALEZ  
ORTIZ, ANTE EL SIGUIENTE JURADO:**

<b>PRESIDENTE:</b>	<b>DR. JULIO LANDGRAVE ROMERO,</b>
<b>PRIMER VOCAL:</b>	<b>DR. TOMAS MIKLOS II.KOVICS.</b>
<b>SECRETARIO:</b>	<b>M. EN C. MA. DEL ROCIO CASSAIGNE HERNANDEZ.</b>
<b>PRIMER SUPLENTE:</b>	<b>I.Q. MARCELINO GOMEZ VELASCO.</b>
<b>SEGUNDO SUPLENTE:</b>	<b>I.Q. FRANCISCO NIETO COLIN.</b>

**EL ALUMNO**

**EL ASESOR**

**AGUSTIN GONZALEZ ORTIZ**

**ING. JOSE GIRAL BARNES**

**A mi esposa,**

**Graciela**

**A mi padre (q.e.p.d.), a mi madre, hermanos y hermanas.**

## **Agradecimientos**

**Gracias,**

al Ing. José Giral Barnés por su supervisión y dirección durante el desarrollo de este trabajo,

al jurado por sus comentarios,

a los compañeros de trabajo ("básicos" y "ex-básicos"), miembros del "extinto" Departamento de Desarrollo de Ingeniería Básica del Instituto Mexicano del Petróleo, por su mística de trabajo,

al Instituto Mexicano del Petróleo por las facilidades otorgadas.

## C O N T E N I D O

<b>RESUMEN.</b> .....	<b>1</b>
<b>I. INTRODUCCION.</b> .....	<b>4</b>
<b>II. MARCO CONCEPTUAL.</b> .....	<b>9</b>
II.1 Concepto, tipo y relaciones entre proyectos. ....	9
II.1.1 El concepto de proyecto. ....	9
II.1.2 Clasificación de proyectos. ....	10
II.1.3 Relaciones entre los proyectos. ....	11
II.2 Conceptos tecnológicos. ....	14
II.2.1 Tecnología. ....	14
II.2.2 Tipos de tecnologías. ....	14
II.2.3 Transferencia de tecnología. ....	17
II.2.4 Asimilación de tecnología. ....	17
II.2.5 Paquete tecnológico. ....	18
II.2.6 Paquete de ingeniería básica. ....	18
II.2.7 Paquete de ingeniería de detalle. ....	19
II.2.8 Servicios de soporte técnico. ....	20
II.2.9 Tipos de transacciones de transferencia de tecnología. ....	21
II.2.10 Costo de adquisición de la tecnología. ....	24
II.2.11 Pagos por la transferencia de tecnología. ....	26
II.2.12 Alternativas de formas de pago. ....	28
II.3 Conceptos económico-financieros. ....	33
II.3.1 Valor del dinero a través del tiempo. ....	33
II.3.2 Flujo de efectivo. ....	34
II.3.3 Criterios para la evaluación económico-financiera. ....	35
II.4 Marco teórico de la evaluación. ....	46
II.4.1 Niveles y sujetos de evaluación. ....	49
II.4.2 Tipos de evaluación. ....	50
II.4.3 La evaluación de alternativas tecnológicas. ....	54



<b>III.</b>	<b>REVISION DE METODOLOGIAS.</b>	<b>58</b>
III.1	Metodologías para la evaluación de proyectos.	58
III.1.1	Melnick (1958).	59
III.1.2	Giral y Nieto (1977).	66
III.1.3	Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social (ILPES, 1983).	68
III.1.4	Giral (1994).	72
III.2	Metodologías para la evaluación de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico.	76
III.2.1	Twiss (1977).	76
III.2.2	Grupo interdisciplinarios sobre estudios de tecnología (SIDETEC, 1987).	80
III.2.3	Escobar-Toledo et al (1990).	84
III.2.4	Instituto Tecnológico Venezolano del Petróleo (INTEVEP, 1993).	91
III.3	Metodologías para la evaluación de alternativas tecnológicas en proyectos de inversión.	92
III.3.1	Castellanos y Cano (1979).	92
III.3.2	Sharif y Sundarajan (1983).	96
III.3.3	Rodríguez y Solleiro (1991).	100
III.4	Metodologías para la valuación de tecnologías.	102
III.4.1	Tang Hao (1986).	102
III.4.2	Roa et al (1986).	104
III.5	Metodologías para la evaluación de tecnologías.	110
III.6	Comentarios sobre las metodologías revisadas.	111
<b>IV.</b>	<b>METODOLOGIA PARA LA EVALUACION INTEGRAL DE ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS.</b>	<b>117</b>
IV.1	El proceso de evaluación.	120
IV.2	Desarrollo de la metodología.	126
IV.3	Metodología de evaluación.	139
<b>V.</b>	<b>RECOMENDACIONES PARA LA ETAPA DE NEGOCIACION.</b>	<b>149</b>
V.1	Aspectos generales.	149
V.2	Preparación de la negociación.	151
V.3	Negociación.	155
V.4	Postnegociación.	161

<b>VI.</b>	<b>CASO DE ESTUDIO.</b> .....	<b>163</b>
	VI.1 Presentación del caso. ....	163
	VI.1.1 Antecedentes. ....	163
	VI.1.2 Bases del estudio. ....	165
	VI.1.3 Presentación de propuestas de los tecnólogos. ....	167
	VI.2 Aplicación de la metodología propuesta para la evaluación de las alternativas tecnológicas. ....	181
	VI.3 Recomendaciones en el caso de estudio. ....	190
<b>VII.</b>	<b>CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS.</b> .....	<b>191</b>
	VII.1 Conclusiones y recomendaciones. ....	191
	VII.2 Sugerencias para trabajos futuros. ....	193
<b>VIII.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.</b> .....	<b>195</b>
	<b>APENDICES</b>	
	"A" Alcance del Paquete de Ingeniería Básica de Tecnología de Proceso. ....	202
	"B" Alcance del Paquete de Ingeniería de Detalle. ....	218
	"C" Alcance típico de servicios de soporte técnico. ....	232
	"D" Criterios sociales de evaluación de un proyecto, relativos a la productividad de un solo factor propuestos por Melnick (1958). .	242
	"E" Lista de comprobación y control del contenido de un proyecto propuesta por el ILPES (1983). ....	246
	"F" Propuesta de bases de concurso de licenciamiento e ingeniería básica de tecnologías de proceso. ....	259

## LISTA DE TABLAS

II.1	Clasificación de proyectos. ....	10
II.2	Características de tipos de tecnologías. ....	16
II.3	Servicios de soporte técnico. ....	20
II.4	Niveles de evaluación. ....	49
II.5	Función de la evaluación ex-ante. ....	52
III.1	Criterios de plausibilidad para la evaluación de proyectos propuestos por Giral y Nieto (1977). ....	67
III.2	Formato adaptado para solicitud de aprobación de inversión propuesto por Giral (1994). ....	74
III.3	Formato de resumen financiero de un proyecto propuesto por Giral (1994). ....	75
III.4	Criterios de evaluación de proyectos de desarrollo tecnológico propuestos por Twiss (1974). ....	78
III.5	Criterios de evaluación de proyectos de desarrollo tecnológico propuestos por el SIDETEC (1987). ....	82
III.6	Factores de evaluación de proyectos propuestos por Escobar-Toledo et al (1990). ....	87
III.7	Escala de valoración de factores para estimar el grado de adecuación de los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico a los requerimientos de la empresa propuesta por Escobar-Toledo et al (1990). ....	88
III.8	Escala de valoración de factores para estimar el grado de adecuación de los proyectos a las líneas de investigación de la empresa propuesta por Escobar-Toledo et al (1990). ....	89
III.9	Aspectos y criterios de evaluación de alternativas tecnológicas propuestos por Castellanos y Cano (1979). ....	94
III.10	Clasificación de factores (criterios) propuestos por Sharif y Sundarajan (1983). ....	96
III.11	Aspectos y criterios de evaluación de alternativas tecnológicas propuestos por Rodríguez y Solleiro (1991). ....	101
III.12	Factor (A): Intensidad tecnológica. ....	106
III.12	Factor (B): Competitividad internacional. ....	106
III.14	Factor (C): Grado de desarrollo. ....	107
III.15	Factor (D): Ventajas comerciales. ....	108
III.16	Factor (E): Exclusividad. ....	108
III.17	Clasificación de metodologías y principales características. ....	113
IV.1	Aspectos a considerar en la evaluación. ....	141

IV.2	Aspecto: Evaluación técnica del proceso. ....	145
IV.3	Escala de calificación de atributos. ....	146
IV.4	Matriz de evaluación final de alternativas tecnológicas. ....	148
VI.1	Equipo a sustituir en la sección de reacción. ....	172
VI.2	Equipo a sustituir en la sección de regeneración. ....	173
VI.3	Condiciones de operación de la unidad FCC (Diseño, antes de la modernización y propuestas de modernización). ....	174
VI.4	Rendimientos propuestos en las alternativas de modernización de la unidad FCC. ....	175
VI.5	Estimado de costos de inversión. ....	176
VI.6	Costos de los servicios. ....	177
VI.7	Formas de pago de los servicios. ....	177
VI.8	Garantías ofrecidas por los tecnólogos. ....	178
VI.9	Aspectos a considerar en la evaluación. ....	182
VI.10	Asignación de la ponderación para cada aspecto a evaluar. ....	184
VI.11	Subaspectos y factores a ser evaluados. ....	185
VI.12	Asignación de la ponderación para los subaspectos y factores. ....	186
VI.13	Escala de calificación de atributos. ....	187
VI.14	Evaluación de tecnologías para la modernización de la sección de reacción/regeneración de la planta FCC. ....	188
VI.15	Orden de preferencia de las alternativas tecnológicas disponibles. ....	189

## LISTA DE FIGURAS

I.1	Esquema típico de la sección de destilados de una refinería. ....	7
I.2	Proyectos sustituibles o mutuamente excluyentes. ....	8
I.3	Modelo de caja negra del proceso de transformación. ....	8
II.1	Fases de un proyecto industrial. ....	13
II.2	Actitud general del evaluador ante la evaluación. ....	48
II.3	Actividades en el proceso de evaluación ex-ante. ....	53
II.4	Actores en el proceso de transferencia de tecnología. ....	57
III.1	Modelos de jerarquización y selección óptima de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico propuestos por Escobar-Toledo et al (1990). ....	84
III.2	Metodología de evaluación de alternativas tecnológicas propuesta por Sharif y Sundarajan (1983). ....	99
IV.1	Ubicación del proceso de evaluación en la transferencia de tecnología. ....	119
IV.2	Flujo de información entre los actores del proceso de evaluación de tecnologías. ....	124
IV.3	Diagrama general del proceso de evaluación de alternativas tecnológicas. ....	125
IV.4	Visión ampliada de un proyecto de transformación. ....	127
IV.5	Metodología de evaluación integral de tecnologías. ....	140
V.1	Etapas y actividades en el proceso de negociación. ....	162
VI.1	Diagrama de proceso simplificado de la planta FCC. ....	166
VI.2	Modificaciones a la planta FCC propuestas por el Tecnólogo 1. ....	169
VI.3	Modificaciones a la planta FCC propuestas por el Tecnólogo 2. ....	170
VI.4	Modificaciones a la planta FCC propuestas por el Tecnólogo 3. ....	171

## RESUMEN

Dentro de las industrias de refinación y petroquímica, la evaluación y selección de la mejor alternativa tecnológica que mejor se ajuste a las necesidades específicas del proyecto, es una tarea particularmente elaborada, ya que generalmente, las tecnologías a evaluar son de alta complejidad, haciéndose importante identificar con mayor precisión las variables de proceso, los equipos clave, y aquellos factores que inciden en la eficiencia operativa y en la rentabilidad de la planta, así como otros que en un momento dado pueden ser determinantes en la selección, como son el impacto ambiental, el factor de riesgo, la confidencialidad, y los términos contractuales del licenciamiento, entre otros.

Con el objetivo de proponer una metodología de evaluación que tomara en cuenta las características de la industria de refinación y petroquímica, se realizó una revisión de las metodologías reportadas en la literatura abierta, las cuales se clasificaron en función de su uso, es decir, el fin último que se le va dar al resultado de la evaluación. De acuerdo a este criterio las metodologías pueden clasificarse de la siguiente manera: (1) Metodologías para la evaluación de proyectos, (2) Metodologías para la evaluación de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, (3) Metodologías para la evaluación de alternativas tecnológicas en proyectos de inversión, (4) Metodologías para la valuación de tecnologías, y (5) Metodologías para la evaluación de tecnologías. La aplicación de las metodologías de evaluación están condicionadas por el entorno, el cual puede ser privado o paraestatal (al interior de un país), ó en organizaciones internacionales.

Tomando en cuenta las particularidades de las tecnologías de proceso en la industria de refinación y petroquímica, la cual en México es principalmente paraestatal, se propone una metodología de evaluación integral de alternativas tecnológicas en proyectos de inversión para este tipo de plantas. En la que se considera que se ha definido de antemano el objetivo perseguido y su interrelación con las instalaciones existentes, y se dispone de diferentes tecnologías o licenciadores potenciales.

La metodología propuesta considera los siguientes conceptos de evaluación:

*Evaluación técnica del proceso.*- Consiste en el análisis evaluatorio de las características de la tecnología desde el punto de vista de proceso, como son: consistencia del proceso con las bases de diseño, esquema de proceso, condiciones de operación, rendimientos, consumo energético y de servicios, características de los equipos, etc.

*Evaluación técnica complementaria.*- En esta etapa se evalúan criterios que tienen también un efecto en la confianza de que la tecnología tenga un buen funcionamiento en la fase operativa de la planta, como pueden ser la experiencia de los licenciadores y el alcance de los servicios ofertados.

*Evaluación económica-financiera.*- Consiste en la determinación de los parámetros de rentabilidad del proyecto, por ejemplo Valor Presente Neto, la Tasa Interna de Rendimiento, etc., tomando como base, pero con un análisis crítico, los datos proporcionados por el licenciador.

*Evaluación contractual.*- En este concepto se hace una revisión de los términos y cláusulas que propone el licenciador en el contrato para el suministro de sus servicios: precisión del alcance, costos, restricciones, transferencia de tecnología, etc.

*Evaluación de la plausibilidad del proyecto.*- Se hace una revisión de los criterios macroeconómicos, políticos, sociales y ambientales, que pueden afectar en la evaluación del proyecto de inversión.

*Evaluación de aspectos estratégico-tácticos.*- Esta etapa tiene como objetivo la verificación de la congruencia del proyecto con la estrategia tecnológica y general de la empresa adquirente.

*Evaluación de la normatividad.*- Consiste en el análisis de la consistencia de la tecnología en estudio con respecto a la normatividad vigente, en aspectos tales como leyes y reglamentos para compras del sector público (en su caso), tratados comerciales, normas ecológicas, etc.

Para cada uno de los conceptos, se establece un desglose de indicadores específicos que facilitan el proceso de evaluación.

La metodología propuesta incluye dos técnicas opcionales de evaluación: (1) la discriminativa (criterios de cumple o no cumple), combinada con un criterio económico-financiero, y (2) la discriminativa, combinada con un análisis matricial de puntuación o calificación. La selección de la técnica a aplicar depende del nivel de información disponible, por lo que la metodología está desarrollada con la suficiente flexibilidad para ser aplicada en la evaluación de proyectos de plantas nuevas así como en proyectos de modernización de plantas existentes.

La evaluación de alternativas tecnológicas dentro de un proyecto de inversión se concibe en este trabajo como un proceso general, en donde están presentes tres actores: *el usuario, el evaluador y los tecnólogos*. En este proceso existe flujo de información entre estos tres actores, generándose documentos típicos, como son las bases de concurso.

Las bases de concurso es uno de los documentos más importantes que se generan durante el proceso de evaluación, ya que en ellas se especifican los requerimientos, restricciones y especificaciones que deben cumplir los tecnólogos. Dada su importancia, se incluye un formato compuesto por siete secciones: (1) Invitación para ofertar, (2) Instrucciones para los oferentes, (3) Instrucciones especiales para los oferentes, (4) Alcance del trabajo, (5) Bases de diseño para las propuestas técnicas, (6) Borrador del contrato, y (7) Forma de la propuesta y programa de facturación y costos. El contenido de cada una de estas secciones se describe en el texto del trabajo, haciendo especial énfasis a las secciones (3), (4) y (5), en donde se especifican los requerimientos del proyecto así como el alcance de los servicios solicitados (contenido del paquete de ingeniería básica, alcance del paquete de ingeniería de detalle, servicios de revisión de ingeniería de detalle, servicios de asistencia en arranque y pruebas de garantía, servicios de capacitación, etc.). El formato esta orientado para ser aplicado por empresas paraestatales, sin embargo, puede ser adaptado para aplicarse en empresas del sector privado.



## I. INTRODUCCION

Cuando se desea construir una nueva Refinería o un Centro Petroquímico, debido a la complejidad de éstos, en la fase de proyecto se requiere realizar una serie de estudios. En el primero, se define la capacidad de la refinería o del centro petroquímico en función del Estudio del Mercado y la disponibilidad de Capital. En este estudio se establecen las plantas que formarán el complejo, la capacidad y el arreglo de éstas, tal como se muestra en la Figura I.1. Cada bloque en esta figura representa una planta (o proceso), y para cada una de ellas existen disponibles en el mercado diferentes tecnologías. Una discusión amplia sobre como se planean refinerías se puede encontrar en el Manual de Usuario del programa PIMS, (Bechtel, 1995); en el artículo de Eames (Eames, 1995); y en el boletín "SIMPER: Simulador para la evaluación técnico-económica de refinerías" del Instituto Mexicano del Petróleo; y para la planeación de centros petroquímicos se recomienda revisar el trabajo de Escobar-Toledo (Escobar-Toledo, 1995).

El siguiente estudio que se realiza, el cual es el ámbito de aplicación de este tema de tesis, es la evaluación de las alternativas tecnológicas disponibles para cada proceso o planta, en el cual definida la capacidad, características de las alimentaciones y especificaciones requeridas de los productos, se trata de evaluar en base a una serie de criterios, cual es la tecnología que mejor cumple con ellos. Por lo que se trata de evaluación de proyectos sustituibles o mutuamente excluyentes, ya que los recursos económicos solo pueden ser utilizados en una sola de las alternativas. Esto se ejemplifica esquemáticamente en la Figura I.2

Una etapa fundamental en la ejecución de un proyecto de inversión, orientado a la instalación de nuevas plantas de proceso en Refinerías o Centros Petroquímicos (o modernización de las plantas existentes "revamps"), en las cuales se hace uso de una tecnología protegida, es la definición de aquella tecnología que mejor se ajuste a las necesidades específicas del comprador. Esta etapa es determinante, no solamente desde el punto de vista conceptual sino por las implicaciones de los resultados que pueden esperarse de la ejecución del proyecto y de la operación de la planta, en términos económicos, técnicos, ambientales, contractuales, etc.

Dentro de la industria de Refinación y Petroquímica la tarea de selección de una tecnología es más compleja que en otras, ya que generalmente, las tecnologías a evaluar son de alta complejidad técnica, por lo cual es necesario identificar con toda precisión las variables de proceso, los equipos clave, y aquellos factores que inciden en la eficiencia operativa y en la rentabilidad de la planta, así como otros que en un

momento dado pueden ser determinantes en la selección, como son el impacto ambiental, la confidencialidad, los términos contractuales que se pacten, así como también el impacto social que una tecnología específica puede tener al ser integrada como parte de un sistema de refinación o petroquímico dado.

Adicionalmente, los proyectos de inversión en el área de Refinación y Petroquímica son altamente intensivos en capital, por lo que se deben considerar todos los aspectos para garantizar el éxito de éstos.

En el área de los procesos de transformación, tradicionalmente se respaldaban las selecciones de alternativas de inversión con los mismos fundamentos que en otras áreas. Sin embargo, en la actualidad se presentan peculiaridades como las siguientes:

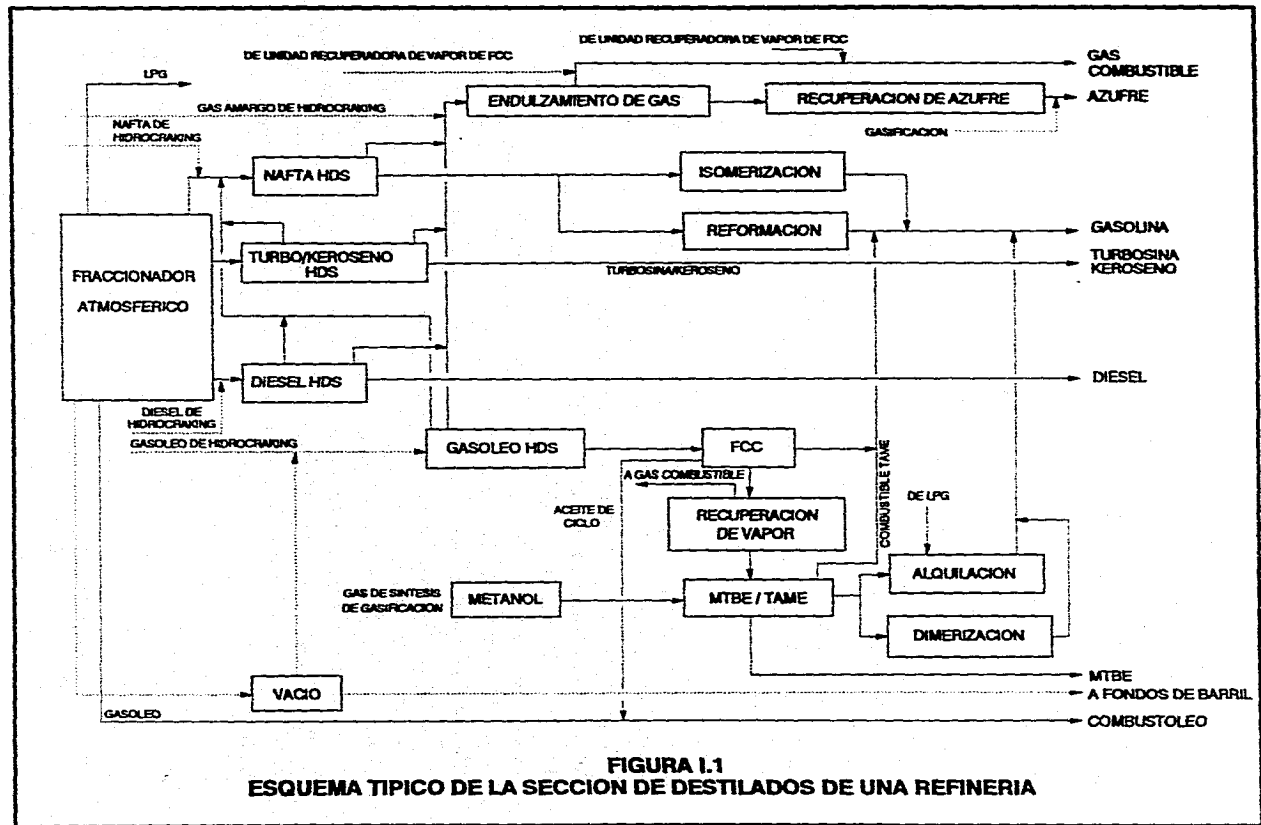
- La tecnología juega un papel esencial desde el punto de vista estratégico para la empresa.
- Considerando que el estudio de mercado está definido, la tecnología en un proyecto de transformación es la base generadora de información para las siguientes etapas de evaluación (económica, financiera, etc.).
- Ante la dinámica tecnológica actual, los compromisos contraídos por concepto de contratos licenciario-licenciador pueden resultar un lastre importante a mediano plazo cuando se busquen modernizaciones a las instalaciones, y aun en el plazo inmediato, en el pago de regalías.
- Los procesos de transformación se encuentran regulados en su desempeño por las leyes que observan el estado del ambiente (reglamentaciones ecológicas).
- Los movimientos sociales y las autoridades presionan para que no se instalen plantas de alto riesgo.

Ante tal situación, es evidente que el esquema tradicional de evaluación de proyectos de inversión ya no aplica adecuadamente, al menos en el área de los procesos de transformación, y más específicamente en el área de Refinación y Petroquímica. Actualmente se requiere de un enfoque que integre los diversos aspectos de interés, y conduzca a una decisión sustentada que apunte hacia la mejor alternativa integral. Esto se debe a la naturaleza de los proyectos en el área de Refinación y Petroquímica, que incorporan materias primas básicas o secundarias

(petróleo y sus derivados, metales, minerales, etc.), recursos financieros, tecnología, recursos humanos, etc. y producen un bien resultante con el consiguiente valor agregado y desechos (ver Figura 1.3). Dentro de estos ingredientes se encuentra el que se denomina "tecnología", que es precisamente el que introduce la peculiaridad en esta área, y que consiste en el cómo se logra obtener el producto final, es decir, a partir de qué materias primas, qué procesos, con qué equipos, qué subproductos y residuos, qué emisiones asociadas, etc.

El factor "tecnología" tiene implicaciones de gran importancia ya que su repercusión puede sobrepasar el área financiera, donde incide por su costo asociado. Esto se debe a que los poseedores de la tecnología, los "tecnólogos", suelen ser además prestadores de servicios de ingeniería y licenciadores de derechos de uso de sus procesos, con quien se contraen no sólo compromisos como el pago de regalías, sino otros como la confidencialidad de la información, la inalterabilidad no autorizada de los procesos por terceros, la vigencia de los convenios, etc., es decir todo lo estipulado en los contratos.

Existen metodologías de evaluación de tecnologías reportadas en la literatura abierta que de alguna forma consideran a la variable tecnológica (Giral y Nieto, 1977; Castellanos y Cano, 1979; Torres F.S., 1980; Rodríguez y Solleiro, 1991; etc.), sin embargo, éstas no presentan un enfoque integral en el proceso de evaluación, o adolecen de no considerar aspectos tan importantes como el impacto ecológico, o no establecen la forma como se debe de asignar calificación a los criterios utilizados, etc.. Debido a esto, en este trabajo se propone una metodología para la evaluación integral de alternativas tecnológicas en Proyectos de Inversión de plantas de Refinación o Petroquímicas, tomando como base un análisis sistémico del proceso de evaluación. Adicionalmente, se establece la diferencia entre los conceptos "transferencia de tecnología", "proceso de evaluación", y "metodología de evaluación", describiéndose el flujo de información entre los diferentes actores del proceso: usuarios, evaluador y tecnólogos. Se incluyen además recomendaciones generales y específicas para la etapa de negociación, la cual junto con la de evaluación son cruciales para el aseguramiento del buen desempeño de la tecnología seleccionada.



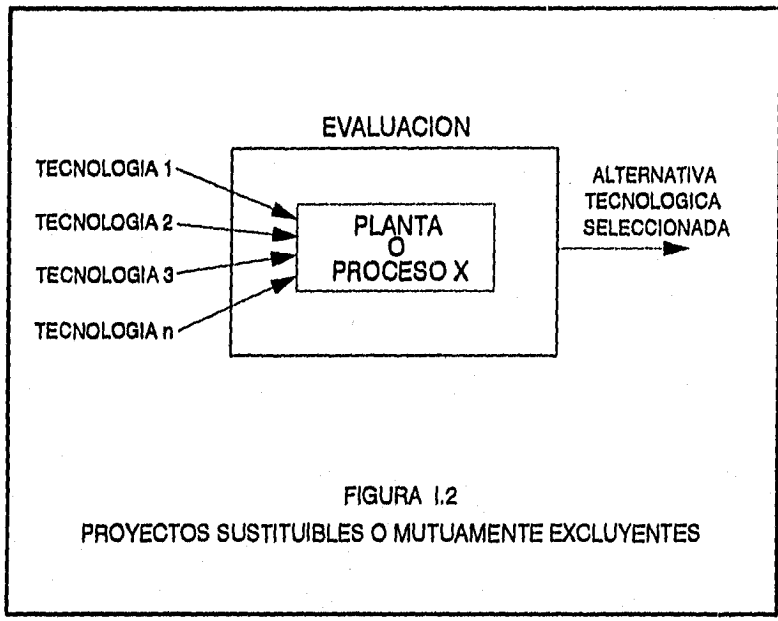


FIGURA 1.2  
PROYECTOS SUSTITUIBLES O MUTUAMENTE EXCLUYENTES

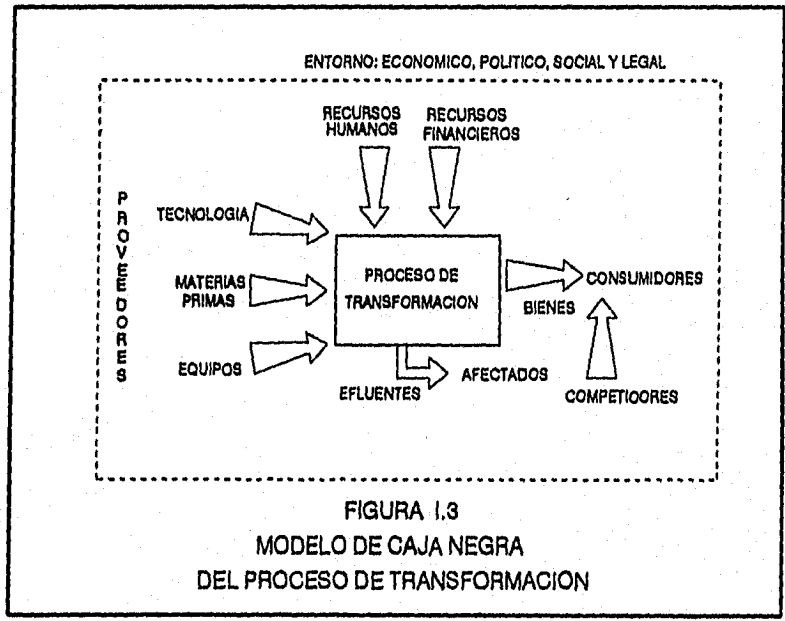


FIGURA 1.3  
MODELO DE CAJA NEGRA  
DEL PROCESO DE TRANSFORMACION

## II. MARCO CONCEPTUAL

La evaluación de alternativas tecnológicas en Proyectos de Inversión es una área que requiere conocimientos multidisciplinarios, por lo que es conveniente definir los conceptos utilizados en ella. Para propósitos de presentación estos conceptos pueden ser clasificados en: (1) Generales relacionados con la definición de proyecto, (2) Tecnológicos, y (3) Económico-financieros. Además, dada la importancia de establecer una base teórica para el proceso de evaluación, se incluye también en este capítulo una sección relacionada con el marco teórico de la evaluación.

### II.1 CONCEPTO, TIPO Y RELACIONES ENTRE PROYECTOS.

#### II.1.1 EL CONCEPTO DE PROYECTO.

Dentro del enfoque de los economistas el proyecto se define como: el plan prospectivo de una unidad de acción capaz de materializar algunos aspectos del desarrollo económico y social, proponiendo la producción de algún bien o servicio, y empleando cierta tecnología para obtener alguna ventaja económica y social; además supone la indicación de los medios necesarios para su realización y la adecuación de esos medios a los resultados que se persiguen (ILPES, 1973).

Una definición más integral de proyecto es la propuesta por Posse (1981), quien establece que un proyecto es un conjunto de actividades interdependientes e interrelacionadas que utilizan recursos humanos, materiales, financieros y naturales, sobre los cuales se imponen ciertas limitaciones o restricciones y cuyo propósito final es satisfacer las necesidades humanas.

Como se puede observar las definiciones presentadas anteriormente difieren en su enfoque, la primera concibe al proyecto como un plan prospectivo, es decir actividades por realizar; y la segunda asume que ya está en operación (lo que implicaría que la planta ya está funcionando). Por lo tanto, para este trabajo se utilizará la primera definición, la cual puede ser descrita en forma simple como el conjunto de antecedentes que permite estimar las ventajas y desventajas (tecnológicas, económicas, sociales, etc.) que se derivan de asignar ciertos recursos para la producción de determinados bienes o servicios.

## II.1.2 CLASIFICACION DE PROYECTOS

La clasificación de los proyectos de acuerdo a su enfoque de estudio se presenta en la Tabla II.1 (Posse, 1981). Tomando como base esta tabla se puede establecer que los Proyectos de Inversión de Plantas de Refinación y Petroquímicas corresponden a proyectos del tipo Industrial (transformación), y que de acuerdo a la magnitud de la inversión éstos pueden ser del tipo micro o macroproyectos.

La clasificación mostrada anteriormente es de bastante utilidad ya que permite ubicar a los proyectos, sin embargo, ésta no incluye al concepto de "proyecto de inversión". En este trabajo se define al proyecto de inversión como una oportunidad de inversión que requiere de recursos de capital y ofrece la perspectiva de obtener un rendimiento para el mismo, en un periodo mayor de un año (Bolten, 1983).

**TABLA II.1**  
**CLASIFICACION DE PROYECTOS DE ACUERDO A POSSE (1981)**

ENFOQUE	TIPO DE PROYECTO
1. Economía	<p><b>Agropecuarios.-</b> Abarcan la producción animal, vegetal, pesquera y forestal.</p> <p><b>Industriales.-</b> Comprenden la actividad manufacturera, la industria extractiva y el procedimiento extractivo de productos de pesca, de agricultura y de la actividad pecuaria.</p> <p><b>Infraestructura económica.-</b> Incluye los proyectos que proporcionan a la actividad económica ciertos insumos, bienes o servicios de utilidad general tales como: energía eléctrica, transporte y comunicación, etc.</p> <p><b>Servicios.-</b> Su fin es prestar servicios de carácter personal, material o técnico mediante el ejercicio profesional y/o a través de instituciones.</p>
2. Ingeniería	<p><b>Estáticos.-</b> Son aquellos que tienen un comienzo y un fin definidos.</p> <p><b>Dinámicos.-</b> Son aquellos en donde existe un ciclo continuo de producción y no se puede determinar cuándo terminará de operar el proyecto.</p>
3. Administración	<p><b>Microproyectos.-</b> Son un conjunto de actividades que tienden a racionalizar la asignación de recursos escasos dentro de una institución, para satisfacer sus necesidades básicas que pueden ser individuales o colectivas.</p> <p><b>Macroproyectos.-</b> Son aquellos que se realizan intersectorialmente, en donde por lo regular intervienen dos o más instituciones y cuyo objetivo es la satisfacción de alguna necesidad colectiva a través de la producción de bienes o de la prestación de servicios.</p>

### II.1.3 RELACIONES ENTRE LOS PROYECTOS

Si se desea aplicar una metodología para evaluar proyectos, independientemente de su naturaleza, es necesario reconocer la relación que puede existir entre los proyectos. De acuerdo a la relación que puede existir entre los proyectos estos pueden ser (Navarro, 1993):

- Proyectos independientes.
- Proyectos complementarios.
- Proyectos sustitutos.
- Proyectos perfectamente sustituibles o mutuamente excluyentes.

**(a) Proyectos independientes.**

Los proyectos A y B son independientes en la medida que la realización de uno no impida ejecutar el otro, y que los beneficios netos de cada uno no se afecten por la realización del otro.

**(b) Proyectos complementarios.**

Los proyectos A y B son complementarios si los beneficios netos de realizar ambos superan la suma de los beneficios netos de A (realizado sin B), y los de B (sin A).

**(c) Proyectos sustitutos.**

El proyecto A es sustituto de B si su realización reduce la posibilidad de ejecutar B, o si disminuye los beneficios de realizar B.

**(d) Proyectos perfectamente sustituibles o mutuamente excluyentes.**

Este es el caso extremo de proyectos sustitutos y se presenta si la realización de uno elimina la posibilidad de ejecutar el otro o si elimina los beneficios del otro. Dos proyectos pueden ser excluyentes por tres motivos: (1) Porque cada uno por su cuenta agota el presupuesto disponible para la inversión, y por lo tanto, si se realiza uno, no habrá dinero para realizar el otro; (2) Podrán ser excluyentes debido al hecho de que cada uno utiliza un insumo de oferta fija,

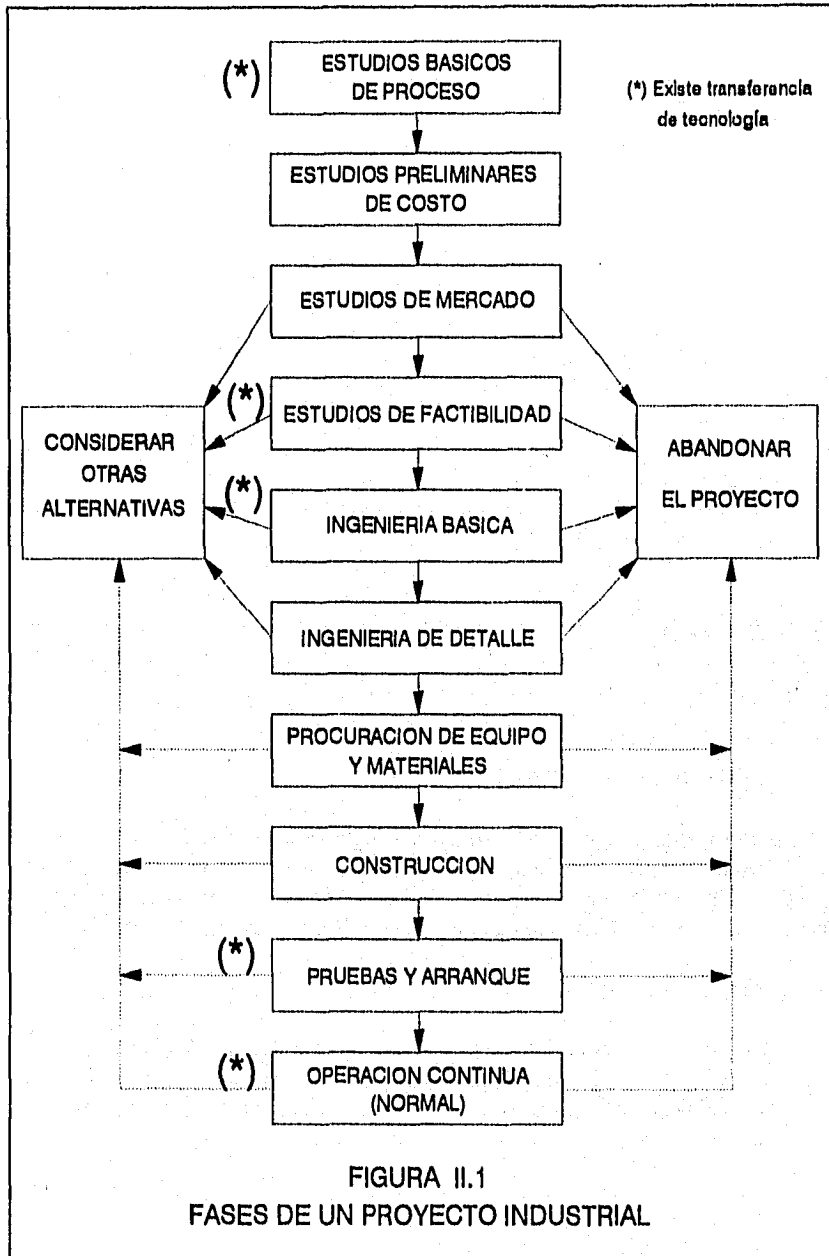


y si se ejecuta un proyecto no habrá el insumo necesario para producir el segundo, y (3) El carácter excluyente podría atribuirse a que los dos proyectos atienden a la misma necesidad y por tanto representan soluciones alternativas a la misma necesidad (ver Figura 1.2).

Los proyectos de inversión de plantas de Refinación y Petroquímicas corresponden a los proyectos perfectamente sustituibles o mutuamente excluyentes, ya que para el mismo fin se tienen un grupo de alternativas (en este caso tecnológicas). Para desarrollar un proyecto de esta índole, es necesario un planteamiento inicial que proponga exactamente cuáles son los objetivos, el producto final deseado y los recursos disponibles. Una vez establecidos estos parámetros pueden identificarse en la ejecución del proyecto las siguientes fases:

- Estudios básicos de proceso.
- Estudios preliminares de costo.
- Estudios de mercado.
- Estudios de factibilidad
- Ingeniería Básica.
- Ingeniería de detalle.
- Procuración de equipo y materiales.
- Construcción.
- Pruebas y arranque.
- Operación continua (normal).

En la Figura II.1 se muestran esquemáticamente estas fases, y en ella se puede observar que en casi en todas ellas es posible ya sea continuar con el proyecto, considerar otras alternativas, o abandonar el proyecto. Las líneas continuas laterales indican mayor probabilidad que las líneas punteadas en relación a no continuar con el proyecto. Los bloques marcados en el lado izquierdo con un asterisco indican las fases donde existe transferencia de tecnología.



## II.2 CONCEPTOS TECNOLOGICOS.

A continuación se presentan los conceptos tecnológicos que utilizados a lo largo de este trabajo.

### II.2.1 TECNOLOGIA

De acuerdo a Stewart (1979), la tecnología se puede definir en términos generales como "el conocimiento de cómo hacer todo lo relacionado con la actividad económica". Dahlman y Larry (1981) la definen como "una colección de procesos físicos que transforman insumos en producto, junto con los acuerdos sociales, es decir, las formas de organización y métodos y procedimientos que estructuran las actividades involucradas en la realización de dichas transformaciones". Lo que estas dos definiciones tienen en común es que la tecnología es algo más que una colección de planos y maquinarias y equipo.

Una definición más generalizada, y es la que se usa en este trabajo, es la propuesta por Giral y González (1980), quienes establecen que la tecnología "es el conjunto organizado de conocimientos aplicados para alcanzar un objetivo específico, generalmente el de producir y distribuir un bien o servicio".

### II.2.2 TIPOS DE TECNOLOGIAS

De acuerdo a Giral y González (1980), la tecnología se puede clasificar según donde se encuentra localizada predominantemente, en cuatro tipos: (1) Tecnología de equipo, (2) Tecnología de producto, (3) Tecnología de proceso, y (4) Tecnología de operación. Una breve descripción de cada una de ellas se presenta a continuación:

#### (a) Tecnología de equipo.

Es aquella cuyo desarrollo lo hace el fabricante de equipo y/o el proveedor de materia prima; la tecnología está implícita en el equipo mismo, y generalmente se refiere a industrias de transformación como plásticos, textiles, y lules.

**(b) Tecnología de producto.**

Los conocimientos están centrados en la estructura física y química del objeto fabricado; esta tecnología la desarrolla por lo general el fabricante del producto.

**(c) Tecnología de proceso.**

Es aquella en la que el desarrollo original es reciente y se lleva a cabo por firmas de ingeniería o grandes empresas productivas; su evolución es dinámica y la clave de los conocimientos está en las variables del proceso y en sus rangos de operación.

**(d) Tecnología de operación.**

Es la que resulta de largos períodos de evolución; los conocimientos son producto de observación y experimentación de años en procesos productivos. En este tipo de tecnología es frecuente la incidencia de tecnología de equipo y de proceso, por lo que a veces se utiliza como una condición en la compra de éstas.

La Tabla II.2 muestra algunos ejemplos de estos cuatro tipos de tecnología y sus características principales en cuanto a desarrollo, protección, transferencia y adaptabilidad.

De acuerdo a la clasificación anterior, las plantas de Refinación y Petroquímica corresponden a tecnologías de proceso, por lo que las fuentes principales para obtener dicha tecnología son principalmente las firmas de ingeniería (UOP, Kellogg, Stone & Webster, etc.) o grandes empresas productivas (British Petroleum, Amoco, etc.).

**TABLA II.2**  
**CARACTERISTICAS DE TIPOS DE TECNOLOGIAS DE ACUERDO A GIRAL Y GONZALEZ (1980)**

CARACTERISTICA	TECNOLOGIA DE EQUIPO	TECNOLOGIA DE PRODUCTO	TECNOLOGIA DE PROCESO	TECNOLOGIA DE OPERACION
1. Ejemplos de Grupos Industriales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conversión de plásticos.</li> <li>- Textil.</li> <li>- Holera.</li> <li>- Fabricación de formas farmacéuticas.</li> <li>- Empaque y alimentos.</li> <li>- Películas.</li> <li>- Troquelado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agroquímicos.</li> <li>- Colorantes y pigmentos.</li> <li>- Ingredientes farmacéuticos.</li> <li>- Aditivos hule y textil.</li> <li>- Sales inorgánicas.</li> <li>- Metal-mecánica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Refinación.</li> <li>- Petroquímica.</li> <li>- Polímeros (hule, plásticos, películas, fibras).</li> <li>- Fertilizantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minería y metalurgia.</li> <li>- Ácidos inorgánicos.</li> <li>- Electroquímica.</li> <li>- Jabones y detergentes.</li> </ul>
2. Desarrollo de la tecnología original.	Por el fabricante del equipo y el proveedor de materia prima	Por el fabricante del producto.	Por firmas de ingeniería (y por los fabricantes).	Evolución en periodo largo. Mezcla de varios.
3. Protección y/o disponibilidad de la tecnología	Disponible con la compra del equipo y/o la materia prima, usualmente con pago implícito en la compra global.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Patentes.</li> <li>- Marcas registradas.</li> <li>- Poco licenciamiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mucho licenciamiento.</li> <li>- Flexibilidad en el nivel.</li> <li>- Importancia de saber negociar.</li> </ul>	Fundamentalmente "know-how".
4. Mecanismos de la transferencia de la tecnología.	- Instructivo de uso del equipo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condiciones de uso de las materias primas.</li> <li>- Parámetros fisicoquímicos.</li> <li>- Cinética de la reacción.</li> <li>- Manual del proceso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manual del proceso.</li> <li>- Manual de la planta.</li> <li>- Diseño del equipo.</li> <li>- Cálculos.</li> <li>- Manual de operación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manual de la planta.</li> <li>- Diseño del equipo.</li> <li>- Manual de operación.</li> <li>- Trucos de operación.</li> <li>- Expertos.</li> </ul>
5. Adaptabilidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso directo del equipo.</li> <li>- Simplificación de controles.</li> <li>- Sustitución de operaciones automáticas por manuales.</li> <li>- Especificaciones mínimas adecuadas.</li> <li>- Diseño de nuevos productos idóneos para México.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procesos "batch" con varias fases y cambios de fases.</li> <li>- Procesos y temperaturas moderadas.</li> <li>- Adaptación de la reacción para simplificar la separación.</li> <li>- Racionalización de procesos alternos patentados para llegar a productos análogos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procesos continuos.</li> <li>- Presiones y temperaturas elevadas.</li> <li>- Nivel alto de optimización</li> <li>- Separación 80% del costo de inversión y operación (excluye materias primas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procesos y equipos muy estudiados.</li> <li>- Relativamente más fáciles que el Grupo III.</li> <li>- Disponibilidad de materias primas.</li> </ul>

### II.2.3 TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA

El concepto "transferencia de tecnología" ha sido ampliamente estudiado debido a su relación con los conceptos desarrollo tecnológico, independencia tecnológica, autodeterminación tecnológica, desarrollo económico y subdesarrollo. Debido a esta importancia y a las implicaciones políticas, económicas y sociales para el receptor, es difícil encontrar una definición que incluya todos estos efectos. Por lo que se propone utilizar una definición sencilla, en la cual la transferencia de tecnología puede ser vista como un procedimiento por el cual los conocimientos para un proceso productivo pasan de una esfera de dominio a otra (Giral y González, 1980). Este procedimiento puede ser descrito como un proceso, el cual de acuerdo a la Gestión de Tecnología está formado por las siguientes etapas:

- (1) Detección de la necesidad de tecnología a partir de la estrategia tecnológica de la empresa.
- (2) Definición del proyecto.
- (3) Obtención y análisis de información técnica.
- (4) Contacto inicial con oferentes y visitas.
- (5) Diseño del Programa de Asimilación.
- (6) Evaluación, negociación y decisión (contrato).
- (7) Adquisición de acuerdo al programa.
- (8) Adaptaciones (arranque) y operación.
- (9) Asimilación.

### II.2.4 ASIMILACION DE TECNOLOGIA.

La asimilación de tecnología es un proceso de aprovechamiento racional y sistemático del conocimiento relacionado con una tecnología en uso. La profundización de este conocimiento incrementa las posibilidades de obtener el óptimo aprovechamiento de dicha tecnología. Esta función de la Gestión de Tecnología tiene como objetivos centrales mejorar la competitividad y lograr la capacidad de generar mejoras que incrementen la calidad y la productividad.

El concepto de Asimilación de Tecnología ha tenido difusión en la Industria de Transformación tanto en el sector público como en el privado, sin embargo, su aplicación mediante programas de asimilación no han sido llevados a la práctica en forma sistemática, por lo que las bondades que esta función tiene no han sido debidamente apreciadas. La Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal (SEMIP, 1987) y Giral et al (1988) presentan un análisis más detallado de esta función, y proponen modelos para su aplicación y diagnóstico. Con propósitos introductorios es importante considerar que un programa de asimilación debe estar

formado fundamentalmente por tres actividades: (1) Documentación, (2) Capacitación, y (3) Actualización (en algunas de las presentaciones se incluye una cuarta actividad, "Difusión"). Estas actividades son independientes, pero se encuentran interrelacionadas ya que son parte del proceso de enseñanza-aprendizaje.

### 11.2.5 PAQUETE TECNOLÓGICO.

Es el conjunto de conocimientos empíricos o científicos, nuevos o copiados, de acceso libre o restringido, jurídicos, comerciales o técnicos, necesarios para producir un bien o servicio (Cadena et al, 1986). Nótese que este concepto es más amplio que el de "tecnología", por lo que es importante establecer que documentos conforman este paquete.

Un paquete tecnológico completo es equivalente a un proyecto "llave en mano", y está formado por la siguiente información y servicios.

- Paquete de Ingeniería Básica.
- Paquete de Ingeniería de Detalle.
- Servicios de revisión de ingeniería de detalle.
- Servicios de asistencia en arranque y pruebas de garantía.
- Servicios de capacitación.
- Servicios de procuración de equipo y materiales.
- Servicios de Expedición.
- Servicios de Inspección.
- Construcción.

### 11.2.6 PAQUETE DE INGENIERIA BASICA

Lo que normalmente se busca en la transferencia de tecnologías de proceso es el Paquete de Ingeniería Básica, que consiste en un conjunto de documentos (diagramas, datos, tablas, etc.) que permiten el posterior desarrollo de la Ingeniería de Detalle. La información contenida en estos documentos permite la visualización general de la planta en cuestión, pero no proporciona una información completa de los equipos.

Aunque todas las firmas de Ingeniería (o tecnólogos) están de acuerdo en la distinción conceptual entre Ingeniería Básica e Ingeniería de Detalle, cada una de ellas establece normalmente un alcance diferente para el paquete de Ingeniería Básica. Por lo que es importante, cuando se están evaluando diferentes alternativas tecnológicas, establecer con claridad el alcance de los servicios requeridos. Como

referencia, a continuación se presenta una lista de los documentos que normalmente forman parte del paquete de ingeniería básica, y en el Anexo "A" se presenta su descripción.

- (1) Bases de diseño.
- (2) Criterios de diseño.
- (3) Descripción del proceso.
- (4) Lista de equipo.
- (5) Balance de materia y energía.
- (6) Información complementaria (datos de proceso para diseño de tubería e instrumentos).
- (7) Requerimientos de servicios auxiliares y agentes químicos.
- (8) Diagramas de flujo de proceso.
- (9) Diagramas de balance de servicios auxiliares.
- (10) Hojas de datos de equipo de proceso.
- (11) Diagramas de tubería e instrumentación de proceso.
- (12) Diagramas de tubería e instrumentación de servicios auxiliares.
- (13) Lista de líneas de proceso.
- (14) Plano de localización general de equipo.
- (15) Diagrama de tuberías e instrumentación de desfogue.
- (16) Índice de servicios.
- (17) Índice de instrumentos.
- (18) Diagramas de instrumentación.
- (19) Hojas de datos para instrumentos.
- (20) Hojas de especificación de instrumentos.
- (21) Hojas de datos de válvulas de seguridad.
- (22) Hojas de datos de válvulas de control.
- (23) Sumario de alarmas, paros y arranques.
- (24) Circuitos lógicos de control.
- (25) Bases de diseño y requerimientos para el cuarto de control.
- (26) Filosofías básicas de operación.
- (27) Planos de notas generales, leyendas y símbolos.
- (28) Especificaciones generales y prácticas de ingeniería.

## II.2.7 PAQUETE DE INGENIERIA DE DETALLE.

Es una etapa del proyecto en donde se desarrollan los planos e información que sirven para definir cómo se construye la planta, así como las instalaciones auxiliares requeridas, con lo que se logra un conocimiento amplio del funcionamiento de la planta. Dicha documentación puede ser agrupada dentro de las siguientes especialidades:



- (1) Ingeniería de Sistemas.
- (2) Ingeniería de Control.
- (3) Ingeniería de Diseño de Cambiadores de Calor.
- (4) Ingeniería de Diseño de Hornos.
- (5) Ingeniería de Diseño Mecánico de Equipo Dinámico.
- (6) Ingeniería de Diseño Eléctrico.
- (7) Ingeniería de Tuberías.
- (8) Ingeniería de Diseño Mecánico de Recipientes.
- (9) Ingeniería de Diseño de Análisis de Esfuerzos.
- (10) Diseño Arquitectónico.
- (11) Ingeniería de Diseño Civil.

En el Anexo "B" se describen las actividades e información que normalmente son desarrolladas por las diferentes especialidades para proyectos nuevos de Plantas Industriales de Proceso.

#### II.2.8 SERVICIOS DE SOPORTE TECNICO.

En la ejecución de un proyecto industrial, además de la Ingeniería Básica y de Detalle, se requieren de una serie de servicios técnicos para garantizar el buen funcionamiento de la planta futura. Estos servicios se muestran en la Tabla II.3, en donde además se indica la entidad que normalmente proporciona estos servicios. Una descripción de los alcances de los servicios de soporte técnico se presenta en el Anexo "C".

**TABLA II.3  
SERVICIOS DE SOPORTE TECNICO**

Servicio	Ejecutante
1. Revisión de Ingeniería de Detalle.	Licenciador de Ingeniería Básica.
2. Asistencia en arranque y pruebas de garantía.	Licenciador de Ingeniería Básica.
3. Capacitación.	Licenciador de Ingeniería Básica y/o Contratistas.
4. Procuración de equipo y materiales.	Ejecutor de la Ingeniería de Detalle y/o Contratistas.
5. Expedición.	Ejecutor de la Ingeniería de Detalle y/o Contratistas.
6. Inspección.	Ejecutor de la Ingeniería de Detalle y/o Contratistas.

## II.2.9 TIPOS DE TRANSACCIONES DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA.

Las empresas de países en desarrollo así como de otros países, compran tecnología en forma general de dos maneras: directamente, mediante contratos con empresas de países avanzados que utilizan los procesos en su propia producción, e indirectamente, incorporada en los "productos" de fabricantes de máquinas, de empresas de estudios técnicos o de otras empresas análogas. Por lo tanto, en una clasificación general de las transacciones de transferencia de tecnología se pueden establecer por lo menos dos categorías principales (UNCTAD, 1980):

- Compras de tecnología a proveedores que la venden incorporada en su producto;
- Compras de tecnología a proveedores que la utilizan en su propia producción.

La primera categoría de transacciones es más complicada que lo que parece a primera vista, por lo que es conveniente dividirla en dos subcategorías: (a) Transacciones simples y directas de tecnología, y (b) transacciones de transferencia global de procesos de producción.

La segunda categoría general de transacciones coincide aproximadamente con la de las transferencias contractuales de tecnología. Son generalmente transacciones que entrañan acuerdos de concesión de licencias, muy a menudo la participación del proveedor de tecnología en el capital social, y también generalmente algún control permanente por parte del proveedor. Se les ha calificado acertadamente de transacciones de transferencia "global" de proyectos, y en ellas el proceso, la técnica y las contrataciones necesarias para la instalación constituyen un bloque; el cual es al mismo tiempo parte de otro bloque mayor que contiene la participación del proveedor en el capital social y/o diversos tipos de control permanente de la gestión, así como acuerdos acerca del suministro de materiales, insumos y asistencia técnica. En este tipo de transacciones la forma cómo se adquiere la tecnología define la forma de administrar el proyecto y puede presentar repercusiones a lo largo de toda su vida.

Resumiendo este análisis, se puede establecer que las transacciones pueden clasificarse en:

- a) Transacciones directas simples.
- b) Transacciones de transferencia global de procesos de producción.
- c) Transacciones de transferencia global de proyectos.

Las transacciones de la tercera categoría de esta nueva clasificación se diferencian de las otras dos, en que en ellas se compra la tecnología a una empresa que la utiliza en su propia producción. No obstante, la clasificación principal se hace ahora con arreglo a la naturaleza y al grado más o menos global de la transferencia objeto de las transacciones. En el área de refinación y petroquímica, las transacciones que normalmente se realizan corresponden a las clasificaciones (b) y (c).

A continuación se presenta una breve descripción de cada una de las diferentes transacciones.

**(a) Transacciones directas simples.**

Las transacciones directas simples son las más fáciles de realizar su seguimiento. Estas se caracterizan por que no existen operaciones globales, se conoce directamente el precio de cada componente, y la fijación de precios sigue el comportamiento de un mercado tipo oligopolio.

**(b) Transacciones de transferencia global de procesos de producción.**

Este tipo de transacciones de transferencia (presentes en proyectos de refinación y petroquímica) pueden ir desde instalaciones de producción totalmente integradas entregadas llave en mano hasta simples procesos, pasando por líneas de producción, siendo éstas las más comunes en la industria de transformación. Los principales inconvenientes de las transferencias globales de procesos de producción son los siguientes:

- (1) Reducen la competencia porque tienden a concentrar las ventas de equipo, estudios, etc., en manos de un número relativamente pequeño de empresas contratistas. En algunas industrias, el mercado internacional está dominado por un número muy pequeño de contratistas importantes.
- (2) No permiten a los compradores aprovechar plenamente la competencia entre los proveedores independientes para montar una instalación técnicamente eficiente al costo más bajo (en la que en algunos casos pueden utilizarse combinaciones de factores de producción diferentes, más apropiados que los de cualquiera de los procesos globales que se ofrecen en el mercado).

- (3) Reducen las oportunidades de recurrir a las empresas locales de ingeniería y a los fabricantes locales de bienes de capital, con lo que, para los proveedores locales de tecnología, la adquisición de conocimientos por la práctica puede no alcanzar el nivel que sería conveniente desde el punto de vista nacional.

Estos inconvenientes hacen que interese separar los diversos elementos de la tecnología transferida, es decir, aumentar la proporción de transacciones directas simples. Sin embargo, no solo tiene ventajas sino que también entraña costos, y hasta ahora no se han estudiado suficientemente hasta qué punto las ventajas compensan los costos.

Es probable que las empresas del sector privado tengan a este respecto una opinión distinta a la de los organismos gubernamentales: los costos y los beneficios privados de la separación de los elementos de la tecnología transferida serán diferentes de los costos y beneficios sociales. Por lo general, la evaluación social llevará a una mayor separación de los elementos que la evaluación privada. Muchas de las ventajas de tal separación, particularmente la formación de técnicos que con esto se logra, no benefician en el corto y mediano plazo a las empresas privadas que compran la tecnología. Además, las transacciones directas simples presentan a veces riesgos mayores, y las empresas privadas pueden mostrarse más reacias que los gobiernos a correr esos riesgos (debido principalmente por los costos de dilución de responsabilidad que esto puede implicar).

(c) **Transacciones de transferencia global de proyectos.**

Las transacciones de transferencia global de proyectos (presentes en los proyectos de refinación y petroquímica) han sido ampliamente estudiadas y en muchos países en desarrollo constituyen la principal preocupación de las administraciones. En este tipo de transacciones la tecnología se obtiene de una empresa que la utiliza en su propia producción, es decir, esencialmente de un competidor o de una empresa que actúa como subcontratista internacional. Inevitablemente, las transacciones de este tipo son restrictivas.

Por su propia naturaleza, las transacciones de transferencia global de proyectos tienden a concertarse mediante negociaciones y regateos. Se suelen celebrar en circunstancias como las siguientes:

- (1) La empresa local que trata de concertar un acuerdo de licencia se interesa principalmente por las excepcionales ventajas de mercado que puede proporcionarle ese acuerdo. Desde el punto de vista de los compradores, son relativamente pocos los proveedores que pueden ofrecer tales ventajas.
- (2) Los proveedores desean normalmente limitar, en cada mercado nacional, la difusión de las innovaciones que han introducido en el proceso de producción, ya que el valor comercial de la innovación se reduce al ser de más fácil acceso.

Estas circunstancias hacen que las negociaciones se celebren entre un solo comprador y un solo vendedor. Por consiguiente, la mayoría de los sistemas administrativos establecidos para "controlar" las transacciones de transferencia de tecnología han sido concebidos para influir en las negociaciones (en favor de los intereses nacionales de los países en desarrollo). Pero hay otros tipos de transacciones que también se hacen mediante negociaciones y regateos, tal es el caso de las transacciones de transferencia global de procesos de producción, particularmente para la entrega de plantas "llave en mano". Así pues, la negociación es un medio corriente de fijar el precio en estos mercados; sólo en el caso de las transacciones directas simples predominan los mercados relativamente abiertos.

#### II.2.10 COSTO DE ADQUISICION DE LA TECNOLOGIA

Los costos involucrados en la transferencia de tecnología pueden ser explícitos o implícitos y pueden clasificarse en seis rubros principales:

##### Costos explícitos:

- (1) Pagos por el derecho a utilizar patentes, licencias, conocimientos técnicos y marcas;
- (2) Pagos por la información y los conocimientos técnicos necesarios en todas las fases, desde la pre-inversión hasta la producción, pasando por la inversión;

##### Costos implícitos:

- (3) Aumento de los precios de los insumos de productos intermedios, algunos de los cuales pueden no tener precio de mercado;

- (4) Pagos por concepto de los beneficios obtenidos con la capitalización de los conocimientos técnicos, mediante la adquisición de una participación en el capital social que sustituya o complemente otros medios de pago por la transferencia de tecnología, en cuyo caso los dividendos devengados por esa participación son en parte pagos por la tecnología transferida;
- (5) Pagos consistentes en parte de los beneficios repatriados por las filiales de capital totalmente extranjero o por las empresas mixtas cuando no se han estipulado disposiciones expresas sobre los pagos por transferencia de tecnología;
- (6) Pagos por los bienes de capital y otros equipos técnicos importados cuyos precios incluyen normalmente el costo de la tecnología, el cual es normalmente evaluado por los exportadores (UNCTAD, 1979).

Todos estos son costos monetarios que pueden ser evaluados, aunque en algunos casos ello sea difícil. También hay costos de oportunidad que son todavía más difíciles de calcular. Por ejemplo, los costos sociales debidos a la transferencia de tecnología inadecuada, insuficiente o tardía o a la "no transferencia", que se produce cuando un inversionista extranjero monta una fábrica en un país pero la tecnología utilizada no se transfiere efectivamente a los nacionales de ese país, lo que es frecuente.

Los costos explícitos son relativamente fáciles de calcular. Por lo general las regalías, que se analizan más adelante, constituyen el elemento principal. Los costos explícitos son aquellos que se indican expresamente en los contratos de transferencia o que se reflejan en los pagos efectivos.

Los costos implícitos son mucho más difíciles de calcular, y a menudo son incluso difíciles de descubrir. Los precios elevados de los insumos obtenidos del proveedor de tecnología son resultado de su posición monopolística y son iguales a la diferencia entre los precios fijados por el proveedor y los precios del mercado libre. Esta fijación de los precios de transferencia constituye uno de los aspectos de la contabilidad de las transferencias, es decir, toda la serie de prácticas contables que entrañan la asignación arbitraria de los asientos contables en la cuenta de ganancias y pérdidas de una empresa a fin de reducir al mínimo los pagos de impuestos. Toda empresa puede proceder a esa asignación, pero las empresas internacionales se hallan en mejor posición para hacerlo, puesto que pueden distribuir los costos y beneficios entre las filiales y la empresa matriz con relativa facilidad. La fijación de los precios de transferencia es una de las principales razones de los costos implícitos de transferencia indicados anteriormente.

## II.2.11 PAGOS POR LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA.

En líneas generales, se plantean cuatro problemas en relación con los métodos de remuneración de los asociados extranjeros por sus servicios de gestión, sus servicios técnicos y sus servicios consultivos: 1) la necesidad de pagar servicios de gestión y de otra índole al asociado extranjero cuando se trata de una empresa mixta; 2) las formas de pago y la conveniencia de negociar unos pagos globales en vez de una serie de pagos correspondientes a los distintos servicios, incluso el pago de primas de rendimiento; 3) la remuneración implícita cuando los agentes también son proveedores, y 4) la adecuación del pago por ciertos tipos de servicios, en especial los salarios del personal proporcionado por la empresa extranjera encargada de la gestión del proyecto, los pagos por la obtención de licencias, marcas comerciales, etc.

En las negociaciones sobre los pagos, el procedimiento apropiado, aunque en un comienzo tal vez no sea el procedimiento ideal, es desglosar los costos de todos los insumos comprados y negociar la remuneración que debe pagarse por cada uno separadamente. En la práctica, esto puede dar una ventaja al negociador extranjero y permitirle aumentar más fácilmente su remuneración total. Pero, si los negociadores no conocen en términos razonablemente exactos la naturaleza, el alcance y el valor de los servicios que requieren, se encontrarán de todas maneras en situación de desventaja. Además, particularmente cuando las negociaciones abarcan tanto la tecnología como otros elementos, se deberán conocer desde un comienzo los beneficios que trata de obtener el vendedor. Los pagos por concepto de tecnología (que para estos fines deben distinguirse de los pagos por concepto de otros bienes y servicios) pueden dividirse en tres grandes categorías, aunque en la práctica un acuerdo puede entrañar una combinación de las tres: sumas globales (o cantidad fija), regalías y pagos por servicios técnicos.

### (1) Sumas Globales.

Las sumas globales se calculan, por definición, por adelantado, aunque la suma convenida puede pagarse en varios plazos. Este método puede convenir cuando se desea obtener la tecnología mediante una compra directa y en una sola operación, y no se espera obtener más información posteriormente. También puede ser el medio de obtener información sobre un proceso patentado, conocimientos técnicos que no están patentados pero que puede obtenerse en una determinada fuente en condiciones razonables, diseños o especificaciones. Se supone que el receptor está en condiciones de efectuar todas las demás operaciones requeridas para producir y comercializar el producto. Otra ventaja es que no se impone al receptor ninguna otra

condición en lo que se refiere al uso, la difusión y la adaptación de la tecnología adquirida.

**(2) Regalías.**

Las regalías pueden pagarse como porcentaje del valor de las ventas, independientemente si la tecnología consiste en conocimientos técnicos, utilización de equipos, procesos o productos patentados.

La base de los cálculos de las regalías es frecuentemente el valor en fábrica del total de las ventas. Otra posibilidad es que las regalías sean función del valor bruto de la producción. También pueden basarse en el valor neto de la producción (valor agregado). Si por ejemplo la tasa de las regalías fuera el 5% de las ventas o del valor bruto de la producción, corresponderá a un porcentaje más elevado del valor neto. La razón para tomar como base el valor agregado es que éste constituye un indicador de la contribución hecha por la tecnología adquirida.

En periodos de inflación, tanto si las regalías se basan en las ventas o en el valor agregado, los pagos aumentarán a medida que los precios suban, independientemente cual sea la contribución hecha por la tecnología. Esto parece indicar que la producción material es una base mejor para calcular las regalías. Ahora bien, lo más importante es que, cualquiera que sea la base de cálculo, un porcentaje como tal no significa nada. Es preciso determinar la carga total que representan los pagos a lo largo del tiempo y fijar el precio en función de las condiciones existentes. No existen fórmulas sencillas. A menudo se fijan las regalías conforme a una escala progresiva durante el plazo de vigencia del acuerdo, puesto que normalmente la producción, las ventas y las utilidades suelen ser más bajas en el período inicial. Si un acuerdo sobre tecnología no comprende sólo la venta de tecnología, por ejemplo cuando el vendedor también se interesa de alguna manera en el negocio, y si se desea promover las exportaciones, puede ser conveniente fijar regalías diferenciales estableciendo una tasa más alta para las exportaciones.

Cuanta más información pueda tener el concesionario de la licencia acerca de las regalías pagadas en otros países, más fuerte será su posición en las negociaciones, pero para que la comparación sea útil, es preciso disponer de datos completos sobre la base del cálculo de tales regalías.



A menos que se requiera asistencia técnica, todos los pagos son simplemente contribuciones a los gastos generales ya efectuados o a los gastos de los trabajos de investigación y desarrollo técnico en curso. Siempre que sea posible, se debe tratar de establecer una relación entre las regalías y la tecnología específica suministrada, puesto que procediendo así resulta a menudo más fácil limitar las regalías y evitar el compromiso ilimitado que entrañan los pagos consistentes en un porcentaje de las ventas.

### (3) Pagos por servicios de soporte técnico.

Los pagos por servicios técnicos incluidos en una transferencia de tecnología deben de considerarse independientemente de los pagos por concepto de tecnología, y estos incluyen capacitación (bien en las instalaciones del licenciataria, bien en las del concesionario), servicios de expertos para arranque, servicios de expertos que prestan asistencia en la creación de departamentos de investigación y desarrollo técnico, servicios de procura, etc.

Los pagos por servicios técnicos se reducen a la remuneración del personal extranjero, y su cálculo debe basarse en el número de horas convenida para esos servicios. El monto de los honorarios (por hora, por día o por mes) tendrá que ser función de la remuneración normal del personal, junto con una asignación por costo de vida local, menos los servicios que se proporcionen gratuitamente, tales como vivienda, servicios médicos, etc.

## II.2.12 ALTERNATIVAS DE FORMAS DE PAGO.

Las formas típicas de pago se basan fundamentalmente en fijarle un valor a la tecnología mediante los criterios ya mencionados, es decir, por un pago o cantidad fija (suma global), o mediante pagos continuos. En este último caso, a menudo la fórmula se determina de acuerdo a un total estimado.

Es conveniente tener una política definida en cuanto a la fórmula de pago a proponer para la negociación con los proveedores. Esto es considerando que es el proveedor el que trata de imponer una forma y monto determinado, dado que se puede retribuir la tecnología tanto en pagos continuos (regalías) como en pagos fijos o combinaciones entre ambos. Se recomienda que si la tecnología es de producto, o si ésta misma requiere intensamente de servicios técnicos y/o sufre modificaciones continuas, conviene usar fórmulas de pago continuos o regalías. Si se trata de adquisición de tecnología de proceso y si conviene a los planes o programas

financieros del proyecto, se recomienda negociar en cantidades fijas (lump-sum payment, costo tecnológico unitario \$/ton/año, etc.).

Aunque en el punto II.2.11 se describió en forma general las diferentes alternativas de pago, así como sus ventajas y desventajas, se consideró conveniente presentar en forma más concreta las distintas fórmulas de pago usadas en la transferencia de tecnología (Giral y Nieto, 1979). Estas se presentan a continuación:

**(1) Cantidad fija (suma global).**

En esta forma se fija un valor por el uso de los conocimientos técnicos básicos o por la licencia objeto del contrato (patentes, know-how, etc.). Los pagos pueden hacerse de una sola exhibición o en varias, de acuerdo a un programa acordado entre las partes. Existen además otras modalidades en pagos fijos para retribuir la adquisición de tecnología, las cuales se describen a continuación:

- (a) Pago fijo en función de la capacidad instalada o en función de la capacidad aprovechada sobre la capacidad instalada. Normalmente estos pagos se hacen de una sola exhibición, como regalía totalmente pagada por el derecho al uso de la tecnología en cuestión para una cierta capacidad de producción. Las modalidades pueden ser:
- (a.1) Pago total por una determinada capacidad instalada anual, el cual puede expresarse en \$ / (ton/año); \$ / (ft<sup>3</sup>/año); etc.
- (a.2) Pagos en función de volúmenes producidos, o sea, se paga una cantidad fija (X) por cada unidad producida. Por ejemplo: \$/lb, \$/ton, \$/barril, etc., producidos en cada año.
- (a.3) Pago por el derecho total liquidado para usar la tecnología necesaria para producir cierto volumen de capacidad de producción. Esta forma suele escalarse como sigue:
- Sobre las primas (X) ton/año de capacidad instalada, se pagarán (A) \$/ton/año.
  - En el año en que se produzcan excedentes de (X) ton/año, hasta (Y) ton/año, se pagarán (B) \$/ton/año.
  - Consecuentemente, si se producen excedentes de (Y) ton/año se pagarán (C) \$/ton/año.

Cabe aclarar que si en un momento dado se ha pagado hasta una capacidad (Y), el adquiriente tiene derecho a producir indefinidamente hasta la capacidad (Y), sin pagar regalías. Normalmente  $A > B > C$ .

- (b) Cantidad fija anual en un período de vigencia. Esta fórmula solo se utiliza cuando se tiene una estimación confiable del volumen anual aproximado de ventas y de utilidades, o cuando se le fija un valor total (en valor presente) a la tecnología y se desea cubrir su importe en anualidades.
- (c) Otra modalidad para retribuir el costo de la tecnología, es mediante la cesión o intercambio de acciones de capital social. En este caso se le da un valor a la tecnología y sobre éste se compensa al licenciante con el equivalente en acciones. Este tipo de transacciones permite que el licenciante opte por proporcionar la tecnología más eficiente y actual, aportará continuamente las innovaciones sobre dicha tecnología y le aportará además el atractivo de obtener utilidades. Para el licenciario, además de tener la oportunidad de adquirir tecnología competitiva y de estar en posibilidades de incorporar desarrollos tecnológicos nuevos, dejará de desembolsar al principio grandes sumas, lo cual favorece directamente al flujo de efectivo y al costo de financiamiento.

## (2) Pagos continuos.

El pago continuo de regalías tiene las siguientes modalidades:

- (a) Pago de regalías sobre ventas anuales. Este porcentaje puede ser fijo o variable. Si es variable puede darse en función de distintos parámetros, por ejemplo: Regalías en función del tiempo y escalado contra volúmenes variables de ventas. (Para un volumen anual de ventas (A), se pagará el (X%); para un volumen que exceda de (A), pero inferior a (B), se pagará el (Y%); y sobre cualquier volumen que excede de (B), se pagará el (Z%). Siendo  $Z < Y < X$  )
- (b) Pago de regalías sobre ventas en función de volúmenes de producción durante un período fijo de tiempo: se pagará el (X%) sobre un volumen de producción (A) (tons, kgs, lbs, barriles, etc.); sobre el excedente de (A), hasta un volumen (B), se pagará el (Y%) y sobre el volumen que exceda de (B), se pagará el (Z%). Siendo  $Z < Y < X$  .

- (c) Pago de regalías sobre ventas en función del tiempo de vigencia del contrato. Ejemplo: El (X%) durante los primeros (N) años, el (Y%) durante los siguientes (P) años y el (Z%) en los posteriores años de vigencia del contrato. Siendo  $Z < Y < X$ .
- (d) Igual al punto anterior solo que  $Z > Y > X$ . Esta forma puede favorecer al comprador o adquiriente, si se considera que de acuerdo al flujo de efectivo, resulta una carga más fuerte para el adquiriente si tiene que pagar más regalías en los primeros años de vigencia.

**(3) Pagos combinados.**

Las formas más comunes se presentan a continuación:

- (a) Un pago fijo al momento de revelar la tecnología o para cubrir el costo de la elaboración de la información técnica básica y un pago continuo de regalías como retribución por los derechos adquiridos, así como por el suministro continuo de información técnica y asistencia técnica.
- (b) Pago de regalías sobre ventas netas con limitación sobre utilidades y/o de acuerdo a montos máximos. O sea, se establece un porcentaje de regalías (X%) cuyo monto resultante anual no debe ser mayor al (Y%) del monto de utilidades en ese mismo año, donde (Y) es del orden del 15 al 30%. Además a la misma fórmula suele agregarse un monto límite anual o total, este último es independiente del tiempo de vigencia.

**(4) Regalías mínimas.**

Esta forma de pago incluye: un pago continuo de regalías, ya sea como porcentaje de ventas o de volumen de producción anual, además, una cantidad fija anual como mínimo, independientemente del volumen de producción o de ventas. Esta forma le proporciona confianza al licenciante, sobre todo cuando tiene dudas o desconfianza respecto a las operaciones futuras del licenciatario o incertidumbre sobre incrementos substanciales en la producción y ventas anuales. Sin embargo, esta forma puede ser perjudicial para el licenciatario, si se presenta un retraso en la puesta en marcha de la planta; si por efectos adversos del mercado o alzas inesperadas en los costos de los insumos no se alcanza el nivel esperado de ventas para cubrir la regalía mínima, entonces se incurre invariablemente en pérdidas para el adquiriente.

**(5) Pagos por servicios de soporte técnico.**

A menudo el mismo contrato incluye el suministro de servicios técnicos prestados por personal del licenciador, ya sea para entrenamiento de personal o para proporcionar ayuda al licenciataro durante la instalación, puesta en marcha y operación normal de la planta o aún durante la vigencia del contrato para resolver problemas de operación, de control de calidad, etc. La retribución en este caso se cubre de acuerdo a una tabulación específica, negociada entre las partes contratantes sobre la base de hora-hombre, de acuerdo al rango, jerarquía y especialización de los técnicos que prestarán dicha asesoría. Es oportuno indicar que conviene aclarar con el licenciador, si los montos por hora-hombre incluyen lo siguiente: gastos indirectos de administración, prestaciones sociales, impuestos, utilidades de licenciador, seguro, etc. Así también, se deberá aclarar si el costo de hora-hombre incluye gastos de viaje y viáticos.

### II.3 CONCEPTOS ECONOMICO-FINANCIEROS.

Un aspecto que tradicionalmente se ha considerado como el más importante en la evaluación de proyectos es la evaluación económica o financiera, por lo que es conveniente definir los conceptos que giran alrededor de ésta, así como los criterios de rentabilidad financiera que normalmente son utilizados para la definición de la viabilidad de un proyecto y la toma de decisiones. Existe una gran variedad de fuentes de información en esta área, sin embargo, éstas no presentan una distinción clara entre los criterios o conceptos económicos o financieros. Por tal motivo, en este trabajo se presentan los conceptos sin hacer énfasis si éstos son económicos o financieros.

En su concepción básica, la evaluación económico-financiera mide la rentabilidad de un determinado proyecto, para así tomar la decisión sobre la conveniencia de ejecutarlo. Normalmente el proyecto no se evalúa en forma aislada, ya que su análisis tiene que basarse en una comparación con respecto a la utilidad que el capital podría generar al ser invertido en un uso alternativo. Entre los criterios más utilizados en este tipo de evaluación se tienen: flujo de efectivo descontado, valor actual neto, tasa interna de retorno, etc.

Otra aplicación de la evaluación económico-financiera es la de comparar u ordenar diferentes proyectos de inversión en función de su rentabilidad. Se puede tener por ejemplo un grupo de proyectos los cuales han mostrado ser rentables, en estas situaciones, la evaluación financiera nos ayudaría a seleccionar aquellos proyectos que se pueden ejecutar dentro de los límites de capital que está disponible (Navarro, 1993).

Como es de suponerse, la evaluación económico-financiera es uno de los principales aspectos que deben ser considerados en la evaluación de alternativas tecnológicas en proyectos de inversión de plantas de Refinación o Petroquímicas. Es por este motivo que a continuación se describen los conceptos más importantes, así como los criterios de rentabilidad comúnmente utilizados.

#### II.3.1 VALOR DEL DINERO A TRAVES DEL TIEMPO.

Las técnicas principales para evaluar el valor del dinero a través del tiempo utilizan conceptos tales como interés compuesto, interés simple, flujo de efectivo o de fondos, etc. La palabra interés significa la renta que se paga por utilizar dinero ajeno o bien, la renta que se gana por invertir dinero.

La diferencia fundamental entre el interés simple y el interés compuesto estriba en el hecho que cuando se utiliza compuesto, los intereses a su vez generan intereses, mientras que cuando se usa interés simple, los intereses son función únicamente del capital original, el número de periodos y la tasa de interés (en la práctica, el interés compuesto es el más utilizado en las evaluaciones financieras (Coss, 1986)). Las ecuaciones para determinar el interés simple y compuesto se presentan a continuación:

Interés simple:

$$VF = P(1 + nk)$$

Interés compuesto:

$$VF = P(1+k)^n$$

donde;

P = Valor presente del dinero.  
 k = Tasa de interés del dinero.  
 n = Número de años.  
 VF = Valor futuro del dinero.

### 11.3.2 FLUJO DE EFECTIVO.

El flujo de efectivo se define como la diferencia algebraica de las entradas netas y desembolsos netos que resultan de las entradas y los desembolsos ocurridos en un mismo período de interés (Tarkin, 1978). El flujo de efectivo de cualquier proyecto comprende:

- La salida de efectivo inicial (incluyendo el capital de trabajo).
- Las entradas o salidas netas (ganancia o pérdida neta más intereses, así como los gastos que no se hacen en efectivo, como es la depreciación).
- El momento en que ocurren los flujos netos subsecuentes.
- El valor de rescate del proyecto después del pago de impuestos (incluyendo la liberación del capital de trabajo).
- La fecha de terminación.

Hay que distinguir entre los diversos flujos de efectivo asociados con el desembolso original, con las entradas y salidas subsecuentes y con el valor de rescate, porque cada uno se calcula de forma ligeramente distinta. El desembolso original es la salida típicamente más importante. Refleja el dinero que se gasta normalmente para adquirir el activo o iniciar el proceso de inversión.

El valor de rescate representa la entrada de efectivo, después del pago de impuestos, que refleja el dinero que genera la venta del activo. Si la venta genera efectivo en varios periodos, el ingreso se debe reflejar en aquellos en que se reciba realmente.

El flujo neto subsecuente de un proyecto de inversión de capital es el ingreso que genera (entrada bruta) menos todos los gastos en efectivo, excluyendo el interés que se paga por el capital que se obtiene para financiar el proyecto y las deducciones aplicables, ya que el interés es un gasto deducible de impuestos.

Un flujo neto subsecuente típico serían las ventas netas atribuibles al proyecto, menos todos los gastos en efectivo que no provengan de las operaciones (excluyendo el interés y las deducciones del impuesto que sean aplicables) y menos los gastos en efectivo de operación, como son el costo de artículos que se vendan, los gastos de venta y administrativos y los impuestos que se paguen (excluyendo la depreciación que no es un gasto en efectivo).

Es muy importante notar que en cada año, desde la iniciación del proyecto hasta su terminación, habrá un flujo neto que quizá varíe de un año a otro y podrá ser positivo (entrada neta) o negativo (salida neta). En todos los proyectos ordinarios habrá una salida neta de efectivo relacionada con la compra inicial e instalación del equipo, y con la puesta en marcha del proyecto.

### II.3.3 CRITERIOS PARA LA EVALUACION ECONOMICO-FINANCIERA.

Existen reportadas en la literatura varias técnicas para realizar la evaluación económico-financiera, las cuales comparten el concepto del valor del dinero a través del tiempo. Esto es debido a la naturaleza de la situación que se ha de evaluar, que implica muchas acciones que se desarrollarán en diferentes momentos del futuro. Se parte desde las inversiones iniciales, las entradas y salidas derivadas del desempeño durante la vida del proyecto, y se consideran los valores de rescate. Todo esto origina el término "flujo de efectivo", que conforma la materia prima en que se basan las técnicas de evaluación, cuyos parámetros de comparación se clasifican de la siguiente manera:

- (a) Técnicas de valor actual:
- Flujo de efectivo descontado (FED).
  - Valor presente neto (VPN).
  - Relación Beneficio/Costo (B/C).
  - Valor terminal (VT).



**(b) Técnicas de tasa de rendimiento:**

- Tasa interna de retorno (TIR).
- Tasa de rendimiento promedio (TRP).

Existe también el criterio denominado periodo de retorno de la inversión (PRI), el cual no pertenece a ninguna de las dos categorías y tiene una aplicación más limitada.

A partir de los flujos de efectivo se hacen los cálculos correspondientes de los parámetros de comparación para contrastarlos con los diferentes criterios predefinidos, los cuales pueden ser considerados como reglas o normas que ayudan a juzgar la conveniencia de un proyecto. Si éste no está a la altura de la norma, se rechaza. Los criterios de decisión son pautas que se expresan en función de la rentabilidad de la empresa, o de otra medida de valor con la cual se compara la rentabilidad o algún otro aspecto potencial de los proyectos.

Los criterios de decisión que se deben elegir dependen de las circunstancias específicas que rodean al proceso de evaluación del proyecto de inversión. En algunos casos y cuando se trata de cierto tipo de empresas se puede dar preferencia a uno de estos criterios, el cual será el que más fácilmente se adapte al objetivo de la organización; pero ésta puede aplicar más de uno en su proceso de planeación de inversiones con el fin de estudiar los proyectos propuestos desde diferentes ángulos. Una explicación de estos criterios de evaluación se presenta a continuación:

**(1) Flujo de efectivo descontado (FED).**

El criterio de decisión denominado Flujo de Efectivo Descontado (FED), que se llama también con frecuencia método del Valor Actual (VA), incorpora todos los elementos que componen los criterios del presupuesto de capital en una sola guía consistente, el cual indica si el proyecto propuesto se debe aceptar o rechazar. Se evalúa de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$VA = \sum_{i=1}^n \frac{F\$i}{(1+k)^i} + \frac{S_n}{(1+k)^n}$$

en donde:

VA	=	Valor actual del proyecto
F\$ <i>i</i>	=	Flujo de efectivo anual
S	=	Valor de rescate.
k	=	Costo de los recursos

$i$  = Período evaluado  
 $n$  = No. de periodos

El procedimiento general en que descansa el FED consiste en comparar el Valor Actual (VA) con el desembolso inicial (DI); si el VA es mayor o igual al DI, entonces el proyecto propuesto se aceptará; en caso contrario se rechazará. Expresado con símbolos, el criterio de decisión FED queda:

Si  $VA \geq DI$  aceptar  
 Si  $VA < DI$  rechazar

**(2) Valor presente neto (VPN).**

El valor presente neto es una variante del FED. La diferencia radica en que en el VPN se resta el desembolso original del valor actual de las entradas de efectivo futuras, cosa que no ocurre con el FED. Así,  $VPN = VA - DI$ . Para calcular el VPN de un proyecto se calcula simplemente el valor actual de las entradas futuras al costo apropiado de capital (de la misma forma como fue explicado anteriormente), y al resultado se resta el desembolso original.

El criterio para aceptar o rechazar un proyecto de acuerdo con el VPN es el siguiente: Acéptese si el VPN del proyecto que se propone es positivo y recházese si es negativo. Expresado por medio de símbolos es como sigue:

Si  $VPN \geq 0$  aceptar  
 Si  $VPN < 0$  rechazar

El método del VPN reduce la decisión a una sola cifra, en vez de las dos (valor actual del FED y desembolso original) que aparecen en el método del FED. Algunos ejecutivos de finanzas lo encuentran más conveniente para informar de su decisión y comunicar el análisis correspondiente; pero de todos modos tienen que hacer la comparación cuando restan el desembolso original del valor actual de los ingresos futuros para encontrar el VPN.

**(3) Tasa interna de rendimiento (TIR).**

La tasa interna de retorno, o tasa de rendimiento como se le llama a veces para abreviar, es la tasa de descuento capaz de igualar la serie de ingresos futuros con el desembolso original. Dicho de otro modo, es aquella tasa de descuento que da al proyecto un VPN de cero. Expresado en símbolo, la TIR vendría a ser  $r$  en el denominador de la ecuación siguiente:

$$DI = \frac{F\$_1}{(1+r)^1} + \frac{F\$_2}{(1+r)^2} + \frac{F\$_3}{(1+r)^3} + \frac{F\$_4}{(1+r)^4} + \frac{F\$_5}{(1+r)^5} + \frac{S}{(1+r)^5}$$

escrito de forma condensada se tiene:

$$0 = DI - \sum_{i=1}^n \frac{F\$_i}{(1+r)^i} + \frac{S}{(1+r)^n}$$

La tasa interna de retorno es "interna" con respecto al proyecto (no se fija externamente), a diferencia de la naturaleza externa del costo dado del capital,  $k$ , que se usa en el análisis del FED. Esto establece la regla de decisión: Aceptese el proyecto propuesto si su TIR es mayor o igual que el costo externo del capital determinado en los mercados financieros. Recházese si su TIR es menor que el costo externo del capital. Así pues:

Si  $TIR(r) \geq k$  aceptar  
 Si  $TIR(r) < k$  rechazar

La TIR es un criterio atractivo para muchas empresas, porque se expresa como porcentaje y se puede comparar fácilmente con el costo del capital en el mercado financiero  $k$ , el cual también se expresa así. Además, la separación entre el cálculo de la TIR y el costo del capital ofrece una posición ventajosa desde la cual se puede juzgar el proyecto propuesto a la luz de sus propios méritos, "independientemente" del costo del capital que, puede fluctuar ampliamente, con frecuencia y más allá del control de los inversionistas. Igual que el FED y el VPN, la TIR considera todos los elementos que entran en la evaluación de proyectos de inversión.

#### (4) Beneficio/costo (B/C).

La regla del Beneficio/Costo, llamada a menudo índice del valor actual, compara a base de razones el valor actual de las entradas de efectivo futuras con el valor actual del desembolso original y de cualesquiera otros que se hagan en el futuro, dividiendo el primero por el segundo. Su presentación es algo distinta a la de los métodos FED y VPN, pero se basa en los mismos conceptos. La relación queda de la siguiente manera:

$$B/C = \frac{VA}{DI}$$

La regla de decisión es: Si la razón del beneficio/costo es mayor que 1.0 acéptese el proyecto. Si la razón B/C es menor que 1.0, recházese. Expresándola por medio de símbolos queda:

Si  $B/C \geq 1.0$  aceptar

Si  $B/C < 1.0$  rechazar

Igual que el VPN y la TIR, el análisis de B/C se reduce a una sola cifra fácil de comunicar, en la cual se basa la decisión. Además, toma en cuenta todos los elementos de la evaluación de proyectos de inversión y facilita el manejo de las salidas de efectivo que puedan ocurrir entre la futura serie de ingresos.

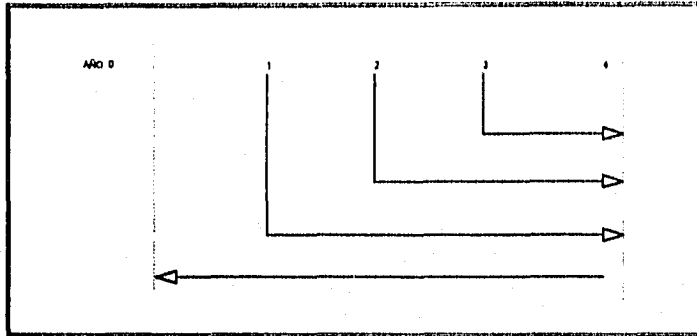
Si hay otros costos aparte del desembolso original, se deben considerar. La razón B/C toma en cuenta específicamente esos gastos comparando el valor actual de las entradas con el valor actual de todas las salidas, independientemente del período en que ocurran de manera que:

$$B/C = \frac{VA \text{ de las entradas de efectivo}}{VA \text{ de las salidas de efectivo}}$$

El método B/C separa las salidas de efectivo de las entradas, mientras que con los métodos FED, VPN y TIR los gastos futuros se engloban con los ingresos del mismo período y sólo se incorpora al análisis el resultado neto. El tratamiento por separado permite a veces enfocar mejor la distribución y la naturaleza de los gastos; pero en la mayoría de los casos no se altera la decisión de aceptar o rechazar.

#### (5) Valor terminal (VT).

El método del valor terminal separa con más claridad aún la ocurrencia de las entradas y salidas de efectivo. El método VT se basa en la suposición de que cada ingreso se reinvierte en un nuevo activo, desde el momento en que se recibe hasta la terminación del proyecto, a la tasa de rendimiento que prevalezca. Esto indica a dónde van los flujos después de recibirse. La suma total de estos ingresos compuestos se descuenta luego de nuevo a la tasa  $k$  y se compara con el valor actual de las salidas, que en este caso es el costo original. Esquemáticamente, el método VT se presenta en la siguiente figura:



Si el valor actual de la suma de los flujos reinvertidos (VAST) es mayor que el valor actual de las salidas (VAOO), el proyecto se debe aceptar. Expresado en símbolos queda:

Si  $VAST \geq VAOO$       aceptar  
 Si  $VAST < VAOO$       rechazar

La ventaja del método VT es que incorpora explícitamente la suposición acerca de cómo se van a reinvertir los flujos una vez que se reciban y elude cualquier influencia del costo del capital en la serie de flujos. La dificultad radica en definir cuáles serán las tasas de rendimiento en el futuro.

#### (6) Tasa de rendimiento promedio (TRP).

La tasa de rendimiento promedio es una forma de expresar con base anual la utilidad neta que se obtiene de la inversión promedio. La idea es encontrar un rendimiento, expresado como porcentaje, que se pueda comparar con el costo del capital. Específicamente, la utilidad promedio anual neta (después de impuestos) atribuible al proyecto propuesto (NI) se divide por la inversión promedio, incluyendo el capital de trabajo necesario. Expresada con símbolos queda:

$$TRP = \frac{NI}{\frac{DI+S}{2}}$$

donde la inversión promedio es la media aritmética del desembolso original y el valor de rescate, lo cual da aproximadamente el promedio de la inversión.

El valor de rescate (S) sirve para representar el valor del proyecto al término de su duración. Por lo tanto, la inversión promedio viene a ser el valor inicial del proyecto (DI) más el valor de rescate (S) del mismo divididos entre 2.

La regla de decisión es: Acéptese el proyecto si la TRP es mayor que el costo del capital  $k$  y recházese si es menor. Expresado en símbolos queda:

$$\begin{aligned} \text{Si } TRP &\geq k && \text{aceptar} \\ \text{Si } TRP &< k && \text{rechazar} \end{aligned}$$

Aunque la TRP pueda ser relativamente fácil de calcular y de comparar con el costo del capital, presenta varios inconvenientes cuando se le usa como regla de decisión en la evaluación de proyectos de inversión. En primer lugar, ignora el valor del dinero en el tiempo puesto que no descuenta las entradas y salidas de efectivo futuras. En segundo, no toma en cuenta la componente tiempo de los ingresos, lo cual puede ser muy engañoso. En tercer lugar, se pasa por alto la duración del proyecto. Uno de larga vida puede tener la misma TRP que otro de corta duración. Por último, la TRP no considera la depreciación (reembolso del capital) como parte de las entradas. Esto distorsiona el monto real de los ingresos y da lugar a confusión en el análisis.

(7) **Periodo de retorno de la inversión (PRI).**

El periodo de retorno de la inversión o periodo de recuperación es una medida de la rapidez con que el proyecto reembolsará el desembolso original de capital. Este periodo es el número de años (o meses o semanas) que la empresa tarda en recuperar el desembolso original mediante las entradas de efectivo, sin actualizar, que produce el proyecto, y puede expresarse de la siguiente manera:

$$DI = \sum_{i=1}^{PR} FS_i$$

De acuerdo a este criterio se aceptan los proyectos que ofrecen un periodo de recuperación inferior a un cierto número de años (N) determinado por la empresa, y se rechazan aquellos que ofrezcan un plazo mayor a este valor. Expresado en símbolos queda:

$$\begin{aligned} \text{Si } PR &\leq N && \text{aceptar} \\ \text{Si } PR &> N && \text{rechazar} \end{aligned}$$

El método presenta varios inconvenientes. Primero, ignora por completo muchos componentes de las entradas de efectivo. Todas las entradas que exceden el periodo de recuperación se pasan por alto, lo cual es muy engañoso.

El periodo de recuperación no toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo, puesto que no descuenta los ingresos futuros, e ignora así mismo todo lo relativo al costo de capital. A menos que el número de años aceptable esté relacionado directamente con el costo de capital, lo cual no ocurre en la mayoría de los casos, la empresa aceptará proyectos en los que pagará, por costo de capital, más de lo que son capaces de reeditar, sin advertirlo siquiera. El método ignora también el valor de rescate y la duración del proyecto. Aquel que ofrezca flujos apreciables en la última parte de su vida útil podrá ser rechazado en favor de otro menos rentable que produzca la mayor parte de los flujos en la primera parte.

El método del periodo de recuperación puede ser aplicable, a pesar de sus inconvenientes, en ciertas circunstancias especiales. Por ejemplo, cuando el panorama a largo plazo, más allá de tres años, es muy incierto, el método puede ser muy útil. En un escenario político o económicamente inestable, el objetivo principal es la rápida recuperación de la inversión y las utilidades subsecuentes constituyen casi una sorpresa inesperada, por lo que bajo este escenario el método puede ser atractivo.

En el caso de que la empresa atraviese por una crisis de liquidez, el método resulta también adecuado. Una empresa con escaso activo líquido y sin posibilidades de obtener recursos adicionales y que no obstante ello desea examinar proyectos de inversión de capital con la esperanza de mejorar su situación, puede emplear el método como criterio de selección, porque pone énfasis en la pronta recuperación del desembolso original y limita el deterioro de la ya crítica situación de liquidez.

El método puede ser también de alguna utilidad como criterio de decisión cuando la empresa insiste en preferir la utilidad a corto plazo y no los procedimientos "confiables" de planeación a largo plazo. Las ganancias rápidas e inesperadas pueden ser el objetivo de la administración, y los periodos de recuperación cortos tienden a propiciarlas. Por otra parte, los accionistas rara vez tienen absoluta confianza en una empresa cuyas ganancias sean obtenidas en un periodo demasiado corto, ya que éstas son consideradas obviamente como temporales.

(8) El criterio apropiado de decisión.

Existiendo todos estos criterios de decisión es necesario establecer guías para definir cual debe adoptarse en un proyecto específico. La elección apropiada depende de las circunstancias en que se tome la decisión y de las prácticas que siga la empresa. Todos los criterios deben formar parte del repertorio de la Alta Dirección. Las diversas empresas tienen distintas normas de aceptación, que es necesario conocer. Quienes toman decisiones tienen también diferentes normas en cuanto a aquello que se les puede comunicar; la misma empresa querrá considerar más de una norma de aceptación. Por supuesto se debe estar preparado para aplicar cualquier criterio o todos ellos; pero también se debe ser consistente en el empleo de aquel que se haya seleccionado. Como las circunstancias que rodean cada caso pueden variar mucho, es preciso limitar el estudio a términos generales que puedan ser adecuados a los casos específicos que se puedan presentar.

El criterio FED por lo regular funciona mejor cuando la empresa tiene por objetivo la maximización del patrimonio del accionista y reconoce que el valor actual de la empresa se acrecentará mediante los proyectos cuyo FED exceda a su costo. Este criterio encuentra su mayor aplicación cuando la empresa busca el valor actual absoluto que cada proyecto puede producir. Si se desea que el importe absoluto del proyecto aparezca directamente en el criterio de decisión, se deberá emplear el FED. Este se adapta a aquellas situaciones en que la ordenación de los proyectos según su atractivo no es motivo de preocupación y no es necesario considerar específicamente los desembolsos que siguen a la inversión inicial.

El criterio VPN es el más apropiado cuando el objetivo de la empresa es maximizar el patrimonio del accionista, porque, al igual que el FED, da a conocer al monto del valor actual que cada proyecto proporciona. Sin embargo, a diferencia del FED, el VPN se adapta mejor a las empresas que buscan el importe absoluto del valor actual *adicional*. Este criterio resulta particularmente apropiado para las empresas que desean ordenar sus proyectos de acuerdo con lo que pueden agregar a su valor actual. Ofrece una indicación más clara del valor adicional del proyecto y es la forma más directa de comunicarlo a los demás. Su mejor aplicación es en aquellos casos en que no interesa considerar el neto de entradas y salidas en un periodo y no se requiere una indicación absoluta del costo de cada proyecto.

El criterio de la TIR relaciona directamente a las empresas con los objetivos de maximización de utilidades, porque compara también directamente el



costo con el rendimiento. Es adecuado en particular para las administraciones que aplican el criterio rendimiento-aceptación y es fácilmente comparable con el costo de los recursos que se acostumbra expresarlo en términos de porcentaje. Se puede comparar con facilidad con el costo de recursos derivados externamente y expresados en porcentajes, como las tasas de interés que se pagan por los bonos de la empresa. A veces facilita la comunicación con quienes toman las decisiones. Encuentra su mejor aplicación cuando no hay que preocuparse específicamente por el tamaño absoluto del proyecto ni por los desembolsos que siguen a la inversión original.

El criterio B/C es difícil de relacionar directamente con la maximización de utilidades, porque no expresa en forma directa la relación costo/rendimiento ni el valor actual. Este criterio es más adecuado cuando las empresas buscan una indicación relativa del monto de los beneficios que se reciben por cada unidad monetaria de costo. Es asimismo muy adecuado cuando se requiere evaluar el efecto de las salidas de efectivo que siguen al desembolso original y cuando la administración desea ordenar los proyectos según su rango relativo. Usado independientemente, este criterio es muy difícil de relacionar con el costo absoluto de cada proyecto o con el valor actual adicional que proporciona a la empresa.

El criterio de valor terminal (VT) funciona mejor cuando la empresa busca la maximización del patrimonio del accionista. Resulta muy apropiado cuando existe la sospecha de que la tasa de interés a la cual se pueden reinvertir los ingresos que se espera recibir o a la cual tendrán que financiar futuros desembolsos va a ser diferente del costo actual de los recursos. La flexibilidad del criterio basado en el VT la hace relativamente fácil de ajustar a estos cambios previstos y permite comunicarlos a la administración. Sin embargo, no es adecuado cuando se tiene gran interés en ordenar los proyectos de acuerdo con su rango, porque sólo da el valor actual absoluto de cada proyecto y no el adicional que se obtendrá mediante el VAN.

El criterio del periodo de recuperación es difícil de relacionar con algún objetivo particular de la empresa; pero es apropiado cuando la empresa da importancia primordial a su liquidez y a la aceleración a corto plazo de sus ingresos. Como este criterio pasa por alto el valor del dinero en el tiempo, la ocurrencia de los flujos de efectivo, la duración del proyecto y el valor de los ingresos que se reciben después del periodo de recuperación, no es recomendable en muchos casos.

La tasa de rendimiento promedio (TRP) tiene su mejor aplicación cuando la empresa tiene como objetivo la maximización de utilidades; pero no es un criterio muy efectivo. Igual que el periodo de recuperación, ignora la duración del proyecto, el efectivo que genera la depreciación, el valor del dinero en el tiempo y la ocurrencia de los flujos. Sólo es conveniente emplear este criterio en aquellas circunstancias especiales en que la empresa busca una utilidad que se aproxime a cierto promedio anual.

Como se puede ver, ninguno de los criterios se puede aplicar todo el tiempo y a todas las situaciones. De hecho, es probable que se tenga que aplicar más de uno para evaluar un conjunto cualquiera de proyectos. Por ejemplo, tal vez se desee ordenarlos de acuerdo con el valor actual neto adicional que cada uno puede producir; pero, al mismo tiempo, comunicar el costo en relación con el rendimiento, siendo necesario considerar los cambios probables en la tasa a la cual se reinvertirán los ingresos o se financiarán los desembolsos futuros. En tal caso, se emplearía probablemente una combinación de los criterios VAN, TIR y VT.

En forma general se puede establecer de acuerdo a la experiencia que la TIR, el VPN y el PRI son los criterios que más se utilizan en la evaluación de proyectos de plantas de refinación o petroquímicas.

## II.4 MARCO TEORICO DE LA EVALUACION.

En algunas definiciones se dice que evaluación es el resultado de evaluar, es el acto o resultado de examinar o juzgar la importancia, cualidad, significado, cantidad, grado o condición de algo. La explicación anterior más que venir a aclarar el concepto produce más dudas, pues una definición así de sencilla, no muestra el concepto mismo de la evaluación, las razones por las que se necesita y los fines para los que se realiza, por lo que se hace necesario poner atención a la explicación del concepto de evaluación (la información presentada en este subcapítulo es en gran parte una transcripción del trabajo de Sánchez-Guerrero, 1990).

Para esto, se parte de reconocer por evaluación el proceso por el cual se compara y califica para obtener un juicio acerca de una situación encaminada al cumplimiento de ciertos fines. Entendiéndose por juicio el resultado de efectuar una comparación racional y por calificar, el asignar cualidad a un ente o el ordenar mediante un proceso preferencial una serie de cosas.

Al entender que se realiza una comparación y una calificación, de hecho se reconoce el problema de la evaluación, en el establecimiento de un debate entre quien evalúa, detectándose disfunciones y discrepancias, y ventajas y desventajas, elementos necesarios para producir un juicio de algo. Enlistar y analizar estos aspectos conlleva a realizar una evaluación. Sin embargo, realizar la evaluación de esta manera no responde a ciertas interrogantes como:

*Con que criterios se comparó y se calificó?*

*Si el evaluador fuera otro, el juicio sería el mismo?*

*A que obedece la actitud y procedimiento del evaluador?*

La evaluación no basta entenderla como la generación de un juicio acerca de algo o como el análisis de las ventajas y desventajas. Hay que aclarar la naturaleza del juicio, sus motivaciones y sus propósitos, ya que al emitir un juicio, se brinda la posibilidad de actuar y de cambiar una situación concreta. Por lo que evaluar, representa una gran responsabilidad.

La evaluación es una actividad que realiza un individuo, grupo, organización o comunidad encaminada a la consecución de un fin. Esto que en realidad es una función, tiene como papel brindar las bases para una acertada toma de decisiones y en consecuencia forma parte de un sistema mayor llamado del mismo modo "sistema de toma de decisiones". Este está integrado por tres subsistemas básicos

de acuerdo con el tiempo disponible que se tenga para tomar la decisión, manteniendo una relación dinámica entre ellos, siendo estos:

- Subsistema de decisiones planeadas.
- Subsistema de decisiones operativas.
- Subsistemas de decisiones coyunturales.

Consecuentemente, la evaluación no debe ser vista, estudiada o practicada como un sistema aislado, sino como parte integrante de los sistemas mayores a los que pertenece, haciendo posible de manera más sencilla, la identificación del papel de la función de evaluación, el cual responde en mucho a la finalidad de los sistemas que la contiene. De este modo, la evaluación será un insumo para la toma de decisiones y esta última, a su vez, un insumo para la solución de problemas.

Esto no significa que ubicando a la función de evaluación se de respuesta a su funcionamiento, pero en cambio, sí facilita el reconocimiento de las propiedades y funciones emergentes debido a la organización jerárquica del proceso de solución de problemas.

Resulta conveniente integrar los planteamientos anteriores haciendo algunas reflexiones. Van Gigh (1978) menciona que tanto los planeadores como los tomadores de decisión tienen supuestas actitudes, objetivos y valores (a los que se agregarían necesidades, intereses, criterios, restricciones y modos particulares de indagación), los cuales acompañarán continuamente a sus diseños y decisiones. Por otra parte, Checkland (1981) indica que las relaciones entre las funciones de un sistema responden a la visión del mundo para las que fue creado.

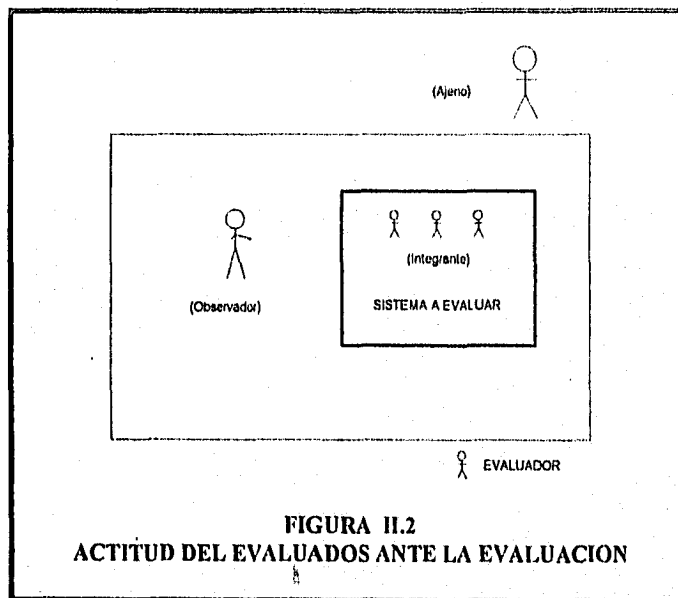
Por lo anterior, habría que añadir que tanto el decisor como el planeador poseen fines por lo general no explícitos, "agenda oculta", lo que influye mucho en el desempeño del sistema, dando origen a muchos problemas de decisión y de integración del mismo.

En muchas ocasiones quien formula proyectos e incluso quien los evalúa desconocen o minimizan los objetivos extrínsecos e intrínsecos del decisor, proponiéndose soluciones bajo un criterio exclusivamente técnico, lo que conlleva a engrosar la lista de proyectos "guardados bajo el escritorio" y a desilusiones en el equipo técnico. De este modo, se hace evidente el importante papel del planeador y del tomador de decisiones por su gran responsabilidad ante el proceso histórico que viven y que hasta cierto punto diseñan y modifican.

Lo anterior explica en parte cuál es el papel de la evaluación en la toma de decisiones. Sin embargo, una nueva interrogante ahora sería:

*Y quien evalúa que actitud debería adoptar?*

Cuando un sistema va a ser objeto de evaluación deberá considerarse contenido en un sistema mayor, determinándose su finalidad y sus relaciones con otros. Asimismo, el hacer evaluación representa un reto para el analista, a pesar de que él no haya diseñado el sistema bajo su análisis, por el sólo hecho de actuar, mantendrá distorsiones similares a las del planeador, por lo que al evaluar el sistema, deberá hacerlo como alguien ajeno, como parte integrante y como observador de él mismo. Lo anterior se muestra esquemáticamente en la Figura II.2.



Como consecuencia de lo anterior se puede decir que la manera de evaluar determina la actitud del evaluador e inversamente, la actitud de quien evalúa determina la manera de evaluar, produciéndose de esta interacción, la generación de un juicio cuya naturaleza varía en función del modo en que se realiza.

#### II.4.1 NIVELES Y SUJETOS DE EVALUACION.

Los niveles de evaluación son fácilmente observados pero difícilmente entendidos. Se sabe que el Político decide, el Planeador propone, y el Analista manipula los proyectos. De acuerdo a esto, se desprende la necesidad de precisar a partir del sistema de toma de decisiones al menos tres niveles de evaluación, respondiendo al tiempo que se disponga para tomar la decisión: *el nivel normativo (político)*, correspondiente al sistema de gestión, en el que se producen evaluaciones de gran trascendencia y en donde el tomador de decisiones, el Político, juega su papel más relevante; *el nivel estratégico (de planeación)*, asociado al sistema de toma de decisiones y en el que las evaluaciones que se realizan, en su mayoría ya se encuentran orientadas y limitadas por las finalidades globales o de política, manteniendo un papel importante el tomador de decisiones con el apoyo efectivo del planeador. El tercer nivel corresponde al *nivel táctico (el analítico)*, vinculado al proceso de planeación-acción, y donde el planeador se convierte en el traductor de los grandes propósitos en acciones planeadas y realizables. Este nivel operativo puede en ocasiones estar estrechamente ligado al nivel de planeación, lo que aumenta las posibilidades de éxito en la evaluación. En la Tabla II.4 se resumen estos aspectos.

**TABLA II.4**  
**NIVELES DE EVALUACION**

Nivel	Sujeto	Tipo de evaluación	Acciones coordinadas
N1	Político	Normativa	Se diseñan los grandes lineamientos políticos, normas, etc. Se trabaja con agregados de planes y programas.
N2	Planeador	Estratégica	Se definen objetivos y se diseñan las estrategias. Se producen planes y programas.
N3	Analista	Táctica-Operativa	Se trabaja con metas y objetivos definidos, se manejan en ocasiones algunas tácticas. Se convive con proyectos.

## II.4.2 TIPOS DE EVALUACION

Existe una razón por la que se ha abordado el subsistema de decisiones planeadas y no los de decisiones operativas o coyunturales en los que también se realiza evaluación. Esto se debe a que en las decisiones operativas se dispone de tiempo corto y en consecuencia las decisiones tienen escasa trascendencia y para las coyunturales, esto se agudiza, importando para el caso salvar la situación, recurriendo casi siempre a la experiencia.

Las decisiones trascendentes traen consigo un proceso de incubación y la planeación representa una oportunidad para racionalizarlas y lograrlas.

El subsistema de planeación se integra con tres funciones sustantivas, con las que cumple con su proceso de transformación de acuerdo con la manera en que se concibe; éstas son: *la formulación del problema*, donde se hace el planteamiento del sistema de problemas, así como la razón de su existencia; *el diseño de soluciones*, donde se producen las posibles formas de intervención y se realizan los desarrollos requeridos para su implantación; y *el control de resultados*, donde se hacen los ajustes requeridos para asegurar que se cumplan con los propósitos de la planeación.

En cada una de estas funciones se ubican precisamente las tres instancias (tipos) de la evaluación: evaluación diagnóstica, evaluación "ex-ante", evaluación "ex-post", respectivamente. Juntas integran el sistema de evaluación de la planeación y cada una de ellas es así mismo un sistema. De este modo, el resultado de la evaluación se deriva de un proceso de mayor riqueza que la suma exclusiva de sus partes o del desempeño aislado de sus funciones.

Los tres tipos de evaluación son: *evaluación diagnóstica*, aquella que se realiza para valorar la naturaleza de los problemas actuales o posibles de presentarse; *evaluación ex-ante*, es aquella que se realiza antes de llevar a la ejecución los diferentes diseños de solución, para determinar el grado de factibilidad en el que podrán acercarse a los resultados preferidos, y *evaluación ex-post*, la que se realiza durante o al término de la operación, para vigilar el rumbo del sistema hacia los resultados preferidos y detectar los problemas derivados desde la puesta en marcha debido al diseño o a nuevas situaciones.

Podría visualizarse otra instancia durante el proceso, la evaluación concurrente ("on-going"), cuyo propósito es vigilar el desempeño durante la implantación o transcurso de la operación; sin embargo, en este caso se estaría hablando en realidad de una evaluación "ex-post". Del mismo modo, podría visualizarse otras instancias intermedias. No se desconoce el carácter continuo de las mismas, pero para fines de análisis se piensa que una seriación resulta adecuada a los planteamientos anteriores.

**(1) Evaluación diagnóstica.**

Es la primera instancia de la evaluación, siguiendo un orden lógico en el proceso de solución de problemas y casi se ignora su existencia, se realiza sin darse cuenta de ello o con un alto grado de subjetividad. En esta instancia, en la que se desea conocer el objeto a evaluar, la actitud del evaluador es básicamente crítica, comprometida y con una gran capacidad de síntesis.

Para identificar la naturaleza de los problemas actuales o posibles de presentarse deberán responderse algunas preguntas como las siguientes:

*qué es y qué hace el sistema?  
qué tan bien o mal está funcionando?  
a que expectativas se enfrenta el sistema?*

Básicamente consiste en identificar para cada uno de los elementos del sistema en análisis las fortalezas, las debilidades, las amenazas y las oportunidades. Posteriormente, para cada uno de estos elementos se responderá a las siguientes preguntas:

*por qué?  
para qué?  
dónde?  
quienes?*

Las funciones básicas de la evaluación diagnóstica estarán orientadas a contrastar, con base en el estado actual, la situación pasada y sus posibles tendencias, contra un patrón de referencia y estados deseados, con el propósito de detectar no sólo los desajustes actuales sino los posibles a presentarse.

**(2) Evaluación "ex-ante".**

Es una instancia conocida pero pocas veces realizable, debido a que pese a la disminución de la subjetividad, se tienen que objetivizar más los resultados de la evaluación que en la fase diagnóstica, lo cual representa un reto y requiere de un fuerte esfuerzo por parte del evaluador.



En esta instancia, las preguntas necesarias que habrá que responder son:

*Cuáles serán los impactos de los diseños sobre los involucrados del sistema y las posibles reacciones de los mismos?. Se pretende determinar el grado de factibilidad del diseño.*

*Qué tanto se contribuirá a alcanzar los resultados esperados de acuerdo a los criterios establecidos y las restricciones?*

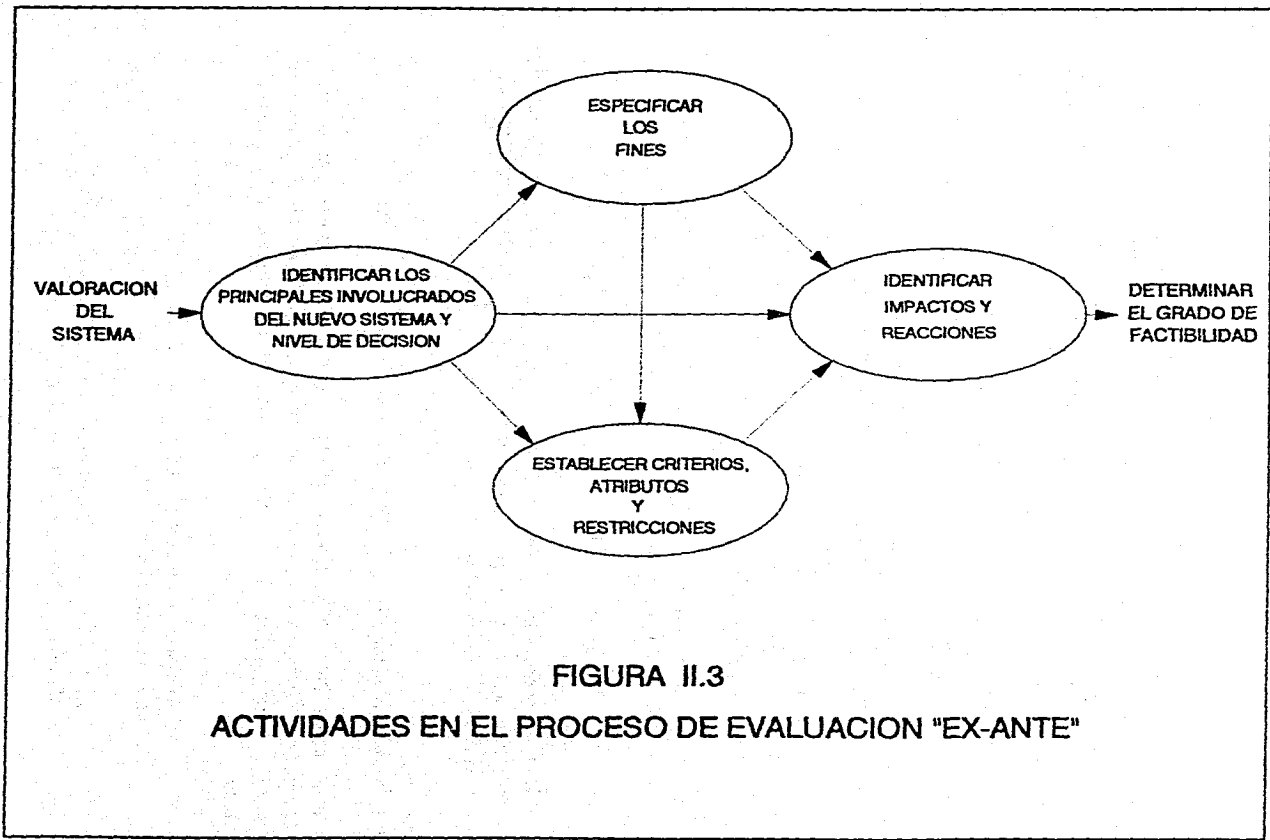
En esta instancia la evaluación adquiere un carácter prospectivo y aumenta en cuanto a su ingrediente creativo, en la identificación de los impactos y reacciones.

Lo anterior se muestra esquemáticamente en la Tabla II.5, la cual consiste de una matriz de impactos y reacciones, sobre la cual tienen que ser diseñadas las formas de medición correspondientes (Ochoa, 1983).

**TABLA II.5  
FUNCION DE LA EVALUACIÓN EX-ANTE**

		IMPACTOS (I) / REACCIONES (R)				
		Económicos	Políticos	Ambientales	.....	Totales
Invo- lucra- dos	Decisores	I / R	I / R	I / R	I / R	I / R
	Usuarios	I / R	I / R	I / R	I / R	I / R
	Empleados	I / R	I / R	I / R	I / R	I / R
	Sociedad cercana	I / R	I / R	I / R	I / R	I / R
	.....	I / R	I / R	I / R	I / R	I / R
	Totales	I / R	I / R	I / R	I / R	I / R

Las actividades que normalmente se realizan en un proceso de evaluación "ex-ante" se presentan en forma esquemática en la figura II.3, de la cual es importante destacar la necesidad de especificar los fines, establecer criterios, atributos y restricciones, así como identificar los impactos y reacciones.



**FIGURA II.3**  
**ACTIVIDADES EN EL PROCESO DE EVALUACION "EX-ANTE"**

**(3) Evaluación ex-post**

Es la instancia más conocida y por lo tanto la más realizada. Consiste en comparar los resultados de la operación contra los resultados esperados. Esta instancia, aparentemente sencilla, demanda responsabilidad y sentido crítico. En este proceso, las preguntas que deberán responderse al menos son las siguientes:

*Qué tanto se alcanzaron los resultados esperados?,  
Cuánto faltó, cuánto se excedió o estuvo correcto?.*

*Qué tanto se apartaron de la orientación original?, fue  
benéfica, qué tanto?, fue perjudicial, qué tanto?.*

*Dónde se tuvieron disfunciones?.*

*Cuáles fueron las causas de los desajustes?.*

*Hubo nuevos impactos o reacciones?, son benéficos o  
perjudiciales, qué tanto?.*

*Siguen siendo válidos los resultados preferidos?.*

Una vez contestadas estas preguntas se deben establecer las diferencias preferentemente en forma cuantitativa, e indicar recomendaciones para ajustar estas desviaciones.

**II.4.3 LA EVALUACION DE ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS**

Tomando como base lo presentado en este punto, es conveniente ubicar a la evaluación de alternativas tecnológicas en proyectos de inversión de plantas de refinación o petroquímicas. Por lo que es necesario dar respuesta a las siguientes preguntas:

*A que tipo de evaluación corresponde la evaluación de  
alternativas tecnológicas?*

*Quiénes son los involucrados en el proceso de  
evaluación de alternativas tecnológicas?*

En relación a la primera pregunta, se puede establecer que la evaluación de alternativas tecnológicas corresponde al tipo de evaluación "ex-ante", por lo que de acuerdo a la Figura II.3 es importante lo siguiente:

- Identificar los principales involucrados (actores) del nuevo sistema y nivel de decisión.
- Especificar los fines.
- Establecer criterios, atributos y restricciones.
- Identificar impactos y reacciones.
- Determinar el grado de factibilidad.

Para identificar los principales involucrados (a los que en este trabajo se les denominará como los "actores") en el nuevo sistema (proyecto), es necesario ubicar que el proceso de evaluación se encuentra inmerso en uno mayor que corresponde al proceso de la transferencia de tecnología. De acuerdo a Seurat (1979), los actores presentes en el proceso de transferencia de tecnología son los siguientes:

- (1) Una compañía que busca un cierto nivel de competencia tecnológica, es decir el receptor de la tecnología, al que en este trabajo se le denominará como "el Usuario".
- (2) Un grupo de compañías con un cierto nivel de competencia tecnológica quienes desean, con o sin ayuda de subcontratistas, transferir a el usuario la tecnología que posee. Este grupo será denominado como "los tecnólogos".
- (3) Un grupo de expertos, creativos y especialistas en transferencia, conocidos como consultores de transferencia de tecnología. Asociados a este grupo pueden existir un grupo de ingenieros especialistas en transferencia de tecnología. Este grupo (s) será denominado como "el evaluador".
- (4) Una compañía de ingenieros y técnicos, capaces de planear y realizar una instalación industrial adaptada a la condiciones locales del usuario.
- (5) Un equipo de especialistas capaces de tomar responsabilidad del proyecto industrial. Este equipo normalmente está inmerso en la compañía del usuario.
- (6) Uno o mas arrendatarios y/o proveedores de servicios.

(7) Contratistas constructores.

Otro actor que está presente es la sociedad cercana, la cual en forma directa o indirecta recibirá los impactos de la tecnología que se desee adquirir, y que reaccionará consecuentemente. La Figura II.4 muestra todos estos actores, los cuales se entrelazan en el sistema de transferencia de tecnología.

Proponer un modelo de evaluación que contemple a todos estos actores complicaría más las cosas que la ventaja que esto pudiera tener, además no todos ellos participan en el proceso de evaluación propiamente dicho. Por lo que en este trabajo se propone usar un modelo de evaluación de alternativas tecnológicas en donde existen tres actores, siendo estos: "el usuario", "los tecnólogos" y "el evaluador".

En el grupo del "el usuario", se incluyen a los accionistas, Alta Dirección, Gerentes de producción, empleados, obreros, etc., es decir, a todos aquellos que forman parte directa o indirectamente de la compañía que desea adquirir la tecnología.

En el grupo de "los tecnólogos" se incluye a todas las compañías que posean la tecnología que se desea adquirir y que están dispuestos a transferirla.

Y finalmente, en el grupo de "el evaluador" se encuentran los expertos en transferencia de tecnología que incluye un grupo interdisciplinario de ingenieros, técnicos, licenciados, gestores de tecnología, etc., es decir, todo el personal que tendrá como tarea evaluar las diferentes alternativas tecnológicas y emitir un juicio de preferencia. Este grupo puede estar fuera o dentro de la organización que desea adquirir tecnología, sin embargo, se consideró conveniente establecerlo como un grupo independiente con ciertas funciones específicas. En el capítulo IV se describe con mayor detalle el flujo de información entre estos tres actores.

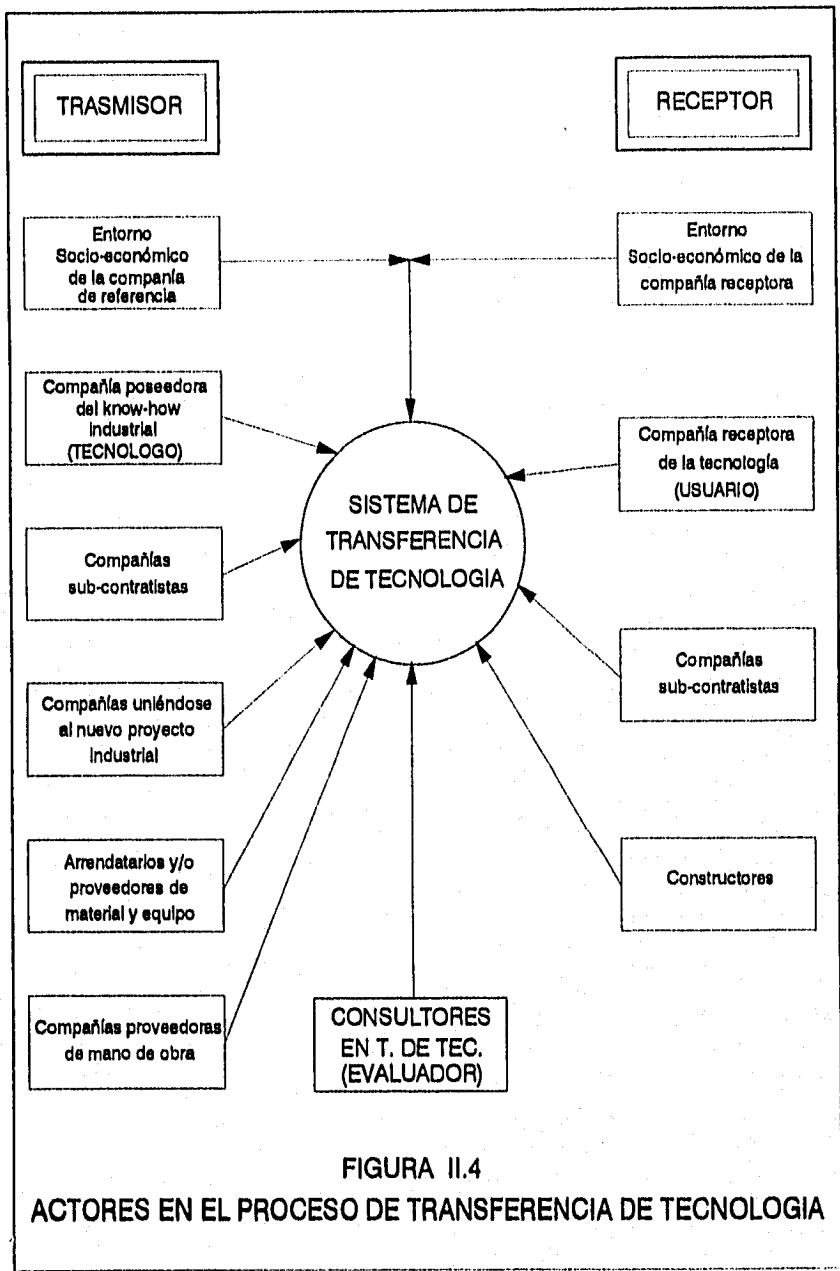


FIGURA II.4  
ACTORES EN EL PROCESO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA

### **III. REVISION DE METODOLOGIAS**

Existen reportadas en la literatura abierta un gran número de metodologías de evaluación, sin embargo, existe una confusión en el manejo de términos, por lo que se consideró conveniente establecer un marco de referencia que permitiera clasificar estas metodologías en función de algún parámetro.

Para propósitos de este trabajo, las metodologías de evaluación (las cuales son denominadas en algunas referencias como métodos, técnicas, estudios, criterios, etc.) son clasificadas en función del uso, es decir, el fin último que se le va dar al resultado de la evaluación. De acuerdo a este criterio las metodologías pueden ser clasificadas de la siguiente manera:

- Metodologías para la evaluación de proyectos.
- Metodologías para la evaluación de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico.
- Metodologías para la evaluación de alternativas tecnológicas en proyectos de inversión.
- Metodologías para la valuación de tecnologías.
- Metodologías para la evaluación de tecnologías.

Dentro de cada una de estas clasificaciones existen un gran número de metodologías reportadas, por lo que a continuación solo se presentan las que proporcionan una contribución al objetivo de este trabajo, es decir, la definición de una metodología de evaluación integral de alternativas tecnológicas en proyectos de inversión, la cual está orientada a proyectos de construcción de nuevas plantas en refinerías o centros petroquímicos, o a la modernización de plantas existentes en estos centros.

#### **III.1 METODOLOGIAS PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS.**

Las metodologías para la evaluación de proyectos tienen como objetivo fundamental determinar desde el punto de vista económico las ventajas y desventajas de un proyecto. Esta evaluación puede realizarse bajo la óptica del inversionista privado (el cual obviamente buscará la maximización de la rentabilidad económica sobre el capital) o bajo la óptica de la inversión gubernamental, que puede en determinadas situaciones buscar que la evaluación tome en cuenta el punto de vista social (u otro criterio).

Existen varias referencias que reportan metodologías para la evaluación de proyectos, pero quizás las más representativas fueron reportadas por Melnick (1958), Giral y Nieto (1977), el Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social (ILPES, 1983), y Giral (1994).

### III.1.1 MELNICK (1958)

Melnick en 1958 preparó para la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) en el programa de Administración de Asistencia Técnica (AAT) financiado por las Naciones Unidas (ONU), un Manual para la Evaluación de Proyectos de Desarrollo Económico, el cual es considerado por varios expertos como una obra clásica ya que considera los elementos fundamentales que deben ser considerados en la evaluación de proyectos, tanto bajo la óptica de organizaciones gubernamentales como privadas.

Melnick define a un proyecto como un conjunto de antecedentes que permite estimar las ventajas y desventajas económicas que se derivan de asignar ciertos recursos de un país para la producción de determinados bienes o servicios. Asimismo, establece que el objetivo básico de todo estudio económico de un proyecto es evaluarlo, es decir, calificarlo y compararlo con otros proyectos, de acuerdo con una determinada escala de valores a fin de establecer un orden de prelación. Esta tarea de evaluación exige precisar lo que en la definición se llama "ventajas y desventajas" de la asignación de recursos a un fin dado. En otras palabras, se debe establecer cuáles son los patrones de comparación (aspectos o criterios) que se van a utilizar y como se podrán medir.

Este autor establece en forma clara que el proceso de evaluación de proyectos consiste, desde el punto de vista de las actividades a realizar, en varias etapas. En la primera se genera la información, y en la segunda, se evalúa en forma integral para emitir una juicio.

La etapa de generación de información la conforman diferentes tipos de estudios, entre los que cita:

- Estudio del mercado.
- La ingeniería del proyecto.
- El tamaño y localización de los proyectos.
- Las inversiones en el proyecto.
- El presupuesto de ingresos y gastos y la ordenación de los datos básicos para la evaluación.
- El financiamiento y la organización.



Una vez que estos estudios han sido realizados, Melnick establece que los proyectos pueden ser evaluados con: a) criterios relativos a la productividad de un solo recurso, b) criterios relativos a la productividad del complejo de insumos, o c) criterios mixtos.

**(a) Criterios de evaluación relativos a la productividad de un sólo recurso.**

Estos criterios pueden clasificarse en criterios del empresario privado, y criterios sociales.

**a.1. Criterios del empresario privado.**

El empresario privado juzga los méritos de un proyecto esencialmente en términos de las utilidades que produciría y ese es, en consecuencia, el rubro del cual le interesa lograr un máximo. Por otra parte, todos los recursos que pondría en juego para obtener estas utilidades los reduce al común denominador de unidades de capital, rubro que le interesa reducir al mínimo compatible con los requisitos del proyecto. El criterio básico de la evaluación para el empresario privado es, pues, obtener el máximo de utilidades por unidad de capital empleado en el proyecto. A esta relación se llama "rentabilidad del proyecto" y suele expresarse como el porcentaje que representan las utilidades anuales respecto al capital empleado para obtenerlas.

El empresario, naturalmente, no es indiferente a aspectos del proyecto tales como incertidumbre respecto al mercado, obtención de mano de obra apropiada, facilidades crediticias, localización, complejidades técnicas (tecnología) y riesgos en general. Tales aspectos se consideran para la decisión pero, en última instancia, el patrón básico de comparación será la rentabilidad.

Como se puede observar, el criterio de evaluación del empresario privado corresponde a lo que actualmente se le llama "evaluación de proyectos de inversión", en donde existen diferentes criterios de rentabilidad que pueden ser utilizados para la evaluación de proyectos, entre los que se pueden citar: flujo de efectivo descontado, valor actual neto, relación beneficio/costo, tasa interna de retorno, etc.

**a.2 Criterios sociales de evaluación relativos a la productividad de un solo factor.**

Existen diferentes criterios sociales que tratan de optimizar la productividad de un solo factor, entre estos Melnick cita a los siguientes:

- La relación producto-capital.
- La intensidad de capital.
- Ocupación por unidad de capital.
- Productividad de la mano de obra.
- La productividad marginal social del capital y su contribución al ingreso nacional.
- El factor divisas.

Este tipo de criterios son normalmente utilizados en la evaluación de proyectos por parte de organizaciones gubernamentales. La definición de estos criterios se presenta en el Anexo D.

**(b) Criterios de evaluación relativos a la productividad del complejo de insumos.**

En este grupo se encuentran el criterio Beneficios-costos y el criterio Valor agregado-insumo. En estos criterios el orden de prioridad se obtiene según la cuantía de coeficientes que miden la productividad de insumos. Dado el nivel macro de estos criterios, no se presenta en este documento una descripción detallada de los mismos, pero se puede consultar la información fuente (Melnick, 1958).

**(c) Criterios de evaluación mixtos.**

Melnick (1958) presenta dos metodologías que utilizan criterios mixtos para la evaluación de proyectos, la propuesta por el Stanford Research Institute (SRI, 1954) y la de Bohr (1954). De estas metodologías la propuesta por el SRI es interesante en cuanto a los aspectos que toma en cuenta en la evaluación así como la forma como asigna calificación a cada uno de ellos. Por este motivo dicha metodología se describe a continuación.

La metodología propuesta por el SRI fue desarrollada para seleccionar alternativas de proyectos industriales, en donde se propone hacer la selección en dos etapas; de las cuales, la primera consiste en elegir las "industrias

posibles", y la segunda en calificar dichas posibilidades según ciertos aspectos específicos.

La primera etapa de la selección de proyectos se subdivide en otras tres: una consiste en estudiar la demanda, otra en estudiar la disponibilidad de los insumos o recursos necesarios, y otra más en preparar una lista de industrias manufactureras para elegir aquellas cuyas características concuerden mejor con los antecedentes sobre demanda e insumos obtenidos anteriormente. En esta se considera las economías de escala en función del tamaño del mercado y los factores de localización.

El propósito de la segunda etapa de selección es alcanzar un orden de preferencia entre las industrias posibles, las que se someten a una serie de pruebas, que implican estudiar de nuevo y más concienzudamente la situación de la demanda y los insumos de la región en relación con la industria. Por último, los resultados de las diversas pruebas se combinan para obtener una calificación general que permita establecer una lista encabezada por las industrias que se consideran de mayor prioridad en el área. Conviene recordar que se trata de un criterio propuesto sólo para proyectos industriales en el que, por hipótesis, se consideran resueltos los problemas relativos a la provisión de servicios básicos (energía eléctrica, transportes y otros).

La metodología se basa en proponer 6 criterios parciales a los que el SRI les llama pruebas, siendo estas las siguientes:

- Prueba de rentabilidad neta.
- Prueba de desarrollo integrado.
- Prueba de estabilidad y crecimiento.
- Prueba de los efectos sobre la balanza de pagos.
- Prueba de las relaciones socioeconómicas.
- Prueba de "experiencia y competencia".

A continuación se describen estas pruebas.

(I) Pruebas de rentabilidad neta.

De acuerdo con esta prueba, se trata de medir la relación entre la producción industrial y los insumos que ella requiere, tanto desde el punto de vista del empresario individual como desde el punto de vista social. En lo referente al empresario se trata en esencia de preparar un balance estimado y de calcular la rentabilidad con respecto al capital propio, según se ha mostrado anteriormente.

Para considerar el punto de vista social se modifican las cifras del balance mediante la valoración social de los rubros (supresión de tarifas, impuestos y subsidios y consideración de costos de oportunidad). De esta forma se obtiene otra cifra de ingreso neto, que se dividiría por el capital total.

(2) Prueba del desarrollo integrado.

Esta prueba se refiere esencialmente al análisis de la nueva industria desde el punto de vista de su integración en el complejo económico del cual pasará a formar parte (por ejemplo, su relación con otras industrias o con programas de desarrollo sectorial, local o nacional). Este análisis también considera la influencia que la nueva industria puede tener en la productividad de otras o de otros sectores de la economía (por ejemplo, formación del personal, mejoramiento en la comercialización y transportes, facilidades financieras, etc.). Se advierte que no se trata de cifrar estos factores, sino de tenerlos presentes en la calificación final.

(3) Prueba de estabilidad y crecimiento.

Esta prueba se refiere a la susceptibilidad de la industria de que se trata con respecto a variaciones estacionales, contingencias internacionales, ciclos económicos y alteraciones de otros índices que reflejan actividad económica. Comprende asimismo la flexibilidad de la industria en cuanto a la posibilidad de transformarla, en caso de emergencia, en productos de bienes diferentes de los que prevé el proyecto.

Dentro de esta misma prueba se incluye también la consideración de las expectativas de crecimiento de la industria. Se examina para ello: la forma en que se afectaría al desarrollo de la empresa en cuestión, los probables programas de desarrollo, las innovaciones técnicas, los cambios en las preferencias de los consumidores, la redistribución del ingreso nacional o factores similares.

(4) Prueba de los efectos sobre la balanza de pagos.

En esta prueba se consideran los factores positivos y negativos de la evaluación en términos de divisas. Entre los efectos positivos posibles se consideran: el aumento de exportaciones, las facilidades para permitir el aumento de las exportaciones de otras industrias, la menor

importación por sustitución con producción nacional, la posible atracción de capitales extranjeros para financiar el proyecto, etc.

Entre los efectos negativos figuran: las importaciones correspondientes al componente en moneda extranjera de la inversión, la necesidad de importar bienes o servicios para la operación del proyecto, la disminución de exportaciones por el empleo de los recursos en la industria local, el aumento de las importaciones debido al efecto combinado del incremento de los ingresos y la propensión a importar, el servicio de los capitales extranjeros invertidos, etc.

(5) Prueba de las relaciones socioeconómicas.

En esta prueba se consideran algunas relaciones socioeconómicas que influyen en el mérito que una industria es capaz de ofrecer a la comunidad que la rodea. Por comunidad que la rodea se puede entender desde la periferia local hasta la comunidad de naciones, según el caso. El tipo de cuestiones a abordar abarca los problemas de relaciones humanas que suelen caracterizar en una u otra forma a las diversas industrias, la relación del proyecto con la descentralización geográfica de la producción, las implicaciones internacionales de atender la demanda insatisfecha o aumentar la oferta de tal o cual bien, y otras así.

(6) Prueba de "experiencia y competencia".

Se refiere a la observación de los resultados que el mismo tipo de industria ha producido en otras áreas o localidades en que las condiciones no eran muy distintas de aquella para la cual se proyecta la empresa. Las preguntas que se formulan al respecto son: ¿La industria ha prosperado, ha fracasado o simplemente ha vegetado en otras zonas? ¿Ha contribuido al desarrollo económico en cuanto a producción, progreso social y estimulado la creación de nuevas industrias? ¿Ha podido soportar con éxito la competencia después de un periodo razonable de maduración o ha necesitado protección durante largo tiempo?

Realizado el análisis que implica las seis pruebas anteriores, se plantea el problema de presentar sus resultados en alguna forma que permita establecer un orden de prelación entre las industrias estudiadas. Como resulta imposible ofrecer fórmulas para resolver este problema o de someterlo a cálculos

precisos, el SRI no sugiere un sistema de selección automática e infalible, sino un procedimiento racional para ayudar a formar un juicio.

Las pruebas que suponen una determinación cuantitativa difícil, si no imposible, se califican de 1 a 5, a juicio del evaluador, empleando signos en vez de números para no dar la impresión de que se trata de una medición precisa. Los signos propuestos por el SRI son los siguientes:

= equivale a 1.                      — equivale a 2.  
 x equivale a 3.                      x equivale a 4.  
 $\left\{ \frac{x}{x} \right\}$  equivale a 5.

Bajo este esquema, los proyectos en los que aparezcan más  $\left\{ \frac{x}{x} \right\}$  ó "x" son aquellos que serán seleccionados.

El SRI establece la posibilidad que las pruebas parciales no tengan la misma importancia, sin embargo, no sugieren que se intente una ponderación aritmética, sino alguna otra de tipo más bien subjetivo (por ejemplo colocar signos + y - en función de la importancia de la prueba).

Este tipo de evaluación corresponde a lo que en este trabajo se le denomina como técnica matricial de evaluación, con la diferencia que no se recomienda utilizar factores de peso (ponderaciones) a los aspectos considerados, y que la calificación se da mediante símbolos.

Como se puede observar las metodologías presentadas por Melnick tienen la ventaja de servir como marco de referencia para la definición de conceptos, y establecer en forma clara los diferentes "visiones" que se pueden tener al evaluar un proyecto. Sin embargo, en todas las metodologías presentadas por este autor, la evaluación técnica de los proyectos (que es donde entra la evaluación de la tecnología) se considera como un etapa de generación de información, y no se visualiza el efecto real que la tecnología puede tener sobre los resultados del proyecto, sobre todo considerando que se trata de proyectos industriales del sector Refinación y Petroquímica, en donde la tecnología juega un papel fundamental.

### III.1.2 GIRAL Y NIETO (1977)

Giral y Nieto (1977) proponen que la evaluación de proyectos en las etapas iniciales sea mediante comparaciones en forma de proporciones o porcentajes. Esto lo justifican al considerar que en las etapas iniciales de los proyectos la información con la que se cuenta es mínima y su exactitud no es muy confiable. Por lo tanto en etapas iniciales recomiendan usar los siguientes índices o conceptos:

#### *Margen de utilidad (MU)*

$$MU = \frac{\text{Utilidades}}{\text{Ventas}}$$

#### *Índice de rotación de capital (IRC)*

$$IRC = \frac{\text{Ventas}}{\text{Inversión total}}$$

#### *Costos de ingredientes (CI)*

$$CI = \frac{\text{Materias primas + empaque}}{\text{Ventas}}$$

#### *Índice de utilización de capacidad (IUC)*

$$IUC = \frac{\text{Producción}}{\text{Capacidad}}$$

#### *Índice de liquidez (IL)*

$$IL = \frac{\text{Capital de trabajo}}{\text{Inversión total}}$$

#### *Rentabilidad sobre la inversión (RSI)*

$$RSI = \frac{\text{Utilidades}}{\text{Inversión total}} = MU \times IRC$$

En la evaluación de proyectos en donde el objetivo sea una selección racional de tecnologías que consideren la planeación industrial a nivel nacional, Giral y Nieto proponen la utilización de lo que ellos definen como "criterios de plausibilidad", en vista de que los proyectos seleccionados con estos criterios consideran el interés social para la nación, para diferenciarlos de los "criterios de factibilidad" que

funcionan desde un punto de vista estrictamente económico. Giral y Nieto (1977) clasifican estos criterios en cuatro grandes grupos:

- De Mercado.
- Financieros.
- Macroeconómicos.
- Tecnológicos.

Para cada criterio estos autores establecen los "subaspectos" que deben ser considerados para la evaluación. Estos se presentan en la Tabla III.1. Debido a que varios de estos "subaspectos" son de apreciación subjetiva, Giral y Nieto proponen que se fije de antemano una escala de calificación, la cual puede ser: de 1,2 y 3; de 0 a 10; o de -2 a +2. Esta forma de evaluación corresponde a la técnica matricial en donde la selección del proyecto será aquella que contenga la mayor calificación.

**TABLA III.1**  
**CRITERIOS DE PLAUSIBILIDAD PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS**  
**PROPUESTOS POR GIRAL Y NIETO (1977)**

<b>1.</b>	<b>CRITERIOS DE MERCADO</b>
(a)	Substitución de importaciones.
(b)	Demanda nueva.
(c)	Exportación.
(d)	Elasticidad de la demanda.
<b>2.</b>	<b>CRITERIOS MACRO-ECONOMICOS</b>
(a)	Beneficios regionales (descentralización, distribución del ingreso, uso de materias primas regionales, etc.).
(b)	Generación de actividad económica.
(c)	Competencia similar o equivalente (duplicación de inversiones).
(d)	Integración de proyectos a los planes nacionales (de desarrollo, tecnológicos, etc.).
(e)	Generación de empleos.
<b>3.</b>	<b>CRITERIOS FINANCIEROS</b>
(a)	Inversión (tipo, origen, composición, magnitud).
(b)	Insumos nacionales y valor agregado.
(c)	Rotación de capital (ventas/inversión total).
(d)	Liquidez (capital de trabajo/inversión fija).
(e)	Costeo incremental.
<b>4.</b>	<b>CRITERIOS TECNOLOGICOS</b>
(a)	Disponibilidad de la tecnología (nacional o extranjera, número de licenciadores, alternativas existentes, antigüedad de las patentes, etc.).
(b)	Sensibilidad a la escala y relación de capacidades.
(c)	Características intrínsecas de la tecnología (potencial de adaptación, de asimilación, dependencia futura, grado de sofisticación, etc.).
(d)	Impacto ecológico de la tecnología (contaminación, manejo de materiales tóxicos, carcinogénicos o peligrosos, aspectos eco-sociales, etc.).



### III.1.3 INSTITUTO LATINOAMERICANO DE PLANIFICACION ECONOMICA Y SOCIAL (ILPES, 1983)

El Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social (ILPES, 1983) propone una guía que sugiere fórmulas de presentación de proyectos para facilitar el examen de los estudios parciales a la luz de un enfoque global, necesario para justificar las ventajas y desventajas económicas y sociales de poner en marcha la idea original en comparación con otros proyectos que compiten por el uso de los mismos recursos. La Guía trata más *de la forma de presentar* los resultados de los estudios de preparación de proyectos *que del modo cómo realizarlos*. En ella no se dan normas de trabajo para cada una de las etapas de un proyecto, lo que propone es una orientación más uniforme para presentar los resultados que se hayan obtenido, a través de todas las etapas anteriores, al llegar al anteproyecto definitivo o estudio de factibilidad. Tomando esto en cuenta, el ILPES propone una Lista de Comprobación y Control del contenido de un proyecto, la cual se presenta en el Anexo E.

De acuerdo al ILPES (1983), los principales aspectos bajo los cuales se estudia un proyecto se refieren a los problemas *técnicos, económicos, financieros, administrativos, e institucionales*, que pueden plantearse con distinta prioridad en cada estudio parcial que lo compone. Estos estudios parciales corresponden a análisis presentados separadamente -aunque realizados en *constante coordinación y con reciprocidad de información*-. El ILPES sugiere que los estudios se clasifiquen en: *estudios de mercado, técnico y financiero, evaluación económica y plan de ejecución*; además sugiere que estos sean presentados en forma independiente como capítulos del documento del proyecto.

En cada estudio parcial los cinco aspectos distintos (*técnicos, económicos, financieros, administrativos, e institucionales*) bajo los cuales deben analizarse los proyectos, tienen una importancia relativa diferente y característica, y son interdependientes. Aunque el ILPES no sugiere una forma de ponderar la importancia relativa de cada uno de estos aspectos, sí establece una definición de ellos, la cual sirve como marco normativo del evaluador en la aplicación de los criterios que éste juzgue conveniente aplicar en función del proyecto que esté analizando. La definición de estos aspectos se presenta a continuación:

#### (a) Aspectos técnicos.

El ILPES sugiere que los aspectos técnicos de un proyecto se pueden sintetizar en tres interrogantes: *¿Cómo se hacen las cosas?, ¿Con qué se hacen?, y ¿Qué resulta?* La primera cuestión plantea problemas del *proceso*

técnico, la segunda de *requisitos técnicos* y la tercera de *rendimientos técnicos*.

Cuando se analizan los aspectos técnicos de un proyecto, los problemas de *proceso* (cómo se hacen las cosas?) se relacionan con cuestiones internas y externas del proyecto. Internamente, interesa asegurar la adecuación máxima del proceso a los objetivos propios del proyecto; externamente, es importante que el proceso sea conveniente a la economía como un todo, desde el punto de vista de los factores que emplea y de los productos y efectos que proporciona. En todos los casos, el proyecto debe presentar una descripción resumida del proceso técnico y resolver los problemas que plantea la utilización de la tecnología seleccionada, usando diagramas y gráficas que aseguren la comprensión exacta de su dinámica propia, de las diversas operaciones unitarias que lo componen, de su secuencia y de sus conexiones.

Los problemas de *requisitos técnicos* (con qué se hacen las cosas?), se refieren a la existencia y a la disponibilidad de todos los elementos cuya movilización y utilización son indispensables para que el proyecto se realice. Estos requisitos pueden ser de tipo material (insumos físicos, por ejemplo), de tipo institucional (legislación técnica específica). Además, hay que demostrar que el proyecto podrá disponer de ellos oportuna y adecuadamente en cada una de sus fases. Estos requisitos técnicos deben especificarse y cuantificarse en cada proyecto.

Los problemas de *rendimiento técnico* (qué resulta?) se refieren en general a la relación entre insumos y productos y a la medida de la productividad de los factores empleados. En el proyecto deben figurar todos los coeficientes que permitan evaluar las necesidades de insumos por unidad del producto que se espera obtener con el proyecto. La naturaleza de estos elementos y el tipo de coeficientes adecuados dependen en mucho del tipo de proyectos en estudio.

#### (b) Aspectos económicos.

El análisis económico del proyecto debe ser esencialmente cuantitativo, partiendo de los elementos que aportan los análisis técnico y financiero. El aspecto económico de un proyecto incluye una dimensión *microeconómica* y otra *macroeconómica*. El primer enfoque se relaciona con el análisis interno del proyecto, con la empresa que lo realizará y operará y con su viabilidad y rentabilidad en el contexto de esta empresa. El segundo enfoque concierne al análisis externo del proyecto, frente a la economía en que habrá de insertarse

como una nueva unidad de producción o como la ampliación de una unidad existente, autónoma o integrada en un sistema. La evaluación económica del proyecto se hace para demostrar que es rentable y que la productividad económica en el empleo de los factores utilizados se considera satisfactoria, ya sea según criterios económicos de la empresa o según los criterios de política económica o social adoptados por las autoridades públicas que aprobarán el proyecto.

**(c) Aspectos financieros.**

Las alternativas de solución elegidas para cada uno de los demás aspectos citados anteriormente establecen condiciones y limitaciones a la solución de los problemas financieros. Las más comunes se refieren a decisiones sobre el origen de los recursos financieros que es preciso movilizar y sobre las condiciones en que habría que remunerar el capital utilizado, lo que implica disponer de recursos monetarios propios o de crédito.

En la evaluación del proyecto, dos enfoques se complementan en cuanto al aspecto financiero: uno que muestra los recursos financieros disponibles y otro que indica la conveniencia, para el proyecto, de las condiciones en que esta disponibilidad puede asegurarse, es decir, que demuestra la viabilidad del proyecto en esas condiciones. El examen de los aspectos financieros debe completarse con un análisis de la sensibilidad de los parámetros principales del proyecto a variaciones en las hipótesis que sirvieron de base a su cálculo.

Por otro lado, los problemas de financiamiento comprenden la formación de ahorros en el sistema económico y su captación y canalización para los proyectos. Esto lleva a clasificar las fuentes de financiamiento en externas e internas con respecto al proyecto, a elegir entre estos dos tipos de fuentes y a decidir la proporción en que se utilizarán. Los resultados de todo el análisis financiero se consolidan y exponen en forma sinóptica en un cuadro de fuentes y usos de fondos y en el análisis de sensibilidad financiera.

**(d) Aspectos administrativos.**

En todo proyecto existe la posibilidad de elegir entre varias alternativas de organización y administración. Conviene distinguir dos etapas sucesivas en la consideración de este aspecto: el periodo de ejecución y el periodo de vida útil del proyecto (operación de las plantas cuando ya están construidas). Además, en la presentación de un proyecto, tanto del sector público como del sector privado, deben considerarse las relaciones del mismo -durante su

preparación, ejecución y funcionamiento- con órganos de la administración pública del país o de la región.

Los aspectos administrativos incluyen una dimensión legal o jurídica y otra estrictamente funcional o técnica. Por un lado, la organización destinada a realizar o a operar el proyecto debe atender las exigencias resultantes del aparato jurídico-legal del país que la condicionan, a veces en forma muy estricta y, por otro lado, está sujeta a reglas y normas que resultan de la técnica de administración. Estos aspectos deben analizarse para definir y justificar la organización que se propone para administrarlo, exponiendo los criterios que hayan determinado su elección y su repercusión sobre los demás aspectos del proyecto.

(e) Aspectos institucionales.

Las condiciones institucionales prevalecientes configuran la elaboración y ejecución del proyecto, según su naturaleza e importancia. Este condicionamiento, más directo en los proyectos del sector público, también rige para los del sector privado. Una parte de los aspectos que se analizan en relación con el marco institucional se presenta en la forma de factores condicionantes, que se estudian como problemas administrativos del proyecto. Otra parte puede considerarse específicamente institucional, por constituir un sistema de referencia externo con respecto al proyecto y hasta cierto punto inamovible. En él se incluyen la legislación pertinente, elementos de política general y de política económica y otros datos de carácter social que también pueden condicionar el proyecto.

El conjunto de problemas que se plantean en este aspecto afecta a distintos elementos de decisión. Entre ellos pueden citarse la obtención de diversos insumos físicos, la posibilidad de seleccionar las técnicas que se emplearán, las oportunidades de comercialización y el aprovechamiento de economías externas. Estos elementos pueden limitar la viabilidad de la inversión. Los aspectos institucionales que pueden interferir en la concepción del proyecto, de estas o de otras formas, deben analizarse en sus efectos sobre cada materia tratada en sus estudios parciales.

Como se puede observar el ILPES más que proponer una metodología explícita de evaluación, se centra en recomendar una guía para presentar estudios de factibilidad de proyectos, la cual ha sido considerada por varios expertos como una de las guías más completas en su género. Sin embargo, aunque no proponen una metodología de evaluación y no presentan los efectos que puede tener la tecnología en los proyectos,

es importante el establecimiento que presentan en cuanto a que en la evaluación de proyectos deben considerarse cinco aspectos: el técnico (que es donde se ve el efecto de la tecnología), el económico, el financiero, el administrativo, y el institucional.

### III.1.4 GIRAL (1994)

Giral (1994) propone un formato de evaluación de proyectos bajo la base que la autorización de inversiones en una empresa del sector privado es determinada por un Comité Ejecutivo. Este autor considera que el Comité Ejecutivo requiere de un formato que contenga la información más relevante que permita evaluar al proyecto, por lo que propone un formato base de 5 cuartillas. De acuerdo a este autor, el formato está formado por 5 secciones:

- Solicitud de aprobación de inversión.
- Posicionamiento de la empresa.
- Descripción del proyecto y sus efectos.
- Análisis de los resultados esperados.
- Resumen financiero del proyecto.

Una breve descripción de estas secciones se presenta a continuación.

#### (a) Solicitud de aprobación de inversión.

Esta sección consiste de un formato como el que se muestra en la Tabla III.2, en donde se resume la información más importante del proyecto.

#### (b) Posicionamiento de la empresa.

Esta sección consiste de una descripción del posicionamiento de la empresa con respecto a su entorno, e incluye: (1) antecedentes de la empresa o unidad estratégica de negocios (UEN), (2) descripción del mercado, (3) fuerzas y debilidades de la empresa, (4) perfil tecnológico de la línea de producto, y (5) descripción del estado del arte con la competencia líder. Esta información debe vertirse en una cuartilla.

**(c) Descripción del proyecto y sus efectos.**

Esta sección consiste de una descripción del proyecto y de sus efectos esperados, e incluye: (1) debilidades de la empresa (UEN) a corregir con este proyecto, (2) Necesidades de desarrollo tecnológico para mejorar la competitividad, (3) mejora esperada en competitividad, (4) necesidades de desarrollo tecnológico para mejorar la efectividad, (5) mejoras esperadas en efectividad, (6) requerimientos de capital de trabajo, (7) requerimientos de promoción y publicidad, (8) Inversión y programa de trabajo.

**(d) Análisis de los resultados esperados.**

Esta sección consiste de una breve descripción de los resultados esperados con el proyecto, por lo que debe incluir: (1) premisas en los tres primeros años del proyecto, (2) apoyo requerido, (3) esquema de financiamiento, (4) esquema de recuperación, y (5) origen y aplicación de recursos y flujos del proyecto.

**(e) Resumen financiero del proyecto.**

Esta sección consiste de un formato como el que se muestra en la Tabla III.3, en donde se muestra en forma resumida la situación financiera del proyecto.

La idea de proponer formatos condensados para facilitar la evaluación de proyectos es adecuada, sobre todo tomando en cuenta la forma como el ser humano toma decisiones (en base a pocos datos).. Sin embargo, al igual que otros autores, Giral (1994) se inclina en establecer solo los aspectos que deben ser considerados en la evaluación, pero no indica el procedimiento de evaluación propiamente dicho, es decir, la forma como se jerarquizarán las diferentes alternativas de proyecto.

El formato propuesto por Giral puede ser considerado de gran utilidad para la definición de la cartera de proyectos de grandes empresas o corporaciones.

**TABLA III.2**  
**FORMATO ADAPTADO PARA SOLICITUD DE APROBACION DE INVERSION**  
**PROPUESTO POR GIRAL (1994)**

**NOMBRE DE LA EMPRESA/UNIDAD ESTRATEGICA DE NEGOCIO:**  
**PROYECTO:**

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**I. AUTOEVALUACION.**

- (a) Etapa de desarrollo de la empresa:  
1. Incipiente \_\_\_\_\_ 2. En crecimiento \_\_\_\_\_ 3. Madurez \_\_\_\_\_ 4. Envejecimiento \_\_\_\_\_
- (b) Perfil tecnológico:  
1. Equipo \_\_\_\_\_ 2. Proceso \_\_\_\_\_ 3. Producto \_\_\_\_\_ 4. Operación \_\_\_\_\_
- (c) Grado de sofisticación:  
1. No tiene conocimiento documentado \_\_\_\_\_ 2. Está en proceso de asimilación \_\_\_\_\_  
3. Desarrollo sistemático de innovaciones \_\_\_\_\_

**II. NECESIDADES DE ACTIVOS FIJOS.**

- (d) Activos fijos en:  
1. Nuevas instalaciones \_\_\_\_\_ 2. Ampliación de capacidad \_\_\_\_\_ 3. Rediseño \_\_\_\_\_ 4. Reingeniería \_\_\_\_\_

**III. NECESIDADES DE DESARROLLO TECNOLOGICO.**

- (e) Competitividad:  
1. Conocimiento mercado \_\_\_\_\_ 2. Evaluación competencia \_\_\_\_\_ 3. Diferenciación producto \_\_\_\_\_  
4. Diversificación \_\_\_\_\_ 5. Logística de ventas \_\_\_\_\_ 6. Distribución y empaque \_\_\_\_\_
- (f) Efectividad:  
1. Aumento de productividad \_\_\_\_\_ 2. Aumento de la utilización \_\_\_\_\_ 3. Reducción costo materias primas \_\_\_\_\_  
4. Reducción costo de proceso \_\_\_\_\_ 5. Reducción inversión fija \_\_\_\_\_ 6. Reducción capital de trabajo \_\_\_\_\_  
7. Mejora de calidad \_\_\_\_\_

**IV. DESCRIPCIÓN DE LA SOLICITUD.**

- (g) Se requiere de un apoyo de: N\$ \_\_\_\_\_
- (h) Bajo el esquema de: 1. Financiamiento \_\_\_\_\_ 2. Obligaciones \_\_\_\_\_ 3. Capital \_\_\_\_\_
- (i) Con el siguiente calendario de disposiciones:  
Fecha 1 \_\_\_\_\_ N\$ \_\_\_\_\_ para \_\_\_\_\_  
Fecha 2 \_\_\_\_\_ N\$ \_\_\_\_\_ para \_\_\_\_\_  
Fecha 3 \_\_\_\_\_ N\$ \_\_\_\_\_ para \_\_\_\_\_
- (j) Y con el siguiente esquema de recuperación para el inversionista: 1. Intereses \_\_\_\_\_ % 2. Repago \_\_\_\_\_

**V. IMPACTO DE LA EMPRESA.**

- (k) Posicionamiento de mercado: Se mejorará penetración en \_\_\_\_\_ %.
- (l) Competitividad: Se mejorarán los costos en \_\_\_\_\_, la calidad de \_\_\_\_\_, el servicio \_\_\_\_\_
- (m) Efectividad: Se mejorarán las ventas y utilidades de la empresa como se indica en la tabla resumen (cifras en miles de nuevos pesos)

	Año 1		Año 2		Año 3	
	Sin proyecto	Con proyecto	Sin proyecto	Con proyecto	Sin proyecto	Con proyecto
Ventas						
Contribución marginal						
Costos y gastos fijos						
Utilidades netas						
Activo fijo						
Capital de trabajo						
Activos totales						
Capital contable						
Flujo disponible						
Repago						
ROAT						
RNCC						
TIR						
VPN						

**TABLA III.3**  
**FORMATO DE RESUMEN FINANCIERO DE UN PROYECTO PROPUESTO POR GIRAL (1994)**

	AÑO DE OPERACION								
	1			2			3		
	Sin proyecto	Proyecto	Con proyecto	Sin proyecto	Proyecto	Con proyecto	Sin proyecto	Proyecto	Con proyecto
Ventas netas líneas principales.									
Contribución marginal % Líneas principales.									
Costos y gastos de estructura.									
Utilidades netas.									
Activos fijos.									
Capital de trabajo.									
Capital contable.									
<b>ORIGEN Y APLICACION DE RECURSOS.</b>									
Utilidades netas.									
+ Depreciación.									
<b>FLUJO DE OPERACION</b>									
- Aumento capital de trabajo.									
<b>FLUJO DISPONIBLE</b>									
- Inversión en activos fijos nuevos.									
+ Cambios en financiamiento.									
<b>FLUJO NETO</b>									
- Pago de dividendos.									
<b>FLUJO EXCEDENTE (FALTANTE)</b>									
<b>SALDO INICIAL EN CAJA.</b>									
<b>SALDO FINAL EN CAJA.</b>									
<b>INDICES:</b>									
<b>ROAT</b>									
<b>RNCC</b>									
<b>TIR</b>									
<b>VPN</b>									



### III.2 METODOLOGIAS PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO TECNOLÓGICO.

La mayoría de las metodologías de evaluación de proyectos de desarrollo tecnológico tienen en común que utilizan la técnica matricial de evaluación (por puntos), lo cual es justificado por los diferentes autores al considerar que no es posible obtener la información suficiente que permita una cuantificación rigurosa de la rentabilidad futura de este tipo de proyectos.

Varias son las referencias que existen en la literatura relacionadas con este tipo de metodologías, de éstas se seleccionaron las siguientes por considerarse representativas: Metodología propuesta por Twiss (1974), la Metodología propuesta por el Grupo Interdisciplinario sobre Estudios de Tecnología (SIDETEC, 1987), el modelo de jerarquización propuesto por Escobar-Toledo et al (1990), y la metodología propuesta por el Instituto Tecnológico Venezolano del Petróleo (INTEVEP, 1993).

#### III.2.1 TWISS (1977)

Twiss (1977) establece que la selección de proyectos es quizás una de las más críticas y difíciles tareas de decisión de las Gerencias de Investigación y Desarrollo (I. y D.), por lo que define una base formal para el control del proceso de evaluación y selección de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico en las diferentes etapas de éste. Twiss indica que este sistema de control debe operar de la siguiente manera:

- (a) Identificar los factores relevantes para la decisión de proyectos.
- (b) Evaluar las propuestas de proyectos en relación a estos factores, usando información cuantitativa cuando sea posible, o juicios subjetivos (cualitativos) donde sea apropiado. Sugiere registrar todas las consideraciones y estimaciones cuantitativas como un procedimiento estándar de control para futuras referencias.
- (c) Seleccionar o eliminar las propuestas de proyectos sobre las bases de evaluación establecidas en (b).
- (d) Identificar áreas en donde se requiera información adicional e invertir recursos para obtener estos datos.
- (e) Comparar la nueva información obtenida en (d), con la utilizada en la decisión inicial, de aquí la importancia del registro de información.

- (f) Valorar el impacto de la viabilidad del proyecto en función de las variaciones obtenidas en el análisis del punto (e).
- (g) Decidir sobre terminar o continuar con el proyecto. Las etapas (d) a (f) se repiten como parte del sistema permanente de control del proyecto.

De acuerdo a Twiss, los principales factores que normalmente se consideran en el proceso de evaluación son los siguientes:

- Beneficios financieros como expectativa de la inversión en el proyecto.
- Efecto del proyecto sobre otros proyectos dentro del portafolio de I. y D.
- Impacto del proyecto, si éste es exitoso, sobre el negocio como un todo.

De estos tres factores el que es común en toda organización es el de los Beneficios Financieros (económicos), el cual normalmente se exprese como un parámetro de rentabilidad del proyecto en términos de: Valor presente neto, Tasa interna de Retorno, relación costo/beneficio, etc. Es obvio que sistemas de evaluación basados en un solo dato (relación costo/beneficio, etc.) que represente los méritos del proyecto, presenta ventajas para el proceso de decisión, sin embargo, este método sólo es adecuado si:

- (a) Las estimaciones para los beneficios y los costos son razonablemente exactas.
- (b) Todos los factores relevantes del proyecto pueden ser expresados en términos cuantitativos.

Raramente estas dos condiciones se satisfacen en proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, por lo que aunque el análisis cuantitativo es importante como técnica de evaluación, no es suficiente por sí mismo.

Tomando en cuenta lo anterior, Twiss (1974) propone criterios cualitativos que tratan de abarcar los aspectos más importantes en la evaluación y selección de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, los cuales agrupa en:

- Objetivos, estrategias, políticas y valores corporativos (criterios corporativos).
- Mercado.
- Investigación y desarrollo.
- Finanzas.
- Producción

Twiss define una lista de criterios para cada uno de estos grupos, los cuales se presentan en la Tabla III.2. Para evaluar y seleccionar propone una técnica matricial

en donde la calificación tiene una escala de 1 a 5 de acuerdo a la siguiente definición:

Calificación	Descripción
1	Muy pobre
2	Pobre
3	Promedio
4	Bueno
5	Muy bueno

**TABLA III.4**  
**CRITERIOS DE EVALUACION DE PROYECTOS DE DESARROLLO**  
**TECNOLOGICO PROPUESTOS POR TWISS (1974)**

Criterio de evaluación	Peso	Calificación
<b>A. Criterios corporativos.</b>		
Consistencia con el plan estratégico.		
Consistente con la imagen de la organización.		
Consistente con la actitud al riesgo de la organización.		
Consistente con la actitud de innovación de la organización.		
Es oportuno.		
<b>B. Criterios de mercado.</b>		
Necesidad del mercado claramente identificada.		
Tamaño estimado del total del mercado.		
Participación estimada del mercado.		
Vida estimada del producto.		
Probabilidad de éxito comercial.		
Probabilidad del volumen de ventas.		
Tiempo de ejecución.		
Efecto en los productos actuales.		
Precio y aceptación del consumidor.		
Posición competitiva.		
Compatibilidad con canales de distribución actuales		
Costos estimados de lanzamiento.		

ESTOY LEYENDO  
SALUD DE LA COMUNITAT

**TABLA III.4**  
**CRITERIOS DE EVALUACION DE PROYECTOS DE DESARROLLO**  
**TECNOLOGICO PROPUESTOS POR TWISS (1974)**  
(continuación)

<b>Criterio de evaluación</b>	<b>Peso</b>	<b>Calificación.</b>
<b>C. Criterios de investigación y desarrollo.</b>		
Consistencia con la estrategia de I. y D.		
Probabilidad de éxito técnico.		
Costos y tiempo de desarrollo.		
Patentabilidad.		
Disponibilidad de recursos de I. y D.		
Posibles desarrollos futuros de producto/proceso.		
Efectos sobre otros proyectos.		
Impacto en el medio ambiente.		
<b>D. Criterios financieros.</b>		
Costos de investigación y desarrollo (inversión y M.O.).		
Inversión en operaciones (manufactura).		
Inversión en comercialización.		
Disponibilidad de financiamiento en el tiempo.		
Efectos sobre financiamiento de otros proyectos.		
Tiempo para lograr punto de equilibrio y máximo flujo de efectivo negativo.		
Beneficio potencial anual y tiempo.		
Margen de utilidad esperado.		
Satisface los criterios de rentabilidad de la organización?		
<b>E. Criterios de producción.</b>		
Necesidad de desarrollar nuevos procesos.		
Disponibilidad de personal en producción (número y habilidades)		
Compatibilidad con la capacidad existente.		
Costo y disponibilidad de materias primas.		
Costo de manufactura.		
Requerimientos de instalaciones adicionales.		
Seguridad en producción.		
Valor agregado en producción.		

### III.2.2 GRUPO INTERDISCIPLINARIO SOBRE ESTUDIOS DE TECNOLOGIA (SIDETEC, 1987)

El Grupo Interdisciplinario sobre Estudios de Tecnología (SIDETEC, 1987) de la Facultad de Química de la UNAM, propuso un sistema de evaluación de proyectos de desarrollo tecnológico basado en cuatro grandes aspectos: Finanzas, Mercado, Operaciones y Tecnología; en donde cada uno de ellos representa el 25% de la evaluación total, es decir, 25 puntos sobre un total de cien.

Para cada aspecto, el SIDETEC propone una serie de criterios y ponderaciones, los cuales se presentan en la Tabla III.5. Aunque los valores de efectivo (\$) presentados en el criterio de "Finanzas" de dicha tabla ya han quedado obsoletos, es importante tomar la parte relativa de ellos en comparación con el valor máximo presentado, y tomar en cuenta que dichos valores son de 1987.

El SIDETEC establece la siguiente definición general de cada criterio general que dio lugar al sistema de evaluación propuesto por ellos:

**(a) Criterio financiero.**

Con este criterio se busca el mejor tiempo de recuperación de la inversión, la máxima contribución marginal y el menor tiempo de implantación del proyecto, es decir, el mejor impacto posible en el estado de pérdidas y ganancias, en el menor tiempo posible.

**(b) Mercado.**

Tomando en cuenta el tipo de producto, este criterio se maneja de tal manera que oriente al sector más adecuado, a través de la diversificación de productos de alto margen considerando el precio y/o su valor en us\$.

**(c) Operaciones.**

Desde el punto de vista de las operaciones, se busca que un proyecto dado ofrezca la posibilidad de la máxima utilización de la capacidad disponible, y la adecuación de las instalaciones para aprovechar oportunidades sin inventarios de activos fijos.

**(d) Tecnología.**

Este criterio se maneja en función de la posición tecnológica de la empresa y en función de las decisiones estratégicas que ha decidido implantar en cada una de sus líneas de negocios, de acuerdo a éstas puede utilizar y/o desarrollar tecnologías avanzadas que permitan mejorar su posición o bien asimilar las existentes para consolidar la productividad y mantener su vigencia en el mercado.

**TABLA III.5**  
**CRITERIOS DE EVALUACION DE PROYECTOS DE DESARROLLO**  
**TECNOLOGICO PROPUESTOS POR EL SIDETEC (1987)**

CRITERIOS		Puntos	Subtotal
<b>1. FINANZAS</b>			
1.1 Tiempo de recuperación de la inversión (meses).	< 1	10	10
	1 - 2.5	8	
	2.5 - 6	6	
	6 - 12	4	
	> 12	2	
1.2 Contribución marginal total (MM\$).	> 400	10	10
	400-120	8	
	120-35	6	
	35-10	4	
	<10	2	
1.3 Tiempo de implantación (meses).	3	5	5
	3 - 6	4	
	6 - 9	3	
	9 - 12	2	
	> 12	1	
		<b>Subtotal 1</b>	<b>25</b>
<b>2. MERCADO (condiciones del entorno comercial).</b>			
2.1 Congruencia.			7
	2.1.1 Con la tendencia comercial.	0 - 3	
	2.1.2 Representa una oportunidad de mercado	4 - 7	
2.2 Servicio.			4
	2.2.1 A cliente nuevo/línea nueva.	4	
	2.2.2 A cliente establecido/línea nueva.	2	
	2.2.3 A cliente establecido/línea establecida.	0	
2.3 Competencia.			4
	2.3.1 Fácilmente desplazable.	4	
	2.3.2 Difícilmente desplazable.	0	
2.4 Cumplimiento Leyes y Normas internas.			4
	2.4.1 Leyes.	4	
	2.4.2 Normas laborales e internas.	2	
2.5 Problemas potenciales.			6
	2.5.1 Seguridad de contribución marginal (mayores costos y/o menores precios de venta).	0 - 2	
	2.5.2 Seguridad de volumen de venta.	0 - 2	
	2.5.3 Baja obsolescencia del producto.	0 - 2	
		<b>Subtotal 2</b>	<b>25</b>

**TABLA III.5**  
**CRITERIOS DE EVALUACION DE PROYECTOS DE DESARROLLO**  
**TECNOLOGICO PROPUESTOS POR EL SIDETEC (1987)**  
 (continuación)

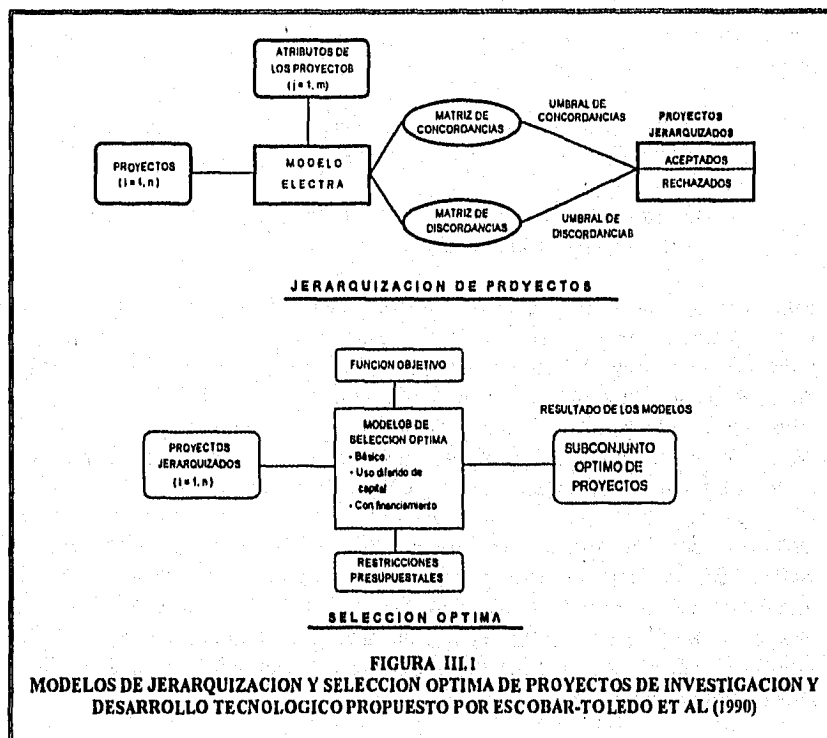
CRITERIOS	Puntos	Subtotal
<b>3. OPERACIONES (condiciones internas).</b>		
3.1 Recursos (humanos, equipos e infraestructura).		15
3.1.1 Existencia adecuada y suficiente.	9 - 15	
3.1.2 Existencia adecuada y no suficiente.	4 - 8	
3.1.3 Existencia inadecuada.	0 - 3	
3.2 Problemas potenciales.		10
3.2.1 No presenta riesgos por siniestros industriales.	0 - 3	
3.2.2 Indiferencia a problemas laborales.	0 - 3	
3.2.3 Independencia de terceros.	0 - 4	
	<b>Subtotal 3</b>	<b>25</b>
<b>4. TECNOLOGIA (condiciones del entorno tecnológico).</b>		
4.1 Congruencia con la tendencia tecnológica.		5
4.1.1 Congruencia tecnológica nueva.	4 - 5	
4.1.2 Congruencia tecnológica existente.	1 - 3	
4.1.3 Congruencia tecnológica obsoleta.	0	
4.2 Independencia tecnológica.		5
4.2.1 Independencia tecnológica y de materiales.	4 - 5	
4.2.2 Suministro de materiales importados.	1 - 3	
4.2.3 Pago por regalías y/o dependencia tecnológica durante la vida del proyecto.	0	
4.3 Problemas potenciales.		15
4.3.1 Sin riesgos de suministros de materiales.	0 - 3	
4.3.2 Sin riesgo de obsolescencia de la Tecnología propia.	0 - 3	
4.3.3 Certeza en los datos del proyecto.	0 - 4	
4.3.4 Posibilidad de éxito del proyecto (por Asimilación de la tecnología, por equipo)	0 - 5	
	<b>Subtotal 4</b>	<b>25</b>
<b>Gran Total</b>		<b>100</b>



### III.2.3 ESCOBAR-TOLEDO ET AL (1990).

Escobar-Toledo et al (1990) proponen un sistema de modelos para evaluar, jerarquizar y seleccionar en forma óptima una cartera de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico al interior de una organización.

Los modelos propuestos por estos autores se presentan en forma esquemática en la figura III.1, en la cual se observa dos etapas fundamentales. La primera consiste en jerarquizar los proyectos utilizando varios atributos especialmente identificados para ello; en esta etapa se obtiene como resultado un lista de proyectos que van a ser considerados y los que serán desechados. En la segunda etapa se seleccionan los proyectos utilizando técnicas de optimización de programación mixta entera, en donde la función objetivo está representada por la calificación de atributos para cada proyecto, y las restricciones por el fondo presupuestal común y las inversiones que son necesarias para implementar los proyectos. En esta etapa se utiliza el tiempo de ejecución de los proyectos como horizonte de planeación.



La etapa de jerarquización de los proyectos se realiza utilizando el método "electra", el cual tiene las siguientes características:

- Sirve para seleccionar proyectos de entre un conjunto teniendo en cuenta criterios múltiples, permitiendo dividir el conjunto de los proyectos en dos distintos grupos: los aceptados y los rechazados.
- Su implementación contiene varios niveles y puede representarse por una escala de preferencias para cada criterio de selección o atributo de los proyectos, asignando además un peso relativo a cada criterio o atributo.
- El método consiste en establecer el perfil de juicios de proyectos a clasificar, con relación a los criterios considerados, de forma de definir los proyectos que son mejores que otros.
- El modelo utiliza un índice de concordancia y un índice de discordancia de los juicios preferidos así como un umbral de discordancia y de concordancia para caracterizar las reglas de preferencia.

Estos autores agrupan sus criterios de evaluación de acuerdo a los siguientes objetivos:

1. Determinación del grado de adecuación de los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico a los requerimientos de la empresa.
2. Determinación de la adecuación de los proyectos a las líneas de investigación de la empresa.

Para cada uno de estos objetivos, Escobar-Toledo et al proponen los factores (criterios) que se presentan en la tabla III.6. En esta tabla además se muestran como referencia los factores de ponderación para cada criterio, los cuales fueron tomados del ejemplo de aplicación presentado en su artículo. Para calificar estos factores proponen una escala de 1 a 5. En las tablas III.7 y III.8 se presentan las escalas de valoración para cada uno de los objetivos que se persiguen en la evaluación. En la tabla III.8, referida a la valoración de los criterios para determinar la adecuación de los proyectos a las líneas de investigación de la empresa, se observa que no se incluyen todos los criterios que aparecen en la III.6, ya que ésta última fue complementada con lo que estos autores presentan en su ejemplo de aplicación. De esta observación se puede inferir que los factores (criterios) presentados no son los únicos que pueden ser considerados, sino que queda a juicio del evaluador el proponer o ajustarlos a los fines específicos de la organización en donde se desee aplicar la metodología.

Para obtener la selección óptima de la cartera de proyectos estos autores proponen tres modelos: (1) el modelo básico, el cual incluye la posibilidad de seleccionar proyectos interdependientes y mutuamente excluyentes; (2) el modelo de selección con financiamiento externo; y (3) el modelo de selección con uso diferido de capital. La posibilidad de estos tres modelos hace que la metodología sea lo suficientemente flexible para aplicarse a diferentes escenarios de evaluación.

**TABLA III.6**  
**FACTORES DE EVALUACION DE PROYECTOS PROPUESTOS POR**  
**ESCOBAR-TOLEDO ET AL (1990)**

Factores de evaluación (criterios)	Factor de ponderación
<b>1. Factores para estimar el grado de adecuación de los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico a los requerimientos de la empresa.</b>	
1.1 Relación con áreas científicas o tecnológicas que se prevén fundamentales en el futuro.	10.0
1.2 Interés estratégico.	25.0
1.3 Interés económico.	30.0
1.4 Incidencia tecnológica en el área correspondiente.	25.0
1.5 Repercusión en la infraestructura de I y D.	5.0
1.6 Efecto sobre los recursos científico-tecnológicos de la empresa.	5.0
<b>Total</b>	<b>100.0</b>
<b>2. Factores para determinar la adecuación de los proyectos a las líneas de investigación de la empresa.</b>	
<b>2.1 Objetivos perseguidos.</b>	
Novedad mundial.	
Novedad nacional.	5.0
Nivel de creatividad del proyecto.	
<b>2.2 Recursos humanos.</b>	<b>10.0</b>
Formación del equipo en las disciplinas necesarias.	
Capacidad actual del equipo.	
<b>2.3 Recursos materiales.</b>	
Disponibilidad de los recursos materiales necesarios.	
Financiamiento de los proyectos.	
Nivel de apoyo en los planes nacionales de I y D.	
<b>2.4 Viabilidad del proyecto.</b>	
Adecuación de medios a objetivos.	
Rigor científico o tecnológico del planteamiento.	
Grado de planificación.	
<b>2.5 Otros.</b>	
Nivel de apoyo del usuario.	8.00
Nivel de apoyo de la empresa.	10.0
Estimación de la posible rentabilidad de los resultados.	12.0
Inercia tecnológica sobre la empresa.	7.0
Grado de oportunidad.	
Tasa interna de retorno (TIR)	15.0
Divisas ahorradas o generadas.	18.0
Ingresos en valor presente.	15.0
<b>Total</b>	<b>100.0</b>

**TABLA III.7**  
**ESCALA DE VALORACION DE FACTORES PARA ESTIMAR EL GRADO DE ADECUACION DE LOS PROYECTOS**  
**DE INVESTIGACION Y DESARROLLO TECNOLOGICO A LOS REQUERIMIENTOS DE LA EMPRESA**  
**PROPUESTA POR ESCOBAR-TOLEDO ET AL (1990)**

Factores (criterios)	Escala de evaluación				
	1	2	3	4	5
1. Relación con áreas científicas o tecnológicas que se prevén fundamentales en el futuro.	No existe.	Se desconoce.	Moderada.	Importante.	Muy importante.
2. Interés estratégico.	Ninguno.	Escaso.	Tecnología interesante de escasa oferta.	Tecnología importante de escasa oferta.	Tecnología muy importante ofertable.
3. Interés económico.	Contrario a las estrategias de la empresa.	Ningún efecto.	Útil para un mejor aprovechamiento de los recursos materiales.	Útil para un mejor aprovechamiento de los recursos humanos y materiales.	Importante para potenciar el desarrollo de la empresa.
4. Incidencia tecnológica en el área correspondiente.	Ningún efecto en el desarrollo de la empresa.	Escaso efecto en el desarrollo de la empresa.	Tecnología medianamente interesante para el desarrollo de la empresa.	Tecnología interesante para el desarrollo de la empresa.	Tecnología fundamental para el desarrollo armónico e independiente de la empresa.
5. Repercusión en la infraestructura de I y D.	Ninguna.	Se mejora la infraestructura.	Se mejora la infraestructura humana y material.	Se mejoran substancialmente.	Se consigue la adecuada para el óptimo funcionamiento de los distintos grupos.
6. Efecto sobre los recursos científico-tecnológicos de la empresa.	Contrario al desarrollo de la capacidad científico-técnica.	Ningún efecto.	Se aprovechan mejor los recursos disponibles.	Se potencian significativamente incluyendo formación de personal.	Se consiguen los adecuados a las necesidades de la empresa.

**TABLA III.8**  
**ESCALA DE VALORACION DE FACTORES PARA ESTIMAR EL GRADO DE ADECUACIÓN DE LOS PROYECTOS A LAS LÍNEAS DE**  
**INVESTIGACIÓN DE LA EMPRESA PROPUESTA POR ESCOBAR-TOLEDO ET AL (1990)**

Factores (criterios)	Escala de evaluación				
	1	2	3	4	5
<b>1. Objetivos perseguidos.</b>					
1.1 Novedad mundial.	La idea está ampliamente superada.	Un elevado número de empresas domina esta tecnología.	Algunas empresas poseen la tecnología y existen patentes que protegen parcialmente la idea.	Pocas empresas de punta poseen esta tecnología	Novedad total.
1.2 Novedad nacional.	Varias empresas poseen la tecnología	Alguna empresa del país posee la tecnología.	Existe, perteneciendo a empresas transnacionales.	Alguna empresa nacional está trabajando en el desarrollo de esta tecnología.	Novedad total.
1.3 Nivel de creatividad del proyecto.	Nulo.	Escaso.	Moderado.	Alto.	Muy alto.
<b>2. Recurso humanos.</b>					
2.1 Formación del equipo en las disciplinas necesarias.	La mayor parte del equipo debe ser formado.	Discreta en la mayor parte del equipo.	Suficiente en la mayor parte del equipo.	La mayoría de los grupos que componen el equipo están altamente calificados.	Todos los grupos que componen el equipo están altamente calificados.
2.2 Capacidad actual del equipo.	Desconocida o baja.	Calificado pero sin experiencia.	Calificado con experiencia en parte del equipo.	Calificado con experiencia en la mayor parte del equipo.	Personal calificado con experiencia.
<b>3. Recursos materiales.</b>					
3.1 Disponibilidad de los recursos materiales necesarios.	Sin definir adecuadamente.	Definido, pero la mayor parte del equipo debe ser comprado.	Aproximadamente la mitad del equipo debe ser comprado.	La mayor parte del equipo está disponible.	Todo el equipo está disponible.
3.2 Financiamiento de los proyectos.	Inadecuado.	Insuficiente, la mayor parte debe ser solicitada.	Insuficiente, con alta probabilidad de contratación.	Mayor parte disponible.	Inmediatamente disponible y adecuado.
3.3 Nivel de apoyo en los planes nacionales de I y D.	Escaso interés por los objetivos propuestos.	Discreto interés en la mayoría de los planes (no coincide con sus líneas prioritarias).	Moderado. Coincide con una de las prioridades declaradas en los planes.	Elevado. Coincide con una de las prioridades declaradas en los planes.	Muy elevado. Coincide con más de una de las prioridades declaradas en los planes.

**TABLA III.8**  
**ESCALA DE VALORACION DE FACTORES PARA ESTIMAR EL GRADO DE ADECUACIÓN DE LOS PROYECTOS A LAS LÍNEAS DE**  
**INVESTIGACIÓN DE LA EMPRESA PROPUESTA POR ESCOBAR-TOLEDO ET AL (1990)**  
 (continuación)

Factores (criterios)	Escala de evaluación				
	1	2	3	4	5
<b>4. Viabilidad del proyecto.</b>					
4.1 Adecuación de medios a objetivos.	Medios disponibles insuficientes o excesivos.	Financiamiento previsto insuficiente o excesivo.	Medios disponibles y financiamiento previsto ligeramente insuficiente o excesivo.	Medios disponibles adecuados y financiamiento previsto ligeramente insuficiente o excesivo.	Medios disponibles y financiamiento adecuado.
4.2 Rigor científico o tecnológico del planteamiento.	Globalmente insuficiente.	Parte del planteamiento carece de rigor científico o tecnológico.	Aceptable en términos generales, aunque existen dudas razonables en algunos aspectos.	Aceptable en términos generales.	Los principios básicos, las hipótesis de trabajo y la metodología son correctos.
4.3 Grado de planificación.	Inexistente.	Deficiente.	Aceptable, con algunas faltas de concreción.	Aceptable, se organizan medianamente las tareas, tiempos y medios.	Adecuado, se organizan correctamente las tareas, tiempos y medios.
<b>5. Otros.</b>					
5.1 Nivel de apoyo del usuario.	Inexistente.	Escaso.	Moderado.	Alto.	Muy alto.
5.2 Nivel de apoyo de la empresa.	Inexistente.	Escaso.	Moderado.	Alto.	Muy alto.
5.3 Estimación de la posible rentabilidad de los resultados.	Mercado pequeño, alta inversión para transferir los resultados.	Mercado limitado, inversión importante para transferir los resultados.	Mercado interesante que habrá que desarrollar. Inversión moderada para transferir los resultados.	Mercado importante con posibilidades de exportación. Se esperan beneficios económicos significativos.	Existirá una gran demanda. Se esperan beneficios económicos importantes.
5.4 Inercia tecnológica sobre la empresa.	Inexistente.	Escasa.	Moderada.	Alta.	Muy alta.
5.5 Grado de oportunidad.	Inexistente.	Escaso.	Moderado.	Alto.	Muy alto.

### III.2.4 INSTITUTO TECNOLÓGICO VENEZOLANO DE PETRÓLEO (INTEVEP, 1993)

En las metodologías presentadas anteriormente para la evaluación de proyectos de desarrollo tecnológico (Twiss, 1974; y SIDETEC, 1987), estos son concebidos como proyectos individuales, y la selección de ellos depende de las calificaciones obtenidas. Aunque en ambas metodologías se maneja internamente el concepto de congruencia con respecto a la estrategia del negocio, la forma como esta congruencia es analizada no es completamente metodológica. En este sentido, el INTEVEP (1993) propone que los proyectos de desarrollo tecnológico sean evaluados bajo el concepto de "Cartera de Proyectos Tecnológicos". Para la generación de esta "Cartera", el INTEVEP propone todo un enfoque metodológico en donde la evaluación de tecnologías forma parte de éste.

De acuerdo al INTEVEP, las tecnologías deben ser evaluadas en diferentes escenarios, y en cada uno de estos en función de los siguientes factores:

1. Importancia estratégica.
2. Valor comercial.
3. Urgencia para el negocio.
4. Riesgo.
5. Posición tecnológica.
6. Disponibilidad de la tecnología.

Cada factor arriba citado puede presentar tres niveles (o calificaciones): bajo, medio, y alto.

La descripción detallada de la metodología propuesta por INTEVEP queda fuera del alcance de este trabajo, sin embargo, si se están evaluando proyectos de desarrollo tecnológico para generar la "Cartera de Proyectos Tecnológicos", es importante tenerla presente. Una descripción de los principios básicos para generar "cartera de proyectos" se encuentra en el artículo presentado por Capo y Glazer (1987).



### III.3 METODOLOGIAS PARA LA EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN PROYECTOS DE INVERSIÓN

Las metodologías para la evaluación de alternativas tecnológicas en proyectos de inversión consideran los aspectos de las "metodologías de evaluación de proyectos" descritas anteriormente, pero tienden a ser más específicas al tomar en cuenta que en este caso se trata de proyectos sustituibles o mutuamente excluyentes, es decir, se trata de alternativas para un mismo fin (los tecnólogos compiten por obtener un contrato de un mismo proyecto). Todas estas metodologías, coinciden en considerar de alguna o otra forma los mismos aspectos de evaluación (Castellanos y Cano, 1979; Torres, 1980; Giral, 1981; Solleiro, 1983; Sharif y Sundarajan, 1983; Castellanos, 1989; Rodríguez y Solleiro, 1991; etc.). Por este motivo se seleccionaron tres de ellas por ser las más representativas, y por tener una aplicación más adecuada para proyectos en donde la tecnología a adquirir es de proceso.

Las metodologías que se presentan a continuación fueron reportadas por Castellanos y Cano (1979), Sharif y Sundarajan (1983), y Rodríguez y Solleiro (1991).

#### III.3.1 CASTELLANOS Y CANO (1979)

Castellanos y Cano (1979) propusieron criterios para la evaluación de licenciadores oferentes de la ingeniería básica en proyectos industriales, sobre todo enfocados a proyectos en donde la tecnología involucrada es de proceso. Aunque es obvio que el objetivo de estos criterios no es determinar si uno o más oferentes de tecnología es bueno "per se", sino más bien cómo la tecnología y servicios ofrecidos por dichos tecnólogos tienen impacto en un proyecto de tipo industrial, en donde es obvio, se requiere invertir. Bajo este enfoque, los resultados de dicha evaluación es concebida como una evaluación de alternativas tecnológicas en proyectos de inversión.

Estos autores establecen que la evaluación de ofertas debe realizarse a la luz de tres aspectos fundamentales:

- Evaluación técnica
- Evaluación contractual
- Evaluación económica

Castellanos y Cano (1979) son quizás los autores que mejor definen los criterios a considerar en la evaluación técnica; proponen criterios adecuados para la evaluación contractual; sin embargo, aunque en la evaluación económica incluyen todos los

aspectos que deben ser considerados en dicha evaluación, no proponen un modelo económico, pero sí establecen que éste debe ser seleccionado y que existen varios indicadores económicos que pueden dar una idea de la bondad de la inversión para cada alternativa evaluada.

Estos autores no establecen la forma de ponderar cada aspecto de evaluación, ni tampoco definen una escala para calificar cada criterio. Sin embargo, sí establecen que la evaluación y la forma de calificar deben estar basadas en consideraciones hasta cierto punto subjetivas, y que la importancia relativa dependerá finalmente del criterio del evaluador. Esta propuesta de evaluación corresponde a lo que en este documento se le denomina como la técnica matricial de evaluación, la cual se describe con más detalle en el siguiente capítulo..

Los criterios propuestos por Castellanos y Cano (1979) que conforman cada evaluación se presentan en la Tabla III.9.

**TABLA III.9**  
**ASPECTOS Y CRITERIOS DE EVALUACION DE ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS**  
**PROPUESTOS POR CASTELLANOS Y CANO (1979)**

<b>(A) EVALUACIÓN TÉCNICA</b>	
<b>A.1</b>	<b>ANÁLISIS DEL PROCESO.</b>
<b>a.1.1</b>	<i>Concordancia del proceso con las bases de diseño.</i>
	- Capacidad y factor de servicio.
	- Especificaciones de materias primas.
	- Especificaciones de productos.
	- Condiciones en límites de batería.
<b>a.1.2</b>	<i>Características relevantes del proceso.</i>
	- Equipo.
	- Condiciones de operación.
<b>a.1.3</b>	<i>Actualización del proceso.</i>
<b>a.1.4</b>	<i>Condiciones de operación.</i>
<b>a.1.5</b>	<i>Flexibilidad del proceso.</i>
	- Materia prima.
	- Capacidad de operación (caso crítico).
	- Número de equipos de relevo.
	- Interdependencia.
	- Automatización.
<b>a.1.6</b>	<i>Requerimientos de mantenimiento.</i>
<b>a.1.7</b>	<i>Consumo de materias primas y servicios auxiliares.</i>
<b>a.1.8</b>	<i>Tratamiento de efluentes.</i>
	- Normas.
	- Sistemas de tratamiento.
<b>a.1.9</b>	<i>Experiencia del licenciador.</i>
	- Diseños previos.
	- Equipos particulares.
<b>A.2</b>	<b>DOCUMENTACION TECNICA.</b>
<b>A.3</b>	<b>SERVICIOS ADICIONALES.</b>
<b>a.3.1</b>	- <i>Inspección de procura en el extranjero.</i>
<b>a.3.2</b>	- <i>Supervisión de la expedición y embarque.</i>
<b>a.3.3</b>	- <i>Supervisión técnica durante la construcción.</i>
<b>a.3.4</b>	- <i>Supervisión de la Ingeniería de detalle.</i>
<b>a.3.5</b>	- <i>Capacitación del personal.</i>
<b>A.4</b>	<b>EXPERIENCIA TECNICA-ADMINISTRATIVA.</b>
<b>a.4.1</b>	<i>Experiencia en el proceso.</i>
<b>a.4.2</b>	<i>Experiencia general del licenciador en Ingeniería, Construcción, Operación y en Coordinación de proyectos.</i>
<b>a.4.3</b>	<i>Características organizacionales generales</i>

**TABLA III.9**  
**ASPECTOS Y CRITERIOS DE EVALUACION DE ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS**  
**PROPUESTOS POR CASTELLANOS Y CANO (1979)**  
 (continuación)

<b>(B)</b>	<b><u>EVALUACION CONTRACTUAL</u></b>
<b>B.1</b>	<b>LICENCIA Y TECNOLOGIA.</b>
<b>B.2</b>	<b>GARANTIAS DE LA INFORMACION TECNICA.</b>
<b>B.3</b>	<b>ALCANCE DE LOS SERVICIOS TECNICOS Y PROFESIONALES.</b>
<b>B.4</b>	<b>GARANTIAS.</b>
<i>b.4.1</i>	<i>Capacidad de la planta.</i>
<i>b.4.2</i>	<i>Consumo de materias primas.</i>
<i>b.4.3</i>	<i>Consumo de servicios auxiliares.</i>
<i>b.4.4</i>	<i>Consumo de agentes químicos.</i>
<i>b.4.5</i>	<i>Especificaciones de los productos.</i>
<i>b.4.6</i>	<i>Características de los efluentes.</i>
<b>B.5</b>	<b>CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS PARA PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO DE LA PLANTA DISEÑADA.</b>
<b>B.6</b>	<b>RESPONSABILIDAD DEL LICENCIADOR EN LA SUPERVISION DEL DISEÑO DE DETALLE DEL EQUIPO Y SU CONSTRUCCION.</b>
<b>B.7</b>	<b>COMPROMISOS EN PROGRAMAS DE TRABAJO.</b>
<b>B.8</b>	<b>PENALIDADES POR INCUMPLIMIENTOS.</b>
<b>(C)</b>	<b><u>EVALUACION ECONOMICA</u></b>
<b>C.1</b>	<b>INVERSIÓN EN EQUIPO Y MATERIALES.</b>
<b>C.2</b>	<b>CAPITAL DE TRABAJO.</b>
<b>C.3</b>	<b>ECONOMIA INTRINSECA DEL PROCESO.</b>
<i>c.3.1</i>	<i>Materias primas.</i>
<i>c.3.2</i>	<i>Servicios auxiliares.</i>
<i>c.3.3</i>	<i>Catalizadores.</i>
<i>c.3.4</i>	<i>Reactivos químicos.</i>
<i>c.3.5</i>	<i>Mantenimiento.</i>
<i>c.3.6</i>	<i>Depreciación.</i>
<b>C.4</b>	<b>COSTO DE INGENIERIA Y LICENCIAMIENTO.</b>

### III.3.2 SHARIF Y SUNDARAJAN (1983).

Sharif y Sundarajan proponen que los factores (criterios) que determinan las ventajas de una tecnología pueden ser agrupados en 5 categorías, tal como se muestra en la Tabla III.10.

**Tabla III.10**  
**Clasificación de Factores (criterios) propuestos por Sharif y Sundarajan (1983)**

Categoría	Factores o Criterios
1. Ambientales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contaminación.</li> <li>- Biosistemas.</li> <li>- Ecosistemas.</li> <li>- Uso de la tierra.</li> <li>- otros.</li> </ul>
2. Institucional/políticos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leyes.</li> <li>- Control administrativo.</li> <li>- Política nacional.</li> <li>- Otros.</li> </ul>
3. Sociales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hábitos de trabajo.</li> <li>- Sistema educativo.</li> <li>- Cuidado médico.</li> <li>- Servicios de emergencia.</li> <li>- Otros.</li> </ul>
4. Tecnológicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad.</li> <li>- Complementarios.</li> <li>- Avances.</li> <li>- Otros.</li> </ul>
5. Económicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Producto interno bruto.</li> <li>- Eficiencia.</li> <li>- Exportación.</li> <li>- Ingreso personal.</li> <li>- Empleo.</li> <li>- Costo de la vida.</li> <li>- Balanza comercial.</li> <li>- Otros</li> </ul>

Sharif y Sundarajan (1983) proponen clasificar a los factores (criterios) que afectan en la evaluación de alternativas tecnológicas en tres tipos: (1) Factores dominantes, (2) Factores objetivo, y (3) Factores subjetivos. De acuerdo a estos autores la integración de estos factores corresponde a usar técnicas cuantitativas y cualitativas (subjetivas), las cuales son relacionadas mediante la siguiente ecuación.

$$TM_i = DFM_i \left( \sum_{j=1}^m \xi_j OFM_{ij} + \xi_0 SFM_i \right)$$

donde:

- $TM_i$  = Medida total de la alternativa tecnológica  $i$  (calificación total para la alternativa  $i$ ).  
 $DFM_i$  = Factor dominante medido para la alternativa tecnológica  $i$ , ( $DFM_i = 0$  ó  $1$ ).  
 $OFM_{ij}$  = Factor objetivo medido para la alternativa tecnológica  $i$ , ( $0 \leq OFM_{ij} \leq 1$ )  
 $SFM_i$  = Factor subjetivo medido para la alternativa tecnológica  $i$ .  
 $i$  = Número de alternativa tecnológica en evaluación.  
 $j=1, m$  = Número de factores objetivos (cuantitativos).  
 $\xi_0$  y  $\xi_j$  = Factores de peso, evaluados de tal forma que:

$$\sum_{j=1}^m \xi_j = 1$$

Para determinar la calificación total de la alternativa tecnológica que se está midiendo ( $TM_i$ ), es importante tomar en cuenta que el factor dominante para cada alternativa debe ser determinado de la siguiente forma:

$$DFM_i = \prod_{k=1}^{k+l} DFM_{ik}$$

donde:

- $DFM_{ik}$  = Índice del factor dominante para la alternativa tecnológica  $i$  con respecto al factor dominante  $k$ ,  $DFM_{ik}$  solo puede tomar valores de  $0$  ó  $1$ .  
 $l$  = Número total de factores dominantes para la alternativa tecnológica  $i$ .

De este grupo de ecuaciones es importante notar que si algún factor dominante  $DFM_{ik}$  para la alternativa  $i$  es igual a  $0$ , esto implicará que  $DFM_i$  y  $TM_i$  para la alternativa  $i$  serán  $0$ , indicando de esta manera que la alternativa tecnológica  $i$  deberá ser excluida (rechazada). Esto hace que no se requiera evaluar los factores objetivos ni los subjetivos para la alternativa que sea excluida.

Para determinar los pesos  $\xi_0$  y  $\xi_j$  estos autores recomiendan una adecuación a la técnica de "análisis de factores" propuestas por Blackman et al (1973) y Haq (1979), la cual consiste básicamente en la ponderación de un grupo de factores y su normalización para que la suma de uno.

Los factores objetivos por definición pueden ser medidos en unidades cuantitativas (kg. de producto/kg. de alimentación, cantidad de descargas al medio ambiente, etc.), sin embargo, para obtener una congruencia con los otros tipos de factores, estos valores cuantitativos son transformados en índices adimensionales de la siguiente manera:

$$OFM_{ij} = \frac{OF_{ij}}{\sum_{i=1}^n OF_{ij}}$$

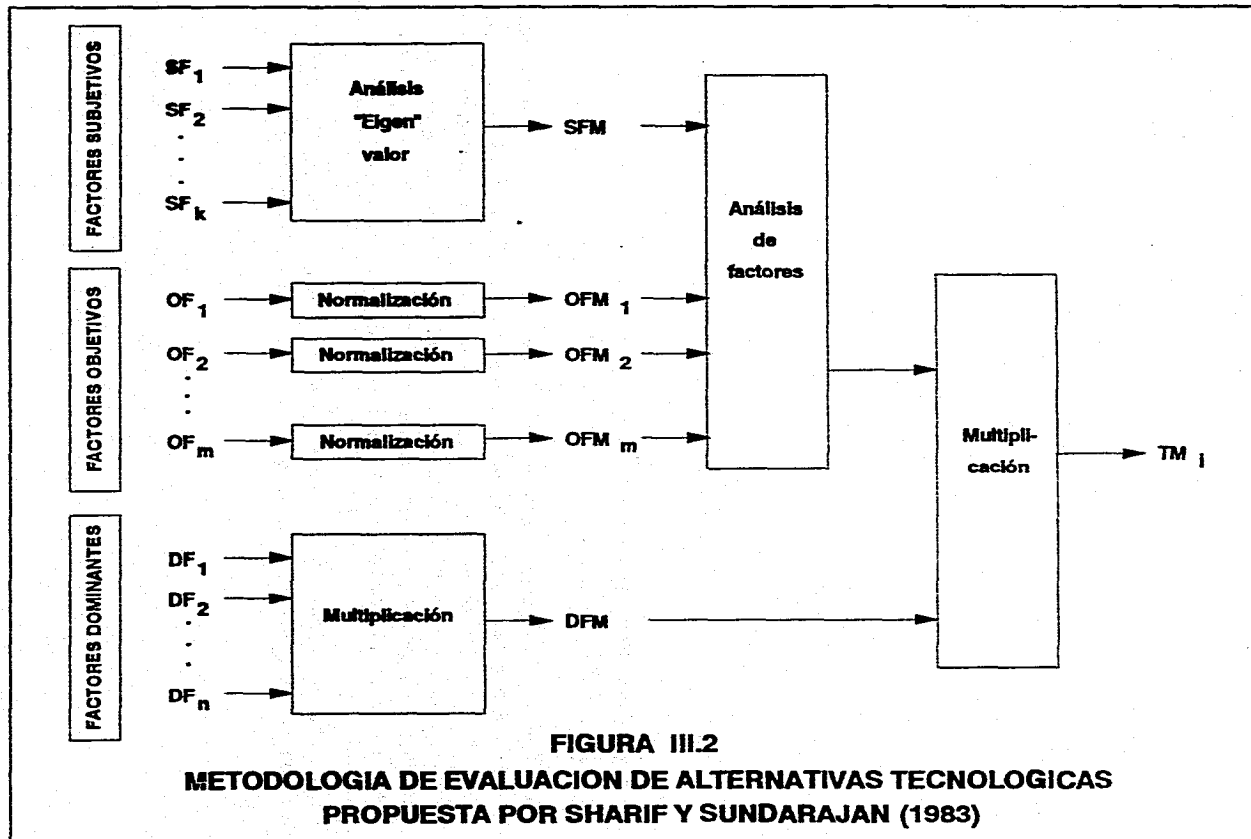
donde:

$OF_{ij}$  = es el valor del factor objetivo  $j$  para la alternativa tecnológica  $i$ .

En la anterior ecuación la condición  $\sum_{i=1}^n OFM_{ij} = 1$  es impuesta para asegurar que los factores objetivos sean compatibles con los otros factores.

Para cuantificar los factores subjetivos, estos autores proponen una combinación de la teoría de "jerarquización" y la aproximación "eigen" vector. Esta combinación resulta en una técnica en la cual primero se define una jerarquización de los diferentes factores y después se determina mediante comparación un "peso" relativo (importancia) a cada uno de ellos. En esta cuantificación de los factores subjetivos se impone también la restricción de la que la suma de su contribución debe ser uno.

La anterior descripción de la forma como estos autores integran las técnicas cuantitativas y cualitativas se presenta esquemáticamente en la Figura III.2.





### III.3.3 RODRIGUEZ Y SOLLEIRO (1991)

Rodríguez y Solleiro (1991) a través de una revisión de métodos y consultas con expertos del área de Gestión de Tecnología propusieron una metodología basada en considerar cuatro aspectos, siendo estos:

- Tecnológicos.
- Financieros.
- Contractuales.
- Sociales-políticos.

Para cada aspecto, estos autores propusieron los criterios mostrados en la Tabla III.11, y para seleccionar las mejores alternativas tecnológicas proponen una técnica de "scoring" (la cual es denominada en este trabajo como técnica matricial) que puede ser representada por la siguiente ecuación:

$$A_j = \sum_{i=1}^n W_i C_{ij}$$

donde:

- $A_j$  = Atractitividad de la alternativa j.
- $W_i$  = Ponderación del criterio i, de acuerdo con su importancia relativa.
- $C_{ij}$  = Calificación de la alternativa j, en función de su nivel de cumplimiento con el criterio i.

Rodríguez y Solleiro (1991) no proponen en su artículo criterios de ponderación para cada aspecto ni escala de calificación, dejando que esto sea definido por el evaluador en función de cada caso específico. Aunque estos autores incorporan ciertos términos relacionados a las características de la tecnología que son interesantes (dimensiones tecnológica, grado de innovación, etc.), no incluyen aspectos relacionados con el alcance y calidad de los servicios ofrecidos por los tecnólogos, los cuales pueden tener efecto sobre la ejecución del proyecto.

**TABLA III.11**  
**ASPECTOS Y CRITERIOS DE EVALUACION DE ALTERNATIVAS**  
**TECNOLOGICAS PROPUESTOS POR RODRIGUEZ Y SOLLEIRO (1991)**

<b>(A) ASPECTOS TECNOLOGICOS.</b>	
A.1	DIMENSIONES TECNOLOGICAS.
A.2	VERSATILIDAD.
A.3	ADAPTABILIDAD.
A.4	COMPLEJIDAD.
A.5	GRADO DE INNOVACIÓN.
A.6	CAMBIOS ORGANIZACIONALES REQUERIDOS.
<b>(B) ASPECTOS FINANCIEROS.</b>	
B.1	RENTABILIDAD.
B.2	ACTIVOS FIJOS REQUERIDOS.
B.3	COSTOS.
B.4	CAPITAL DE TRABAJO.
B.5	EFFECTOS SOBRE LA LIQUIDEZ.
B.6	SENSIBILIDAD.
<b>(C) ASPECTOS CONTRACTUALES.</b>	
C.1	ALCANCE DE LA LICENCIA.
C.2	PRECIO Y FORMA DE PAGO.
C.3	EXCLUSIVIDAD.
C.4	GARANTIAS.
C.5	ACCESO A MEJORAS.
C.6	ASISTENCIA TECNICA Y CAPACITACION.
C.7	TERRITORIALIDAD.
C.8	VIGENCIA.
<b>(D) ASPECTOS SOCIALES-POLITICOS.</b>	
D.1	IMPACTO EN EL EMPLEO.
D.2	IMPACTO ECOLOGICO.
D.3	CUMPLIMIENTO DE REGULACIONES GUBERNAMENTALES.
D.4	IMPACTO EN LA GENERACION DE DIVISAS.
D.5	SEGURIDAD INTERNA Y EXTERNA.

### III.4 METODOLOGIAS PARA LA VALUACION DE TECNOLOGIAS.

A la fecha existen diferentes criterios para la valuación de tecnologías, entendido esto como la determinación de su precio. Por una parte se han desarrollado modelos matemáticos complicados que requieren mucha información, la cual rara vez se encuentra totalmente disponible. Por otra parte, existen recomendaciones de tipo general que se limitan a señalar cuales son los factores clave que es necesario considerar para determinar el precio de la tecnología. Y por último, existen metodologías para la valuación de una tecnología, que consisten en ligar el precio de la misma a las ganancias netas que se obtienen por su explotación. Para valorar estas ganancias se requiere de un análisis a fondo de todos los factores relacionados con el proyecto, tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo. En resumen, las metodologías disponibles para determinar el precio de una tecnología se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- Metodologías que consideran los costos de generación.
- Metodologías que consideran los beneficios económicos que genera la tecnología transferida.
- Recomendaciones prácticas.

De los dos primeros grupos se seleccionó una metodología representativa, las cuales consideran los mejores elementos para determinar el precio de una tecnología y que aportan ciertas ideas a este trabajo.

El ultimo grupo consiste básicamente de criterios generales que deben ser tomados en cuenta en la fijación del precio de la tecnología, o recomendaciones estadísticas obtenidos en diferentes países del precio de la tecnología definida como un % de las ventas. De este grupo no se incluye una descripción detallada por considerarse de poca contribución para el objetivo del trabajo.

#### III.4.1 TANG HAO (1986)

La metodología propuesta por Tang Hao (1986) se basa en considerar todos los costos y gastos que se utilizaron en generar la tecnología, así como un factor para considerar el riesgo de éxito y parámetros que toman en cuenta la rentabilidad de dicha tecnología.

Tang Hao propone calcular el precio teórico de la tecnología por medio de la siguiente ecuación:

$$P = \frac{C + V + (H \times i)}{1 - X} + a n \Sigma \Sigma \Delta M$$

donde:

- P = Precio teórico de la tecnología.
- C = Gastos en el material utilizado en el desarrollo de la tecnología.
- V = Gastos en mano de obra utilizada en el desarrollo de la tecnología.
- X = Tasa promedio de riesgo en el desarrollo de la tecnología.
- H = Cantidad total de financiamiento utilizado en el desarrollo de la tecnología.
- i = Tasa promedio de interés.
- $\Sigma \Sigma \Delta M$  = Tasa incrementada del beneficio obtenido por la empresa que compró y emplea la tecnología en producción.
- n = Número de empresas que compraron y emplean la tecnología en producción.
- t = Periodo de tiempo que la tecnología provee resultados.
- a = Tasa comparativa del beneficio reembolsado a las unidades que transfieren tecnología. Donde  $0 \leq a \leq 1$ .

Adicionalmente, Tang Hao argumenta que en orden para proveer los correctos incentivos para la transferencia de tecnología, el precio (P) necesita reflejar una relación positiva entre los beneficios esperados por el usuario de tecnología (M) y la tasa interna de retorno de la inversión (TIR), representada por la siguiente relación:

$$P = \frac{M}{TIR}$$

Si el precio teórico (P) es mayor que la relación M/TIR, la transferencia no tiene sentido para el comprador. En otras palabras, los conceptos de valor de descuento y costos de oportunidad, son introducidos en la relación anterior para determinar el rango dentro del cual los vendedores y compradores de tecnología pueden negociar.

Esta metodología presenta la desventaja de requerir de mucha información, la cual debió registrarse en la etapa de la generación de la tecnología. Además, el precio de la tecnología sólo puede ser determinado por el proveedor, ya que difícilmente el comprador dispondrá de toda la información requerida para su cálculo. Otro aspecto limitante de la metodología es que no explica la forma como se debe prorratear el precio entre los posibles compradores.

### III.4.2 ROA ET AL. (1989)

La metodología propuesta por Roa et al. (1989) considera tres aspectos generales en el avalúo de la tecnología. El primer aspecto incluye los antecedentes en el mercado, es decir, considera los precios anteriores a los que se han comercializado tecnologías similares. El segundo, tiene que ver con la rentabilidad del proyecto, es decir, su Tasa Interna de Retorno (TIR) y, finalmente, el tercero consiste en una serie de ajustes al valor antes calculado para tomar en cuenta factores como: calidad de la tecnología, grado de desarrollo, exclusividad, etc.

Son dos las ecuaciones fundamentales en las que está basada la metodología. En la primera se calcula una tasa de regalías base ( $Z_b$ ) a partir de la tasa de regalías promedio ( $Z_p$ ) que se obtiene del Registro Nacional de Transferencia de Tecnología, revisando los contratos más recientes de transacciones similares dentro de la misma rama tecnológica. En la segunda se calcula la tasa final de regalías ( $Z_f$ ), corrigiendo la tasa base por una serie de factores que toman en cuenta las características de la tecnología. La tasa final de regalías ( $Z_f$ ) esta basada sobre las ventas.

Aunque pudiera pensarse que los valores del Registro Nacional de Transferencia de Tecnología son engañosos debido a las prácticas "deshonestas o inocentes" de algunos licenciadores (o licenciatarios), los autores consideran que usando el "criterio" se pueden seleccionar algunos contratos que sí sean representativos. Además, posiblemente el Registro Nacional de Transferencia de Tecnología de cada país es la fuente más rica en información sobre las transacciones de este tipo, sobre todo si la información está basada en prácticas reales.

La rentabilidad financiera del proyecto se considera a través del cociente TIR/IR, el cual permite conocer qué tanto más atractivo resulta invertir en el proyecto en cuestión contra el valor del dinero en el mercado; esto es, ¿Cuánto se gana arriesgando dinero en el proyecto?, contra, ¿Cuánto me puede rendir ese mismo dinero en una inversión sin riesgo?.

Este cociente puede constituirse en un factor crítico ya que si no alcanza un cierto valor mínimo que resulte atractivo al inversionista, no tiene objeto continuar con la evaluación del proyecto y debe revisarse la TIR mediante la adquisición de tecnologías más productivas o que requieran de menor inversión o buscar otro proyecto más atractivo.

El procedimiento de cálculo se describe a continuación:

- (1) Calcular el interés real IR.

$$IR = \frac{CPP + 1}{i + 1} - 1$$

- (2) Calcular la tasa base de regalías Zb.

$$Zb = \frac{Zp + TIR / IR}{2}$$

- (3) Calcular la tasa final de regalías Zf

$$Zf = Zb \times A \times B \times C \times D \times E \times F$$

donde:

Zp	=	Tasa promedio de regalías de transacciones similares.
Zf	=	Tasa final de regalías sobre ventas.
Zb	=	Tasa base de regalías sobre ventas.
TIR	=	Tasa interna de retorno del proyecto en cuestión.
IR	=	Interés real del mercado.
A	=	Factor de ajuste por intensidad tecnológica.
B	=	Factor de ajuste por competitividad internacional.
C	=	Factor de ajuste por grado de desarrollo de la tecnología.
D	=	Factor de ajuste por ventajas comerciales asociadas.
E	=	Factor de ajuste por grado de exclusividad.
F	=	Factor de ajuste por el grado de integración del paquete tecnológico.
i	=	Inflación anualizada.
CPP	=	Costo porcentual promedio del dinero.

Para que el IR tenga valores razonables, es preciso que la inflación sea menor al CPP. Cuando esto no es así, como puede suceder en casos de inflación galopante, es mejor evaluar el proyecto en dólares y considerar los índices internacionales de costo del dinero.

Con el fin de reducir a un mínimo la subjetividad en la adjudicación de valores a los factores (A, B, C, D, E, y F), Roa et al (1989) proponen la aplicación de la técnica Delphi; es decir, integrar un panel de expertos a los que se les presenta el proyecto y en forma individual asignan valores a los factores; posteriormente, los expertos que asignaron las calificaciones extremas (altas y bajas) presentan sus argumentos y los motivos que los llevaron a dar estos valores y se repite la evaluación.

Para tener un marco de referencia dentro del cual se pueden mover los valores para cada uno de los factores, los autores presentan los siguientes criterios:

(1) **Intensidad Tecnológica.**

Se refiere al grado de dinamismo tecnológico del sector industrial correspondiente. En este factor se le asigna una calificación mayor al área con más intensidad tecnológica, ya que en estos casos la tecnología es el insumo con mayor impacto en el precio del producto. Esto se muestra en la Tabla III.12.

**Tabla III.12**  
**Factor (A): Intensidad Tecnológica**

Valor	Descripción
1.4	Alta (microelectrónica)
1.2	Media alta
1.0	Media
0.8	Media baja
0.6	Baja (agronomía)

(2) **Competitividad Internacional.**

Se refiere a la calidad de la tecnología comparando sus dimensiones tecnológicas más importantes (calidad, rendimientos, consumo de energía y en general el estado técnico y de mercado de la tecnología) con las dimensiones tecnológicas de otras tecnologías similares. Una descripción y sus respectivo valor asociado se presentan en la Tabla III.13.

**Tabla III.13**  
**Factor (B): Competitividad Internacional**

Valor	Descripción
1.6	Techo tecnológico mundial
1.3	Superior al promedio
1.0	Promedio
0.7	Rezago moderado
0.4	Franco rezago

**(3) Grado de Desarrollo.**

Este es el factor que puede castigar más fuerte al valor de una tecnología. Está relacionado con el riesgo de que la tecnología no funcione de la manera esperada. Su valor máximo es 1.0 y se aplica cuando existen plantas funcionando con esa tecnología a la misma escala de producción que la que se piensa instalar. Los diferentes valores que puede tomar este factor se presentan en la Tabla III.14.

**Tabla III.14**  
**Factor (C): Grado de Desarrollo**

Valor	Descripción
1.0	Experiencia a nivel industrial
0.8	Experiencia a escala industrial menor a la del proyecto
0.5	Nivel de planta piloto
0.2	Proceso a escala de laboratorio

**(4) Ventajas Comerciales**

Se refiere a las ventajas que presenta el oferente para la comercialización del producto como pueden ser marcas, canales de distribución, publicidad, etc., así como el suministro de materias primas y/o compras de los productos asegurados.

Con este factor se castiga el precio de la tecnología cuando existen desventajas comerciales asociadas como pueden ser precios controlados de los productos, la necesidad de abrir un nuevo mercado, baja disponibilidad de materia prima, existencia de un mercado muy competido, necesidad de excesivos trámites gubernamentales, e incluso desprestigio de la compañía proveedora de la tecnología. Los valores que puede tomar este factor se presentan en la Tabla III.15.



**Tabla III.15**  
**Factor (D): Ventajas Comerciales**

Valor	Descripción
1.4	Claras ventajas
1.2	Algunas ventajas
1.0	Promedio
0.8	Algunas desventajas
0.6	Claras desventajas

**(5) Exclusividad**

Se refiere al grado en que el oferente puede garantizar al usuario el uso exclusivo de la tecnología. En este punto, las calificaciones menores a uno se aplican cuando existe exclusividad limitada a nivel regional para la explotación de la tecnología, existan o no patentes nacionales. Se obtiene la menor calificación cuando el oferente no concede exclusividad alguna. Los valores que puede tomar este factor se presentan en la Tabla III.16.

**Tabla III.16**  
**Factor (E): Exclusividad**

Valor	Descripción
1.4	Internacional con patentes vigentes por largo tiempo
1.2	Internacional con secrecía
1.1	Nacional con patentes
1.0	Nacional con secrecía
0.8	Regional con patentes
0.6	Regional con secrecía
0.4	Sin exclusividad

**(6) Grado de Integración del paquete tecnológico**

La metodología hasta aquí propuesta contempla la transferencia de paquetes tecnológicos completos; sin embargo, no siempre éste es el caso. Si se va a transferir solamente una parte del paquete tecnológico, será necesario afectar el precio obtenido con la aplicación de otro factor que va de 0.0 a 1.0 dependiendo del grado de integración del paquete a transferir. Estos autores

sólo establecen el rango de 0.0 a 1.0 para este factor, pero no definen valores para puntos intermedios, ni tampoco establecen lo que para ellos significa un paquete tecnológico completo.

La aplicación de esta metodología requiere en primer lugar, el conocer ampliamente el estado del arte a nivel internacional de la tecnología en cuestión, para ello se puede recurrir a diversas fuentes de información técnica y de mercado disponibles, como son: patentes, revistas, libros especializados, normas, catálogos de proveedores, perfiles de mercado, bancos de datos, etc. Y aprovechar las fuentes informales de información constituidas por las redes de contactos personales ubicados en el área de interés.

También es de suma importancia contar con la cooperación del oferente de tecnología para poder conocer a detalle cada uno de los elementos que integran el paquete a transferir y para poder calcular la TIR del proyecto con alguna certeza ya que este indicador es fundamental para realizar el avalúo.

Otro insumo importante para aplicar esta metodología son los expertos, los cuales deberán fijar en forma imparcial los valores a los factores involucrados (recomendándose que ellos no tengan ningún interés económico en el proyecto).

### III.5 METODOLOGIAS PARA LA EVALUACION DE TECNOLOGIAS

La evaluación de tecnologías en este contexto es normalmente entendida como la evaluación tecnológica en si misma (technology assessment) o como la evaluación del impacto de la tecnología en la sociedad.

En el primer contexto se trata de determinar la dimensiones tecnológicas más importantes de la tecnología, curvas de desarrollo (madurez), etc. Este tipo de análisis normalmente se realiza en ejercicios de planeación estratégica-tecnológica para determinar la cartera de proyectos de desarrollo tecnológico, o forma parte de las evaluaciones tecnológicas que pueden ser incluidas en la evaluación de proyectos de inversión, los cuales de una u otra forma han sido explicados o cubiertos en las clasificaciones anteriores de metodologías.

En el segundo contexto normalmente se establecen criterios que permitan evaluar el impacto de la tecnología en la sociedad. Estos criterios pueden ser agrupados de acuerdo a Porter et al (1991) en:

- Utilidad.
- Equidad.
- Trascendencia.
- Reverencia.

Como se puede observar este enfoque de la evaluación de tecnología queda fuera del alcance de este trabajo, por lo que no se describe con más detalle algunas de las metodologías o criterios reportados en la literatura abierta. Sin embargo, si se desea más información sobre este tema se puede recurrir a las siguientes referencias: Porter et al, (1991); Barbiroli, (1990); Sharif y Sundarajan, (1983); Steele, (1989); etc.

### III.6 COMENTARIOS SOBRE LAS METODOLOGÍAS REVISADAS

Durante la descripción de cada una de las metodologías presentadas anteriormente se hicieron algunos comentarios con el objetivo de normalizar los conceptos, y a continuación se presentan comentarios de carácter general:

- (1) Cada una de las metodologías presenta la tendencia de ser ligeramente parcial al darle mayor importancia a los aspectos que tienen relación con el ámbito de trabajo del autor, es decir, las metodologías desarrolladas por los economistas le dan mayor importancia al aspecto económico y al social; los ingenieros, le dan mayor importancia al aspecto técnico de proceso; y así sucesivamente. Por lo que es conveniente presentar una metodología que sea balanceada y que permite una evaluación con un enfoque integral.
- (2) Los aspectos técnico (tecnológico), económico y financiero son comunes para todas las metodologías. Sin embargo, algunas de ellas no presentan una diferenciación clara entre los aspectos económicos y financieros.
- (3) La definición de aspectos (criterios) no es la misma para todos los autores, por lo que es posible encontrar, por ejemplo, que las exportaciones e ingreso económico del personal sean definidas por un autor como criterios económicos, mientras que otros los definen como sociales.
- (4) La metodología presentada por Melnick (1958) puede ser considerada como una metodología clásica que asume que la parte técnica es sólo un insumo dentro del proceso de evaluación de los proyectos. Y considera que teniendo el debido cuidado no existirán problemas futuros por una mala selección de la tecnología utilizada. Aunque esta metodología presenta esta desventaja, es quizás la metodología pionera al establecer en forma clara lo que se debe realizar en el proceso de evaluación de proyectos, en definir que la evaluación puede estar basada en la optimización de un solo concepto (capital, mano de obra, divisas, etc.) o en conceptos mixtos, y en abrir la posibilidad de que la evaluación de proyectos puede estar basada en la evaluación subjetiva de criterios.
- (5) La guía presentada por el ILPES (1983) es quizás una de las más completas reportadas en su especie, pero ésta solo se enfoca en la *forma* de cómo presentar un estudio de factibilidad (en donde es obvio se está evaluando a la rentabilidad de un proyecto), por lo que no es de gran ayuda cuando lo que se trata de buscar es el *cómo* realizar la evaluación.

- (6) Las metodologías presentadas para la evaluación de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, aunque no tienen una aplicación directa al objetivo de este trabajo, presentan la ventaja de incluir el concepto estratégico que juega la tecnología como un activo de la empresa, lo cual indica que ésta debe ser vista también como un elemento estratégico que la empresa debe considerar para mantener una competitividad en el mercado, que le "garantice" su sobrevivencia, sobre todo en el entorno actual altamente competitivo y con grandes saltos tecnológicos.
- (7) La metodología presentada por Castellanos y Cano (1979), aunque descuida algunos aspectos que son de interés, es quizás la metodología que mejor desglosa el aspecto técnico (especialmente para tecnologías de procesos), por lo que sus contribuciones debieran ser consideradas en la evaluación de alternativas tecnológicas en proyectos de inversión de plantas de proceso.
- (8) La metodología propuesta por Sharif y Sundarajan (1983), aunque no hace una descripción detallada de cada uno de los aspectos propuestos, presenta la ventaja de combinar técnicas de evaluación cualitativas y cuantitativas, y su propuesta de clasificar a los diferentes factores (criterios) como *dominantes, objetivos y subjetivos* es de gran trascendencia, ya que permite ahorrar trabajo al eliminar alternativas tecnológicas que no cumplan con los criterios dominantes.

Como se puede observar cada metodología presenta una contribución que deberá ser analizada y adecuada para generar una metodología de evaluación integral. El desarrollo de esta metodología que integra estos conceptos y que aporta algunos otros, se presenta en el siguiente capítulo.

A manera de resumen se incluye la Tabla III.17, la cual muestra las metodologías presentadas anteriormente y permite visualizar los diferentes criterios generales (denominados en este trabajo como aspectos) que considera cada una de ellas en la evaluación.

**TABLA III.17  
CLASIFICACION DE METODOLOGIAS Y PRINCIPALES CARACTERISTICAS**

Tipo de metodología	Autor	Criterios o aspectos considerados	Observaciones
Evaluación de proyectos	Melnick (1958)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Criterios relativos a la productividad de un solo factor (privado ó social).</li> <li>- Criterios relativos a la productividad del complejo de insumos.</li> <li>- Criterios mixtos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Son consideradas como metodologías clásicas, ya que definen las diferentes alternativas de evaluación de proyectos que pueden presentarse. Estas son aplicables a empresas privadas, pero están orientadas fundamentalmente a empresa del gobierno (proyectos gubernamentales).</li> </ul>
	Giral y Nieto (1977)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En la evaluación de proyectos en sus etapas iniciales proponen los siguientes índices:                             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Margen de utilidad.</li> <li>2) Índice de rotación de capital.</li> <li>3) Costos de ingredientes.</li> <li>4) Índice de utilización de capacidad.</li> <li>5) Índice de liquidez.</li> <li>6) Rentabilidad sobre la inversión.</li> </ol> </li> <li>- En la evaluación de proyectos con un enfoque nacional proponen los siguientes criterios:                             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Criterios de mercado.</li> <li>2) Criterios macroeconómicos.</li> <li>3) Criterios financieros.</li> <li>4) Criterios tecnológicos.</li> </ol> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Introducen el concepto de "plausibilidad" en la evaluación de proyectos.</li> <li>- Proponen una evaluación por puntos y recomiendan escalas de calificación de 1,2 y 3, de 0 a 10, o de -2 a +2.</li> <li>- Incluyen una metodología simple, pero adecuada, de evaluación preliminar de proyectos al interior de empresa privada. Proponen además una metodología de evaluación de proyectos con un enfoque nacional.</li> </ul>
	ILPES (1983)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proponen los siguientes criterios:                             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Técnico.</li> <li>2) Económico.</li> <li>3) Financiero.</li> <li>4) Administrativos.</li> <li>5) Institucionales.</li> </ol> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proponen que la evaluación de un proyecto incluya: estudio de mercado, estudio técnico y financiero, evaluación económica del proyecto, y plan de ejecución. Su guía es muy completa, e incluye la información que debe contener un proyecto.</li> <li>- Su metodología está mas orientada a la evaluación de proyectos al interior del gobierno o para solicitar financiamiento externo.</li> </ul>

**TABLA III.17**  
**CLASIFICACION DE METODOLOGIAS Y PRINCIPALES CARACTERISTICAS**  
 (continuación)

Tipo de metodología	Autor	Criterios o aspectos considerados	Observaciones
Evaluación de proyectos	Giral (1994)	Propone una formato de 5 cuartillas con las siguientes secciones: 1) Solicitud de aprobación de inversión. 2) Posicionamiento de la empresa. 3) Descripción del proyecto y sus efectos. 4) Análisis de los resultados esperados. 5) Resumen financiero del proyecto.	No establece la forma de evaluar.  El formato es una herramienta útil en la formación de la cartera de proyectos de corporaciones o empresas privadas. Este es también de gran utilidad para la solicitud y aprobación de proyectos.
Evaluación de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico	Twiss (1974)	Propone los siguientes criterios: 1) Criterios corporativos. 2) Criterios de mercado. 3) Criterios de investigación y desarrollo. 4) Criterios financieros. 5) Criterios de producción.	Su modelo de evaluación es subjetivo (utiliza la técnica matricial) y recomienda una escala de calificación del 1 al 5. Este puede ser aplicado en empresas privadas o gubernamentales.
	SIDETEC (1987)	Proponen los siguientes criterios: 1) Criterios financieros. 2) Criterios de mercado. 3) Criterios de operaciones. 4) Criterios tecnológicos.	Establecen una ponderación igual para todos los criterios, proporcionando recomendaciones de valores que pueden tomar cada subaspecto que conforma un criterio. Esta metodología puede ser aplicada en empresas privadas o gubernamentales.
	Escobar-Toledo et al (1990)	Proponen evaluar lo siguiente: 1) El grado de adecuación de los proyectos a los requerimientos de la empresa. 2) El grado de adecuación de los proyectos a las líneas de investigación de la empresa	Su metodología se basa en dos fases: (1) Jerarquización de los proyectos, y (2) Selección óptima. Esta metodología sirve para generar cartera de proyectos de grandes empresas privadas o grandes empresas gubernamentales como Petróleo Mexicanos.
	INTEVEP (1993)	Proponen los siguientes criterios (factores): 1) Importancia estratégica. 2) Valor comercial. 3) Urgencia para el negocio. 4) Riesgo. 5) Posición tecnológica. 6) Disponibilidad de la tecnología.	Su metodología se enfoca a la generación de la cartera de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico al interior de un centro de investigación.

**TABLA III.17**  
**CLASIFICACION DE METODOLOGIAS Y PRINCIPALES CARACTERISTICAS**  
 (continuación)

Tipo de metodología	Autor	Criterios e aspectos considerados	Observaciones
Evaluación de alternativas tecnológicas	Castellanos y Cano (1979)	Proponen tres aspectos: 1) Técnico. 2) Contractual. 3) Económico.	No proponen la forma de evaluar cada aspecto, indicando que esto dependerá de cada evaluador.  Proponen una lista muy completa de los subaspectos técnicos que deben ser considerados en la evaluación de alternativas tecnológicas de proceso.  La metodología puede ser aplicada por empresas privadas y gubernamentales.
	Sharif y Sundarajan (1983)	Proponen los siguientes factores: 1) Ambientales. 2) Institucionales/políticos. 3) Sociales. 4) Tecnológicos. 5) Económicos.	Proponen que los factores pueden ser clasificados en: dominantes, objetivos, y subjetivos.  Usan una combinación de técnicas cuantitativas y cualitativas, y proponen una escala de 1,3,5,7, y 9 para la calificación de los factores subjetivos.  La metodología puede ser aplicada por empresas privadas y gubernamentales.
	Rodríguez y Solleiro (1991)	Proponen los siguientes criterios: 1) Tecnológicos. 2) Financieros. 3) Contractuales. 4) Sociales-políticos.	Proponen una evaluación matricial (por puntos), pero no recomiendan la escala de calificación.  La metodología puede ser aplicada por empresas privadas y gubernamentales, pero esta más orientada a estas últimas.



**TABLA III.17**  
**CLASIFICACION DE METODOLOGIAS Y PRINCIPALES CARACTERISTICAS**  
 (continuación)

Tipo de metodología	Autor	Criterios o aspectos considerados	Observaciones
Valuación de tecnologías	Tang Hao (1986)	- Proponen una metodología para determinar el precio de una tecnología que considera los costos de generación y su atraktividad económica en el mercado.	- No proponen una técnica específica de evaluación ni valores para los aspectos considerados en su metodología debido principalmente a los fundamentos en que se basa.  - La metodología está orientada para determinar el precio de una tecnología al interior de un centro de investigación.
	Roa et al (1989)	- Proponen el calculo de una tasa base sobre ventas para determinar el precio de la tecnología y la corrigen por los siguientes factores: 1) Intensidad tecnológica. 2) Competitividad internacional. 3) Grado de desarrollo de la tecnología. 4) Ventajas comerciales asociadas. 5) Grado de exclusividad. 6) Grado de integración del paquete tecnológico.	- Presenta la desventaja de requerir como dato la tasa promedio de regalías de transacciones similares.  - Recomiendan la aplicación del método de Delfos (Delphi) para la asignación de valores de cada uno de los factores de corrección.  - La metodología puede ser aplicada por empresas privadas y gubernamentales.
Evaluación de tecnologías	Porter et al (1991) Barbiroli (1990) Boyle y Harper (1970) Cetron y Bartocha (1973) Hetman (1973a) Hetman (1973b)	- La evaluación de la tecnología es "per se" (assessment) o se busca su efecto en la sociedad. Se utilizan criterios como: - Utilidad. - Equidad. - Trascendencia. - Reverencia.	- La aplicación de estas metodologías quedan fuera del alcance de este trabajo por lo que no se presentan con mucho detalle.

#### **IV. METODOLOGIA PARA LA EVALUACION INTEGRAL DE ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS**

Como fue citado anteriormente, es conveniente proponer una metodología que trate de integrar los diferentes aspectos requeridos en la evaluación de alternativas tecnológicas en proyectos de inversión de plantas de refinación o petroquímicas. Esta metodología debe ser específica en la medida de lo posible para este tipo de proyectos, en donde es obvio, la tecnología involucrada corresponde a tecnologías de proceso, lo cual le da cierta particularidad. Además, debido a que fundamentalmente el 100 % de las plantas de refinación pertenecen al Gobierno y una significativa proporción de las plantas petroquímicas también, la metodología que se propone esta orientada para ser aplicable en empresas del sector paraestatal, es decir, Petróleos Mexicanos. Sin embargo, ésta también puede ser utilizada por empresas privadas mediante algunos ajustes.

Antes de iniciar la presentación de la metodología de evaluación que se propone, es conveniente ubicar a ésta en el proceso de transferencia de tecnología. Desde el punto de vista clásico de Gestión de Tecnología, en el proceso de Transferencia de Tecnología se presentan las siguientes etapas:

- (1) Detección de la necesidad de tecnología a partir de la estrategia tecnológica, la cual forma parte de la planeación estratégica de la empresa.
- (2) Definición del proyecto. En el caso de Refinerías y Centros Petroquímicos nuevos, realmente se define un macro-proyecto, el cual está formado por proyectos que consisten en evaluar para cada planta o proceso la alternativa tecnológica que mejor se ajuste a las necesidades requeridas y cumpla con los criterios de evaluación definidos. Para cada uno de estos proyectos se genera un proceso independiente de transferencia de tecnología (aunque en algunos casos se pueden negociar en paquetes).
- (3) Obtención y análisis de información técnica (estado del arte, dimensiones tecnológicas, pronósticos, líderes y posibles oferentes de tecnología).

- (4) Contacto inicial con oferentes y visitas.
- (5) Diseño del programa de asimilación.
- (6) Evaluación, negociación y decisión (contrato).
- (7) Adquisición de acuerdo a programa.
- (8) Adaptaciones (arranque) y operación.
- (9) Asimilación.

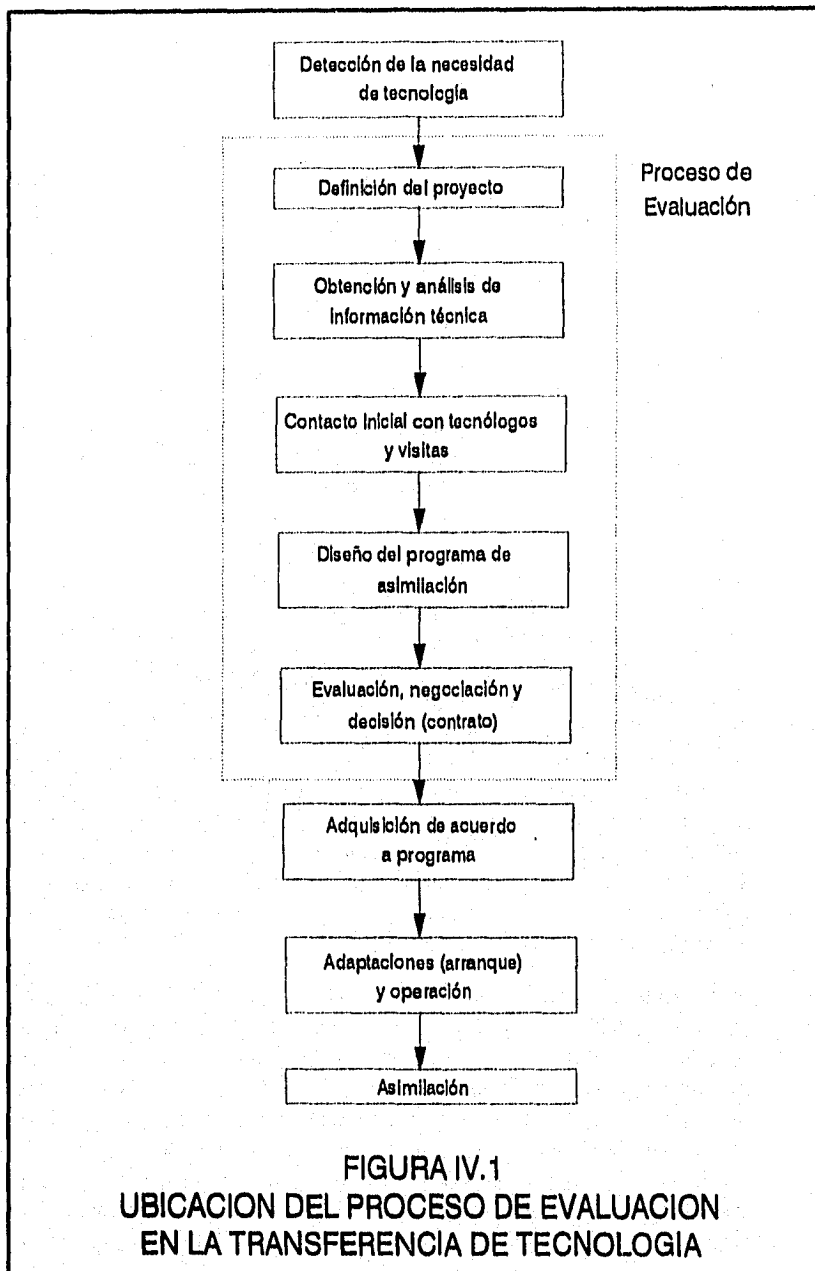
De estas nueve etapas, en este trabajo se establece que el proceso de evaluación está conformado por las etapas 2, 3, 4, 5 y 6. Esto se muestra esquemáticamente en la Figura IV.1.

La ubicación del proceso de evaluación en estas etapas se justifica al considerar que en el proceso de transferencia de tecnología existen varios "actores" (ver Figura II.4), y que el flujo de información se da principalmente en estas etapas. Los actores que pueden ser identificados, considerando un modelo de tres, son: *el usuario, los tecnólogos y el evaluador*. El *usuario* está integrado, para propósitos de este trabajo, por los Inversionistas, la Alta Dirección, los Gerentes de producción, y el personal técnico y obrero. Aunque éstos han sido agrupados, es obvio que la visión que tiene cada uno de ellos sobre la tecnología y el proyecto en general, así como los efectos resultantes de la evaluación son diferentes.

El otro "actor" son los *Tecnólogos*, los cuales son propietarios del elemento a transferir (*la tecnología*), y proporcionan normalmente servicios de ingeniería y de asistencia técnica.

En todo proceso de evaluación se requiere de personal que aplique las técnicas o métodos requeridos de evaluación. Este grupo, el cual es de carácter multidisciplinario, está compuesto por profesional especializado y puede o no formar parte de la empresa que va a adquirir la nueva tecnología. Este grupo es denominado en este trabajo como *el Evaluador*, y forma lo que sería el tercer actor.

Con la anterior explicación se ubicó al proceso de evaluación dentro del proceso de transferencia de tecnología, sin embargo, cabe una segunda cuestión: ¿Cuál es la ubicación de la metodología en el proceso de evaluación?. La respuesta a esta pregunta se presenta a continuación.



#### IV.1 EL PROCESO DE EVALUACION

Como fue establecido anteriormente, en el proceso de evaluación existen tres actores: *el usuario, los tecnólogos, y el evaluador*. Este último consiste normalmente de un Grupo Multidisciplinario con formación mínima a nivel Profesional y conocimientos en: Procesos, Ingeniería Económica, Ingeniería Financiera, Leyes sobre Propiedad Industrial relacionadas con la Transferencia de Tecnología, etc.; el cual puede ser o no parte de la Empresa que desea adquirir una tecnología. En este contexto se está hablando de tres entidades, entre las cuales el flujo de información juega un papel muy importante. Este se muestra en forma esquemática en la Figura IV.2, la cual puede describirse de la siguiente manera:

- El flujo se inicia con una entrada de información proveniente de estudios previos, como son de mercado, de factibilidad técnica, etc., lo cual propiamente dispara el estudio de evaluación de alternativas tecnológicas. Esto puede ser a través de una solicitud libre de tipo interno, o mediante un formato definido en forma conjunta entre el Usuario y el Evaluador, que cite con el detalle suficiente los requerimientos relativos al proceso de transformación y restricciones específicas, si las hay. Una vez que la entidad evaluadora recibe la solicitud correspondiente, con la información necesaria anexa, el Evaluador consulta los bancos de información internos y externos para determinar a las tecnologías potenciales, y proceder a enviar una solicitud de información no confidencial a los Tecnólogos. Esto se representa esquemáticamente en la vía de comunicación No. 1 de la figura IV.2. Como resultado de lo anterior se espera que los Tecnólogos envíen información general comercial de sus tecnologías de procesos e incluso efectúen presentaciones técnicas, según se representa en la vía de comunicación No. 2 de la figura. Una vez logrado lo anterior, se efectúa una depuración de la información y un análisis preliminar, para determinar los Tecnólogos que han de ser invitados para efectos de la evaluación.
- El siguiente documento que se debe generar es el de Bases de Concurso (conocido también como Bases de Licitación), el cual consiste en la especificación escrita de lo que espera el Usuario obtener como resultado del desempeño de los procesos que han de ser evaluados, y sirven como la base que disponen los Tecnólogos para hacer sus propuestas. Entre la información que debe incluirse en las Bases de Concurso se puede citar: programa de ejecución del proyecto, capacidad de procesamiento, factor de servicio, especificaciones de productos y materias primas, servicios auxiliares disponibles (si los hay), condiciones climatológicas, situación geográfica,

limitaciones de espacio, limitaciones de inversión, etc., todo ello dentro de un formato tipo cuestionario, incluido en la sistematización del proceso de evaluación tecnológica. Este documento tiene una importancia fundamental para el buen desarrollo de la evaluación, ya que conforma propiamente la especificación del "producto" deseado, y debe elaborarse conjuntamente por el Usuario y el Evaluador (una propuesta del contenido de estas bases se presenta en el Anexo F). Estas Bases de Concurso se hacen llegar a los diferentes Tecnólogos considerados dentro de un documento denominado *invitación formal* para que envíen sus propuestas tecnológicas. Se incluye también en esta invitación, un formato mínimo de respuesta para que el tecnólogo en cuestión conozca la forma en que se espera que se presente la información. Esto se ilustra en la vía de comunicación No. 1 de la figura IV.2.

- Como resultado de lo anterior, se recibe por parte de los Tecnólogos una *propuesta*, que se asocia con tanta *información confidencial* como sea necesaria, según se aprecia en la vía de comunicación No. 2. Con la información recibida se continúa el proceso de evaluación, en el cual puede contemplarse la necesidad de un intercambio directo de información entre las entidades Evaluador-Usuario y los Tecnólogos, por lo cual se contempla la existencia de la vía de comunicación No. 3, destinada para efectos de negociación.

En este flujo de información, el documento más importante y que juega un papel preponderante en el proceso de evaluación, son las bases de concurso o licitación. Debido a esta importancia se incluye en el Anexo "F" un formato sobre el contenido mínimo que deben contener este documento, el cual ha sido utilizado por Pemex-Refinación en licitaciones internacionales..

De acuerdo a la descripción del flujo de información, el proceso de evaluación de tecnologías puede concebirse como una secuencia lógica de actividades que requiere la interacción entre los tres actores. Las actividades involucradas en este proceso se describen en forma esquemática en la figura IV.3, la cual muestra la ubicación de la metodología de evaluación del proceso de evaluación. Esta figura puede ser interpretada de la siguiente manera:

- La *detección de una necesidad* en el ámbito de un estudio de factibilidad es considerado el punto de partida, para pasar a lo que es propiamente el estudio de evaluación de alternativas tecnológicas, en cuyo primer bloque se cita *especificación preliminar del caso*, lo que representa el establecimiento de la

información mínima necesaria del proceso de transformación y las necesidades específicas para el inicio del proceso de evaluación.

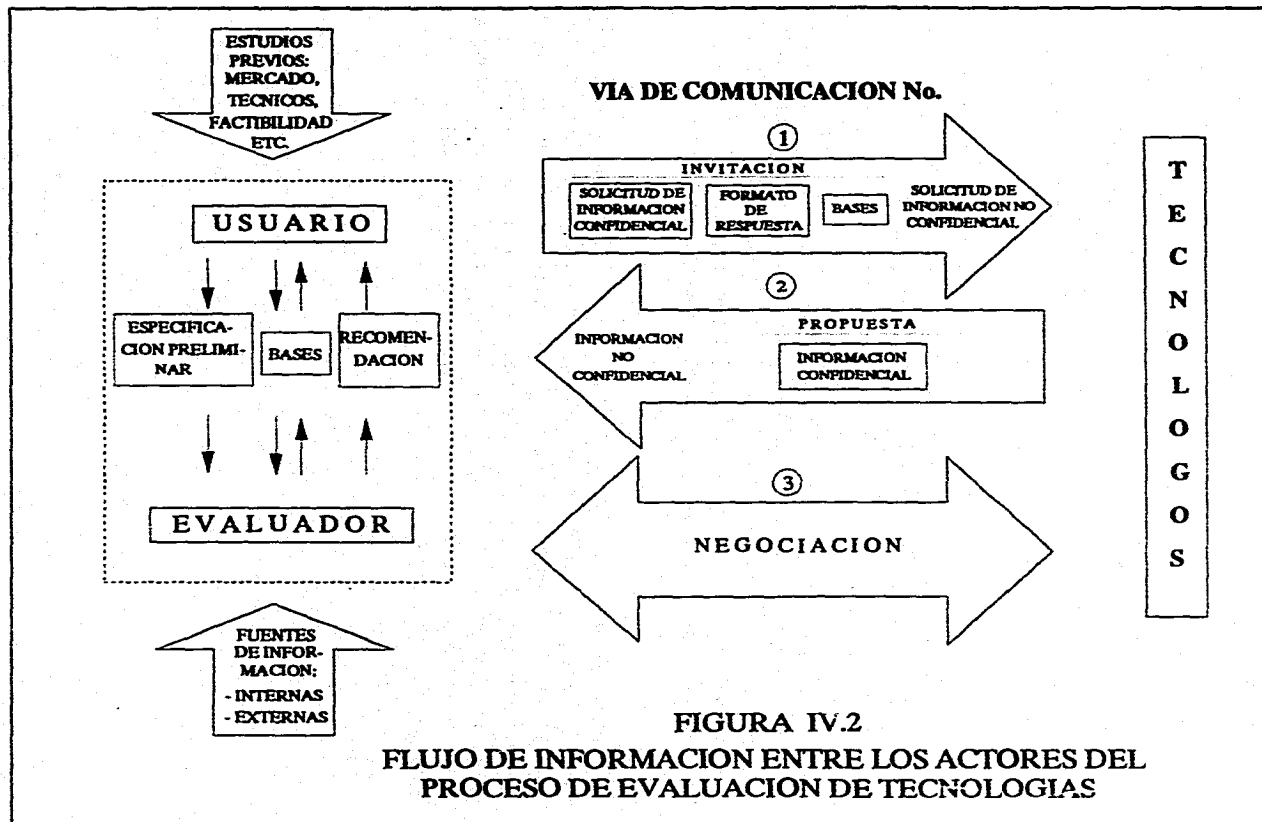
- En el segundo paso se tiene a la *búsqueda de licenciadores (tecnólogos)*. Esto se refiere a la tarea de encontrar, según sea necesario en términos nacionales o internacionales, a los tecnólogos oferentes potenciales. A continuación se presenta la *solicitud de información no confidencial* lo que significa el establecimiento del primer contacto **Evaluador-Tecnólogos** en el que se solicita folletos comerciales e información general descriptiva de sus tecnologías. Con esta información, que es considerada como no confidencial, y la colectada previamente se pasa a la siguiente etapa denominada *depuración de información*, la cual tiene como objetivo central hacer una selección preliminar de las tecnologías que van a ser consideradas dentro del proceso de evaluación. Como resultado de esta etapa se puede solicitar *presentaciones técnicas de Tecnólogos* con el objetivo de conocer con más detalle las características de sus tecnologías. En este contacto con los **Tecnólogos**, aunque no existe formalmente compromiso relacionado con el resultado de la evaluación, éstos esperan recibir una invitación formal para presentar su propuesta.
- Con el paso anterior concluido se puede proceder al siguiente, que se presenta como *análisis preliminar*, en el que se profundiza un poco más y se prepara el requerimiento de información más específica a través de la elaboración de las bases de concurso (o Bases de Licitación) y la invitación para la participación en un concurso abierto. Tal paso está citado como *solicitud de información confidencial* en la figura IV.3 (el Anexo "F" presenta un contenido típico de unas bases de licitación).
- Una vez que se dispone de la información confidencial suministrada por los licenciadores, a través de sus propuestas correspondientes (en algunas licitaciones esta información puede ser manejada como no-confidencial), existe la necesidad de procesar tal información para que a partir de ella se obtengan los datos pertinentes de cada uno de los **Tecnólogos**. Esto se representa en el bloque *Procesamiento de información* de la figura IV.3.
- Los datos ordenados y clasificados se analizan y contrastan según los diferentes apartados que hayan sido considerados para la evaluación. Estas actividades conforman lo que aquí se denomina: *metodología de evaluación*, la cual requiere de un procesamiento de información y de evaluaciones parciales de los diferentes aspectos que hayan sido considerados. En la aplicación de la metodología es importante que exista consistencia entre las

bases de concurso y los aspectos que van a ser considerados en la evaluación, es decir, se debe solicitar la información requerida para aplicar la metodología de evaluación. En este punto se dispone de una evaluación para cada una de las diferentes áreas de interés. Corresponde entonces lograr una integración a fin de constituir una calificación global que refleje la situación jerárquica de las bondades integrales de las diferentes alternativas tecnológicas involucradas. En el paso denominado *Integración de la evaluación* se procede a realizar esta tarea.

- Una vez que se ha logrado establecer tal calificación, el paso siguiente es el de *selección*. Debe cumplirse con una recomendación basada en tales calificaciones y presentada adecuadamente, según el paso siguiente y final, denominado *elaboración del reporte final*.
- La siguiente etapa es la negociación, la cual como se observa en la figura IV.3 es concebida como una actividad externa al proceso de evaluación. Sin embargo, aunque en esta descripción y en la figura se muestra una seriación en las actividades, existe la posibilidad que los resultados de la negociación nos obliguen a regresar a algún punto dentro del proceso de evaluación.

En este marco, se puede decir que el proceso de evaluación de alternativas tecnológicas en proyectos de inversión de plantas de refinación o petroquímicas, es una actividad de análisis tendiente a exponer, de manera sistemática, las características integrales de relevancia asociadas a proyectos de inversión, con el objeto de lograr una decisión en la que se observe, por un lado, el mejor balance entre los beneficios financieros y la calidad de los servicios recibidos, y los compromisos incurridos por el otro.





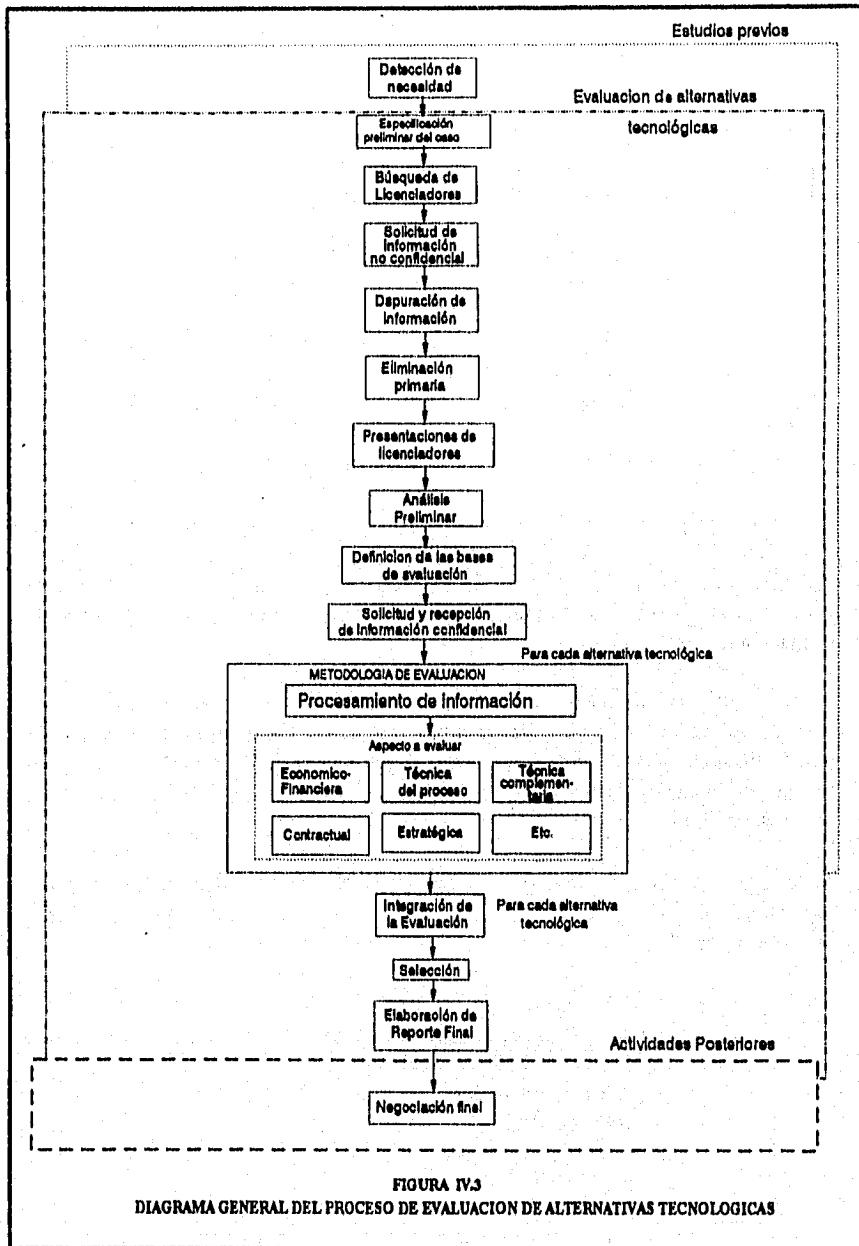


FIGURA IV.3  
DIAGRAMA GENERAL DEL PROCESO DE EVALUACION DE ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS

## IV.2 DESARROLLO DE LA METODOLOGIA

De la revisión de las metodologías de evaluación presentadas en el capítulo anterior se puede observar que el desarrollo de un modelo de evaluación de alternativas tecnológicas puede realizarse mediante la ejecución de cuatro etapas:

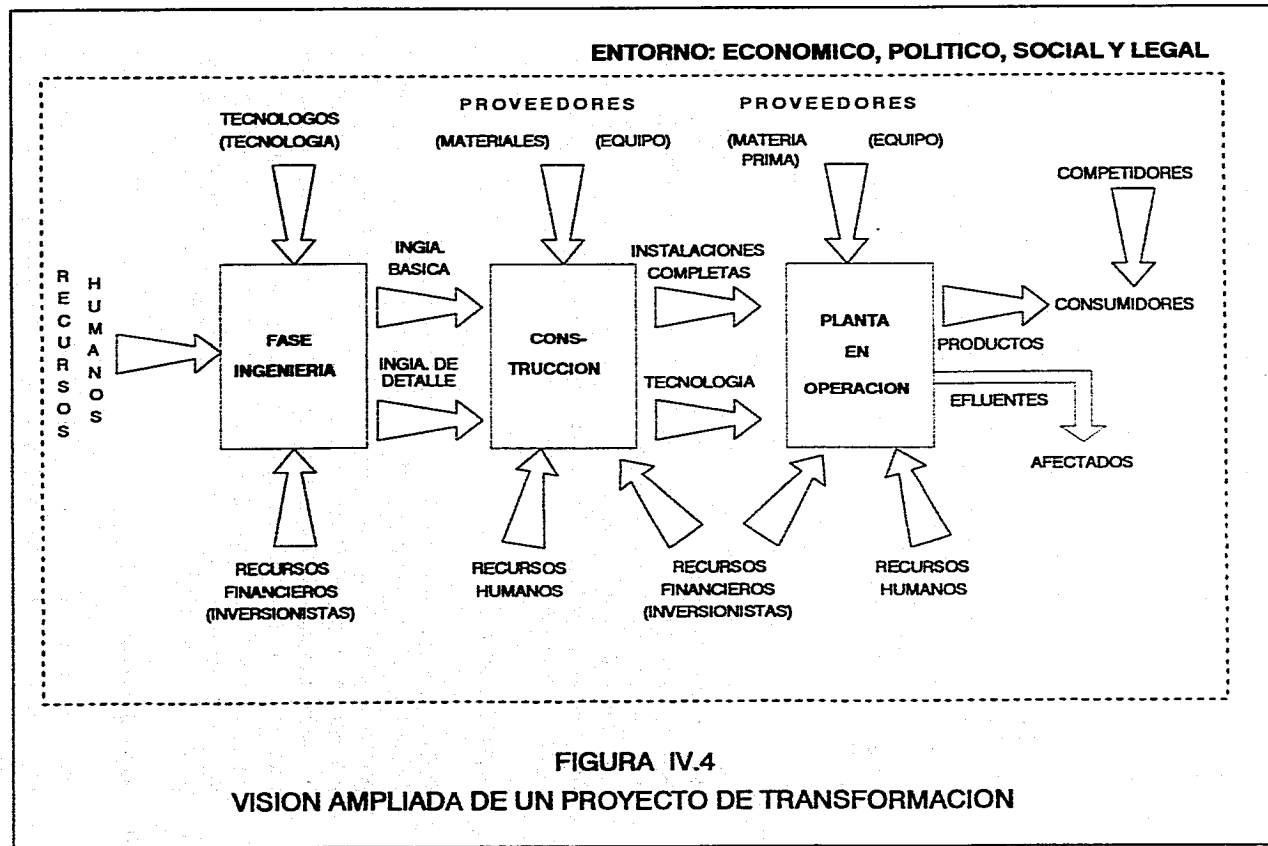
- Identificación de criterios que afectan la selección de la alternativa tecnológica.
- Clasificación de todos los criterios identificados.
- Formulación de un modelo en términos de la clasificación.
- Cuantificación de los términos del modelo.

Una forma de proponer los criterios y su clasificación sería mediante un proceso estadístico de los criterios que son propuestos por los diferentes autores, sin embargo, no hay que olvidar que lo que se trata es proponer un modelo específico para evaluar alternativas tecnológicas en proyectos de inversión de plantas de refinación o petroquímicas.

En la identificación y clasificación de los diferentes criterios se propone utilizar el enfoque de sistemas, el cual aplicado a la ejecución y operación de un proyecto de transformación puede ser concebido como se muestra en la Figura IV.4. Esta figura es una visión ampliada del enfoque de caja negra del proceso de transformación mostrada en la Figura I.3.

Tomando como base la Figura IV.4 se puede abstraer la identificación de los siguientes criterios de evaluación, los cuales serán denominados en este trabajo como "*aspectos*".

- Aspectos técnicos del proceso.
- Aspectos técnicos complementarios.
- Aspectos económico-financieros.
- Aspectos contractuales.
- Aspectos plausibles.
- Aspectos estratégico-tácticos.
- Aspectos normativos.



A continuación se describen brevemente los aspectos incluidos en la metodología propuesta.

**(a) Aspectos técnicos del proceso.**

En este inciso se consideran las características de la tecnología desde el punto de vista de proceso a nivel de Ingeniería Básica. Esto se realiza a través del análisis comparativo entre las alternativas tecnológicas ofertadas, estableciendo sus ventajas y desventajas, y tomando en cuenta el techo tecnológico como referencia. Los aspectos técnicos del proceso tienen repercusiones en el comportamiento económico del proyecto así como posibles efectos en el medio ambiente, y puede establecer una ventaja competitiva, por lo que se requiere de una ampliación detallada de este aspecto.

**(b) Aspectos técnicos complementarios.**

En este aspecto se agrupan a los criterios que no corresponden propiamente a las características de la tecnología, pero que tienen un efecto en la confianza de que ésta tenga un buen funcionamiento en la fase operativa de la planta. Se evalúa básicamente la experiencia de los diferentes tecnólogos, su capacidad organizacional, el tipo y alcance de los servicios ofertados, así como el contenido del paquete tecnológico (paquete de ingeniería básica, paquete de ingeniería de detalle, etc.), entre otros.

**(c) Aspectos económico-financieros.**

Dada la estrecha relación que existe entre los criterios económicos y los financieros, se propone que éstos sean agrupados en un solo aspecto. Esto permite tener flexibilidad en la profundidad de los cálculos, ya que en ciertos proyectos no es posible determinar con un grado de confiabilidad adecuado los parámetros de rentabilidad de los proyectos, ni por lo tanto los criterios clásicos de evaluación financiera. Desde el punto de vista de los inversionistas privados este aspecto es de vital importancia, ya que define el nivel de recuperación de la inversión y las utilidades esperadas cuando la planta esté en operación.

**(d) Aspectos contractuales.**

Uno de los puntos importantes que se deben solicitar en las bases de concurso es el incluir un borrador del contrato de licencia que regirá la transferencia de

tecnología y los servicios ofertados. Tomando esto como referencia, se puede establecer que se dispone de información suficiente para evaluar este borrador y asegurarse con tiempo que las obligaciones, derechos, restricciones, garantías, penalidades, etc., se incluyan en él. En este aspecto se evalúan todos estos factores, y aunque estos pueden modificarse en la etapa de negociación, se esperaría que ésta fuera en beneficio del licenciario (adquiriente) y no del licenciador. Los aspectos contractuales son de vital importancia ya que pueden limitar la capacidad para realizar mejoras a los procesos productivos en su etapa de operación y tienen repercusiones económicas debido al nivel de regalías y la forma de pago de éstas.

**(e) Aspectos plausibles.**

En estos aspectos se agrupan los criterios macro-económicos, políticos, sociales y ecológicos que pueden afectar en la evaluación de un proyecto de inversión. Para identificar a estos aspectos se utiliza el término "plausibilidad" propuesto por Giral y Nieto (1977), ya que se considera que si los proyectos fueran evaluados bajo estos criterios en donde se espera un beneficio social, macro-económico, etc., serían dignos de aplauso. Aunque actualmente los criterios macro-económicos y sociales ya no rigen predominantemente las características de las inversiones en las áreas de refinación y petroquímica, se considera que debido a que las plantas estarán inmersas en un entorno económico, social, político, etc., se recomienda que se analicen si para el proyecto en cuestión son aplicables estos criterios.

**(f) Aspectos estratégico-tácticos.**

Dada la importancia que la estrategia tiene sobre el buen funcionamiento de una organización, se propone que ésta sea considerada en la metodología de evaluación. Este aspecto es de vital importancia ya que la tecnología que se adquiera debe ser congruente con la estrategia tecnológica y ésta a su vez como es sabido debe ser congruente con la estrategia general del negocio. Además, se incluyen en este grupo a los criterios tácticos (en donde se pueden considerar aspectos de logística), ya que éstos pueden tener un efecto en el buen desempeño del negocio. Como se observa en la figura IV.4, los productos que se generen en la nueva planta saldrán a la venta en un mercado competido, en donde es obvio, existen otros productores que desean tener una mayor participación del mercado. Por lo tanto, la ventaja estratégica que una alternativa tecnológica proporciona es algo que debe ser considerado en toda metodología de evaluación.

**(g) Aspectos normativos.**

En este aspecto se agrupan los criterios que involucran la normatividad que puede regir un proyecto en sus diferentes fases, es decir, desde la licitación hasta la emisión de contaminantes cuando la planta esté operando. Estos aspectos tienen como características que la evaluación es del tipo on/off, es decir, cumple o no cumple. Sin embargo, debe considerarse que algunos cumplen con mayor margen y otros apenas cumplen. Las leyes, reglamentos, tratados, etc., pueden inclinar en determinado momento la preferencia de una alternativa tecnológica sobre las otras, por lo que estos criterios deben ser evaluados dentro de la metodología que se propone. Este aspecto es de vital importancia para las empresas del sector paraestatal, ya que éstas deben de cumplir con la normatividad que establecen las leyes mexicanas para las compras en el sector público.

Es importante notar en los diferentes aspectos descritos anteriormente que tienen diferente temporalidad, es decir, en algunos sus efectos son inmediatos, mientras que otros son a más largo plazo. Esta diferencia es la que ocasiona la dificultad de evaluar con certeza el funcionamiento del proyecto en el tiempo. Además, si a esto se le agrega la confiabilidad de la información que los tecnólogos presentan, la confiabilidad de los estimados de inversión, la confiabilidad del flujo de efectivo del proyecto, etc., es obvio que la evaluación no puede ser cien por ciento certera. Esto no quiere decir que los resultados de la evaluación no tienen aplicación, al contrario, se trata de aclarar que éstos son representativos y que bajo este nivel de "representatividad", las alternativas tecnológicas están siendo jerarquizadas.

Bajo este esquema se considera que se está hablando de una evaluación integral, ya que se propone un nuevo espectro de los criterios que deben ser analizados en la metodología de evaluación. Se considera que con esta nueva definición de aspectos se incluyen la mayoría de las posibilidades que se pueden presentar en proyectos de construcción de nuevas plantas o modernizaciones de las ya existentes.

Hasta este momento solo se han identificado y agrupado a los diferentes criterios que deben ser considerados en una metodología de evaluación. Nótese que no se incluyen los aspectos administrativos (criterios) que pueden afectar el buen desempeño del proyecto, ya que se asume que se requiere la misma estructura organizacional para administrar cualquiera de las alternativas que se seleccione. Esto se fundamenta en el origen de lo que se está evaluando, es decir, no se están evaluando proyectos con diferentes características, sino un proyecto para el cual existen diferentes alternativas tecnológicas. Para el caso de evaluación de proyectos

de diferentes características (fines), el aspecto administrativo también deberá ser considerado.

Tal como fue descrito anteriormente, para el establecimiento de una metodología de evaluación es necesario identificar y agrupar a los criterios que van a ser considerados, por lo que se requiere desglosar a cada uno de los aspectos identificados. A continuación se presenta el desglose de los subaspectos y factores importantes que deben ser considerados y que conforma cada aspecto, los cuales deben ser seleccionados para cada caso específico (nótese que esta subclasificación se respeta a lo largo de la metodología, y se prefirió en lugar del nombre genérico "criterio").

Los aspectos a evaluar consideran los siguientes subaspectos y factores:

**(a) Evaluación Técnica del Proceso.**

En la etapa de la evaluación técnica del proceso, el análisis debe centrarse en las diferencias técnicas de los procesos de las alternativas tecnológicas que se estén evaluando. De ser posible, estas diferencias deben ser cuantificadas considerando su efecto en la rentabilidad del proyecto. Se proponen los siguientes subaspectos y factores a considerar en esta evaluación:

**a.1 Concordancia del proceso con las bases de diseño.**

- Capacidad y factor de servicio.
- Especificaciones de materias primas.
- Especificaciones de productos.
- Condiciones en límites de batería.
- Disponibilidad de servicios auxiliares.
- Consideraciones de diseño.
- Flexibilidad.

**a.2 Características relevantes del proceso.**

- Esquema de proceso.
- Equipo.
- Condiciones de operación.
- Rendimientos.
- Características especiales de los productos.
- Pre ó post tratamientos necesarios.
- Integración térmica.

**a.3 Actualización del proceso (obsolescencia).**



- a.4 Flexibilidad del proceso.
  - Materia prima.
  - Capacidad de operación (caso crítico).
  - Número de equipos de relevo.
  - Automatización.
  - Efecto en la inversión y en gastos de operación.
- a.5 Consumo de materias primas.
- a.6 Consumo de servicios auxiliares.
- a.7 Consumo de químicos y catalizadores.
- a.8 Mano de obra requerida.
  - Operación.
  - Mantenimiento.
  - Laboratorio.
- a.9 Tratamiento de efluentes.
  - Normas.
  - Sistemas de tratamiento.
- a.10 Impacto ecológico de la tecnología.
- a.11 Riesgos implícitos en la tecnología y sistemas de seguridad.

**(b) Evaluación de aspectos técnicos complementarios.**

Estos aspectos que aquí son definidos como "técnicos complementarios", no son de carácter secundario, por el contrario en algunas evaluaciones pueden ser el factor dominante. Los subaspectos y factores a considerar en esta evaluación son los siguientes:

- b.1 Experiencia técnica-administrativa del licenciador.
  - Número, capacidad y fecha de plantas diseñadas, en operación y en construcción (para plantas nuevas y modernizadas).
  - Número de plantas en fase de diseño.
  - Experiencia en fabricación de equipos especiales (o referencias).

- b.2 Experiencia general de los licenciadores en ingeniería, en construcción, en operación, y en coordinación de proyectos.
  - b.3 Información técnica.
    - Alcance del Paquete de Diseño de Proceso ó del Paquete de Ingeniería Básica (dependerá de los servicios solicitados).
    - Calidad de la información técnica suministrada.
  - b.4 Servicios profesionales adicionales y experiencia.
    - Procura (nacional y en el extranjero).
    - Supervisión de la expedición y embarque (nacional y en el extranjero).
    - Supervisión técnica durante la construcción.
    - Supervisión de la Ingeniería de detalle.
    - Capacitación del personal.
    - Soporte de sistemas de control para la automatización del proceso.
    - Supervisión en arranque, pruebas de garantías, y operación.
  - b.5 Características generales.
    - Estructura organizacional.
    - Recursos materiales y humanos.
    - Disponibilidad de horas-hombre.
  - b.6 Programas de trabajo de los servicios ofertados.
    - Paquete tecnológico.
    - Servicios profesionales adicionales.
  - b.7 Certificación del sistema de aseguramiento de calidad.
- (c) **Evaluación económico-financiera.**

Como ya se indicó, se propone que se agrupen la evaluación económica y la financiera debido al efecto que tiene la primera sobre la segunda. Además, esto permite la aplicación de la metodología en los casos en los que los parámetros financieros de rentabilidad no puedan ser determinados debido a la no-disponibilidad de la información suficiente para su cálculo. Los subaspectos y factores a considerar son los siguientes:

- c.1 Inversión en terreno, edificios, materiales y equipo.
- c.2 Capital de trabajo.

- c.3 **Economía intrínseca del proceso.**
  - Materias primas.
  - Productos.
  - Servicios auxiliares.
  - Catalizadores.
  - Reactivos químicos.
  - Mantenimiento.
  - Mano de obra.
  - Depreciación.
  
- c.4 **Costos y forma de pago de los servicios de ingeniería, licenciamiento y servicios profesionales adicionales.**
  
- c.5 **Parámetros de rentabilidad del proyecto.**
  - Tasa interna de retorno (TIR).
  - Valor presente neto.
  - Flujo de efectivo descontado.
  - Relación beneficio/costo.
  - Valor terminal.
  - Tasa de rendimiento promedio.
  - Periodo de retorno de la inversión.
  
- c.6 **Sensibilidad de la rentabilidad del proyecto a:**
  - Materia prima.
  - Precio del producto.
  - Inversión.
  - Nivel de producción (punto de equilibrio).
  - Financiamiento externo.

**(d) Evaluación contractual**

Aunque en algunas ocasiones no se dispone de toda la información necesaria para realizar una evaluación contractual rigurosa, debido principalmente a que son aspectos que pueden entrar en la negociación final de la alternativa tecnológica seleccionada, se propone que se consideren el análisis de los siguientes subaspectos y factores:

- d.1 **Licencia y tecnología.**
  - Obligaciones.
  - Derechos.

- Restricciones.
  - Secrecía.
  - Derechos de patente.
  - Forma de pago.
  - Exclusividad (regional, nacional, internacional, etc.).
  - Temporalidad.
- d.2 Garantía de la información técnica.
- Tipo, nivel y calidad.
  - Fechas de entrega.
- d.3 Alcance de los servicios técnicos profesionales adicionales.
- Capacitación del personal.
  - Responsabilidad del licenciador en la supervisión de la ingeniería de detalle.
  - Responsabilidad del licenciador en la supervisión de la construcción.
  - Criterios y procedimientos para pruebas de comportamiento de la planta.
- d.4 Garantías del funcionamiento del proceso.
- Capacidad de la planta.
  - Consumo de materias primas.
  - Consumo de servicios auxiliares.
  - Consumo de agentes químicos.
  - Consumo de catalizadores.
  - Especificaciones de los productos.
  - Características de los efluentes.
  - Periodo de operación continua de la planta.
- d.5 Penalidades por incumplimientos.
- d.6 Confidencialidad de la información.
- d.7 Acceso a nuevos desarrollos.
- d.8 Leyes que rigen el contrato.

**(e) Evaluación de aspectos plausibles**

Cuando se están evaluando tecnologías que son parte de proyectos de inversión con un enfoque macro-económico, político, social ó ecológico, se propone la definición de otros parámetros que pueden influir en la selección de una tecnología con respecto a otra. Estos son denominados de acuerdo a Giral y Nieto (1977) como criterios "plausibles", es decir aquellos que son dignos de aplauso. Aunque a primera vista se puede percibir que existe duplicación en estos criterios con los ya establecidos, el enfoque es diferente. Esto es conocido en la teoría de evaluación como las diferencias en las visiones del objeto de estudio. Entre los criterios plausibles que pueden tener un efecto en la evaluación de alternativas tecnológicas se encuentran los siguientes:

- e.1 Criterios de mercado.
  - Substitución de importaciones.
  - Demanda nueva.
  - Exportación.
  
- e.2 Criterios macro-económicos y sociales.
  - Beneficios regionales (descentralización, distribución del ingreso, uso de materia primas regionales, etc.).
  - Generación de actividad económica.
  - Integración de proyectos a los planes nacionales (de desarrollo, tecnológicos, etc.).
  - Generación de empleos.
  - Balanza de pagos.
  
- e.3 Criterios económico-financieros.
  - Inversión (tipo, origen, composición, magnitud).
  - Insumos nacionales y valor agregado.
  - Rotación de capital (ventas/inversión total).
  - Liquidez (capital de trabajo/inversión fija).
  - Costeo incremental.
  - Relación producto-capital.
  - Ocupación por unidad de capital.
  
- e.4 Criterios tecnológicos.
  - Disponibilidad de la tecnología (nacional ó extranjera, número de tecnólogos, alternativas existentes, antigüedad de las patentes, etc.).
  - Sensibilidad a la escala.

- Características intrínsecas de la tecnología (potencial de adaptación, de asimilación, dependencia futura, grado de sofisticación, etc.).
- Impacto ecológico de la tecnología (contaminación, manejo de materiales tóxicos, carcinogénicos o peligrosos, aspectos eco-sociales., etc.).

**(f) Aspectos estratégico-tácticos.**

En la evaluación de tecnologías es esencial la consideración de los aspectos estratégico-tácticos que son normalmente establecidos por la Alta Dirección. Entre éstos se pueden citar:

- f.1 Usar tecnologías de punta. Este criterio se refiere al establecimiento de la condición de usar solo tecnologías que vayan a la vanguardia, ya sea por que se desea proteger de una prematura obsolescencia o bien porque se desea dar una imagen de liderazgo en el campo.
- f.2 Usar tecnologías que incluyan en la transferencia la ventaja comercial de participar en forma directa en ciertos mercados nacionales o internacionales.
- f.3 Usar tecnologías que provengan de un tecnólogo con el cual se haya tenido o se tenga un contrato previo. Este criterio se refiere a la conveniencia de lograr una mejor negociación en cuanto al precio de las regalías con un tecnólogo conocido o por la ventaja implícita de tener plantas de la misma tecnología, lo cual implica una aceleración de la curva de aprendizaje para la nueva planta y posibles ahorros en el mantenimiento y reposición de equipo.
- f.4 Seleccionar tecnologías que sean ofertadas como "llave en mano". Este criterio se refiere a que puede ser definido por la Alta Dirección la conveniencia, para un tipo de proyecto específico, de sólo contratar tecnologías "llave en mano", ya sea por que no se cuenta con el equipo de expertos para poder integrar el paquete tecnológico, o por que no se desee correr el riesgo de la dilución de responsabilidad cuando éste es desagregado.
- f.5 Congruencia de la tecnología con la estrategia tecnológica de la organización.

**(g) Aspectos normativos.**

En estos se agrupan los criterios relacionados con la normatividad que debe cumplir el proyecto. Entre estos se pueden citar a los siguientes:

- g.1 Leyes y reglamentos para compras del sector público.
- g.2 Tratados de Libre Comercio entre México y otros países.
- g.3 Leyes y reglamentos sobre propiedad industrial.
- g.4 Reglamentos sobre seguridad e higiene.
- g.5 Normas sobre manejo de sustancias peligrosas.
- g.5 Normas ecológicas.

Nótese que no se dan referencia específicas sobre leyes, reglamentos o tratados, etc., ya que se considera que estos son temporales, por lo que la recomendación general es revisar en el momento que se esté evaluando, cuales son las leyes, reglamentos, tratados, etc., que estén vigentes y que definen la normatividad del proyecto en cuestión.

Una vez identificados, agrupados y desglosados los aspectos que deben ser considerados en la evaluación es importante establecer la metodología mediante la cual se calificaran e integrarán cada uno de los aspectos, subaspectos y factores anteriormente descritos. La forma de integración propuesta se presenta en el siguiente subcapítulo.

Es importante notar que para aplicar cualquier metodología de evaluación es necesario contar con información suficiente y personal especializado. En relación a la información, se requiere establecer buenas bases de licitación (bases de concurso), en donde se les solicite a los tecnólogos la información requerida para aplicar la metodología (ver Anexo "F"). Esto origina que las bases de licitación deban ser congruentes con la metodología de evaluación que se vaya a aplicar.

En relación al personal especializado para la aplicación de la metodología, este debe ser un grupo multidisciplinario con formación mínima a nivel profesional, con conocimientos en: Procesos, Ingeniería económica, Ingeniería financiera, Leyes y reglamentos (legal), y Transferencia de tecnología.

### IV.3 METODOLOGIA DE EVALUACION.

La metodología propuesta toma como base que existen siete aspectos (técnico de proceso, técnico complementario, económico-financiero, contractual, plausibilidad, estratégico-táctico, y normativo) que deben ser considerados en la evaluación de alternativas tecnológicas dentro de proyectos de inversión. Y se basa en la identificación de criterios restrictivos que pueden ser utilizados como "filtros", que ayudan a la discriminación de las alternativas tecnológicas que se estén evaluando. Después de esta discriminación preliminar se puede pasar, en función de la información disponible, a una evaluación económico-financiera o a una matricial.

Mediante esta integración de conceptos, la metodología presenta la flexibilidad de poder ser aplicada a cualquier tipo de proyecto de inversión que involucre tecnologías de proceso, y más específicamente para procesos de refinación y petroquímica. La metodología puede ser aplicada en los siguientes casos:

- Construcción de una nueva refinería o centro petroquímico.
- Adición de una nueva planta a una refinería o centro petroquímico existente.
- Modernización ("revamp") de una planta existente.

La utilización de criterios restrictivos (filtros) para descartar desde el principio las alternativas que no cumplan con las restricciones impuestas en las bases de concurso puede significar un enorme ahorro de esfuerzos en el proceso de evaluación, ya que normalmente se requiere de la participación de un grupo interdisciplinario de expertos para llevar a cabo esta tarea.

Por otro lado, esta metodología integral presenta flexibilidad al poder seleccionar la técnica de análisis y comparación de alternativas en base al tipo de proyecto y a la información disponible.

La metodología considera la evaluación de alternativas tecnológicas de proceso a partir del punto concerniente al procesamiento de información, y consiste de los siguientes pasos, los cuales se muestran esquemáticamente en la figura IV.5:



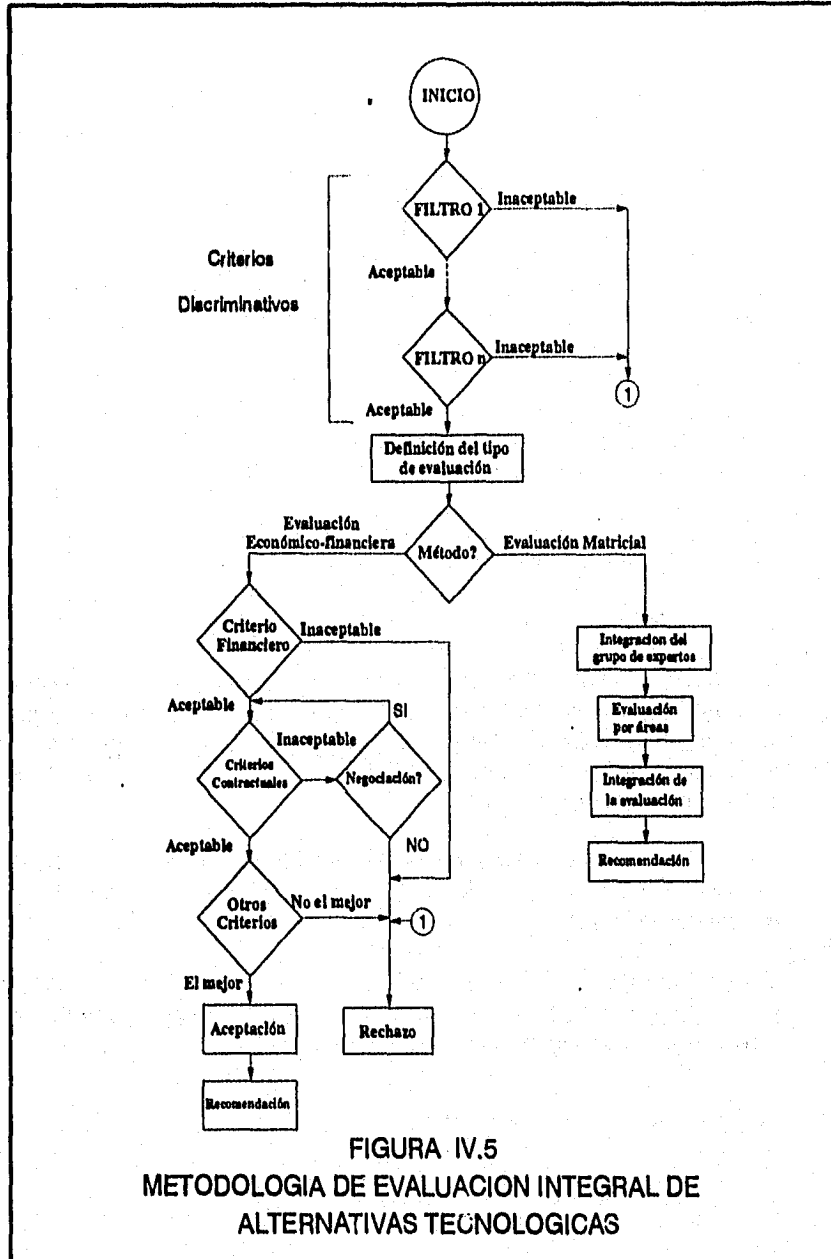


FIGURA IV.5  
 METODOLOGIA DE EVALUACION INTEGRAL DE  
 ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS

- (1) Definir los aspectos a considerar dentro de la evaluación (Ai). Ver Tabla IV.1.

**TABLA IV.1**  
**ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA EVALUACION**

Aspecto (Ai)	Decisión
1. Evaluación técnica del proceso.	Si / No
2. Evaluación de aspectos técnicos complementarios.	Si / No
3. Evaluación económico-financiera.	Si / No
4. Evaluación contractual.	Si / No
5. Evaluación de aspectos plausibles.	Si / No
6. Evaluación de aspectos estratégico-tácticos.	Si / No
7. Evaluación de aspectos normativos.	Si / No

- (2) Dentro de los aspectos considerados, identificar los subaspectos o factores que pueden ser utilizados como criterios restrictivos (**filtros**). Estos criterios deben ser congruentes con la información solicitada en las bases de concurso a los tecnólogos (una propuesta de bases de licitación se presenta en el Anexo F). Aquellos tecnólogos, cuyo propuesta presente un valor mayor o menor en relación al valor del filtro (definido como el mínimo o máximo esperado, según corresponda el caso), podrán pasar al segundo nivel de discriminación. Los que resulten rechazados en este punto, saldrán de consideración para cualquier evaluación posterior dentro del estudio.

De acuerdo con las características de cada caso es posible la inclusión de tantos filtros como sea necesario (ver Figura IV.5). Ejemplos típicos de subaspectos o factores que pueden ser considerados como filtros son los siguientes:

- (a) Niveles máximos permitidos de contaminación establecidos en las normas ecológicas.
- (b) Criterios de riesgos implícitos en la tecnología, ya sea por el manejo de sustancia tóxicas o relacionados con aspectos operativos.
- (c) Cantidad de inversión requerida para la ejecución del proyecto.
- (d) Tipo de proceso (batch, semi-continuo, continuo).
- (e) Alcance del Paquete de Diseño de Proceso ó Paquete de Ingeniería Básica.

- (f) Requerimientos de proyectos llave en mano.
- (g) No-condicionamiento del licenciamiento de la tecnología a participación accionaria.
- (h) Forma de pago de las regalías.
- (i) Especificaciones de productos.
- (j) Características especiales en el proceso (regeneración "in-situ", sistemas de separación, etc.).
- (k) Otros.

Se recomienda que los filtros sean colocados en orden de menor a mayor grado de complejidad con el objetivo de ahorrar tiempo en el proceso global de evaluación, y para la identificación de éstos se recomienda aplicar el Método de Delfos (una explicación detallada de como aplicar éste y algunas de sus variantes, se presenta en Porter et al, 1991).

En la identificación de los filtros es importante tomar en cuenta que éstos pueden ser obtenidos por contrastación (comparación), por abstracción (análisis de lo deseado), o por imposición (cumplimiento de directrices estratégicas dictadas por la Alta Dirección o cumplimiento con la normatividad ecológica, legal, política, etc.).

- (3) Decidir, en base a la información disponible, si se utilizará un criterio económico-financiero como criterio discriminativo para la evaluación, y cual será usado (valor presente neto, tasa interna de retorno, periodo de recuperación de la inversión, etc.). Si este fuera el caso pasar al punto 4. En caso contrario pasar al punto 6 de la metodología.
- (4) Si se opta por utilizar un criterio económico-financiero (el cual corresponde a una técnica cuantitativa), es importante asegurarse que las diferencias tecnológicas se evalúen económicamente, es decir, que las ventajas puedan ser cuantificadas y su efecto se refleje en el criterio económico-financiero seleccionado. En la definición del valor mínimo o máximo esperado de éste, se pueden utilizar valores nacionales o internacionales de rendimiento empresarial en función del sector productivo a que pertenezca el proyecto. Es

conveniente tomar en cuenta que los valores utilizados en las estimaciones de parámetros de rentabilidad económico-financiero, al ser a futura, no poseen una precisión tal para ser tomados como definitivos en la decisión de no considerar las ofertas tecnológicas que proporcionen valores muy próximos a lo esperado, por lo que se recomienda sólo definir un nivel aceptable antes de pasar al siguiente paso del proceso de evaluación. Con esto en mente, se procede a discriminar a las alternativas tecnológicas que no cumplan con el criterio económico-financiero establecido, y se pasa a la etapa 5 de la metodología.

- (5) En este punto se puede estar seguro que las alternativas que han pasado reúnen características técnicas y económicas satisfactorias. Ahora se puede pasar a evaluar otros criterios o condiciones para compararlas con aquellas que se esté dispuesto a aceptar, o bien para seleccionar las más ventajosas (ver Figura IV.5). En este punto, cuando no se propongan condiciones contractuales aceptables, existe la posibilidad de intentar una negociación con el Tecnólogo, cuando éste tenga la disposición de negociar y modificar su posición, puede reconsiderarse su propuesta, en caso contrario deberá ser rechazado ante la existencia de alternativas mejores.

La información obtenida hasta ahora nos ubica en el punto en que se puede decidir cuál propuesta encierra el mayor atractivo además de cumplir con las exigencias técnicas de proceso y los aspectos contractuales pertinentes. Sin embargo, existe la posibilidad de que más de una propuesta resulte atractiva, lo cual resultaría en la necesidad de recurrir a un paso adicional en la evaluación.

Ante la similitud entre la conveniencia técnica, económica y contractual de las propuestas, como punto de decisión se recurrirá a la contrastación de la experiencia que respalde a cada propuesta (ejemplo: número y capacidad de plantas en operación, en construcción, en diseño, años acumulados de operación de las plantas, etc.).

En este paso del proceso de evaluación se pueden presentar dos alternativas:

- (a) Varias alternativas tecnológicas presentan similares o muy parecidas características técnicas, económico-financieras, contractuales y de experiencia. Si este es el caso, la selección de cualquiera de ellas es conveniente. Por lo que se recomienda ir a la negociación final por lo menos con dos o tres de ellas.
- (b) Una alternativa presenta ventajas con respecto a las otras. En este caso se seleccionará a ésta. Sin embargo, es conveniente no descartar a las

siguientes dos menos atractivas, ya que se puede presentar el caso de tener dificultades en la etapa de la negociación final.

A la ejecución de esta etapa, se da por concluido el proceso de evaluación basado en parámetros económico-financieros.

- (6) Si se optó por la técnica matricial (la cual corresponde a un método cualitativo), se procede a asignar el peso o puntaje a cada uno de los aspectos considerados ( $P_i$ ).

En donde:

$$100 = \sum P_i$$

- (7) Seleccionar para cada aspecto, los subaspectos  $\{(SA)_i\}$  y factores ( $F_i$ ) que van a ser evaluados (ver subcapítulo IV.2 "Desarrollo de la metodología"). Si existe información suficiente que permita evaluar los parámetros de rentabilidad del proyecto, se recomienda que el aspecto "evaluación económico-financiera" no se subdivide, y se utilice sólo el parámetro de rentabilidad económico-financiero que se considere conveniente. Un ejemplo de este paso se presenta en la Tabla IV.2, el cual corresponde al aspecto técnico de proceso.

- (8) Definir los puntajes o pesos en fracción para los subaspectos y factores de cada uno de los aspectos considerados, bajo la base de que la suma sea uno.

$$1 = \sum W_i \quad (\text{para los subaspectos considerados})$$

$$1 = \sum w_i \quad (\text{para los factores considerados en cada subaspecto})$$

**TABLA IV.2**  
**ASPECTO: "EVALUACIÓN TÉCNICA DEL PROCESO"**

SUBASPECTO (SA)	FACTORES (F)	DECISION Si / No
a.1 Concordancia del proceso con las bases de diseño.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad y factor de servicio</li> <li>- Especificaciones de materias primas.</li> <li>- Especificaciones de productos.</li> <li>- Condiciones en límites de batería.</li> <li>- Etc.</li> </ul>	
a.2 Características relevantes del proceso.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipo.</li> <li>- Condiciones de operación.</li> <li>- Rendimientos.</li> <li>- Características especiales de los productos.</li> <li>- Etc.</li> </ul>	
a.3 Actualización del proceso.		
a.4 Flexibilidad del proceso.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Materia prima.</li> <li>- Capacidad de operación.</li> <li>- Número de equipos de relevo.</li> <li>- Automatización.</li> <li>- Efecto en la inversión y en gastos de operación.</li> </ul>	
a.5 Consumo de materias primas, químicos y catalizadores.		
a.6 Consumo de servicios auxiliares.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vapor (baja, media, alta).</li> <li>- Electricidad.</li> <li>- Agua de enfriamiento.</li> <li>- Etc..</li> </ul>	
a.7 Consumo de químicos y catalizadores.		
a.8 Mano de obra requerida.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Operación.</li> <li>- Mantenimiento.</li> <li>- Laboratorio.</li> </ul>	
a.9 Tratamiento de efluentes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Normas.</li> <li>- Sistemas de tratamiento.</li> </ul>	
a.10 Impacto ecológico de la tecnología.		
a.11 Riesgos implícitos en la tecnología.		

- (9) Establecer una escala de calificación (Ci), y características máximas y mínimas de los factores considerados. Se recomienda la escala propuesta por McConnell y Khalil (1988) para calificar los atributos de los factores. Esta forma de asignar calificación permite una mejor diferenciación de los factores a calificar (ver Tabla IV.3). En esta propuesta no existen las calificaciones 2 y 4.

**TABLA IV.3**  
**ESCALA DE CALIFICACIÓN DE ATRIBUTOS**

Descripción	Calificación (Ci)
Atributo no disponible.	0
Calificación mínima (pobre en este atributo).	1
Calificación media (atributo promedio).	3
Calificación máxima (excelente en este atributo).	5

Para definir la calificación máxima y mínima se recomiendan los siguientes criterios:

- (a) Usar como calificación máxima la mejor opción de las alternativas tecnológicas.
- (b) Usar como calificación mínima lo mínimo esperado, por ejemplo: la tasa interna de retorno (TIR).
- (c) En algunos factores técnicos de proceso usar como calificación máxima el "techo tecnológico" de la dimensión tecnológica que se esté evaluando, es decir, el valor máximo reportado en la literatura. La dimensión tecnológica se define como la relación de variables técnicas que caracterizan a una tecnología, ejemplo: rendimiento, relación carga/catalizador, etc.
- (d) Para algunos factores la máxima calificación puede ser establecida en función de los servicios esperados, ejemplo: contenido del paquete de diseño de proceso (o paquete de ingeniería básica), garantías, etc.

Las características máximas y mínimas de cada factor deberán ser definidas utilizando el Método de Delfos, para el cual se requiere contar con un grupo de expertos en la materia (una explicación detallada de como aplicar el Método de Delfos se presenta en Porter et al, 1991).

Aunque aquí se recomienda aplicar una escala de 1 a 5 en donde el 2 y el 4 no existen, se pueden presentar situaciones en donde utilizar la escala de 1 a 5 considerando el 2 y el 4 sea una mejor opción.

- (10) Calificar los factores considerados usando la escala descrita en el punto anterior.
- (11) Generar la matriz con los resultados de la evaluación y hacer los cálculos pertinentes para obtener la evaluación total de cada alternativa tecnológica, Estos cálculos pueden ser representados con la siguiente ecuación:

$$(\text{Calificación Total Tecnología})_i = \sum_{k=1}^{nA} P_k \left( \sum_{j=1}^{nSAk} (W_j \sum_{i=1}^{nFj} w_i C_i) \right)$$

donde:

- $P_k$  = Porcentaje del aspecto k.  
 $nA$  = Número de aspectos considerados.  
 $nSAk$  = Número de subaspectos considerados para cada aspecto k.  
 $nFj$  = Número de factores considerados para cada subaspecto j.  
 $W_j$  = Fracción del subaspecto j.  
 $w_i$  = Fracción del factor i.  
 $C_i$  = Calificación del factor i.

Un formato típico de una matriz se presenta en la Tabla IV.4, en la cual se deben mostrar, al detalle que se desee, los aspectos, subaspectos y factores que hayan sido considerados dentro del proceso de evaluación.

- (12) Seleccionar la tecnología que obtenga mayor puntuación, y las dos inmediatas inferiores. Estas deben ser recomendadas, priorizadas de mayor a menor, para continuar con el proceso de negociación final.

En la Figura IV.5 se presenta un diagrama de flujo que muestra la integración y seriación de los filtros, la ubicación de la evaluación económico-financiera, la posibilidad de la integración de otros criterios, y la selección final de la mejor ó mejores alternativas.

La metodología propuesta de evaluación puede ser clasificada como una mezcla de técnicas cuantitativas con cualitativas, lo que da una gran flexibilidad.



**TABLA IV.4**  
**MATRIZ DE EVALUACION FINAL DE ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS**

ASPECTO	PUNTAJE MAXIMO	TECNOLOGIA 1	TECNOLOGIA 2	TECNOLOGIA n
<b>1. EVALUACION TECNICA DEL PROCESO</b>				
1.1 Concordancia del proceso con las bases de diseño.				
1.2 Características relevantes del proceso.				
1.3 Actualización del proceso.				
1.4 Flexibilidad del proceso.				
1.5 Consumo de materias primas.				
1.6 Consumo de químicos y catalizadores.				
1.7 Consumo de servicios auxiliares.				
1.n Etc.				
<b>2. EVALUACION DE ASPECTOS TECNICOS COMPLEMENTARIOS</b>				
2.1 Experiencia técnica-administrativa.				
2.2 Experiencia general.				
2.3 Información técnica.				
2.n Etc.				
<b>3. EVALUACION ECONOMICO-FINANCIERA.</b>				
3.1 Tasa interna de retorno (TIR).				
<b>4. EVALUACION CONTRACTUAL.</b>				
4.1 Licencia y tecnología.				
4.2 Garantías.				
4.n Etc.				
<b>5. EVALUACION DE ASPECTOS PLAUSIBLES.</b>				
5.1 Generación de empleo.				
5.2 Impacto ecológico.				
5.n Etc.				
<b>6. EVALUACION DE ASPECTOS ESTRATEGICO-TACTICOS.</b>				
<b>7. EVALUACION DE ASPECTOS NORMATIVOS.</b>				

## **V. PROCESO Y RECOMENDACIONES PARA LA NEGOCIACION DE CONTRATOS DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA**

Una de las etapas importantes en el proceso de la transferencia de tecnología es la de Negociación, ya que como resultado de ésta se logra establecer en forma contractual el alcance de los servicios requeridos, las garantías de funcionamiento de la tecnología contratada, y penalizaciones en caso de incumplimientos. Los resultados del proceso de negociación tienen implicaciones técnicas, económicas, financieras, y jurídico-legales; por lo que a continuación se presentan algunas consideraciones y recomendaciones para lograr un mejor resultado en esta etapa.

Dada la importancia de la negociación, existen en la literatura abierta un gran número de publicaciones, entre las cuales se pueden citar: Cadena et al (1986), Fisher y Ury (1981), Shuartz et al (1983), Bolster (1984), Main (1983), etc. Sin embargo, debido a su carácter práctico y realista, a continuación se transcribe las notas de Ramírez (1989).

### **V.1 ASPECTOS GENERALES**

La negociación de contratos que tienen por objeto transacciones de tecnología o transferencia de conocimiento, no se diferencia substancialmente de la negociación de otros contratos. Un contrato es un acuerdo de voluntades entre dos o más personas, acuerdo que produce efectos jurídicos que son derechos y obligaciones para las partes.

Es importante recordar que sin perjuicio de una serie de distinciones de carácter doctrinario, para la legislación la palabra "contrato" es sinónimo de "convención" y también es sinónimo, por lo tanto, de "convenio". En el plano internacional suele usarse más las palabras "convención", "tratado" y "protocolo" cuando se trata de contratos que se suscribe entre Estados o entre empresas estatales. Convenciones, tratados y protocolos son, en definitiva, contratos.

La negociación es un proceso mediante el cual se busca el contrato, el acuerdo de voluntades entre las partes y, en el caso de los contratos de objeto tecnológico, naturalmente que el acuerdo que se busca es el que se refiere a la forma en que las

partes se involucran en esta relación en la cual una de ellas va a suministrar conocimientos tecnológicos a la otra y la otra va a retribuir esta prestación.

En toda negociación de un contrato existen algunos elementos que pueden ser llamados anímicos o morales. El primero de ellos considera que toda negociación es un acto pacífico, por lo que excluye la violencia. No podría haber un contrato válido si mediara alguna violencia para forzar la voluntad de una de las partes que va a contratar.

La negociación supone la búsqueda de un equilibrio, de un encuentro justo de los intereses de las partes. Esto es muy importante porque cuando uno enfrenta una negociación relacionada con tecnología, cometería un grave error si sólo busca ganar en todo, porque en ese caso su contraparte se retirará de la negociación y no habrá contacto, o se sentirá tan perjudicada que la ejecución, el cumplimiento posterior del acuerdo, será dificultoso y originará problemas.

Un tercer aspecto anímico es la seriedad: cuando uno abre una negociación tiene ya de algún modo tomada una decisión y, por lo tanto, lo debe animar la intención de concluirla en realidad y no de perder el tiempo en una discusión estéril que no conduzca a la celebración final del acto.

Los objetos a los cuales puede referirse un contrato de tecnología pueden ser muy diversos, como las manifestaciones del conocimiento tecnológico. De manera que puede haber contratos que tengan por objeto la realización de un proyecto de Investigación y Desarrollo, contratos que tienen por objeto la prestación de servicios de consultoría: consultorías en técnicas de gestión empresarial; consultorías en ingeniería de proyectos, ingeniería de procesos, ingeniería de productos, ingeniería de detalle; y también la prestación de servicios rutinarios como controles y certificaciones de calidad de materiales, etc.

Cuando se trata de la compraventa de maquinarias el objeto del contrato será la provisión de equipos, y estarán involucrados de todas maneras aspectos de transferencia de conocimiento no necesariamente incorporados en la maquinaria, como asistencia técnica para la operación de la maquinaria, asistencia técnica para la manutención básica que pueda darse en la fábrica y también el suministro de servicios regulares de manutención y de repuestos.

Los contratos pueden tener por objeto aspectos como licencias de patentes, de marcas y de know-how.

El elemento tiempo dentro de una negociación es un elemento clave. La negociación en sí misma toma mucho menos tiempo de lo que toma prepararla y

cuando uno va a negociar un contrato de tecnología debe hacer una estimación del tiempo que le puede tomar alcanzar un acuerdo con su contraparte, desde que tomó la decisión de buscar esa tecnología o esa contraparte, hasta que concluya la negociación. Lo anterior significa que se debe prever un tiempo que equilibre la oportunidad de negocio con el período necesario para que la negociación pueda realizarse de una manera normal.

Cuando uno tiene claridad sobre lo que necesita obtener, debe ser persistente y flexible y, tener en cuenta que en el proceso de negociación por lo regular nada se da gratis. Cuando uno hace una concesión sobre un punto que le resulta transigible es legítimo obtener a cambio un acuerdo de su contraparte sobre un punto que le resulte más importante.

En el proceso de negociación se puede distinguir tres etapas: preparación de la negociación, negociación y postnegociación. En la figura V.1 se muestran estas etapas y las actividades más importantes que deben ser consideradas en cada etapa. A continuación se describe cada una de ellas.

## V.2 PREPARACION DE LA NEGOCIACION

Siendo indispensable tener un punto de partida para la preparación de la negociación, se va a considerar éste como el momento en que el interés por contratar está claro para uno de los actores (usuario y tecnólogo), que normalmente es el que va a adquirir el conocimiento tecnológico (usuario), pero que también puede ser el que desea venderlo, sobre todo cuando se trata de suministro de maquinarias (las empresas que producen equipos no esperan a ser identificadas: mandan sus catálogos, mandan visitantes, mandan vendedores).

La etapa de preparación de la negociación implica las siguientes actividades:

- Constitución del equipo preparador.
- Acopio de información.
- Cartas de intención.
- Preparación de documentos.
- Ejercicios de simulación.
- Constitución del equipo negociador.
- Pauta escrita de negociación.

Estas actividades se describen a continuación.

### V.2.1 CONSTITUCION DEL EQUIPO PREPARADOR

Tomada pues la decisión de buscar un acuerdo con una determinada contraparte, la primera actividad que se debe cumplir es la de estructurar el equipo que va a preparar la negociación, el equipo humano. Este es un equipo multidisciplinario, porque en él deben estar representadas por lo menos cuatro especialidades:

- a) la gerencia o la dirección de la institución que está iniciando este trayecto de negociaciones, es decir la autoridad ejecutiva, la que toma las decisiones.
- b) el área técnica, la ingeniería;
- c) el área financiera y
- d) el área jurídica

Se recomienda que por lo menos deben estar representadas estas cuatro áreas porque también, dependiendo de la naturaleza del asunto objeto de la negociación, puede ser indispensable o conveniente la contribución de otras áreas o especialistas.

### V.2.2 ACOPIO DE INFORMACION

Una vez constituido el equipo preparador, designadas las personas que van a preparar la negociación, cada una de ellas debe hacer el acopio más exhaustivo posible de los antecedentes técnicos, financieros y jurídicos, así como sobre la estrategia de la empresa, que es lo que puede aportar la gerencia.

Además, es necesario reunir la mayor información posible sobre la contraparte: su naturaleza jurídica, su personal ejecutivo, su solvencia, su prestigio, en que términos financieros ha contratado con otras personas o instituciones, cuáles son las cláusulas que ha aceptado relativas a propiedad industrial o, en general, sobre transferencia de tecnología.

### V.2.3 CARTAS DE INTENCION

Cuando las negociaciones comprenden transferencia de secretos industriales, suele ser precisa cierta formalización de la intención de las partes en el sentido de involucrarse en un contrato, a través de cartas de intención.

Estas cartas de intención no son el contrato finalmente deseado, pero constituyen en sí mismas un contrato previo mediante el cual teniendo en consideración el interés declarado de contratar, el futuro licenciatario señala cuáles son los conocimientos que está dispuesto a revelar al futuro licenciatario para facilitar su decisión, y éste se obliga a mantenerlos en confidencialidad y a no utilizarlos en producción a menos que se llegue a un acuerdo final.

Aunque no se estila este tipo de formalización en otro tipo de negocios, es importante tener presente que cuando uno debe o va a contratar con una contraparte de cierta dimensión puede encontrarse con que le van a pedir que ponga formalmente de manifiesto sus intenciones, y ya sabe que debe emitir una carta de intención.

#### V.2.4 PREPARACION DE DOCUMENTOS

Desde antes de la constitución del equipo preparador y hasta que la negociación se inicia, será preciso producir documentos que describan con el mayor detalle posible los aspectos técnicos y financieros de la operación que se desea hacer. Si se trata de un proyecto completo, será necesario resumirlo y consignar en el resumen y sus anexos todas las cuestiones cuya solución tecnológica deberá alcanzarse en el marco del contrato que se va a negociar.

Todos los antecedentes deben ser examinados y discutidos en conjunto por el equipo preparador. No es suficientemente fructífera una negociación cuando los miembros del equipo preparador han trabajado separados. Aquí juega un rol importante la presencia del tercero impar, es decir, la participación de personas de las distintas áreas. Por ejemplo, cuando se examina las especificaciones de la ingeniería de detalle la experiencia demuestra que tanto el especialista en finanzas como el asesor jurídico, porque están involucrados en la preparación general del negocio, hacen aportes valiosos. Por lo regular se trata de puntos muy gruesos que, precisamente por serlo se le han escapado a los especialistas o, en su defecto, aportan una visión de conjunto que el especialista no suele tener.

De ahí que sea tan importante que en la preparación de la negociación el equipo funcione como tal y examine todos los documentos en conjunto. El contrato y las cláusulas que esté preparando el abogado deberán ser discutidas con los ingenieros, con el gerente y con el hombre de finanzas.

### V.2.5 EJERCICIOS DE SIMULACION

Cuando la negociación es compleja, existe una manera de anticipar lo que será la posición de la contraparte a través de ejercicios de simulación.

Para ello se recomienda que el equipo que prepara la negociación se divida en dos grupos, uno de los cuales debe simular que es la contraparte, y utilizar al máximo la información de que se dispone para estimar cuáles pueden ser los puntos en que esa contraparte no va a hacer concesiones y en cuáles puntos se podrá obtenerlas.

Para hacer estas estimaciones es de mucha utilidad la información reunida sobre otros contratos celebrados por la contraparte, saber qué cláusulas ha utilizado relativamente a transferencia de tecnología y, en particular, sobre propiedad industrial, saber el monto o las bases de cálculo para las regalías y otros pagos.

El ejercicio de simulación tiene también utilidad porque permite a la gerencia decidir quienes van a integrar el equipo negociador, ya que una cosa es la preparación de la negociación y otra cosa es la negociación misma.

### V.2.6 CONSTITUCION DEL EQUIPO NEGOCIADOR.

No es forzoso, ni a veces conveniente, que todos los miembros del equipo preparador se sienten posteriormente en la mesa de negociación. Debe estudiarse las características que hacen atractiva o indispensable la presencia de algunos de los miembros del equipo preparador para conformar el equipo que negociará.

### V.2.7 PAUTA ESCRITA DE NEGOCIACION.

Cuando la negociación es compleja porque involucra muchos puntos de distinta índole por resolver con la contraparte, es aconsejable elaborar una pauta escrita de esos puntos, donde se esquematice las soluciones posibles e incluso se apunte respuestas para observaciones u objeciones que puedan surgir en la mesa. Naturalmente los negociadores deberán tener bastante cuidado de que estas pautas no trasciendan a la contraparte.

Durante la preparación de la pauta de negociación debe identificarse con claridad cuáles son los puntos más importantes, es decir, aquellos en los que no se puede transigir y, dentro de ellos, hasta donde puede llegarse en concesiones. Luego hay que identificar puntos de la negociación que pueden ser de interés si son obtenidos, pero cuya cesión no conducirá necesariamente a rechazar el contrato. Y también

hay que hacer con el equipo preparador un esfuerzo importante por levantar puntos que puedan ser presentados como fundamentales pero que no siéndolo puedan ser transigidos a cambio de lograr los realmente intransigibles.

### V.3 NEGOCIACION

Una vez reunida y evaluada la información, preparados los documentos que consignarán los acuerdos, efectuados ejercicios de simulación, elaboradas las pautas y seleccionado el equipo de negociación, se puede pasar a la fase siguiente, a la negociación propiamente dicha.

En la etapa de negociación es importante tener presente los siguiente puntos:

- Identificar los roles normalmente presentes en una mesa de negociaciones.
- Seleccionar el lugar en donde se va a realizar la negociación.
- Seleccionar el idioma en que se llevara a cabo la negociación.
- Exposición de apertura.
- El orden de negociación.
- Puntos muertos.
- Revisión de la pauta.
- Acuerdo final.
- Exposición del cierre.
- Relaciones sociales.

#### V.3.1 IDENTIFICACION DE ROLES

En la etapa de negociación es importante tomar en cuenta que cada uno de los participantes en la mesa de negociación puede jugar uno o más roles, por lo que es importante identificar en que consisten éstos. Los roles más importantes (y más comunes) que se presentan en la etapa de negociación son los siguientes:

##### (a) El negociador fantasma

Todo equipo negociador, debe tener una autoridad que toma las decisiones finales. Esta autoridad debe estar presente en la mesa de negociaciones cuando la negociación se abre, cuando la negociación termina y cuando los puntos previsible durante una sesión no sean extremadamente conflictivos.



En cambio, cuando se prevé que surgirán problemas gruesos la autoridad decisoria debe estar fuera, porque de esa manera los negociadores que estén en la mesa podrán invocar su ausencia y reservar una opinión definitiva: esta instancia superior ausente dará tiempo al equipo para pensar, abrirá un cuarto intermedio para analizar con calma la situación.

La autoridad decisoria es lo que uno pudiera llamar el negociador fantasma. Es el que está pero no está; está cerca, debe estar siempre accesible, debe ser siempre posible comunicarse con él; pero no siempre debe estar en la mesa.

**(b) El negociador duro**

El negociador duro es un hombre que no sonríe jamás, es un hombre que mueve negativamente la cabeza mientras se está discutiendo porque no está de acuerdo con nada de lo que allí está pasando. Esto mantiene a la contraparte con la sensación de que sus planteamientos y concesiones no son suficientemente satisfactorias, la predispone a ser más flexible y la incita a suavizar sus planteamientos.

**(c) El negociador amable**

El negociador comprensivo, accesible, por el contrario, es un hombre que sonríe, que lleva generalmente la voz cantante durante la negociación, es el hombre que comprende la posición de la parte contraria y que con su comportamiento va abriendo el camino para alcanzar ciertas concesiones o para explicar y lograr ciertos puntos de vista.

**(d) El negociador búho.**

Otro rol de interés es el del negociador observador. Este negociador no tiene responsabilidad de hablar pero está atento durante la negociación a aspectos que se pueden estar pasando por alto a los otros miembros del equipo, toma notas, pasa breves mensajes escritos con observaciones para encender luces rojas o verdes.

Al observador, que a aquí se denomina búho porque no habla pero se fija, cumple también en la mesa otra función importante; estudia las coincidencias y contradicciones entre el lenguaje verbal y las expresiones corporales del equipo de la contraparte. Como se sabe, la psicología ha generado un conjunto de técnicas que permite establecer cierta precisión, conclusiones a partir del cotejo del discurso y los movimientos expresivos que lo acompañan.

**(e) Otros roles**

Hay otros roles que pueden cumplirse dentro de un equipo de negociación; dependiendo de la importancia o complejidad del tema; y también hay cuestiones que pueden ser negociadas por una sola persona.

Cuando la negociación es relativamente sencilla, cuando no hay muchos puntos de discusión, probablemente la misma persona podrá cumplir todos los roles pero, si la negociación es más compleja, habrá ventajas en contar con un grupo que se distribuya las funciones.

**V.3.2 DONDE NEGOCIAR**

¿Dónde conviene negociar? ¿Conviene jugar de local o de visitante?. La respuesta no es fácil, porque una y otra alternativa tienen ventajas y desventajas.

La mayor ventaja de jugar de local, es que uno tiene la posibilidad de utilizar todo el equipo que preparó la negociación, porque lo tiene a la mano. La desventaja principal consiste en que se espera que al ser "locales" se obtengan los mejores resultados, y puede ocurrir, que aunque este cerca todo el equipo que preparó la negociación, no puedan dedicar todo su tiempo a la negociación por cumplir con sus cargas habituales de trabajo.

Negociar de visitante tiene la ventaja de que los miembros del equipo pueden concentrarse cien por ciento en la negociación. También tiene la ventaja de que ellos pueden eventualmente conversar con gente que ha estado involucrada en la preparación de la negociación de la contraparte y que la parte que recibe a un equipo negociador debe atenderla y comportarse de una manera hospitalaria. Esto permite muchas veces alcanzar concesiones que, actuando de local, se dan a la inversa. Existen algunos expertos que consideran que se obtienen mejores resultados negociando de visitante, pero esto es relativo.

**V.3.3 IDIOMA**

Si uno va a negociar un contrato con una contraparte de habla hispana, no tendrá problemas de idioma, salvo que ocasionalmente haya documentos técnicos en otra lengua. En este último caso debe insistirse en una traducción que las partes aprueben.

Pero en la mesa suele darse también el caso de que uno tenga al frente una contraparte que no habla español, que habla inglés, que habla francés, etc. La práctica indica que en esos casos uno debe pedir un intérprete, no importa si uno habla inglés como si hubiera nacido en Estados Unidos o Inglaterra. Porque aunque uno comprenda perfectamente lo que está diciendo la otra parte, el hecho que le traduzca un intérprete le da un margen de tiempo adicional para pensar, y este margen de tiempo es extraordinariamente importante en una mesa de negociación.

#### V.3.4 EXPOSICION DE APERTURA

Debe haber al comienzo de una negociación una exposición general de motivos, una exposición de apertura en la cual es recomendable que uno haga un recuento general del asunto y añada palabras de buena crianza para poner de manifiesto que uno va con el mejor ánimo de concluir un acuerdo satisfactorio para ambas partes.

Pero también es importante que en la exposición de apertura se haga mención de aquellos puntos que se lleva como fundamentales para alcanzar pleno acuerdo, lo cual facilitará que la discusión se centre en ellos y no en otros. Ya que se sabe que algunos de estos puntos son de transacción.

#### V.3.5 ORDEN DE NEGOCIACION

En cuanto al orden en que conviene discutir los distintos aspectos involucrados en la negociación de un contrato de objeto tecnológico, la experiencia demuestra que, salvo excepciones, es importante despejar primero todos los puntos técnicos. Los puntos propiamente tecnológicos deben quedar perfectamente dilucidados antes de entrar a la negociación de cualquier otro aspecto, porque ellos son lo medular, constituyen el objeto del contrato.

En segundo lugar debe despejarse las cuestiones de carácter financiero; cuánto se va a pagar, en qué moneda, cuál será el calendario de pagos, cómo se determinará estos valores, quién y en qué condiciones aportará financiamiento si hay una fuente externa, etc.

Y, finalmente, los puntos jurídicos. Es decir, lo último que se debe discutir es el contrato, porque en él se plasma el resultado final de la negociación, en él queda expresado el acuerdo de las partes.

El texto de un contrato debe ser fácilmente entendible y, por lo tanto, no conviene recargarlo. De ahí que el detalle de las cuestiones técnicas y financieras debe por lo

regular establecerse en documentos separados que hacen parte del contrato pero anexos a él. De esta manera la lectura y comprensión del contrato será rápida y fácil. No siempre puede lograrse que sea así, porque en las negociaciones de tecnología con contrapartes que tienen el sistema jurídico anglosajón es preciso recoger numerosas cláusulas que en el derecho mexicano son innecesarias, y porque hay ocasiones en que la contraparte dispone de formatos complejos.

Dentro de cada uno de estos tipos de documentos que debe examinarse en la negociación, es preferible en general arrancar con los documentos de mayor detalle y de ahí pasar a los documentos que incorporan ese detalle en espacios más comprensivos.

### V.3.6 PUNTOS MUERTOS

¿Que pasa cuando en una negociación se llega a un punto muerto y parece que la negociación se va a romper?, es decir, no hay acuerdo sobre un determinado punto, y ninguna de las dos partes quiere ceder.

Una alternativa es formar una comisión mixta para que discuta esto separadamente mientras se sigue negociando en la mesa principal, y que regrese con una proposición de arreglo. Algunos expertos consideran que éste es un buen mecanismo, pero otros sugieren que es preferible suspender entre tanto la negociación principal, porque el equipo negociador se queda incompleto. Así, si se establece un grupo de trabajo para dilucidar puntos de desacuerdo, se debe insistir en esperar su proposición antes de continuar la negociación.

Otra alternativa es diferir el punto conflictivo para discusiones informales de pasillo o durante algún evento social.

### V.3.7 REVISTA DE LA PAUTA

La pauta escrita de negociación debe revisarse y discutirse, en equipo al término de cada día de negociación, para ajustarla, para introducirle las modificaciones necesarias. Es imposible que el trabajo preparatorio haya previsto todas las circunstancias que pueden ocurrir en la mesa, todas las observaciones o proposiciones que se puedan recibir, todos los argumentos de la contraparte, de manera que al término de cada día y, si es posible, durante la pausa del mediodía, hay que revisar el punto de negociación en que se encuentra y preparar el camino para el día o la sesión siguiente.

### V.3.8 ACUERDO FINAL

El equipo sólo debe dar su acuerdo definitivo cuando no quedan puntos pendientes, no debe dar nunca su consentimiento final hasta que todas las cuestiones hayan sido superadas, de manera que no queden aspectos por resolver después de la negociación. Porque un eventual desacuerdo posterior, por múltiples razones, puede echar por tierra la negociación misma.

### V.3.9 EXPOSICION DE CIERRE

Para concluir con la negociación, es decir cuando se alcanza el acuerdo total, debe cerrarse el proceso con una intervención del jefe del equipo en la cual se exprese satisfacción pero nunca triunfalismo (aunque haya motivos suficientes), porque si se hiere el ego de las contrapartes ello se puede proyectar posteriormente en forma negativa sobre la ejecución o cumplimiento del contrato.

### V.3.10 RELACIONES SOCIALES

Con estos elementos que son bastante básicos, se puede decir que se ha mirado en la mesa el proceso de negociación de un contrato, pero durante el mismo, hay otros aspectos que tienen importancia, como son las relaciones sociales. Cuando se lleva a cabo una negociación existen invitaciones cruzadas a almorzar o a cenar. Si la empresa con la que se está tratando tiene un relacionador público, éste invitará al jefe de la delegación o a la delegación completa. Algunas de estas invitaciones son un acto de camaradería para todos los miembros de ambos equipos, y en otras son más reducidas.

Es importante recordar que estas invitaciones no solo tienen un propósito estrictamente social, hospitalario, sino también obtener mayor información sobre qué es lo que el grupo negociador está pensando durante el proceso de negociación, cuáles son sus intenciones, cuáles son sus principales puntos de acuerdo y desacuerdo, etc. Dicho de otra manera, los relacionadores públicos son personas que están preparadas para atender y también obtener información que no puede expresarse en la formalidad de la mesa de negociación. Es importante también que durante estas reuniones "sociales" se mantenga sobriedad en el consumo de alcohol. No se dice que no se deba tomar ni una sola copa, porque este extremo puede también ser negativo e incluso -según la cultura social- ofenderá a la contraparte; lo que se recomienda es que el negociador nunca debe propasarse en el consumo de alcohol porque puede hablar de más.

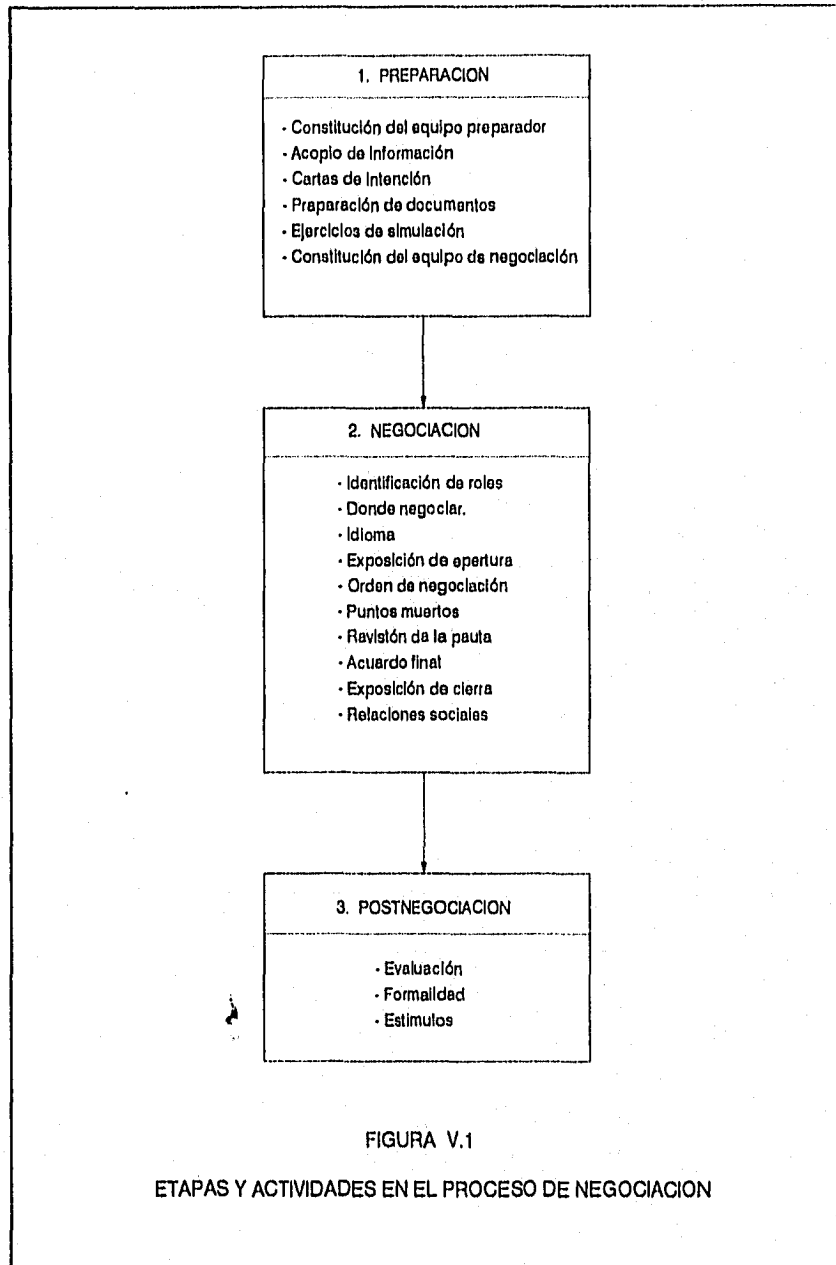
#### V.4 POSTNEGOCIACION

Con posterioridad a la negociación, hay dos aspectos importantes que se deben destacar: formalidad y estímulos al personal.

La formalidad comprende el envío de notas de reconocimiento en términos similares a los expresados durante el cierre de la negociación, y el cumplimiento cuidadoso de los compromisos adoptados, en los términos establecidos.

Los estímulos al personal propio motivan la relación con los miembros del equipo negociador y del equipo preparador, con quienes la autoridad superior debe reunirse para informar y evaluar los resultados obtenidos. Esto es importante como política de personal dentro de la institución para mantener su motivación.

Por último, es importante notar que para negociar hay habilidades que son innatas. Hay gente que nace negociadora y hay gente que nace sin esta cualidad. El negociador nace, no se hace. La manera de superar esta carencia, si se le puede llamar así, es justamente la conformación de equipos, y trabajar con éstas y otras técnicas puesto que la suma de las cualidades que aportan los miembros del equipo conducen al resultado deseado.



## VI. CASO DE ESTUDIO

La presentación de un caso de estudio real con todo el flujo de información que existe dentro del proceso de evaluación queda fuera del alcance de este trabajo, debido principalmente al número de hojas que esto requeriría. Por citar un ejemplo, el establecimiento de las Bases de Licitación para la adquisición de una tecnología para una planta nueva, es un documento que normalmente cuenta con aproximadamente entre 100 a 120 hojas (un formato descriptivo se presenta en el Anexo F). Si a esta información se agrega la proporcionada por los tecnólogos en sus propuestas, la cual como mínimo por cada tecnólogo es de alrededor de 100 hojas, todo esto en su conjunto considerando que existieran 3 alternativas tecnológicas, harían un total de aproximadamente 400 hojas. Finalmente, si a esta información se incluye el reporte de la evaluación, se estaría hablando de un documento de aproximadamente 500 hojas. La presentación de un caso de estudio real pudiera ser considerado como una buena propuesta para un tema de tesis o como material didáctico para la Maestría de Gestión de Tecnología.

Lo anterior fundamenta el hecho de que el caso de estudio que a continuación se presenta, y la aplicación de la metodología propuesta son de carácter descriptivo, y pueden, por obvedad de espacio, no incluir todos los aspectos que en una evaluación rigurosa debieran ser considerados. La información del caso que a continuación se presenta fue tomada de un estudio "real" realizado por Aguilar-Rodríguez et al (1992), y adaptada para aplicar la metodología que en este trabajo se propone.

### VI.1 PRESENTACION DEL CASO

#### VI.1.1 ANTECEDENTES

Dentro de una refinería, la planta de Craqueo Catalítico Fluido (FCC), conocida también como Desintegración Catalítica, es de vital importancia, debido principalmente a su impacto económico por la contribución de gasolina que esta planta tiene al "pool" de gasolina. Además, actualmente estas plantas han incrementado su importancia por el suministro de C3's y C4's que pueden ser utilizados como materia prima para procesos petroquímicos o para la producción de compuestos que se agregan a las gasolinas (MTBE, alquilados, etc.).



Se plantea la situación de tener una planta de Craqueo Catalítico Fluido (FCC) modelo "X" con una capacidad de diseño de 25,000 BPD, la cual fue diseñada por el tecnólogo I y entró en operación en los años 50's. La tecnología que fue utilizada en esta planta se originó en los años 40's y en su tiempo introdujo algunos avances importantes que resultaban en bajos costos de construcción. Este tipo de planta se diseñaba para el procesamiento de gasóleos dentro del corte 204-454°C utilizando un catalizador de sílica alúmina amorfa y utilizaba regeneración de catalizador que todavía presentaba alto contenido de carbón en el catalizador regenerado (0.3% peso) y producía un "flue" gas con alto contenido de monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) y partículas sólidas (7% finos).

La transferencia de catalizador entre el reactor y regenerador se lleva a cabo en tubos de retención ("standpipes") cortos y líneas "U", con un control de flujo a través de válvulas, lográndose el flujo debido a la diferencia de presiones entre el reactor y el regenerador y la diferencia de densidades en la línea de empuje de catalizador agotado (ver figura VI.1).

Actualmente los catalizadores de plantas FCC han evolucionado y se han mejorado substancialmente, lo que ha permitido operar a mayor severidad con menor producción de finos en el regenerador. La operación de las unidades modelo "X" bajo las nuevas condiciones de operación y catalizadores disminuye su eficiencia, ya que no contempla el manejo de mayores flujos de catalizador y vapores, por lo que la circulación de catalizador regenerado no puede controlarse lo suficientemente rápido, presentándose oscilaciones de temperatura importantes. Por otro lado, el distribuidor de aire en el regenerador no está diseñado para soportar las temperaturas requeridas para la regeneración del catalizador, debido fundamentalmente a que se requiere operar a condiciones de combustión total de CO.

Por las razones anteriores, una cantidad importante de unidades modelo "X" han sido modernizadas con el objeto de hacerlas más estables en su operación y mejorar los procesos de reacción y regeneración, que son la base de un comportamiento eficiente de este tipo de plantas. Por tal motivo, se desea modernizar la planta FCC para hacerla más eficiente, y para poder procesar la nueva carga que es diferente a la considerada en el diseño original.

En un estudio preliminar se llegó a la conclusión que la parte esencial a ser modificada es la sección de Reacción/Regeneración, ya que la sección de fraccionamiento y recuperación de vapores requieren cambios menores que pueden ser realizados internamente en la compañía. Esto hace que la evaluación de alternativas tecnológicas se centre en la evaluación de modificaciones para la sección de reacción/regeneración.

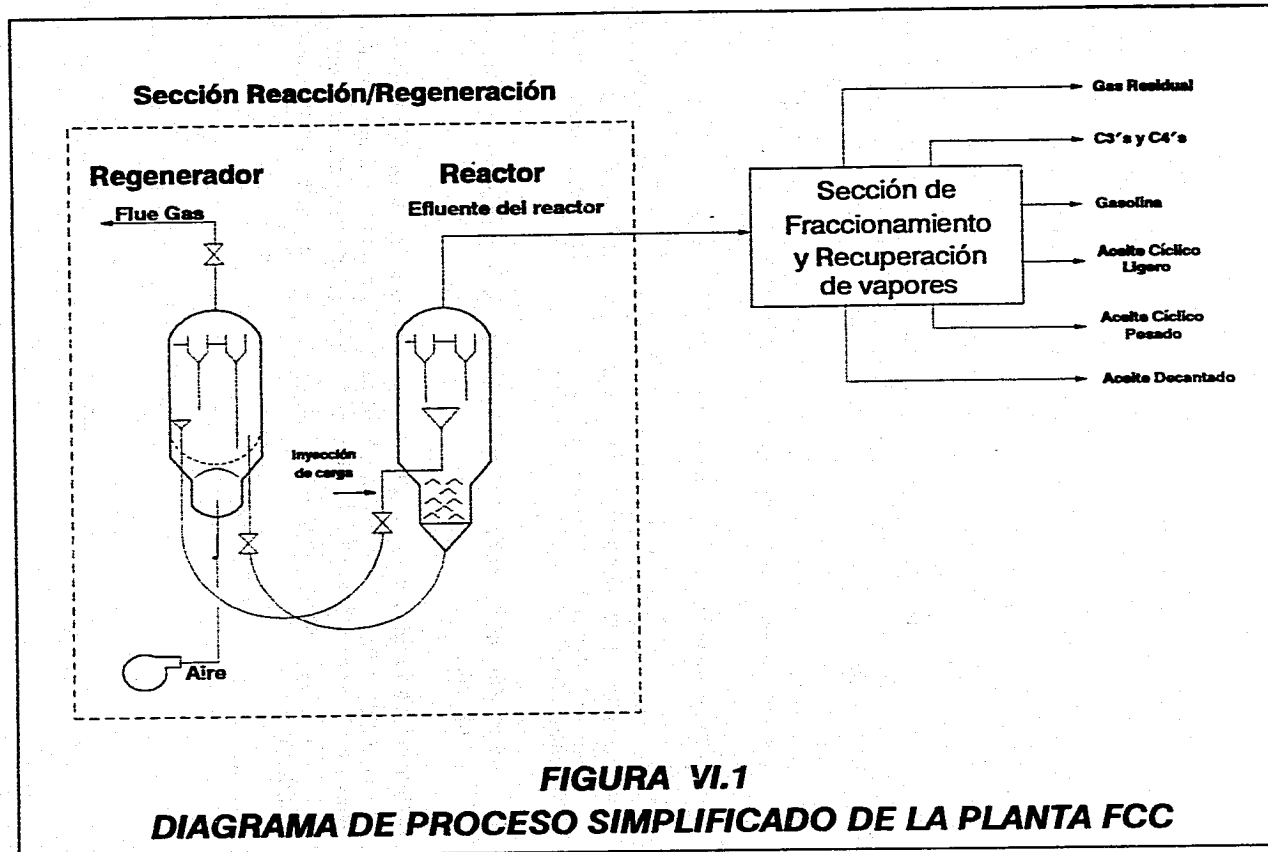
## VI.1.2 BASES DEL ESTUDIO

Como parte del proyecto de modernización de la unidad de Craqueo Catalítico Fluido (FCC) Modelo "X" se desea llevar a cabo los estudios correspondientes a la evaluación y selección de la tecnología que se aplicará con este propósito.

Para la modernización de la planta se han establecido las siguientes bases de carácter general:

- (a) Se desea mayor flexibilidad operativa.
- (b) La capacidad de la planta se mantendrá prácticamente a su misma capacidad, sin ser el aumento de ésta un factor determinante en las modificaciones que se propongan.
- (c) De acuerdo a los avances tecnológicos en el área de craqueo catalítico, se esperan aumentos en el rendimiento a gasolina.
- (d) Incorporar conceptos de mejor aprovechamiento de energía.
- (e) Introducir esquemas y equipos de proceso que permitan la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera y que cumplan con las especificaciones ambientales propuestas para este tipo de plantas a nivel internacional.
- (f) Sustitución del sistema de control actual por un Sistema de Control Distribuido.

A partir de estos lineamientos, se debe proceder a elaborar las Bases de Licitación para la adquisición de la tecnología que permita modernizar la sección reacción /regeneración de la planta FCC existente. Y tomando como referencia estas bases, los tecnólogos presentan sus propuestas de modificaciones, las cuales se describen a continuación.



### VI.1.3 PRESENTACION DE PROPUESTAS DE LOS TECNOLOGOS

De las propuestas presentadas por 3 tecnólogos, a continuación se describen los puntos más relevantes:

#### (1) Experiencia.

En cuanto a experiencia en proyecto similares, el Tecnólogo 1 es quien presenta una mayor capacidad habiendo relocalizado 5 unidades y modernizado 8, siendo además el tecnólogo creador de la tecnología original de las unidades modelo "X". El Tecnólogo 2 se ha involucrado en 4 proyectos con características similares. El Tecnólogo 3 se ha involucrado en 8 proyectos tipo "side by side" y no cuenta con experiencia de modernización de unidades modelo "X".

#### (2) Modificaciones técnicas propuestas.

En cuanto a las modificaciones técnicas propuestas para lograr los objetivos y especificaciones de productos establecidas en las Bases de Licitación, puede considerarse que los 3 tecnólogos se orientan fundamentalmente a los siguientes cambios:

##### Sección de Reacción

- Introducción de un nuevo sistema de inyección de carga de tecnología propia.
- Modificación de las líneas de transferencia de catalizador para introducir un nuevo reactor tipo "riser".
- Revisión del diseño del agotador ya sea para sustitución de internos o mejora del sistema de inyección de vapor.

##### Sección de Regeneración

- Modificación de la operación a regeneración total.
- Introducción de un nuevo distribuidor de aire de tecnología propia.
- Sustitución de los ciclones del regenerador por unos de alta eficiencia.
- Sustitución de las válvulas de control de flujo de catalizador en el sistema Reacción/Regeneración y de chimenea.

Además de estas modificaciones, cada licenciador propone algunas otras que, dentro del sistema reacción/regenerador son de menor importancia, aunque en

el caso del tecnólogo 2 introduce la posibilidad de establecer el nuevo equilibrio térmico bajo dos opciones:

- Introducción de un precalentador de la carga.
- Recirculación de ACP.

Para ambas opciones, la capacidad y el rendimiento a gasolina se mantienen prácticamente iguales.

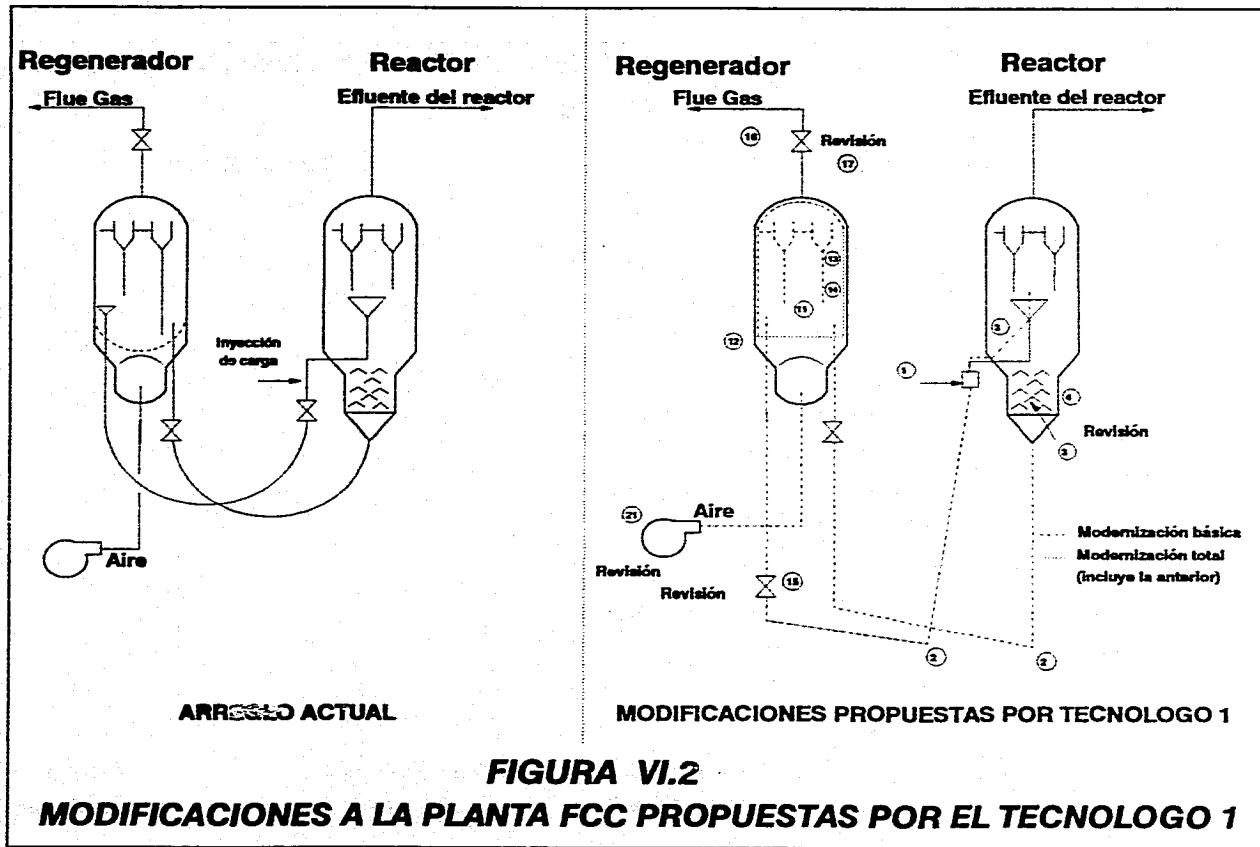
En las figuras VI.2, VI.3 y VI.4, y en las tablas VI.1 y VI.2 se presentan las modificaciones propuestas en la sección reacción/regeneración por cada tecnólogo. En las Tablas VI.3 y VI.4 se presentan las nuevas condiciones de operación, la capacidad de operación esperada para la planta, así como los rendimientos y conversiones tanto para el caso de diseño original, para el caso al cierre de operación, y los esperados por cada tecnólogo. De los balances de materia presentados por los licenciadores es posible comparar el rendimiento global y de los diferentes productos de la plantas. Estos balances han considerado las características de la nueva carga a la planta.

Las modificaciones propuestas por los tres tecnólogos están orientadas fundamentalmente a obtener los siguientes beneficios:

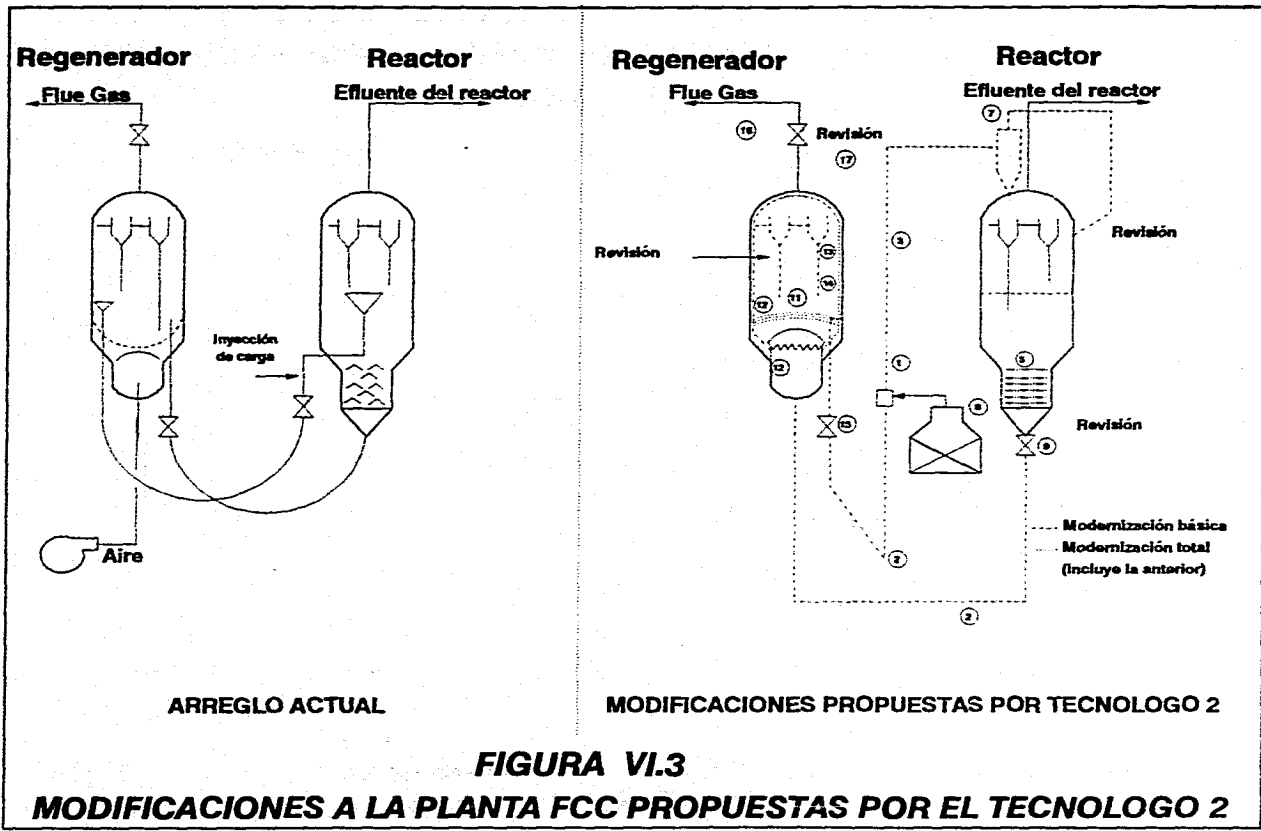
- Mayor conversión y rendimiento a gasolina.
- Disminución de la concentración de CO en el flue gas a niveles permitidos por las normas ambientales.
- Una operación más estable y flexible desde el punto de vista de control de proceso.

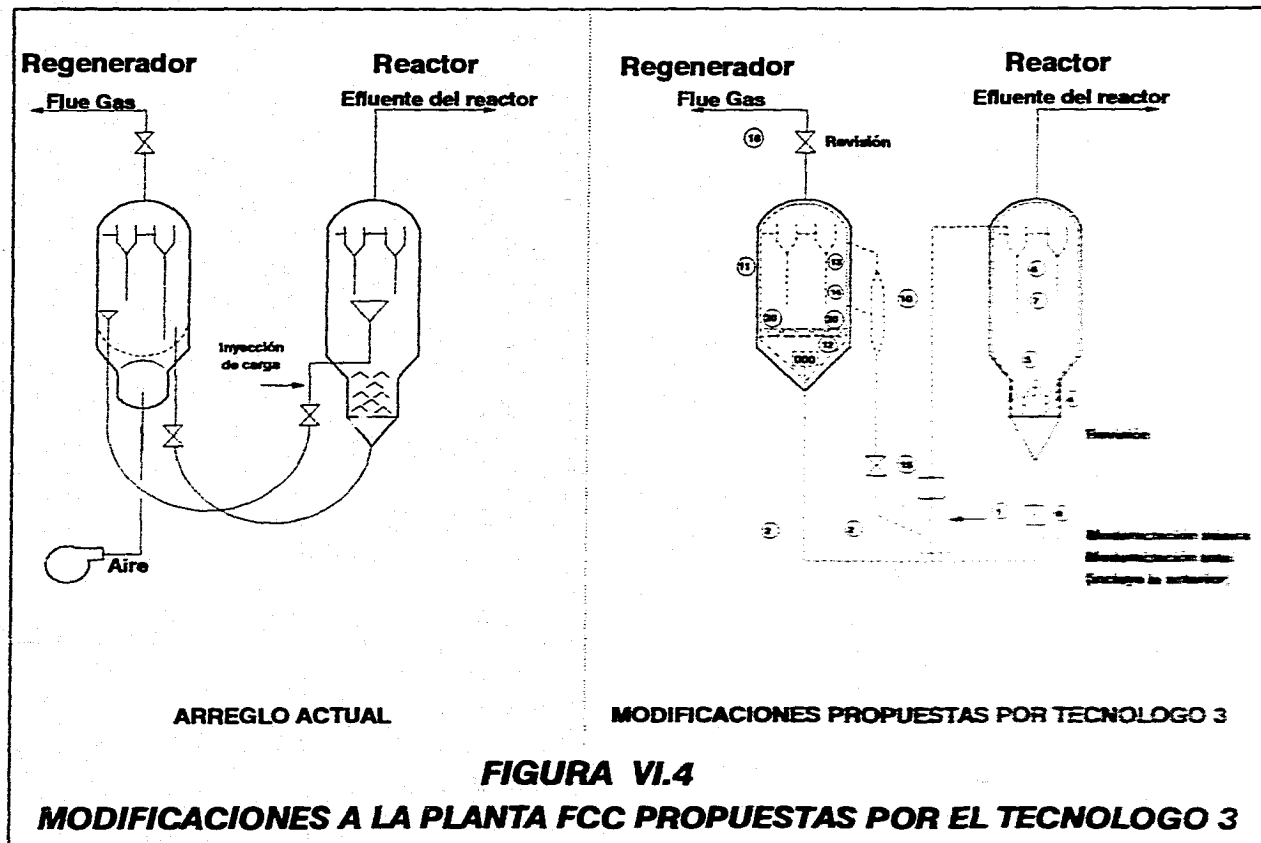
De la información proporcionada por los licenciadores y tomando también como base su experiencia y prestigio en el diseño y modernización de unidades FCC, puede decirse, que cualitativamente las 3 opciones satisfacen las expectativas técnicas requeridas.

Un análisis más detallado de las modificaciones propuestas hace ver que el Tecnólogo 2 es quien presenta un esquema que logra la mayor conversión a gasolina, del orden de 4 puntos porcentuales arriba de los otros tecnólogos. Además aumenta la capacidad de procesamiento a 30,000 BPD, lo que se traduce en un beneficio económico por producción de gasolina en la planta, superior al 35% con respecto al propuesto por el Tecnólogo 1, y 32% al establecido por el Tecnólogo 2. Este beneficio es el que mayor impacto tiene en la economía del proceso.



**FIGURA VI.2**  
**MODIFICACIONES A LA PLANTA FCC PROPUESTAS POR EL TECNOLOGO 1**







**TABLA VI.1**  
**EQUIPO A SUSTITUIR EN LA SECCION DE REACCION**

Equipo reemplazado	Tecnólogo 1		Tecnólogo 2		Tecnólogo 3	
	Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2
1. Inyectores de carga.	Si		Si		No   Si	
2. Lincas de transferencia (U por J).	Si		Si		Si	
3. Riser.	No   Si		Si		Si	
4. Agotador de pared fría.	Si		No		Si	
5. Rediseño del agotador.	No (1)		Si		Si	
6. Ciclones del reactor.	No.		No.		Si (2)	
7. Ciclones a la salida del riser.	No		Si		No   Si	
8. Horno para precalentamiento de carga.	No		Si		No	
9. Válvulas de deslizamiento.	No		Si		Si	
10. Tolva externa.	No		No		No	

Notas:

- (1) Estudio posterior.
- (2) Para la propuesta de modernización total, el tecnólogo 3 propone un sistema de ciclones acoplados.
- (3) Los casos 1 y 2 se refieren a las propuestas de modernización básica y modernización total, respectivamente, las cuales fueron presentadas por los tecnólogos.

**TABLA VI.2**  
**EQUIPO A SUSTITUIR EN LA SECCION DE REGENERACION**

Equipo reemplazado	Tecnólogo 1		Tecnólogo 2		Tecnólogo 3	
	Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2
11. Regeneración total.	Si		Si		Si	
12. Distribuidor de aire.	Si		Si		Si	
13. Ciclones.	No	Si	Si		Si	
14. Revisión o mejora (si se requiere) del recubrimiento de ciclones y recipiente.	Si		Si		Si	
15. Válvulas de deslizamiento del catalizador regenerado.	No	Si	Si		Si	
16. Mejora (si se requiere) de las válvulas de chimenea (capacidad para operar a temperatura alta.	Si		Si		Si	
17. Relocalización de las boquillas de inyección de vapor.	Si		No		No	
18. Sistema de adición y remoción continua de catalizador.	Si		No		No	
19. Verificación del sistema de emergencia.	Si		No		No	
20. Estrangulador de diámetro del regenerador.	No		No		Si	
21. Revisión/modificaciones del soplador de aire.	Si (1)		No		No	

Notas:

- (1) Estudio posterior.
- (2) Los casos 1 y 2 se refieren a las propuestas de modernización básica y modernización total, respectivamente, las cuales fueron presentadas por los tecnólogos.

**TABLA VI.3**  
**CONDICIONES DE OPERACION DE LA UNIDAD FCC**  
**(DISEÑO, ANTES DE LA MODERNIZACION Y PROPUESTAS DE MODERNIZACION)**

Condición de operación	Diseño	Antes de la modernización	Tecnólogo 1 (1)	Tecnólogo 2 (2)	Tecnólogo 3 (3)
Carga fresca, BPD.	25,000	23,000	23,620	30,000   30,000	25,000   25,000
Temperatura salida del riser, °F.	----	----	----	970   970	980   1,010
Temperatura reactor, °F	900	950	1,000	---   ---	---   ---
Temperatura del regenerador, °F.	1,100	1,265	1,334	1,293   1,339	1,319   1,335
Pre calentamiento de la carga, °F.	425	468	----	650   540	420   420
Relación catalizador/HC	----	6.14	----	5.34   5.88	7.2   7.9
CO/CO <sub>2</sub> del regenerador.	1.0	0.02	0.0	0.0   0.0	0.0   0.0

Notas:

- (1) Información disponible para la propuesta de modernización básica (caso 1).
- (2) Propuestas para los casos de precalentador de carga / recirculación ACP.
- (3) Casos modernización básica (caso 1) / modernización total (caso 2).

**TABLA VI.4**

**RENDIMIENTOS PROPUESTOS EN LAS ALTERNATIVAS DE MODERNIZACION DE LA UNIDAD FCC**

<b>Rendimientos y otras variables</b>	<b>Diseño</b>	<b>Antes de la modernización</b>	<b>Tecnólogo 1 (1)</b>	<b>Tecnólogo 2 (2)</b>	<b>Tecnólogo 3 (1)</b>
Carga fresca, BPD.	25,000	23,000	23,620	30,000   30,000	25,000   25,000
H2S, %Peso.	0.9	0.5	----   ----	1.25   1.25	1.07   1.25
H2-C2, %Peso.	2.1	1.8	----   ----	2.62   3.18	4.98   4.77
Rendimiento C3=, %vol.	----	----	----	8.72	9.16   11.14
Rendimiento C4=, %vol.	----	----	----	11.28	9.0   11.27
C3-C4, %vol.	20.4	20.9	----	28.89   28.84	26.79   31.98
C5-430°F (gasolina), %vol	41.2	59.6	56.0   59.5	63.63   63.54	54.53   57.75
430-680°F, %vol.	20.3	19.8	----	14.99   13.57	14.95   11.30
680+°F, %vol.	23.3	7.7	----	4.86   4.75	10.03   7.69
Coque, %Peso.	5.6	5.6	----	4.07   5.20	5.37   5.73
Rendimiento C3+, %vol.	105.2	108.0	----	112.4   110.7	106.3   108.7
Conversión a 430°F(-), %vol.	56.4	72.5	73.0   75.9	80.15   81.68	75.0   81.0
RON Gasolina.	93.4	91.2	88.2   90.8	91.5   91.9	91.5   93.1
Pérdidas de catalizador, T/D	----	----	1.75	2.2   1.7	1.1

Notas:

- (1) Casos modernización básica (caso 1) / modernización total (caso 2).
- (2) Propuestas para los casos de precalentador de carga / recirculación ACP.

**(3) Estimado de inversión.**

Los tres tecnólogos presentan un estimado de inversión para sus propuestas en base a la experiencia de cada uno de ellos en este tipo de proyecto, las cuales se resumen en la siguiente tabla.

**TABLA VI.5  
ESTIMADO DE COSTOS DE INVERSION**

Licenciador	Modernización básica M US\$	Modernización total M US\$
Tecnólogo 1	6,525 - 7,500	7,525 - 8,550
Tecnólogo 2	6,000	8,500
Tecnólogo 3	15,180	15,871

Para el caso del Tecnólogo 1, se define un intervalo ya que sus estimados para algunos aspectos fueron presentados también dentro de un intervalo.

Para el caso del Tecnólogo 2, su estimado propuesto para la modernización básica es de 5 MMUS\$ y se le adicionó 1 MMUS\$ para el precalentador de carga (caso 1). En la modernización total se está agregando además el costo de los ciclones del regenerador, cuyo costo (2.5 MMUS\$) se estimó posteriormente por el mismo licenciador.

De la tabla anterior se observa que dentro del orden de magnitud que se tiene en estos estimados, los Tecnólogos 1 y 2 proponen modificaciones que prácticamente requieren la misma inversión. Mientras que el Tecnólogo 3 propone un esquema que requiere una inversión mucho más grande, mayor en casi 100% que las de los otros licenciadores.

**(4) Alcance y costo de los servicios.**

El costo de los servicios de cada tecnólogo incluyen las regalías por el uso de la tecnología, así como el costo del paquete de diseño de proceso (PDP, conocido también como paquete de ingeniería básica). Estos costos se presentan en la tabla VI.6, mientras que en la tabla VI.7 se presentan las formas de pago de estos servicios..

**TABLA VI.6**  
**COSTOS DE LOS SERVICIOS**

Licenciador	Regalías (M US\$)	PDP (M US\$)	Total (M US\$)
Tecnólogo 1	250	450	700
Tecnólogo 2	625	650	1,275
Tecnólogo 3 (Mod. básica)	575	192	767
Tecnólogo 3 (Mod. total)	920	230	1,150

**TABLA VI.7**  
**FORMAS DE PAGO DE LOS SERVICIOS**

Licenciador	Regalías	PDP
Tecnólogo 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 10% a la aceptación</li> <li>- 30% a entrega del PDP. (12 semanas).</li> <li>- 30% arranque de la planta.</li> <li>- 30% un año después del arranque de la planta.</li> </ul>	Facturación mensual por avance.
Tecnólogo 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 30% a la aceptación.</li> <li>- 40% a entrega del PDP. (12 semanas).</li> <li>- 30% al arranque de la planta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 25% a la aceptación.</li> <li>- 25% a acordar.</li> <li>- 50% a entrega del PDP.</li> </ul>
Tecnólogo 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 33% a la aceptación.</li> <li>- 33% al arranque de la planta.</li> <li>- 34% después de la corrida de prueba ó 2 años.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 15% a la aceptación.</li> <li>- 85% a entrega del PDP ó 18 meses.</li> </ul>

En cuanto a los alcances de Paquete de Diseño de Proceso cada licenciador ofrece un lista del contenido del mismo, considerándose para los 3 casos completo para propósitos de llevar a cabo posteriormente la ingeniería de detalle.

**(5) Garantías.**

Con respecto a las garantías de los trabajos, ningún licenciador ofrece cifras firmes, ya que se plantea la necesidad de conocer el estado actual de la planta, mayores datos sobre su última operación, y el establecimiento más preciso de los alcances y modificaciones que finalmente se aceptarán. Sin embargo, ofrecieron dar garantías sobre algunas variables básicas del proceso, siendo éstas las siguientes (Tabla VI.8).

**TABLA VI.8  
GARANTIAS OFRECIDAS POR LOS TECNOLOGOS**

Variable de proceso	Tecnólogo 1	Tecnólogo 2	Tecnólogo 3
Capacidad.	No	Si	No
Rendimiento a Gasolina.	Si	Si	Si
RON Gasolina.	Si	Si	Si
Conversión Total.	No	No	Si
Estructura Rendimientos.	No	No	Si
Consumo de Catalizador.	Si	No	No
Carbón en el catalizador regenerado.	No	No	Si
CO en flue gas.	Si	No	No

**(6) Aspecto ambiental.**

El efecto adverso para el ambiente que presentan las plantas FCC se concentra fundamentalmente en las emisiones que acompañan al flue gas producido en el regenerador. En este gas, producto de la combustión del coque que se encuentra en el catalizador gastado dentro del regenerador, se encuentran presentes los siguientes elementos contaminantes:

- Partículas sólidas.
- Monóxido de carbono.
- Oxidos de azufre (SO<sub>x</sub>)
- Oxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)

La Environmental Protection Agency (EPA) de los Estados Unidos ha propuesto criterios de control ambiental específicos para unidades FCC y en particular para los componentes señalados. Los estándares propuestos por la EPA, en el apartado "J" del capítulo dedicado a la operación de refinerías del petróleo, fueron utilizados como especificaciones en las bases de licitación de este proyecto, por lo que las alternativas tecnológicas propuestas deben cumplir con estos criterios, de tal forma que la operación de la planta FCC modernizada no tenga un impacto ambiental más allá de lo establecido por este organismo.

(a) Partículas sólidas.

En particular, para una unidad FCC, el problema de manejo de sólidos se atribuye al catalizador, y a las pérdidas de éste en forma de finos que se presenta ya sea en el reactor o en el regenerador, siendo las pérdidas mayores en éste último.

Para cumplir con las especificaciones de la EPA, los tres tecnólogos proponen equipos con tecnologías de terceros para la recuperación de partículas sólidas, los cuales pueden clasificarse en tres tipos:

- Separadores ciclónicos.
- Precipitadores electrostáticos.
- Lavadores de gas húmedo.

De las alternativas para el control de emisión de partículas, los ciclones terciarios son los que presentan menores costos de inversión y prácticamente no presentan un costo adicional de operación. Su eficiencia de separación es la menor de las tres alternativas, y de acuerdo a la información disponible hasta ahora no se tiene certeza de su capacidad para cumplir con las especificaciones de la EPA. El precipitador electrostático además de un costo mayor tiene asociados costos de operación por consumo de energía eléctrica principalmente (no reportados por ningún tecnólogo), además, requieren de una área grande para su localización en la planta, pero puede afirmarse que es un equipo adecuado para cumplir con la norma.

En cuanto a los lavadores de gas, es el equipo más eficiente en cuanto al control de partículas sólidas y puede eliminar adicionalmente SO<sub>x</sub>, pero es el equipo más costoso.



(b) Monóxido de carbono.

Actualmente las unidades FCC han eliminado el problema de la presencia de CO en el flue gas, debido a que se ha logrado la operación a combustión total (alta temperatura) en el regenerador, lo que garantiza que la concentración de este compuesto no exceda el valor de 500 ppmv especificado por la EPA. Esto hace que no se requiera equipos adicionales para el control de CO.

(c) Oxidos de azufre.

La reducción de los niveles de SOx en las emisiones de flue gas se puede llevar a cabo bajo 3 opciones, que pueden obtenerse con cualquiera de los tecnólogos:

- Hidrotratamiento de la carga.
- Aditivos DeSOx.
- Lavadores de gas húmedo.

Los rendimientos y calidad de productos de las unidades FCC se pueden incrementar substancialmente cuando la carga se somete previamente a un proceso adecuado de hidrotratamiento, que además de disminuir considerablemente los contenidos de azufre, nitrógeno y metales, también puede modificar el carácter químico de los hidrocarburos que la componen, convirtiendo los compuestos aromáticos y nafténicos, difíciles de desintegrar, en parafinas cuya facilidad de desintegración es mayor. Con la disminución de los niveles de azufre y nitrógeno de la carga, se reducen también las emisiones a la atmósfera de sus óxidos (SOx y NOx), cumpliéndose con los requerimientos ambientales especificados.

Aunque el hidrotratamiento profundo de la carga es viable, es un proceso independiente que requiere de una gran inversión, por lo que solo podría ser considerado en un análisis de reconfiguración del esquema de procesamiento de toda la refinería.

El desarrollo de los catalizadores ha permitido la reducción de emisiones de azufre del regenerador. Los nuevos procesos basados en catalizadores especiales son mucho menos costosos que un lavador de gas o una hidrodesulfuración de la carga. La adición de aditivos DeSOx capaces de absorber el azufre en el regenerador y manejar productos en forma de sulfatos estables, constituyen una alternativa atractiva para cumplir con las regulaciones ambientales de SOx.

De la discusión anterior puede concluirse que la parte ambiental puede manejarse prácticamente con cualquier licenciador, y puede ser considerada como una sección fuera de límites de batería de la sección reacción/regeneración. Por esta razón, no se ha considerado como elemento de comparación en la selección de alternativas.

**(7) Control distribuido.**

Para la implementación de un sistema de control distribuido para la operación de la planta FCC, el Tecnólogo 1 no presenta ninguna experiencia similar, y los Tecnólogos 2 y 3 si la tienen. Sin embargo, con la información proporcionada se observa que ninguno de los tecnólogos cuenta con un software propio, es decir, subcontrata a compañías dedicadas al área de control de procesos para llevar a cabo los trabajos, de tal forma que el desarrollo de los trabajos de modernización del sistema de control de la planta podrá ser negociado ya sea con el tecnólogo seleccionado o directamente con otra compañía líder en el área.

## **VI.2 APLICACION DE LA METODOLOGIA PROPUESTA PARA LA EVALUACION DE LAS ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS.**

Como fue presentado anteriormente, en este caso de estudio se cuenta con 3 alternativas tecnológicas que deben ser evaluadas. De acuerdo a la metodología propuesta, se debe configurar un panel de expertos en las diferentes áreas que van a ser consideradas dentro de la evaluación, y este panel de expertos deben de utilizar el método de Delfos para definir una calificación definitiva de cada criterio evaluado. En este punto se asume que todo esto ya ha sido realizado, por lo que a continuación solo se presentan los resultados de la evaluación para cada etapa de la metodología propuesta. A continuación se describen los resultados en el estricto orden como fue presentado en el capítulo IV.

- (1) Definir los aspectos a considerar dentro de la evaluación (A).

**TABLA VI.9  
ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA EVALUACION**

ASPECTO	Resultado
1. Evaluación técnica del proceso.	Si
2. Evaluación de aspectos técnicos complementarios.	Si
3. Evaluación económico-financiera.	Si
4. Evaluación contractual.	Si
5. Evaluación de aspectos plausibles.	No
6. Evaluación de aspectos estratégico-tácticos.	No
7. Evaluación de aspectos normativos.	No

Los aspectos plausibles no fueron considerados por tratarse de un proyecto de modernización de una planta ya existente, por lo que su contribución desde el punto de vista macro-económico, político o social quedaría en el mismo nivel para cada una de las alternativas tecnológicas.

Los aspectos estratégico-tácticos no fueron considerados a pesar de que con el Tecnólogo I (que fue el diseñador original de la planta) se tendría, en teoría, ciertas ventajas en la negociación. Sin embargo, dada las características "leoninas" del anterior contrato de transferencia de tecnología, se consideró no tomar en cuenta este aspecto, ni en forma positiva ni negativa.

Los aspectos normativos (la parte ecológica), aunque fueron parte de las bases del estudio y de las Bases de Licitación, no fueron considerados en la evaluación debido a que los equipos requeridos para lograr las especificaciones de emisiones son de terceros tecnólogos. Esto se explica en forma detallada en la presentación de las propuestas y más específicamente en la descripción del aspecto ambiental.

- (2) *Dentro de los aspectos considerados, identificar los subaspectos o factores que pueden ser utilizados como criterios restrictivos (filtros).*

De un análisis de los subaspectos y factores que conforman un aspecto, se seleccionaron los siguientes criterios restrictivos, los cuales fueron también establecidos en las Bases de Licitación como un requerimiento para poder presentar la propuesta.

- Capacidad de la planta.
- Rendimiento a gasolina.
- Experiencia.
- Alcance del Paquete de Diseño de Proceso.

Como fue discutido en la presentación de las propuestas, los tres tecnólogos cumplen con estos criterios, por lo que los tres pasarán a la siguiente etapa de la evaluación.

- (3) *Decidir, en base a la información disponible, si se utilizará un criterio económico-financiero como criterio discriminativo para la evaluación, y cual será usado. Si este fuera el caso pasar al punto 4. En caso contrario pasar al punto 6 de la metodología.*

Debido principalmente que la única sección de la planta FCC que se está modernizando y que está bajo análisis es la de reacción/regeneración, no es posible obtener una buena estimación de los precios de los productos de esta sección. Además, de que los costos de operación relacionados con el consumo de servicios auxiliares no pueden ser determinados ya que se requiere de una integración térmica de esta sección con las demás secciones.

Para una evaluación adecuada del flujo de efectivo requerido en cualquier parámetro de evaluación de rentabilidad, sería necesario incluir a la Sección de Recuperación de Vapores (VRU), por el impacto de la composición del efluente del reactor en la adecuación de la VRU a la modernización. Así sería posible contar con un criterio de rentabilidad económica confiable para su inclusión en la función de evaluación. Sin embargo, dado que esto no es posible se procede al punto 6 de la metodología, el cual corresponde a la aplicación de una técnica matricial de evaluación.

- (4) Si se opta por utilizar un criterio económico-financiero (el cual corresponde a una técnica cuantitativa), es importante asegurarse que las diferencias tecnológicas se evalúen económicamente, es decir, que las ventajas puedan ser cuantificadas y su efecto se refleje en el criterio económico-financiero seleccionado. Con el criterio económico seleccionado se procede a discriminar las alternativas tecnológicas que no cumplan con el criterio establecido, y se pasa a la etapa 5 de la metodología.

Este punto no se realiza por haberse seleccionada la técnica matricial de evaluación.

- (5) En este punto se puede estar seguro que los procesos que han pasado refinen características técnicas y económicas satisfactorias. Ahora se puede pasar a evaluar otros criterios o condiciones para compararlas con aquéllas que se esté dispuesto a aceptar, o bien para seleccionar las más ventajosas.

Este punto no se realiza por haberse seleccionada la técnica matricial de evaluación.

- (6) Si se optó por la técnica matricial (la cual corresponde a un método cualitativo), se procede a asignar el peso o puntaje a cada uno de los aspectos considerados ( $P_i$ ).

En donde:  $100 = \sum P_i$

El peso acordado para cada uno de los aspectos a evaluar se presenta a continuación.

**TABLA VI.10**  
**ASIGNACION DE LA PONDERACION PARA CADA ASPECTO A**  
**EVALUAR**

Aspecto	Peso o puntaje (%)
1. Aspectos técnicos de proceso.	30
2. Aspectos técnicos complementarios.	15
3. Aspectos económico-financieros.	45
4. Aspectos contractuales.	10
<b>Total</b>	<b>100</b>

- (7) *Seleccionar para cada aspecto, los subaspectos  $\{(SA)_i\}$  y factores  $(Fi)$  que van a ser evaluados (ver subcapítulo IV.2 "Desarrollo de la metodología").*

De un análisis de los subaspectos y factores que conforman un aspecto se seleccionaron los siguientes:

**TABLA VI.11**  
**SUBASPECTOS Y FACTORES A SER EVALUADOS**

Aspecto	Subaspectos y/o factores
1. Aspectos técnicos de proceso.	1.1 Rendimiento a gasolina. 1.2 Conversión a ligeros (430°F-). 1.3 Rendimiento a C3's y C4's. 1.4 Pérdidas de catalizador. 1.5 Flexibilidad operativa. 1.6 Esquema propuesto de modificaciones.
2. Aspectos técnicos complementarios.	2.1 Experiencia. 2.2 Alcance del PDP. 2.3 Servicios técnicos adicionales.
3. Aspectos económico-financieros.	3.1 Inversión. 3.2 Regalías y costo del PDP.
4. Aspectos contractuales.	4.1 Garantías.

- (8) *Definir los puntajes o pesos en fracción para los subaspectos y factores de cada uno de los aspectos considerados, bajo la base de que la suma dé uno.*

$$1 = \sum W_i \text{ (para los subaspectos considerados)}$$

$$1 = \sum w_i \text{ (para los factores considerados en cada subaspecto)}$$

Debido a que se decidió no subdividir los subaspectos y los factores, solo se establece que la suma de los pesos de éstos deben ser igual a 1.0. Los resultados de los pesos acordados por el panel de expertos se muestran a continuación:

**TABLA VI.12**  
**ASIGNACION DE LA PONDERACION PARA LOS SUBASPECTOS Y FACTORES**

Aspecto	Subaspecto o factor	Peso (fracción)
1. Técnico de Proceso.	1.1 Rendimiento a gasolina.	0.70
	1.2 Conversión a ligeros (434°F-).	0.10
	1.3 Rendimiento a C3's y C4's.	0.05
	1.4 Pérdidas de catalizador.	0.05
	1.5 Flexibilidad operativa.	0.05
	1.6 Esquema propuesto de modificaciones.	0.05
Total		1.00
2. Técnico Complementario.	2.1 Experiencia.	0.40
	2.2 Alcance del PDP.	0.40
	2.3 Servicios técnicos adicionales.	0.20
Total		1.00
3. Económico-financiero.	3.1 Inversión	0.65
	3.2 Regallas y costo del PDP.	0.35
Total		1.00
4. Contractual.	4.1 Garantías.	1.00
Total		1.00

- (9) *Establecer una escala de calificación (Ci), y características máximas y mínimas de los factores considerados.*

Se acordó utilizar la escala propuesta por McConnell y Khalil (1988) para calificar los atributos de los factores, la cual consiste de una escala del 1 al 5 en donde los valores 2 y 4 no existen. Esta forma de asignar calificación permite una mejor diferenciación de los factores a calificar (ver Tabla VI.13).

**TABLA VI.13**  
**ESCALA DE CALIFICACIÓN DE ATRIBUTOS**

Descripción	Calificación (Ci)
Atributo no disponible.	0
Calificación mínima (pobre en este atributo).	1
Calificación media (atributo promedio).	3
Calificación máxima (excelente en este atributo).	5

- (10) *Calificar los factores considerados usando la escala descrita en el punto anterior.*

Para llegar a un acuerdo en las calificaciones definitivas se aplicó el método de Delfos (Técnica Delphi).

- (11) *Generar la matriz con los resultados de la evaluación y hacer los cálculos pertinentes para obtener la evaluación total de cada alternativa tecnológica.*

Estos cálculos pueden ser representados con la siguiente ecuación:

$$(\text{Calificación total Tecnología})_j = \sum_{k=1}^{nA} P_k \left( \sum_{i=1}^{nS/f} W_i C_i \right)$$

donde:

- $P_k$  = Porcentaje del aspecto  $k$ .  
 $nA$  = Número de aspectos considerados.  
 $nS/f$  = Número de subaspectos/factores considerados para cada aspecto  $k$ .  
 $W_i$  = Fracción del subaspecto/factor  $i$ .  
 $C_i$  = Calificación del subaspecto/factor  $i$ .

El resultado de la evaluación aplicando la técnica matricial se presenta en la Tabla VI.14, en la cual además se puede observar la calificación obtenida por cada tecnólogo.



- (12) *Seleccionar la tecnología que obtenga mayor puntuación, y las dos inmediatas inferiores. Estas deben ser recomendadas, priorizadas de mayor a menor, para continuar con el proceso de negociación final.*

De acuerdo a los resultados mostrados en la Tabla VI.14, se recomiendan las siguientes opciones:

**TABLA VI.15**  
**ORDEN DE PREFERENCIA DE LAS ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS**  
**DISPONIBLES**

<b>Recomendación</b>	<b>Tecnólogo</b>
Primera opción (la mejor).	Tecnólogo 2
Segunda opción.	Tecnólogo 1
Tercera opción.	Tecnólogo 3

**TABLA VI14**  
**EVALUACION DE TECNOLOGIAS PARA LA MODERNIZACION DE LA SECCION DE**  
**REACCION/REGENERACION DE LA PLANTA FCC**

Criterio	Pesa (fracción)	Máxima Puntuación	Tecnología 1		Tecnología 2		Tecnología 3	
			Calif.	Puntaje	Calif.	Puntaje	Calif.	Puntaje
<b>1. TECNICOS DE PROCESO (30%).</b>								
1.1 Rendimiento a gasolina.	0.70	105.0	3.0	63.0	5.0	105.0	3.0	63.0
1.2 Conversión a ligeros (434 °F -)	0.10	15.0	1.0	3.0	3.0	9.0	3.0	9.0
1.3 Rendimiento a C3 y C4.	0.05	7.5	0.0	0.0	5.0	7.5	5.0	7.5
1.4 Pérdidas de catalizador.	0.05	7.5	3.0	4.5	1.0	1.5	5.0	7.5
1.5 Flexibilidad operativa.	0.05	7.5	3.0	4.5	5.0	7.5	5.0	7.5
1.6 Esquema propuesto de modificaciones.	0.05	7.5	3.0	4.5	5.0	7.5	3.0	4.5
<b>Subtotal</b>		<b>150.0</b>		<b>79.5</b>		<b>138.0</b>		<b>99.0</b>
<b>2. TECNICO COMPLEMENTARIOS (15%).</b>								
2.1 Experiencia.	0.40	30.0	5.0	30.0	3.0	18.0	1.0	6.0
2.2 Alcance del PDP.	0.40	30.0	3.0	18.0	3.0	18.0	3.0	18.0
2.3 Servicios técnicos adicionales.	0.20	15.0	1.0	3.0	3.0	9.0	3.0	9.0
<b>Subtotal</b>		<b>75.0</b>		<b>51.0</b>		<b>45.0</b>		<b>33.0</b>
<b>3. ECONOMICO-FINANCIEROS (45%).</b>								
3.1 Inversión.	0.65	146.25	5.0	146.25	5.0	146.25	1.0	29.25
3.2 Regalías y costo del PDP.	0.35	78.75	3.0	47.25	1.0	15.75	3.0	47.25
<b>Subtotal</b>		<b>225.00</b>		<b>193.5</b>		<b>162.0</b>		<b>76.5</b>
<b>4. CONTRACTUAL (10%).</b>								
4.1 Garantías.	1.00	50.0	1.0	10.0	1.0	10.0	3.0	30.0
<b>Subtotal</b>		<b>50.0</b>		<b>10.0</b>		<b>10.0</b>		<b>30.0</b>
<b>Calificación total</b>		<b>500.0</b>		<b>334.0</b>		<b>355.0</b>		<b>238.5</b>

### **VI.3 RECOMENDACIONES EN EL CASO DE ESTUDIO**

En base a los resultados de la evaluación de las tres alternativas tecnológicas, se tienen las siguientes recomendaciones:

- (1) De acuerdo a las modificaciones propuestas por los 3 tecnólogos y su experiencia en proyectos similares, se considera que todos ellos garantizan la calidad técnica de su propuesta y cumplen en general con las bases establecidas.
- (2) En base al resultado de la evaluación se recomienda como mejor opción al **Tecnólogo 2** para llevar a cabo las modificaciones para la modernización de la planta FCC. Este resultado se debe principalmente al mayor rendimiento a gasolina y aumento de capacidad que se logra con su tecnología.
- (3) En lo que respecta al costo de los servicios (PDP y regalías), el **Tecnólogo 2** ofrece una cotización que se considera alta y del orden de 100% mayor con respecto a la mejor oferta en este renglón (**Tecnólogo 1**), por lo que se recomienda negociar con el tecnólogo seleccionado el costo de sus servicios.
- (4) El esquema de procesamiento del gas de chimenea (flue gas), tanto para recuperación de energía como para control de emisiones, deberá ser definido posteriormente con el tecnólogo seleccionado, ya que las diversas tecnologías aplicables en este renglón no son propiedad de los oferentes (excepto el lavador de gases del **Tecnólogo 1**). O si se prefiere, se puede contratar en forma independiente a los tecnólogos poseedores de las tecnologías de control de emisiones.

## VII. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS

### VII.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En este trabajo se ha presentado un marco teórico de referencia que permite clasificar a los proyectos de inversión de plantas de refinación y petroquímica como proyectos de tipo industrial perfectamente sustituibles o mutuamente excluyentes. Es decir, los recursos económicos disponibles solo pueden asignarse a la mejor de las alternativas, lo cual elimina a las restantes aunque éstas presenten un rendimiento atractivo en relación a los parámetros de rentabilidad comúnmente utilizados para evaluar proyectos (TIR, valor presente neto, periodo de recuperación de la inversión, etc.).

La tecnología utilizada en plantas de refinación y petroquímica corresponde a la clasificación de tecnología de proceso con ingredientes importantes de tecnología de operación. En las tecnologías de proceso la información y servicios que pueden adquirirse (ser transferidos) van desde el Paquete de Ingeniería Básica, Paquete de Ingeniería de Detalle, Supervisión en pruebas de arranque y garantías, hasta la construcción de la planta. De esta información, es en el Paquete de Ingeniería Básica donde se encuentra el "know-how" de la tecnología, por el cual normalmente se tiene que pagar regalías. Por lo tanto, la definición de los documentos que deben conformar este paquete es de vital importancia, por lo que se incluye en el Anexo "A" un contenido típico de éste.

La evaluación de alternativas tecnológicas en proyectos de inversión corresponde a una evaluación "ex-ante", por lo que adquiere un carácter prospectivo, en donde la identificación de los impactos y reacciones juegan un papel importante. En este tipo de evaluación es necesario identificar con claridad los "actores" que estarán presentes en el proceso de evaluación, es decir, los involucrados o afectados por el resultado de la evaluación (evaluadores, usuarios, empleados, sociedad cercana, etc.).

En este trabajo se propone que en el proceso de evaluación de proyectos de inversión de plantas de refinación y petroquímica están presentes fundamentalmente tres "actores": *el evaluador, el usuario, y los tecnólogos*. Esta identificación es importante, ya que permite establecer en forma clara el flujo de información que durante el proceso de evaluación se dá entre estos actores. En este flujo de

información se genera un documento en donde se establece los requerimientos que deben cumplir las diferentes propuestas que presenten los *tecnólogos*, este documento es conocido como "Bases de concurso o licitación", y dada su importancia se incluye un formato con las secciones y tipo de información que deben conformarlo (ver Anexo "F"). El formato está basado en formatos de licitaciones internacionales realizadas por Pemex-Refinación, por lo que su uso está orientado a empresas del sector paraestatal, sin embargo, puede utilizarse por empresas del sector privado mediante algunas adecuaciones.

En la literatura se encuentran reportadas un gran número de metodologías bajo el descriptor "evaluación de tecnologías", por lo que fue necesario proponer un criterio que permitiera una clasificación de éstas. Tomando como base el "uso final" que se le da al resultado de la evaluación, los metodologías fueron clasificadas en:

- Metodologías para la evaluación de proyectos.
- Metodologías para la evaluación de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico.
- Metodologías para la evaluación de alternativas tecnológicas.
- Metodologías para la evaluación de tecnologías.
- Metodologías para la evaluación de tecnologías.

Se encontró que las metodologías son ligeramente parciales, es decir, las metodologías desarrolladas por los economistas le dan mayor importancia al aspecto económico y al social; los ingenieros, le dan mayor importancia al aspecto técnico de proceso; y así sucesivamente. Por lo que se propone una metodología con un enfoque integral para la evaluación de alternativas tecnológicas en proyectos de inversión de plantas de refinación y petroquímica en el sector paraestatal, en donde se ha definido de antemano el objetivo perseguido y su interrelación con las instalaciones existentes, y se dispone de diferentes tecnologías o licenciadores potenciales.

La metodología propuesta considera los siguientes conceptos de evaluación: (1) Evaluación técnica del proceso, (2) Evaluación técnica complementaria, (3) Evaluación económico-financiera, (4) Evaluación contractual, (5) Evaluación de la plausibilidad del proyecto, (6) Evaluación de aspectos estratégico-tácticos, y (6) Evaluación de la normatividad. Para cada uno de estos conceptos, se establece un desglose de indicadores específicos que facilitan el proceso de evaluación.

La metodología recomendada incluye dos técnicas opcionales de evaluación: (1) la discriminativa (criterio de cumple o no cumple), combinada con un criterio económico-financiero, y (2) la discriminativa, combinada con un análisis matricial

de puntuación o calificación. La selección de la técnica a aplicar dependerá del nivel de información disponible y la metodología está desarrollada con la suficiente flexibilidad para ser aplicada en la evaluación de proyectos de plantas nuevas así como en proyectos de modernización de plantas existentes.

La negociación es una etapa importante en la compra de tecnología, ya que como resultado de ésta se logra establecer en forma contractual el alcance de los servicios requeridos, las garantías de funcionamiento de la tecnología contratada, y penalizaciones en caso de incumplimientos. La negociación es un proceso activo y no necesariamente lineal, sin embargo, es posible identificar tres etapas sucesivas que lo conforman, siendo estas: la preparación de la negociación, la negociación, y la postnegociación. Con el objetivo de obtener mejores resultados en este proceso, se recomienda la formación de un equipo negociador multidisciplinario, en donde deben estar presentes por lo menos las siguientes especialidades: (1) la gerencia o dirección de la empresa, (2) el área técnica (ingeniería), (3) el área financiera, y (4) el área jurídica.

## **VII.2 SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS.**

En este trabajo se han presentado las consideraciones de carácter conceptual y una metodología integral de evaluación de alternativas tecnológicas en proyectos de inversión de plantas de refinación y petroquímica. Tomando como base esta información, se sugiere como trabajos futuros la elaboración de un "Manual de procedimientos e instructivos" con sus respectivos formatos, que permita a un Grupo interdisciplinario entender las particularidades del proceso de evaluación, ubicarse en él, concebir el flujo de información, así como realizar eficientemente las actividades asociadas en la evaluación propiamente dicha. Se recomienda el siguiente contenido para este Manual:

- I. INTRODUCCION.
- II. OBJETIVO.
- III. ALCANCE Y LIMITACIONES.

- IV. PROCEDIMIENTO PARA LA LOCALIZACION DE TECNOLOGOS, OBTENCION DE INFORMACION Y ESTABLECIMIENTO DE BASES DE CONCURSO.
  - IV.1 Ubicación dentro del proceso de evaluación.
  - IV.2 Búsqueda de tecnólogos.
  - IV.3 Búsqueda y solicitud de información no confidencial.
  - IV.4 Solicitud de información confidencial (bases de concurso).
  
- V. PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACION INTEGRAL DE ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS.
  - V.1 Fundamentos de la metodología.
  - V.2 Metodología integral de evaluación.
  - V.3 Instructivo para la evaluación técnica de proceso.
  - V.4 Instructivo para la evaluación técnica complementaria.
  - V.5 Instructivo para la evaluación económico-financiera.
  - V.6 Instructivo para la evaluación contractual.
  - V.7 Instructivo para la evaluación aspectos estratégico-tácticos.
  - V.8 Instructivo para la evaluación de aspectos normativos.
  - V.9 Instructivo para la evaluación de la plausibilidad del proyecto.
  
- VI. INSTRUCTIVO PARA LA ELABORACION DEL REPORTE FINAL DE EVALUACION.
  
- VII. PROCEDIMIENTO PARA LA NEGOCIACION.

La elaboración de un manual con estas características permitiría una normalización del proceso de evaluación al interior de una organización, con las ventajas implícitas que esto representa.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

**Aguilar-Rodríguez, E., et al, (1992), "Análisis y evaluación de las tecnologías para la modernización de la Unidad FCC de la Ex-Refinería Azcapotzalco", Subdirección de Ingeniería de Proyectos de Plantas Industriales, Instituto Mexicano del Petróleo, México.**

**Alvarez-Hernández, J.A., Martínez-Valencia, E. y Vázquez-Camarillo, I., (1990), "Evaluación integral de proyectos de inversión", División de Educación Continua, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México.**

**Arnoldd, T. y Headley, T.D., (1987), "Factors in pricing Licence", Les Nouvelles, March, pp 18-21.**

**Barbiroli, G., (1990), "A new method to evaluate the specific and global advantage of a technology", Technovation, Vol. 10, No. 2, pp. 73-93.**

**Bechtel Corporation, Inc., (1995), "PIMS user's manual", Version 8.00, Texas, USA.**

**Bohr, K.A., (1954), "Investment Criteria for Manufacturing Industries in Underdevelped Countries", The Review of Economics and Statistics, Vol. 36, No. 2, Cambridge, Mass., mayo, pp. 157-166.**

**Bolten, S., (1981), "Administración Financiera", Limusa, 1a. Edición, México.**

**Boyle, G. y Harper, P., (Eds.), (1976), "Radical technology", Pantheon, New York, USA.**

**Blackman, A.W., Saligman, E.J. y Sogliero, G.C., (1973), "An innovation index based on factor analysis", Technol. Forecast. Soc. Change, Vol. 4, pp. 301-316.**

**Cadena G., et al, (1986), "Administración de proyectos de innovación tecnológica", Centro para la Innovación Tecnológica (CIT), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ediciones Gemika, México.**

**Capo, N. y Glazer, R., (1987), "Marketing and Technology: A Strategic Coaligument", Journal of Marketing, Vol. 51, July, pp. 1-14.**



**Castellanos, J., (1989), "Evaluación de licenciadores de tecnologías de proceso y negociación de convenios de transferencia tecnológica", Seminario de Análisis de Incorporación de la Propiedad Intelectual al Patrimonio de la Empresas, Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico (ADIAT), México.**

**Castellanos, J. y Cano, J.L., (1979), "Criterios para la evaluación de licenciadores oferentes de la ingeniería básica de proyectos industriales", Simposio sobre Transferencia de Tecnología, Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos (IMIQ), Octubre 16-17, México, D.F., México.**

**Cetron, M.J. y Bartocha, B., (eds.), (1973), "Technology assessment in a dynamic environment", Gordon and Breach, New York, USA.**

**Cooper, C.M. y Sercovitch, F., (1981), "Canales y Mecanismos para la transferencia de tecnología de países desarrollados a países en desarrollo", TR/B/AC11/5 (Ginebra: UNCTAD, Abril 1971); y OCED "Transferencia de Tecnología Norte-Sur: El Camino del Futuro", (París: OCED).**

**Coss B., R., (1992), "Análisis y evaluación de proyectos de inversión", 2a. Edición, Limusa, Grupo Noriega Editores, México.**

**Checkland, P.B., (1981), "Systems thinking, systems practice", John Wiley & Sons, New York, USA.**

**Dahlman, C.J. y Westphal, L.E., (1981), "El significado del dominio tecnológico con relación a la transferencia de tecnología", Annals of the American Academy of Political and Social Science, Vol. 458, O'ño.**

**Earnest, N. K., (1995), "Role of PIMS in Competitive Strategy Development", presented at the 1995 PIMS User's Conference, October 25-27, Florence, Italy.**

**Escobar-Toledo, C. E., et al, (1990), "Modelos para la jerarquización y selección óptima de proyectos de investigación y desarrollo", Tecnol. Ciencia Ed. (IMIQ), Vol. 5, Num. 1, pp. 45-61, México.**

**Escobar-Toledo, C. E., (1995), "Sistema de modelos para la planeación de la Industria Petroquímica de México", Trabajo recepcional, Comisión de Especialidad de Ingeniería de Sistemas, Academia Mexicana de Ingeniería, Junio 8, México.**

**Fisher, R. y Ury, W., (1981), "Getting to YES: Negotiating without giving in", Penguin Books, USA.**

**Fuentes-Zenón, A., (1990), "El enfoque de sistemas en la solución de problemas: La elaboración del modelo conceptual", Cuadernos de Planeación y Sistemas No. 4, División de Estudios de Postgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México.**

**Giral, J., (1981), "Appropriate technology for the chemical industry", in Monographs on Appropriate Industrial Technology, Nr. 13, UNIDO, Viena.**

**Giral, J., (1994), "Formato de evaluación de proyectos", Documento interno de trabajo, Programa de Desarrollo Empresarial, Instituto de Ciencias Económico-Administrativas, Universidad Iberoamericana, México.**

**Giral, J. y González, S., (1980), "Tecnología Apropiada: Selección, negociación, transferencia y adaptación en las Industrias Química y Metalúrgica", Alhambra Mexicana, México.**

**Giral, J., González, S. y Canmaño, G., (1988), "Estrategia tecnológica integral", Club Tecnológico de Texel, S.A. de C.V., México.**

**Giral, J. y Nieto, F., (1977), "Guía para la selección, negociación y transferencia de tecnología química", Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México.**

**González-Ortiz, A., (1990), "Evaluación de programas y proyectos", Trabajo Final presentado en la materia: "Organización y administración de la tecnología química", Maestría en Gestión de Tecnología, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Mimeo, México.**

**González-Ortiz, A., (1991), "La importancia de la evaluación del proyecto", presentado en: "Programa de entrenamiento en Administración de la Innovación Tecnológica PROTEC 1991", Centro para la Innovación Tecnológica (CIT), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México.**

**González-Ortiz, A. y Rodríguez S., L.M., (1990), "Negociación de la tecnología de base", Trabajo Final presentado en la materia: "Negociación y transferencia de tecnología química", Maestría en Gestión de Tecnología, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Mimeo, México.**

**Haq, A.K.M.A., (1979), "A dynamic and spatial model for measuring technology transfer potentials", D. Eng. dissertation, Asian Institute of Technology, Thailand.**

**Hetman, F., (1972), "Social objectives and new desirable technologies", en Proceedings of the 4th General Conference of SAINT, Austria.**

**Hetmand, F., (1973), "Society and the assessment of technology", Organization for Economic Corporation and Development (OECD), Paris.**

**Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social (ILPES), (1983), "Guía para la presentación de proyectos", Siglo XXI Editores, México.**

**Instituto Tecnológico Venezolano del Petróleo (INTEVEP), (1993), "Proceso de generación de cartera de proyectos", Seminario: Gerencia de Tecnología, Caracas, Venezuela, Noviembre.**

**Melnick, J., (1958), "Manual de proyectos de desarrollo económico", Programa CEPAL/AAT (Comisión Económica para América Latina / Administración de Asistencia Técnica), TAA/LAT/12/Rev.1, Naciones Unidas, México.**

**McConnell, S.W. y Khalil, T.M., (1988), "Evaluation of New technology: A methodology and case study", en Khalil T.M., Bayraktar B.A. y Edsomwan J.A. (Eds.), "Management of Technology I", Geneve, Interscience Enterprises Ltd., pp. 727-736.**

**Navarro B., P., (1993), "Evaluación de proyectos de inversión", Notas del Seminario, Sociedad Mexicana de Ingeniería Económica, Financiera y de Costos, A.C., Septiembre, México.**

**Ocha, F., (1982), "Método de los sistemas", Reporte D-38, División de Estudios de Postgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México.**

**ONUDI (United Nations Industrial Development Organization), (1979), "National approaches to the acquisition of technology", Development and Transfer of Technology Series No. 1, United Nations, New York, USA.**

**ONUDI (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial), (1981), "Pautas para la evaluación de acuerdos de transferencia de tecnología", Serie ONUDI sobre: "Desarrollo y transferencia de tecnología", Núm. 12, Naciones Unidas, Nueva York, USA.**

**ONUDI (United Nations Industrial Development Organization), (1986), "Guide on Guarantee and Warranty provisions in transfer of Technology Transactions", International Centre for Public Enterprises, IPCT. 10, United Nations, New York, USA.**

**Porter, A.L., Roper, A.T., Mason, T.W., Rossini, F.A. y Banks, J., (1991), "Forecasting and Management of Technology", John Wiley & Sons, Inc., N.Y. USA.**

**Posse-Fregoso, J. L., (1983), "Los microproyectos - los macroproyectos", Cuaderno 6 - Cuaderno 7, Departamento de Administración Pública, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México.**

**Posse-Fregoso, J. L., (1981), "Administración de proyectos", Cuaderno 3, Departamento de Administración Pública, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México.**

**Ramírez-Rebolledo, G., (1989), "Técnicas para negociación de contratos de tecnología", en "Contratación de tecnología", Centro Interuniversitario de Desarrollo (CINDA), Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, Serie Manuales de I & D No. 9, Proyecto Gestión de Tecnología, pp. 139-152.**

**Roa, B., A., et al, (1989), "Metodología para la determinación del valor de una tecnología", presentado en "III Seminario de Administración de Tecnología", Asociación Latinoamericana de Gestión de Tecnología (ALTEC), Buenos Aires, Argentina, Septiembre.**

**Rodríguez, D. y Solleiro, J.L., (1991), "Selección y avalúo de tecnologías: Dos elementos básicos para la negociación", Memorias del Simposio de la Asociación Latinoamericana de Gestión de Tecnología (ALTEC), Caracas, Venezuela.**

**Sánchez-Guerrero, G., (1990), "Un marco teórico para la evaluación", Cuadernos de Planeación y Sistemas No. 8, División de Estudios de Postgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México.**

**Seurat, S., (1979), "Technology transfer: A realistic approach", Gulf Publishing Company, Book Division, Texas, USA.**

**Sharif, M.N. y Sundararajan, V., (1983), "A quantitative model for the evaluation of technological alternatives", Technological forecasting and social change, Vol. 24, pp. 15-29.**

**SIDETEC, Grupo Interdisciplinario sobre Estudios de Tecnología, (1987), "Guías tecnológicas: La organización técnica, la asimilación de tecnología, y los proyectos de desarrollo tecnológico", Serie Estudios No. 7, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), México.**

**Solleiro, J.L., (1983), "Vorgehen zur Wntwicklung, Auswahl und Einsatz angepasster Technologien fur Entwicklungslander", Dissertation, Technische Universitat Wien, Mayo.**

**Stanford Research Institute (SRI), (1954), "Manual of Industrial Development with Special Application to Latin America", preparado para el Institute of Inter-American Affairs, Foreigns Operations, Gobierno de los Estados Unidos, Octubre.**

**Steele, L.W., (1989), "Managing technology: The strategic view", McGraw-Hill Engineering and Technology Management Series, USA.**

**Stewart, F., (1979), "Transferencia de tecnología internacional: Soluciones y opciones políticas", World Bank Staff Working Paper Núm. 344, Washington, D.C., USA.**

**Strickland, T.H. y Grady, E.C., (1981), "Capital budgeting in project evaluation: Part 1", Hydrocarbon Processing, Marzo, pp 179-204.**

**Strickland, T.H. y Grady, E.C., (1981), "Capital budgeting in project evaluation: Part 2", Hydrocarbon Processing, Abril, pp 247-269.**

**Strickland, T.H. y Grady, E.C., (1981), "Capital budgeting in project evaluation: Part 3", Hydrocarbon Processing, Mayo, pp 233-250.**

**Tang Hao, (1986), "Jishu jiage qianlun" (A brief discusion of the price of technology), Jiage lilun yu shijian (Price theory and practice), 1, pp. 30-32.**

**Tarquin, A. y Leland, B., (1978), "Ingeniería Económica", McGraw Hill Book Co., México.**

**Teece, D.J., (1981), "El mercado del saber-cómo y la transferencia de tecnología internacional eficiente", Annals of the American of Political and Social Science, Vol. 458, Otoño.**

**Torres, S., (1980), "Evaluación y Selección de tecnología", Seminario de Evaluación y Mercado de Tecnologías, Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos (IMIQ), Sept. 4-5, México, D.F., México.**

**Twiss, B., (1977), "Managing Technological Innovation", Chapter 5: Project Selection and Evaluation, Longman, USA.**

**UNCTAD, Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, (1979), "Directrices para el estudio de la transmisión de tecnología a los Países en Desarrollo", Naciones Unidas, (TD/B/AC.11/9).**

**UNCTAD, Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, (1980), "Manual de Adquisición de Tecnología por los Países en Desarrollo", Naciones Unidas, Nueva York, USA.**

**Van Gigch, J.P., (1978), "Applied general systems theory", Harper and Row Publishers, New York, USA.**

APENDICE "A"

**ALCANCE DEL PAQUETE DE INGENIERIA BASICA DE  
TECNOLOGIAS DE PROCESO**

**APENDICE 'A'****ALCANCE DEL PAQUETE DE INGENIERIA BASICA DE  
TECNOLOGIAS DE PROCESO**

El Paquete de Ingeniería Básica de Tecnologías de Proceso generalmente se considera formado por 28 documentos, los cuales se listan y describen a continuación.

**I. LISTA DE DOCUMENTOS**

- (1) Bases de diseño.
- (2) Criterios de diseño.
- (3) Descripción del proceso.
- (4) Lista de equipo.
- (5) Balance de Materia y energía.
- (6) Información complementaria (datos de proceso para diseño de tubería e instrumentos).
- (7) Requerimientos de servicios auxiliares y agentes químicos.
- (8) Diagrama de flujo de proceso.
- (9) Diagramas de balance de servicios auxiliares.
- (10) Hojas de datos de equipo de proceso.
- (11) Diagramas de tuberías e instrumentación de proceso.
- (12) Diagramas de tubería e instrumentación de servicios auxiliares.
- (13) Lista de líneas de proceso.
- (14) Plano de localización general de equipo.
- (15) Diagrama de tubería e instrumentación de desfogue.
- (16) Índice de servicios.
- (17) Índice de instrumentos.
- (18) Diagramas de instrumentación.
- (19) Hojas de datos para instrumentos.
- (20) Hojas de especificación de instrumentos.
- (21) Hojas de datos de válvulas de seguridad.
- (22) Hojas de datos de válvulas de control.
- (23) Sumario de alarmas, paros y arranques.
- (24) Circuitos lógicos de control.



- (25) Bases de diseño y requerimientos para el cuarto de control.
- (26) Filosofías básicas de operación.
- (27) Plano de notas generales, leyendas y símbolos.
- (28) Especificaciones generales y prácticas de ingeniería.

## II. DESCRIPCION DE DOCUMENTOS

### (1) Bases de diseño.

Este documento fija los lineamientos dentro de los cuales se debe efectuar el diseño de la planta. Contiene la información proporcionada por el licenciatario, relativa a los siguientes puntos:

- (a) Generalidades.
- (b) Capacidad, rendimiento y flexibilidad.
- (c) Especificaciones de las alimentaciones.
- (d) Especificaciones de los productos.
- (e) Condiciones de las alimentaciones en Límites de Batería (L.B.).
- (f) Condiciones de los productos en L.B.
- (g) Eliminación de desechos.
- (h) Instalaciones requeridas de almacenamiento.
- (i) Servicios auxiliares.
- (j) Sistemas de seguridad.
- (k) Condiciones climatológicas.
- (l) Localización de la planta.
- (m) Bases de diseño para drenajes.
- (n) Bases de diseño para equipo.
- (o) Bases de diseño para instrumentación.
- (p) Normas, códigos y especificaciones.

### (2) Criterios de diseño.

La finalidad de este documento consiste en establecer e informar la aplicación de todos aquellos criterios que se deben considerar en el diseño del proceso y equipo principal.

Algunos de estos lineamientos son considerados como estándares de diseño de equipo, y como tal deberán aparecer en las especificaciones generales de proceso y en los requisitos específicos por lo que no es necesario mencionarlos en el documento de Criterios de Diseño, a menos que se presente una excepción en su aplicación.

Las prácticas recomendadas en esta sección del libro de Ingeniería Básica cubre tanto aspectos generales de la planta, como parámetros particulares de los equipos, por ejemplo:

(a) Criterios generales:

- Criterios de sobrediseño.
- Expansiones futuras de planta.
- Criterios para absorber cambios en alimentación en las condiciones de operación.

(b) Criterios de equipos:

- Flux máximo en calentadores a fuego directo.
- Velocidad de flujo en cambiadores de calor.
- Requerimientos especiales de materiales de construcción.

(3) Descripción del proceso.

El objetivo de este documento es el de dar a conocer las características fundamentales del proceso para facilitar la interpretación de los diagramas de flujo correspondientes. Básicamente incluye la información más relevante del proceso, que permita conocer las características y condiciones de operación de los equipos involucrados en el mismo, así como aspectos que se consideran de utilidad para anticiparse a posibles problemas operacionales.

(4) Lista de equipo.

Este documento contiene el listado de los equipos de proceso y los correspondientes a los servicios auxiliares de la Planta, con la siguiente información:

- Claves de equipos.
- Servicio de cada equipo.

### **(5) Balance de materia y energía.**

Como su nombre lo indica, este documento proporciona los resultados del balance de masa y calor de la planta, referido a las corrientes de proceso numeradas que se indican en el Diagrama de Flujo de Proceso (ver punto 8 de este Apéndice).

La información incluye para cada línea de entrada, salida e interconexión de equipos, los siguientes datos:

#### **(a) Balance de materia.**

- Flujos másico, volumétricos y molares.
- Flujos y composiciones molares para cada componente.

#### **(b) Balance de energía.**

Incluye carga térmica, mediante diferencias de entalpías para cada paso de proceso donde exista adición, remoción o generación de calor.

#### **(c) Propiedades termofísicas.**

Proporciona aquellas propiedades y características de los fluidos de proceso, que sean necesarias para el dimensionamiento y especificación de equipo, tuberías e instrumentos.

### **(6) Información complementaria.**

Este documento del Libro de Ingeniería Básica, contiene los datos de proceso para diseño de tuberías y especificación de instrumentos.

Teniendo el balance de materia y energía de la planta (punto 5) para condiciones normales de operación, se efectúa un análisis del proceso bajo condiciones especiales o de falla de la unidad. Los resultados de dicho análisis constituyen la información complementaria, que consta de las condiciones máximas, normales y mínimas de flujo, presión y temperatura para cada una de las corrientes que se indican en el Diagrama de Flujo de Proceso.

Adicionalmente, se incluyen notas aclaratorias, en las que se explican las posibles causas o frecuencias con que se anticipa que ocurran las variaciones en las condiciones de operación.

**(7) Requerimientos de servicios auxiliares y agentes químicos.**

Este documento presenta, para cada servicio y agente químico, las características y condiciones de entrada y de retorno de la Planta, indicándose además, los consumos normales y máximos por equipo.

Los servicios considerados son:

- (a) Agua.
  - de enfriamiento.
  - de proceso.
  - para generación de vapor.
  - condensado.
- (b) Vapor.
  - de calentamiento.
  - de proceso.
  - motriz.
  - de atomización.
  - de presurización.
  - de apagado.
  - de barrido.
  - generado dentro de la planta.
- (c) Combustible.
  - líquido.
  - gas.
- (d) Aceite de calentamiento.
- (e) Energía eléctrica.
- (f) Gas inerte.
- (g) Refrigerante.
- (h) Inhibidores.
- (i) Absorbentes.
- (j) Deshidratadores.
- (k) Catalizadores.
- (l) Reactivos varios.

**(8) Diagramas de flujo de proceso.**

Presenta en forma esquemática el proceso para el cual se diseña la Planta, mostrando el equipo involucrado en el mismo, así como su interrelación, clave y condiciones de operación.

En este documento se incluye además la siguiente información:

- (a) Instrumentación básica de control del proceso.
- (b) Corrientes de proceso numeradas para su identificación.
- (c) Sumario de balances de materia y energía.
- (d) Lista de equipo con características y dimensiones de diseño.

**(9) Diagrama de balance de servicios auxiliares.**

En este documento se representan los equipos por bloques, mostrando los servicios que cada uno ellos requiere.

El balance de que consta este diagrama, incluye la numeración de las corrientes de entrada a cada equipo, así como información de flujos, presiones y temperaturas de las mismas.

Adicionalmente, se presentan los requerimientos normales y de diseño para cada servicio a la entrada y salida de límites de batería. Los servicios considerados son los mismos descritos en el punto (7), excepto los aspectos de agentes químicos y electricidad.

**(10) Hojas de datos de equipos de proceso.**

En términos generales, estas hojas contienen los datos necesarios para el diseño mecánico, o especificaciones de los equipos involucrados en el proceso. Esta información consiste fundamentalmente en clave del equipo, datos de flujos, condiciones de entrada y salida, propiedades del fluido manejado, recomendaciones de los materiales de construcción, capacidad, condiciones de diseño, dibujos esquemáticos con las dimensiones principales, etc. Adicionalmente, se incluye la siguiente información específica para cada equipo.

**10.1 Calentadores a fuego directo.**

Contiene la información requerida para dimensionamiento térmico, carga térmica, flux térmico recomendado, características del combustible y recomendaciones generales para diseño mecánico.

### 10.2 Calderas de vapor y sobrecalentadores.

Esta hoja incluye entre otros, flujo de vapor generado, eficiencia, flux máximo promedio, análisis del agua, propiedades del combustible y materiales de construcción.

### 10.3 Equipo de tratamiento de agua.

Se incluyen las características del agua a tratar y de la que se pretende obtener. La hoja se elabora de acuerdo al tipo de tratamiento propuesto.

### 10.4 Desobrecalentadores.

En esta hoja se especifican capacidades, condiciones de entrada y salida del vapor, caída de presión del vapor y condiciones del agua de desobrecalentamiento.

### 10.5 Torres.

Se proporcionan datos como conexiones principales, número y tipo de platos y otros internos, boquillas para instrumentos y dimensiones mandatorias; en los equipos que así lo requieran se indica si deberán ir aislados.

### 10.6 Platos.

Proporciona los resultados de diseño hidráulico de platos, incluyendo número de elementos de contacto, dimensiones de los mismos, área activa, y dimensiones de otros internos.

### 10.7 Reactores.

La hoja de datos se elabora de acuerdo al proceso y al tipo de reactor propuesto.

### 10.8 Cambiadores de calor.

Las hojas de datos incluyen, entre otros, carga térmica, factor de incrustación, caída de presión permisible y calculada, coeficiente y área de transferencia de calor.

#### 10.9 Eyectores de vacío y barómetros.

En esta hoja se proporcionan datos como tipo de unidad recomendada, número de etapas y de elementos, tipo de condensadores, presión de diseño de vapor motriz y rango de estabilidad de la unidad.

#### 10.10 Torres de enfriamiento.

Esta hoja contiene capacidades de cada una de las celdas, temperaturas de bulbo húmedo y seco, máximas pérdidas por evaporación y por arrastre, flujo de reposición, etc.

#### 10.11 Desaeradores.

Esta hoja incluye información referente al agua y al vapor suministrados, conexiones, contenido de  $O_2$  y de  $CO_2$  en el efluente, etc.

#### 10.12 Recipientes.

Incluye entre otros, datos de conexiones principales, internos, boquillas para instrumentos, y dimensiones mandatorias; en los equipos que así lo requieran se indica si deberán ir aislados.

#### 10.13 Mallas.

Incluye dimensiones, espesor, densidad de la malla, superficie de contacto y los datos relativos al equipo en el que se va a colocar.

#### 10.14 Secadores.

Incluye los datos propios del recipiente y los relativos al material secante, tales como densidad y dimensiones de las camas.

#### 10.15 Filtros.

Hoja de datos que incluye tipo recomendado, grado de filtración, boquillas, internos requeridos y características del material o elemento filtrante.

#### 10.16 Bombas.

Se elaboran las hojas de datos indicando clave y nombre, así como su servicio, se anota su capacidad normal y de diseño, NPSH disponible tentativo,

presiones de succión y de descarga, temperaturas de operación, propiedades de los fluidos manejados, tipo de accionador, potencia hidráulica y requerimientos auxiliares para este equipo.

#### 10.17 Compresores.

Incluye tipo de compresor y de accionador, así como recomendaciones especiales para la mejor selección del motor.

#### 10.18 Mezcladores y agitadores.

La hoja incluye, entre otros datos, función de la agitación, velocidad de agitación, características del accionador, volumen para agitar, materiales que van a diluirse y formación de espuma.

#### 10.19 Equipo especial general.

Este punto se refiere a aquellos equipos que se adquieren en forma de paquetes, y cuyas hojas de datos se elaboran de acuerdo al servicio que proporcionan.

### (11) Diagramas de tubería e instrumentación de proceso.

En estos diagramas se incluyen todos los equipos de proceso de la planta, tuberías, válvulas, instrumentos, líneas de servicios auxiliares, válvulas de seguridad, las notas necesarias para la interpretación correcta de los diagramas, clave y nombre de los equipos, así como sus características más representativas, tales como carga térmica de cambiadores de calor; dimensiones, presiones y temperaturas de diseño en recipientes; etc. Para los equipos de proceso, se presenta tanto su número como su arreglo definitivo.

A las líneas de proceso se les identifica con diámetro, servicio, número y especificación, y se les incluyen los accesorios necesarios para su correcta operación; en las estaciones de control se muestra su arreglo, indicando tamaños de las válvulas de bloqueo y de desvío, y la posición de la válvula de control a falla de aire; los instrumentos están numerados; las válvulas de seguridad muestran su localización e identificación, indicando su tamaño y diámetros de entrada y salida, mientras que las líneas de servicios muestran su localización e identificación sin indicar diámetro, número y especificación de las líneas de entrada y salida de las mismas. Se indica también la altura tentativa de los equipos que la requieran por



proceso y las notas para diseño de tuberías que deban tener consideraciones especiales de diseño, así como el número preliminar de serpentines a los calentadores a fuego directo.

#### **(12) Diagramas de tubería e instrumentación de servicios auxiliares.**

Estos diagramas se obtienen de los diagramas de balance de servicios auxiliares y muestran la distribución de diversos servicios a los equipos que así lo requieran (agua de enfriamiento, vapor, condensado, combustible, aire de instrumentos, etc.), así como la localización relativa de entrada y salida de servicios de acuerdo al plano de localización general; los diagramas no incluyen diámetros, número, ni especificación de tuberías.

#### **(13) Lista de líneas de proceso.**

Esta lista es un sumario de todas las líneas de proceso dónde se incluye diámetro, servicio, numeración y especificación, origen y destino de las líneas, así como presión y temperatura máxima de operación.

#### **(14) Plano de localización general de equipos (PLGE).**

Este plano involucra el arreglo del equipo, mostrando soportería de tuberías, áreas de mantenimiento, cuartos de control y accesos. Se elabora tomando en consideración aspectos operacionales, de mantenimiento, de seguridad y económicos.

En él se muestra el arreglo de los equipos, considerando vientos dominantes y reinantes, e indicando coordenadas para los equipos: al centro para torres y recipientes verticales, a las líneas de tangencia para recipientes horizontales, y al centro de los canales (cabezales) en cambiadores de calor; se representa además la separación de equipos respecto a los soportes de tuberías. Las dimensiones de cambiadores de calor y bombas serán preliminares, mientras que para recipientes y torres serán las indicadas por su diseño.

Se indican también los límites de batería del área requerida, así como la lista de equipo considerada con sus características principales.

**(15) Diagrama de tubería e instrumentación de desfogue.**

Este diagrama es preliminar, y se prepara de acuerdo a los Diagramas de Proceso y de los Planos de Localización General de Equipos. En él se representa en forma esquemática el conjunto de líneas que se envían al sistema de desfogue, sin dimensiones, numeración ni especificación.

**(16) Índice de servicios.**

En este documento se presentan las condiciones de presión y temperatura de operación máxima de los sistemas de proceso, y en función de estas condiciones se anotan las especificaciones de tubería empleadas en el proyecto.

**(17) Índice de instrumentos.**

El índice de instrumentos es un documento que reúne la información necesaria para ubicar todos los instrumentos del proyecto, permitiendo que se conozca, de una manera rápida y sencilla, la localización y características de cualquier instrumento, por ejemplo: en que diagrama de tubería e instrumentación se encuentra, de que elementos consta un circuito, cual es su diagrama de instrumentación, a que servicio está destinado, que típico de instalación le corresponde, que número de hoja de especificación, que número de instrumento, el nombre y ubicación de la planta, y número de contrato, y en general observaciones que puedan ayudar a ubicarse en algún detalle importante de especificación, instalación o cambio.

**(18) Diagramas de instrumentación.**

En los diagramas de instrumentación se incluyen los elementos que van a formar un circuito y la forma en que van enlazados, así como su ubicación (campo, parte posterior del tablero, en el tablero, etc.). Contiene también la información simbólica de los suministros, ya sea eléctrico (de corriente alterna o de corriente directa), de aire o bien de otro tipo.

Estos diagramas, junto con los circuitos lógicos de control, son la base para el entubado y alambrado en campo y en tablero, pues proporcionan la secuencia que se sigue para las señales de transmisión, control, corte, alarma, etc.

**(19) Hojas de datos para instrumentos.**

Estas hojas de datos contienen la información necesaria para el cálculo y especificación de instrumentos, y se basan en los datos proporcionados en los diagramas de flujo de proceso y hojas de especificaciones de equipos de proceso. Entre otros datos, se proporciona el diámetro, tipo de elemento primario de medición, localización y datos de diseño para medidores y registradores.

**(20) Hojas de especificaciones de instrumentos.**

Este documento se emite para cada grupo de instrumentos, y en él se describen las características para cada instrumento de acuerdo a los datos de servicio, identificación, etc. Los instrumentos se agrupan de acuerdo al tipo, por ejemplo: válvulas de control, manómetros, etc.

Las hojas de especificación contienen básicamente la información necesaria para la selección y adquisición de los instrumentos requeridos.

**(21) Hojas de datos de válvulas de seguridad y relevo.**

Las hojas de datos de válvulas de seguridad indican la localización, materiales, tipo de válvula de seguridad, condiciones de flujo, temperatura de operación y de relevo, así como la presión de operación y la presión de ajuste de la válvula.

**(22) Hojas de datos de válvulas de control.**

Este documento indica tipo de válvula de control, tamaño preliminar del cuerpo, tipo de brida, característica del tapón, así como las condiciones de diseño para la válvula.

**(23) Sumario de alarmas, paros y arranques.**

Estos sumarios contienen la información de cada disparo, ya sea alarma, paro o arranque, así como el resumen de las señales de disparo calculadas para la calibración posterior de todos los interruptores monitores, y/o interruptores de campo que intervengan en el proceso. Estos interruptores se emplean normalmente como dispositivos de protección y se determina su punto de ajuste de acuerdo a la operación de la planta.

En los sumarios se vacían los datos de identificación, servicio, punto de disparo, contactos normalmente cerrados o normalmente abiertos, etc.

#### **(24) Circuitos lógicos de control.**

Como su nombre lo indica, estos circuitos muestran la lógica a seguir para el alambrado de un circuito de protección, indicando que acción deben tener los dispositivos interventores, tales como: interruptores, alarmas, válvulas de control, gobernadores, motores, etc.

Los circuitos lógicos de control son básicos para la selección de los instrumentos, aditamentos, interlocks y alambrado en campo.

#### **(25) Bases de diseño y requerimientos para el cuarto de control.**

En este documento se define el número de secciones para los tableros locales, así como la configuración de dichos tableros.

Se indican además las dimensiones preliminares del cuarto de control, proporcionando la información necesaria para la especificación y determinación de capacidad de los sistemas de alimentación, ya sean neumáticos o eléctricos.

#### **(26) Filosofías básicas de operación de la planta.**

En este documento se analiza el comportamiento de la planta, definiéndose los lineamientos generales para su adecuada operación en situaciones normales y especiales. Se incluyen los siguientes tópicos:

##### **26.1 Generalidades.**

En este punto se proporciona un análisis global del proceso, mencionando su objetivo, alcance, rendimientos y problemas intrínsecos.

##### **26.2 Variables de operación y control de proceso.**

Consiste en la descripción del efecto que las variables de operación pueden tener en el proceso, indicándose el funcionamiento de los controles básicos del

proceso para mantener dichas variables dentro de los rangos de operación seleccionados.

### 26.3 Operaciones anormales.

Existen diferentes situaciones en las cuales se pueden presentar operaciones diferentes a la normal, las cuales son:

- (a) Dependiendo de la flexibilidad de operación que se especifique en Bases de Diseño, se podrán presentar condiciones anormales o especiales de operación.
- (b) De acuerdo a lo establecido en Criterios de Diseño, pudiera anticiparse que la planta continúe operando a paro de determinados equipos, secciones o servicios de la misma.

### 26.4 Procedimientos de control analítico.

Menciona las corrientes que deberán ser sometidas periódicamente a análisis para control de sus especificaciones, así como las pruebas que deberán realizarse.

### 26.5 Recomendaciones para las operaciones de arranque, paro y emergencias.

Marca la secuencia en la cual deberán arrancar o parar los diferentes equipos de proceso, así como las medidas de seguridad que deben tomarse.

### (27) Plano de notas generales, leyendas y símbolos.

En este plano se numeran y enlistan todos los planos de localización general de equipos de la unidad de proceso, así como los diagramas de Proceso y de Servicios Auxiliares que integra el Paquete de Ingeniería Básica del proyecto, anotándose los códigos de servicio de tuberías y de drenajes. Además, se presenta la simbología de válvulas y accesorios en tuberías y la simbología de instrumentos, indicándose los elementos de medición y las notas generales que aplican en los diagramas de Proceso y Servicios del Proyecto.

**(28) Especificaciones generales y prácticas de ingeniería.**

En este documento se presentan las cuatro prácticas básicas en las cuales están apoyadas la especificación e instalación de instrumentos, dispositivos de protección y la construcción de tableros.

Dichas prácticas proporcionan los lineamientos generales a seguir y pueden modificarse de acuerdo con los requisitos específicos de cada proyecto, elaborados por el especialista.

**APENDICE "B"****ALCANCE DEL PAQUETE DE INGENIERIA DE DETALLE**

---

*Apéndice B.**Alcance del Paquete de Ingeniería de Detalle*

## APENDICE "B"

### ALCANCE DEL PAQUETE DE INGENIERIA DE DETALLE

La Ingeniería de Detalle se puede definir como la parte de la Ingeniería de Proyecto en la cual se desarrollan las especificaciones de los equipos y se elaboran los equipos los dibujos y demás documentos de ingeniería con los cuales es posible adquirir los equipos, maquinaria y materiales requeridos para llevar a cabo la construcción de la planta y las instalaciones auxiliares requeridas. Para su realización es requisito indispensable contar con la Ingeniería Básica del Proceso (ver Apéndice A).

En la Ingeniería de Detalle intervienen ingenieros de muy diversas especialidades, entre los que se pueden encontrar civiles, electricistas, químicos, mecánicos, electrónicos, industriales, metalurgistas, etc. Estos especialistas basan sus actividades en procedimientos de trabajo, normas, códigos y estándares de diseño que permiten uniformizar y coordinar el trabajo de disciplinas profesionales tan diversas, no solo entre sí, sino también con la industria nacional e internacional.

Una "norma" es una serie de reglas, conceptos y procedimientos que establecen, en base a los códigos, los requisitos mínimos de la calidad de los elementos que integran un proyecto, definiendo a la vez como alcanzar y comprobar la calidad establecida como requisito mínimo.

Los "códigos" son normas a nivel nacional, que han establecido los países altamente desarrollados y que por lo tanto también definen los requisitos mínimos de calidad de los equipos y materiales; establecen los procedimientos de pruebas de calidad, clasifican los diferentes materiales de construcción por sus características físicas y químicas y también definen y clasifican los diferentes tipos de equipo por sus diseños; establecen en cada caso las ecuaciones y factores de seguridad que se deben considerar para el diseño de equipos o elementos de construcción.

Los códigos se revisan frecuentemente con las experiencias obtenidas o las investigaciones efectuadas a los diferentes tipos y clases de materiales y equipos, modificándose las ecuaciones y factores de seguridad, o bien incluyendo o restringiendo el uso de algunos materiales.



Los códigos son establecidos por los Gobierno o bien por los Institutos de Ingenieros, o las Asociaciones de Fabricantes de Equipos y Materiales en los diferentes países.

Los "estándares" pueden ser o no parte de las normas y se refieren a dibujos típicos de partes del proyecto, tales como: detalles de instalación de equipos, instrumentos, tubería, espesores y forma de colocar instrumentos, separaciones entre equipos, dibujos de escaleras, soportería, plataformas, etc.

Las especificaciones del proyecto son las normas donde se establecen las condiciones o requerimientos específicos para el proyecto de que se trate. Son adaptaciones hechas a las normas con el auxilio de las Bases de Diseño, leyes locales, las preferencias del usuario del proyecto y la disponibilidad de equipos y materiales en el mercado nacional.

Para poder realizar el tipo de trabajo comprendido en la Ingeniería de Detalle es necesario la agrupación de las distintas ramas o campos profesionales de la manera siguiente o en alguna forma similar.

- Ingeniería de Sistemas
- Ingeniería de Control
- Ingeniería de Diseño de Cambiadores de Calor
- Ingeniería de Diseño de Hornos
- Ingeniería de Diseño Mecánico de Equipo Dinámico
- Ingeniería de Diseño Eléctrico
- Ingeniería de Tuberías
- Ingeniería de Diseño Mecánico de Recipientes
- Ingeniería de Diseño de Análisis de Esfuerzos
- Diseño Arquitectónico
- Ingeniería de Diseño Civil

A continuación se describen las actividades que normalmente son desarrolladas por las diferentes especialidades para proyectos nuevos de plantas industriales.

### (1) INGENIERÍA DE SISTEMAS.

Esta especialidad se caracteriza por iniciar sus actividades dentro de la Ingeniería Básica y conducir las casi al final del proyecto debido a que parte de su trabajo se efectúa con información proporcionada por los fabricantes de equipo. La información que se genera es indispensable para iniciar o complementar las

actividades de las demás especialidades de la Ingeniería de Detalle. Esta información estará constituida básicamente por el desarrollo de los siguientes documentos.

- (a) Plano de localización general de equipo, estructuras y edificios, en los que se indique para ellos: identificación, dimensiones y representación, disposición y separación relativas, coordenadas a línea de centros de equipo o ejes de columnas de edificios y estructuras, límites de batería de la planta, orientación, dirección y frecuencia de vientos, dimensión y localización de soportes de tubería, niveles de piso terminado (referenciados a un banco de nivel previamente fijado dentro del complejo industrial), áreas de mantenimiento.
- (b) Diagramas mecánicos de tubería e instrumentación para las corrientes de proceso, servicios auxiliares y desfuegos, debiendo mostrar lo siguiente: identificación y representación de las características del equipo, interconexiones existentes entre equipo y la especificación e identificación de las mismas, todos los instrumentos desde el elemento primario hasta los elementos finales de control, dispositivos de seguridad, elevaciones de equipos y niveles de los fluidos dentro de los mismos, líneas de arranque y paro, drenes, venteos, accionadores de equipo mecánico, arreglos de tubería, válvulas y accesorios, etc.
- (c) Lista de líneas de proceso, servicios auxiliares y desfuegos, resumiendo: identificación de las líneas de interconexión, origen y destino de las mismas, identificación de la especificación de materiales y accesorios, condiciones físicas de operación y prueba, tipo y espesor de aislamientos, etc.
- (d) Hojas de datos y especificaciones del servicio de equipo e instrumentos, tales como: bombas centrífugas y de desplazamiento positivo, recipientes de servicios auxiliares, válvulas de seguridad, y discos de ruptura.
- (e) Sumario de puntos de alarma, paros y arranques.

## (2) INGENIERÍA DE CONTROL.

Este grupo desarrolla sus actividades a partir de la información suministrada por la Ingeniería Básica y la Ingeniería de Sistemas. La información generada es la siguiente:

- (a) Hojas de datos de instrumentos, donde se especifican las características que deberán tener los elementos primarios, controladores y finales de control de presión, nivel, temperatura, flujo, velocidad, de propiedades físicas y analíticos.
- (b) Plano de localización general de instrumentos, mostrando sobre un plano de localización las coordenadas y clave de todos los instrumentos instalados en campo.
- (c) Índice de instrumentos, en donde se listan todos los componentes de los diferentes circuitos de control, sus claves de identificación, su servicio, el número de diagrama de control y de tubería e instrumentos que les contiene, la orden de compra que les ampara, etc.
- (d) Diagrama de instrumentación que muestran, para cada sistema o circuito de control, los instrumentos de campo de partes frontal y posterior del tablero de control de instrumentos, así como su identificación.
- (e) Dibujos típicos de instalación, mostrando en isométrico la instalación típica de instrumentos y la especificación y lista de materiales requeridos.
- (f) Planos del tablero principal de instrumentos, indicando las dimensiones del mismo, arreglo y distribución de instrumentos controladores, alarmas, etc., y estructura del gabinete.
- (g) Diagramas de tableros locales, señalando forma y dimensiones, estructura del gabinete, instrumentación local a instalar.
- (h) Diagramas de interconexiones eléctricas y alambrado de tableros de control de instrumentos, mostrando calibres, materiales y arreglos de alambrado.
- (i) Plano de suministro de aire y conducción de señal neumática de instrumentos, identificando y especificando la trayectoria del suministro.

### **(3) INGENIERÍA DE DISEÑO DE CAMBIADORES DE CALOR.**

A partir de la información proporcionada por la Ingeniería Básica (condiciones del proceso, carga térmica, propiedades físicas de las corrientes manejadas y materiales de construcción requeridos), este grupo debe efectuar el diseño termodinámico y

mecánico-estructural de los equipos cuya función es efectuar la transferencia de calor que se requiera en el proceso. Las actividades básicas serían la generación de:

- (a) Hojas de datos, mostrando: condiciones de diseño, arreglo de envolventes o bancos, dimensiones, área de intercambio, tipo de equipo, materiales, características de boquillas, carga térmica intercambiada, etc.
- (b) Esquemas de predimensionamiento del equipo, para fines de que los demás especialistas de la Ingeniería de Detalle continúen su trabajo conteniendo básicamente: arreglo de envolventes, dimensiones generales externas, pesos y arreglo de boquillas.
- (c) Dibujos mecánicos de distribución general del equipo, conteniendo la especificación del mismo.
- (d) Dibujos mecánicos de detalles para fines de fabricación de equipo.
- (e) Requerimientos de servicios auxiliares para el equipo de transferencia de calor: vapor, agua, energía eléctrica.

#### **(4) INGENIERÍA DE DISEÑO DE HORNOS.**

Diseño termodinámico y mecánico estructural de hornos, comprendiendo lo siguiente:

- (a) Hojas de datos, mostrando: condiciones de diseño, materiales, carga térmica, caída de presión permisible, tipo de servicio, dimensiones generales, condiciones de operación, etc.
- (b) Dibujos de dimensionamiento general, mostrando: dimensiones generales, localización y número de boquillas, diámetro y número de tubos, número y localización de quemadores, número y ubicación de zonas de radiación y convección, etc.
- (c) Dibujos de cargas en cimentaciones, indicando: localización de pernos, pesos y dimensiones generales.
- (d) Dibujos estructurales de plataformas y escaleras.

- (e) Dibujos mecánicos y estructurales de detalles para fines de fabricación del equipo.
- (f) Requerimientos de servicios auxiliares para la operación del equipo: vapor, combustible, energía eléctrica.

#### **(5) INGENIERÍA DE DISEÑO MECÁNICO DE EQUIPO DINÁMICO.**

Esta disciplina efectúa su trabajo a partir de la información de proceso y servicio requerido mostrada en las hojas de datos de equipo dinámico. Sus actividades fundamentales son:

- (a) Especificar para su adquisición, desde el punto de vista mecánico, el equipo dinámico: bombas, compresores, accionadores, sopladores, grúas, transportadores, sistemas de aire acondicionado, equipos paquete, etc.
- (b) Evaluación técnico-económica de propuestas de equipo mecánico.
- (c) Revisar y aprobar dibujos de fabricantes del equipo mecánico.
- (d) Revisar y aprobar las pruebas de funcionamiento de estos equipos.
- (e) Proponer dibujos de arreglo y colocación del equipo mecánico mayor de la planta, proporcionando: dimensiones generales del equipo, elevación del mismo, claros requeridos para operación y mantenimiento, arreglo y disposición de equipo auxiliar.

#### **(6) INGENIERÍA DE DISEÑO ELÉCTRICO.**

Este grupo inicia sus actividades al contar con el plano de localización general del equipo y edificios, obteniendo de otros grupos de diseño las necesidades de motores eléctricos, resistencias calefactoras, cargas para instrumentos, etc. y calcular la carga para el alumbrado y comunicaciones.

La finalidad principal de este grupo es hacer llegar de una manera eficiente, segura y económica el suministro de energía eléctrica.

La información que genera esta especialidad es la siguiente:

- (a) Especificaciones de ingeniería para el diseño de instalaciones eléctricas y adquisición de equipo eléctrico.
- (b) Dibujo de clasificación de áreas peligrosas para la apropiada selección del equipo eléctrico de acuerdo a los códigos, preparado sobre un plano de localización general de equipo y edificios en que se muestran las fuentes de peligro.
- (c) Diagramas unifilares, identificando y especificando los alimentadores, los niveles de tensión, las cargas, los circuitos, las protecciones, los instrumentos de control del suministro eléctrico, y el equipo que conforma la subestación.
- (d) Dibujos de arreglo de equipo eléctrico en la subestación y cuarto de control de motores.
- (e) Dibujos de cepas para los bancos de distribución de fuerza cuando ésta es subterránea, mostrando trayectorias para alta, media y baja tensión, coordenadas de puntos de cambio de dirección y disparos y niveles de desplante.
- (f) Dibujos del sistema general de distribución de fuerza, mostrando: localización y nomenclatura del equipo eléctrico, recorrido de ductos, cortes de los mismos, números de circuito para fuerza y control, y ductos vacíos para instalaciones futuras.
- (g) Dibujos de cédula de conductores y tubería, en donde se resume: identificación de equipo eléctrico, cargas, tensión, número de circuitos, longitud y calibre del alimentador, diámetro del ducto, y número de documento de compra que ampara el material correspondiente.
- (h) Dibujos de la red del sistema general de tierras y apara rayos.
- (i) Dibujos de alumbrado de patio, equipo, edificios y plataformas, mostrando su localización, especificación de lámparas, identificación de circuitos, elevaciones, contactos, luces de obstrucción y número de documentos de compra que ampara el material correspondiente.
- (j) Cuadro de balance de cargas y especificación de tableros de alumbrado.
- (k) Dibujos de alumbrado de gabinetes de relevadores, indicando número y descripción de relevadores, interconexión con los tableros locales y de control de instrumentos y de motores, esquema de gabinetes.

- (l) Diagramas de control eléctrico, que muestran los circuitos de control para los equipos que los requieren, integrando los requerimientos indicados en los diagramas de tubería e instrumentación y describiendo la operación y circuitos de protección con que se cuenta y los proporcionados por los proveedores de equipo.
- (m) Dibujos de alimentación eléctrica a instrumentos, mostrando: localización de equipos e instrumentos energizados, elevación, identificación de circuitos y ruta de los mismos, cédula de conductor y material de termopares, interconexión entre el centro de control de motores, tablero principal de control y consola indicadora de temperatura.
- (n) Gráficas de coordinación de protecciones, mostrando la calibración de interruptores y secuencia de la protección.
- (ñ) Especificación del equipo de la subestación eléctrica para su adquisición.

#### **(7) INGENIERÍA DE DISEÑO DE TUBERÍAS.**

Esta disciplina se encarga de determinar la colocación y trayectorias de los diversos sistemas de tubería y sus accesorios de acuerdo a los requerimientos del proceso, necesidades de operación y mantenimiento. Este diseño tiene dos modalidades en su desarrollo: pueden prepararse dibujos de plantas y elevaciones y en base a éstos desarrollar los dibujos isométricos, o bien, si así se considera conveniente, se construye una maqueta de la planta a rigurosa escala y en base a ésta se dibujan los isométricos.

El diseño de tuberías es ejecutado normalmente por subprofesionales con características especiales, ya que requieren ser buenos dibujantes, tener imaginación, conocimientos de los materiales e instrumentos y los planos de localización.

Las principales actividades y documentos generados por esta especialidad son:

- (a) Plano clave de tubería o de maqueta, mostrando la segregación que se hace de la planta para fines de división del trabajo de diseño de tuberías.
- (b) Estudios de plataformas y escaleras para su diseño civil y estudios de arreglo de tuberías: aérea, subterránea, sobre marcos soporte de tubería, en edificios, etc.

- (c) **Orientación y localización de boquillas de equipos no dinámicos.**
- (d) **Planos de plantas y elevaciones de tubería, mostrando a escala todos los arreglos de tubería, localización de accesorios e instrumentos, equipo y edificios; coordenadas cotas y elevaciones de los mismos, identificación y especificación de boquillas y tuberías.**
- (e) **Maqueta constructiva, elaborada en secciones a rigurosa escala mostrando equipos, edificios, soportería, tubería y accesorios, plataformas y escaleras, ubicación de drenajes y límites de batería, localización de alumbrado e instrumentos; elevaciones, identificación y agotamiento de todo lo mostrado.**
- (f) **Dibujos isométricos de tubería requeridos para fabricación de los mismos, mostrando: diámetro, número, especificación y trayectoria de cada línea, instrumentación y accesorios montados sobre de ella, elevaciones y coordenadas del trazo, condiciones de operación y prueba, requerimientos de radiografiado y lista de materiales requeridos para su fabricación y montaje.**
- (g) **Planos de tubería subterránea, dando: identificación y especificación de los tipos de drenaje de la planta, localización de registros y trayectoria de tubería, niveles de arrastre, localización de hidrantes y monitores.**
- (h) **Dibujos del sistema contra incendio, indicando su especificación y localización, equipo y área de protección.**
- (i) **Plano de tuberías de entrada y salida en el límite de batería de la planta, dando datos de identificación y operación de cada una de ellas, dimensiones y elevaciones de plataformas de operación de válvulas en límite de batería, etc.**
- (j) **Plano de resumen de notas generales de tubería referentes al diseño, construcción, montaje y operación de la misma.**

## **(8) INGENIERÍA DE DISEÑO MECÁNICO DE RECIPIENTES.**

A partir de la información contenida en las hojas de datos de proceso y dimensiones generales que proporciona la Ingeniería Básica, esta especialidad desarrolla la siguiente información de recipientes a presión, torres, recipientes atmosféricos, etc.:

- (a) **Hojas de datos, mostrando: condiciones de diseño, materiales, tipo de servicio, dimensiones generales, condiciones de operación, etc.**



- (b) Dibujos de dimensionamiento general, mostrando: dimensiones generales, localización y número de boquillas, tipo de internos, etc.
- (c) Dibujos de cargas en cimentaciones, indicando: localización de pernos, pesos y dimensiones generales.
- (d) Dibujos estructurales de plataformas y escaleras.
- (e) Dibujos mecánicos y estructurales de detalles para fines de fabricación del equipo.

#### **(9) INGENIERIA DE DISEÑO DE ANALISIS DE ESFUERZOS.**

A partir de la información contenida en las hojas de datos de proceso para los diferentes equipos y lista de líneas, esta especialidad realiza las siguientes actividades:

- (a) Estudios de colocación de juntas de expansión, localización y dimensionamiento de curvas de tubería, y especificación de resortes y soportes de tubería para su adquisición.
- (b) Dibujos de detalles y especificación de muñones, apoyos, guías y grapas de tuberías en recipientes, edificios y marcos soporte.
- (c) Dibujos isométricos para localización de estos elementos.
- (d) Dibujo de notas generales para construcción, instalación y operación de resortes, soportes, guías, etc.

#### **(10) DISEÑO ARQUITECTÓNICO.**

Este grupo se encuentra encargado de elaborar los diseños de cuartos, casas o edificios que requiera un proceso dado. Estas construcciones son de tipo industrial, sin embargo, es siempre recomendable buscar además de su funcionalidad y economía aspectos de comodidad y estética.

La información básica que se genera en esta especialidad es la siguiente:

- (a) Anteproyecto arquitectónico de edificios: administrativos, de control de proceso, de máquinas, de almacenamiento, de control analítico, de talleres, de capacitación, etc.
- (b) Dibujos definitivos de plantas y fachadas arquitectónicas, cortes y detalles.
- (c) Dibujos de herrería y carpintería, mostrando su especificación y lista de materiales.
- (d) Isométrico, arreglo y especificación de las instalaciones hidráulica y sanitaria.
- (e) Dibujos de bajadas pluviales e impermeabilización.
- (f) Localización de equipo y recorrido de ductos de aire acondicionado y presión positiva en edificios.
- (g) Detalles constructivos y tablas de especificación de materiales, acabados y equipo de ambientación.

## **(11) INGENIERÍA DE DISEÑO CIVIL.**

Este grupo para desarrollar sus actividades requiere como información básica el plano de localización general de equipo y edificios, las bases y especificaciones de diseño civil del proyecto, los dibujos arquitectónicos y los dibujos de equipo. Las características mecánicas del suelo, la carga desarrollada por el viento y por sismo, que dependen de la velocidad máxima del viento y la zona sísmica donde se encuentra localizada la planta, deben quedar claramente definidas para este grupo.

Los materiales de construcción utilizados en instalaciones industriales son principalmente el concreto para cimentaciones y estructuras pesadas, y el acero para estructuras ligeras. Desde este punto de vista, el trabajo de la especialidad se puede subdividir en civil concreto y civil acero, siendo las actividades e información desarrollada por cada uno de ellos las siguientes:

### **11.1 Ingeniería Civil Concreto.**

- (a) Solicitud del estudio de la mecánica de suelos, indicando en un plano de localización general de equipo y edificios donde deben hacerse los sondeos y qué información se requiere, dando en el caso de equipo pesado o dinámicos su

peso y altura a fin de orientar la toma de decisiones sobre el tipo de cimentaciones a usar.

- (b) Plano clave de cimentaciones, mostrando la forma en planta, localización y dimensiones generales de todas las cimentaciones de la instalación, así como las referencias de los dibujos de detalle.
- (c) Cálculo, diseño y dibujo de cimentaciones de equipo de proceso, edificios, estructuras y soportería de tubería, mostrando: localización, planta, secciones, detalles y volúmenes de obra.
- (d) Dibujo de localización de pilotes de estructuras de concreto para edificios y soportería de tubería, mostrando: localización, plantas, secciones, detalles y volúmenes de obra.
- (e) Diagrama de empaques y apoyos de escaleras.
- (f) Dibujos de pavimentos, mostrando la distribución de las losas, los niveles de piso terminado y parteaguas.
- (g) Dibujos de localización y armado de registros, trincheras (cuando son permitidas), fosas de aguas jabonosas y séptica, y cantidades de obra.

## **11.2 Ingeniería Civil Acero.**

- (a) Cálculo, diseño y dibujo de edificios y estructuras de acero, mostrando: dimensiones, niveles, localización, apoyo de equipo, contraventeos y refuerzos, secciones, detalles, especificación de materiales y cantidades de obra.
- (b) Dibujos de plataformas y escaleras en edificios, puentes de tubería y equipo vertical y horizontal mostrando: localización, arreglo en planta, dimensiones, niveles, secciones, detalles, especificación de materiales y cantidades de obra.
- (c) Escaleras y barandales en equipo atmosférico, tanquería de almacenamiento, etc.
- (d) Dibujos de protección contra incendios de estructuras y edificios de acero, indicando la localización y especificación de la protección.
- (e) Dibujos de detalles de travesaños de grúas en casa de máquinas.

- (f) Dibujos de localización y especificación de grapas en recipientes verticales y horizontales.
- (g) Dibujos de apoyos especiales de tubería.

**APENDICE "C"**

**ALCANCE TIPICO DE SERVICIOS DE SOPORTE TECNICO**

## APENDICE "C"

### ALCANCE TIPICO DE SERVICIOS DE SOPORTE TECNICO

En la ejecución de un proyecto industrial, además de la Ingeniería Básica y de Detalle, se requieren de una serie de servicios técnicos para garantizar el buen funcionamiento de la planta futura. Entre los servicios de soporte técnico más importantes se tienen:

- Revisión de la Ingeniería de Detalle.
- Asistencia en arranque y pruebas de garantía.
- Capacitación (entrenamiento de personal).
- Procuración de equipo y materiales.
- Expedición.
- Inspección.

A continuación se presenta una breve descripción del alcance típico de estos servicios.

#### 1. REVISIÓN DE INGENIERIA DE DETALLE.

Este servicio es normalmente realizado por el Licenciador de la Ingeniería Básica ("tecnólogo"), y consiste fundamentalmente en la revisión de los documentos de la ingeniería de detalle preparados por un contratista, los cuales deben estar en conformidad con el Paquete de Ingeniería Básica con el propósito de poder mantener las garantías del proceso. Dentro de las responsabilidades del Licenciador de la Ingeniería Básica en la revisión de la ingeniería de detalle se tienen:

##### 1.1 Revisión de documentos de la ingeniería de proyecto:

Los documentos a revisar incluyen:

- Planos de elevación y arreglo de la planta.
- Diagramas de flujo de ingeniería, incluyendo los DTI's.
- Lista de equipo y especificaciones generales de equipos.
- Lista de líneas de proceso.
- Requisiciones para todas las partes de los equipos.

### **1.2 Revisión de la ingeniería de diseño y versión preliminar ("drafts") de documentos de equipos.**

Los documentos a revisar incluye:

- Especificaciones para recipientes presurizados.
- Especificaciones de tanques.
- Especificaciones de equipo de intercambio térmico.
- Guías para el diseño de tuberías.
- Especificaciones de instrumentos, su instalación, instrumentos en líneas de proceso e instrumentos en líneas de aire.
- Especificaciones para el diseño eléctrico e instalación.
- Diseño mecánico de reactores y de recipientes.
- Dibujos de arreglos de internos de equipo de intercambio térmico.
- Dibujos y diagrama de cableado de sistemas críticos de paro.
- Tubería alrededor de equipos críticos (ejemplo: reactores, torres, etc.)

### **1.3 Revisión de dibujos de equipo crítico preparados por fabricantes.**

Esta actividad consiste en la asesoría que el Tecnólogo hace al usuario de la tecnología y al Contratista de la Ingeniería, Procura y Construcción ("EPC Contractor") en relación a:

- Dar asesoría y suministrar información en relación al Paquete de Ingeniería Básica.
- Revisar todos los procesos relacionados con el diseño de la ingeniería de detalle y los dibujos.

La lista de la ingeniería de detalle a ser revisada y aprobada por el Licenciador de la Ingeniería Básica deberá ser considerada como informativa, y deberá ser definida en una reunión entre el Licenciador de la tecnología (tecnólogo), el usuario (cliente) y el Contratista de la Ingeniería, Procura y Construcción.

## **2. ASISTENCIA EN ARRANQUE Y PRUEBAS DE GARANTIA.**

Este servicio es normalmente proporcionado por el Licenciador de la Ingeniería Básica ("tecnólogo"), e incluye básicamente las siguientes actividades.

### **2.1 Asistencia en arranque.**

El Tecnólogo deberá proveer al usuario los siguientes servicios de soporte durante la fase de pruebas y arranque:

- Ejecutar una revisión del diagrama de flujo de la ingeniería y realizar una lista de verificación de las unidades (equipos) que hayan sido completadas desde el punto de vista mecánico.
- Proveer de un equipo de consultores calificados en el funcionamiento de los equipos y sistemas de instrumentación específicos.
- Proveer de un equipo de ingenieros y personal calificado en la operación de la planta que permita dar asesoría durante las pruebas iniciales de arranque de la unidad de proceso.

### **2.2 Pruebas de garantía.**

El tecnólogo deberá proveer de un representante técnico antes y durante las pruebas de garantía. Las funciones del representante técnico deberán ser:

- Revisar las condiciones de operación de la planta de proceso, y acordar con el usuario que la planta y los laboratorios están listos para la prueba de garantía.
- Revisar y acordar con el usuario sobre los datos requeridos, las mediciones que deberán obtenerse y los procedimientos analíticos que serán utilizados para verificar que la planta de proceso cumple con el Proceso de Garantías.
- Proveer de asesoría técnica durante la prueba de garantía.
- Proveer de asistencia y revisar los resultados de los cálculos y de la prueba de garantía.

## **3. CAPACITACION (ENTRENAMIENTO DE PERSONAL).**

Esta actividad es normalmente realizada por el Licenciador de la Ingeniería Básica (Tecnólogo) o por el Contratista de la Ingeniería, Procura y Construcción, pero siempre con la asesoría técnica del tecnólogo.

Entre los objetivos y aspectos que deben ser considerados para definir el alcance de este servicio, se pueden citar:



- (a) El entrenamiento del personal del usuario de la tecnología deberá ser de tal calidad que permita que estos últimos sean capaces de operar y mantener la unidad en una manera segura y eficiente bajo condiciones normales y de emergencia.
- (b) El entrenamiento del personal deberá incluir la capacitación del personal del usuario en el sitio donde será instalada la unidad de proceso.
- (c) El usuario de la tecnología tendrá la libertad de seleccionar al personal que será entrenado y definirle al tecnólogo (o contratista) las responsabilidades que dicho personal tendrán en la operación de la unidad.
- (d) El tecnólogo deberá tomar en cuenta la experiencia y el nivel de preparación del personal que será entrenado en la preparación de sus sesiones de capacitación.
- (e) El entrenamiento deberá ser realizado en el lenguaje Español.
- (f) El tecnólogo o contratista deberá utilizar el Manual de Operación de la Planta durante las sesiones de entrenamiento, y deberá también distribuir otros manuales, diagramas, ilustraciones o materiales, tanto como sean necesarios para facilitar y alcanzar el máximo beneficio del entrenamiento.
- (g) El tecnólogo o contratista deberá indicar al usuario de la tecnología, antes de que se realicen los cursos de capacitación, la lista de equipo y facilidades requeridas para el entrenamiento. El tecnólogo y el usuario acordarán la compra de tal equipo para este propósito, lo cual puede realizarse bajo la base de costos reembolsables.
- (h) Si el tecnólogo o contratista desea utilizar los servicios de otra compañía para el entrenamiento, éste deberá notificarle al usuario de la tecnología con anticipación. El uso del tecnólogo de otra compañía deberá estar sujeto a la aprobación del usuario de la tecnología.
- (i) El usuario y el tecnólogo deberán acordar el contenido del programa de entrenamiento, los métodos de entrenamiento, y el procedimiento de evaluación del avance del programa de entrenamiento. Se recomienda que el tecnólogo presente al usuario un borrador del programa de entrenamiento para su análisis y comentarios, al menos con dos semanas de anticipación.
- (j) El tecnólogo deberá señalar a un responsable del programa de entrenamiento, lo cual deberá ser conocido por el personal del usuario que estarán en

entrenamiento. El responsable deberá entregar al usuario un reporte del avance de cada uno de las personas en entrenamiento.

- (k) El programa de entrenamiento deberá contener el número de días, el número de horas y el número de empleados que serán entrenados. Adicionalmente, se deberá establecer el número de horas en sesiones académicas, en explicación directa en instalaciones similares a las que se van a construir, en explicación directa en el sitio donde será instalada la planta y durante las pruebas operacionales.
- (l) El tecnólogo deberá proveer al usuario de un asistente con experiencia en la operación de la planta por un periodo de 30 días a partir de la fecha de aceptación provisional de las instalaciones. Es recomendable que se solicite otro asistente con experiencia para supervisar la operación de la planta seis meses después de la fecha de aceptación provisional de las instalaciones.

#### **4. PROCURACION DE EQUIPO Y MATERIALES.**

Este tipo de servicio técnico es normalmente realizado por el ejecutor de la Ingeniería de Detalle o por un contratista especializado en este tipo de actividades. Las actividades esperadas en este tipo de servicio son las siguientes:

- (a) Recepción y arreglo de las requisiciones.
- (b) Elaboración de la lista de posibles contratistas y sus respectivos anexos, esto para cada equipo que se va a adquirir.
- (c) Actualización de la información de proveedores para verificar sus capacidades para suministrar los bienes requeridos.
- (d) Coordinación de la comunicación entre los proveedores nacionales e internacionales para definir las propuestas técnicas y comerciales en función de las fechas establecidas en la lista de contratistas.
- (e) Verificar y distribuir las propuestas técnicas y comerciales a los especialistas, con el fin de: (1) elaborar las tabulaciones, y (2) arreglar y solicitar aclaraciones técnicas y comerciales a los contratistas.

- (f) Integrar los archivos de las tabulaciones técnicas y comerciales para aprobación del cliente.
- (g) Administrar y distribuir las ordenes de compra al personal concerniente.
- (h) Estar al pendiente de las diferentes etapas del servicio de procura de tal forma que se tenga el sistema de información actualizado (archivos de procura por equipo o material).
- (i) Hacer los archivos finales para cada requisición.

## 5. SERVICIOS DE EXPEDITACION.

Este tipo de servicio técnico es normalmente realizado por el ejecutor de la Ingeniería de Detalle o por un contratista especializado en este tipo de actividades. Tomando como punto de partida las requisiciones, órdenes de compra y el programa de manufactura, los servicios de expeditación incluyen las siguientes actividades:

- (a) Expeditar todas las actividades relacionadas con la manufactura de equipo y/o materiales. Esta actividad es realizada sobre la base de las requisiciones y órdenes de compra enviadas a los diferentes proveedores (principalmente eléctricos y metal-mecánicos); e incluye desde la colocación de las solicitudes de adquisición a los contratistas para la compra de partes y materiales requeridos para la manufactura de los bienes o equipos, hasta la supervisión del envío y recepción en el lugar del sitio de la planta.
- (b) Definir la metodología y elaborar los programas de expeditación para asegurar que las fechas de entrega sean congruentes con las fechas acordadas con los contratistas (proveedores).
- (c) Coordinar reuniones con los fabricantes, gerente del proyecto y especialistas para analizar la problemática que normalmente se presenta en las etapas de fabricación de equipo y materiales; conciliando y agilizando los acuerdos técnicos y económicos basados en la ingeniería aprobada. Esta actividad se realiza para cumplir con las fechas de entrega previamente establecidas, ya que si éstas no son respetadas podrían causar pérdidas económicas a los fabricantes o proveedores (debido a las penalidades que pueden establecerse).

- (d) Elaborar y distribuir al personal involucrado los reportes de avance en la fabricación de equipo y/o materiales.

## 6. SERVICIO DE INSPECCION.

Este tipo de servicio técnico es normalmente realizado por el ejecutor de la Ingeniería de Detalle o por un contratista especializado en este tipo de actividades.

Tomando como punto de partida la recepción de la solicitud de servicio, los dibujos de taller (en sus diferentes etapas), los programas de fabricación y prueba, los requerimientos de prueba y los requerimiento de inspección realizados previamente por otros especialistas, los servicios de inspección incluyen las siguientes actividades:

- (a) Una vez que la solicitud de inspección ha sido colocada, se procede a su revisión, señalando los puntos más importantes de ésta.
- (b) En función de la revisión realizada, se busca y colecta información para determinar el programa de visitas y los puntos de inspección.
- (c) Definir el programa de visitas, el cual debe estar claramente establecido como un procedimiento interno de trabajo. Se recomienda que este programa incluya las siguientes actividades: (1) análisis de información, (2) interpretación de dibujos, (3) reportes de visita durante el proceso, (4) procedimientos de aprobación, (5) protocolos de pruebas de control, (6) inspección final, (7) empaçado y etiquetado, (8) reporte gráfico, (9) certificado de aprobación, (10) documentación final, y (11) envío. Estas actividades son definidas brevemente a continuación.

Análisis de información.- Toda la información recolectada se analiza previamente antes de la visita de inspección, y se abre un archivo en el cual se almacena toda la información que se genere en relación a la fabricación del equipo.

Interpretación de dibujos.- Los inspectores obtienen una copia de los dibujos de taller certificados y/o aprobados para construcción. Si éste no es realizado en el tiempo establecido, el inspector deberá colectar todas las comunicaciones entre la firma de ingeniería y el fabricante, y les comunica de

la posible desviación en relación al programa original, de tal forma que se puedan tomar las acciones pertinentes.

Reportes de visita durante el proceso.- El inspector deberá realizar, como mínimo, el número de visitas de inspección programadas durante el proceso de fabricación, dejando evidencia de sus visitas.

Procedimientos de aprobación.- El inspector tiene que obtener el procedimiento de fabricación de la actividad que se esté realizando. Esta actividad solo se realiza si ha sido establecida como una acción que requiere documentación y certificación (ejemplo: procedimientos de soldadura, certificación de soldadores, tratamientos térmicos, etc.).

Protocolos de pruebas de control.- El inspector tiene que solicitar los protocolos de prueba para estudiarlos con anterioridad a la ejecución de las pruebas de control. De esta forma, él estará en posición de emitir un reporte certificado de inspección de la prueba y verificar en presencia de los fabricantes los protocolos de prueba.

Inspección final.- El inspector debe dejar evidencia documentada de la inspección final del equipo. Esto es parte de las inspecciones realizadas durante el proceso y debe ser ejecutada para asegurar que todo el equipo y/o materiales, pagados previamente, están de acuerdo a la solicitud original.

Empacado y etiquetado.- Como parte de las actividades de inspección, el inspector debe verificar que el empaquetado y etiquetado de todos los equipos se realice adecuadamente. Estas actividades tienen que seguir un procedimiento definido previamente.

Reporte gráfico.- Cuando sea requerido y de acuerdo al juicio del inspector, éste dejará evidencia gráfica de las pruebas o etapas específicas de fabricación.

Certificado de aprobación.- Una vez que el fabricante ha solicitado la inspección, el inspector, después de revisar y verificar todos los parámetros (tanto de los documentos como del equipo en sí), y estando de acuerdo con los resultados obtenidos, éste emitirá el certificado de aprobación.

Documentación final.- En esta etapa, el inspector tiene que obtener del proveedor al menos dos copias de la documentación específica relacionada con el equipo aprobado ("Data book"). Esta actividad se realiza con el fin de

enviar información "fresca" al personal que se encuentra en el sitio de la planta.

Envío. El inspector tiene que supervisar que el envío sea remitido y transportado de acuerdo al procedimiento previamente establecido.

- (d) Como parte de las actividades de inspección, se encuentra la inspección de que el equipo enviado llegue al sitio de la planta sin ningún daño. Si éste fuera el caso, el personal de campo deberá de emitir el correspondiente registro de almacén ("warehouse register"). El inspector debe solicitar una copia de este registro al responsable del proveedor, y con esto se procede a la elaboración del reporte final.

**APENDICE "D"****CRITERIOS SOCIALES DE EVALUACION DE UN PROYECTO,  
RELATIVOS A LA PRODUCTIVIDAD DE UN SOLO FACTOR  
PROPUESTOS POR MELNICK (1958)**

## APENDICE "D"

**CRITERIOS SOCIALES DE EVALUACION DE UN PROYECTO,  
RELATIVOS A LA PRODUCTIVIDAD DE UN SOLO FACTOR  
PROPUESTOS POR MELNICK (1958)**

A continuación se presenta una breve descripción de los criterios sociales de evaluación de un proyecto, relativos a la productividad de un solo factor propuestos por Melnick (1958):

**(1) LA RELACIÓN PRODUCTO-CAPITAL.**

Así como la rentabilidad mide la productividad en términos que interesan principalmente al empresario privado (utilidades), la relación entre el valor agregado al producto nacional y el capital expresa la productividad de este último en un sentido social. A esta relación se le denomina "relación producto-capital".

Melnick (1958) define al "valor agregado" como la diferencia entre el valor de venta de la producción estimado en el proyecto y las compras que se deben hacer a otras empresas para obtener esa producción (materias primas, energía, lubricante, repuestos, etc.). El valor agregado es numéricamente igual a la suma de sueldos, salarios, arriendos, intereses y utilidades de la empresa; con respecto a la depreciación y los impuestos indirectos. El valor agregado puede ser neto o bruto, y valorado a costo de factores o a precios de mercado. Es neto si excluye la depreciación; es a costo de factores si excluye la tributación indirecta o los subsidios.

**(2) LA INTENSIDAD DE CAPITAL.**

El concepto de intensidad de capital se refiere al mayor o menor uso relativo del capital que se requiere en los proyectos. Las varias maneras cuantitativas de expresarlo se pueden dividir en dos grandes grupos. En uno se comprenden aquellos coeficientes que son el valor recíproco de los diversos coeficientes de productividad del capital; según esta forma de medición, la intensidad de capital sería el capital total que se requiere en el proyecto por unidad de valor agregado o bruto anual que ha de producirse. El cociente del capital total y el valor bruto de la producción anual es el valor recíproco del que mide la velocidad de rotación del capital; el cociente



capital total a valor agregado anual es el recíproco de la relación producto-capital y se conoce como el "coeficiente de capital". El otro grupo de coeficientes que se emplea para expresar el concepto de intensidad de capital comprende los que miden el insumo de capital, o sea la depreciación, por unidad de valor agregado o de producción bruta y se expresan generalmente en por cientos.

### (3) OCUPACIÓN POR UNIDAD DE CAPITAL.

Cuando existen problemas de desempleo (desocupación), la cantidad de personal que se logre ocupar por unidad de capital puede pasar a ser un coeficiente de alta ponderación. Este coeficiente de ocupación —como podría designarse— se obtendrá dividiendo el número de personas empleadas en virtud del proyecto por el capital total que éste requiere. La valoración social del capital invertido será aquí especialmente interesante, pues si hay desocupación disminuirá el denominador sin afectar al numerador, mejorando mucho el coeficiente. La valoración a precios de mercado, como siempre, será indispensable para abordar el problema de financiamiento. Al emplear este criterio los proyectos que ocupen más mano de obra por unidad de capital socialmente valorado tendrán entonces una prioridad más alta de la que tendrían valorando el capital a precios de mercado.

### (4) PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA.

La productividad de la mano de obra se puede definir como el valor de la producción obtenida por unidad de la misma empleada en ella.

La producción se suele expresar en términos de valor bruto (valor de venta) de los bienes o servicios, pero para los efectos de comparación de proyectos muchas veces será más útil expresarla como valor agregado. La fuerza de trabajo se puede expresar en términos físicos de años-hombre u horas-hombre, o en las unidades monetarias equivalentes al costo de la mano de obra utilizada. El uso de las unidades monetarias plantea el problema de la valoración.

En cuanto a la evaluación, el concepto de productividad de la mano de obra resulta útil para comparar, en un proyecto dado, alternativas técnicas de producción que contemplan la posibilidad de sustitución entre mano de obra y el capital. En este cotejo, la valoración social de los factores puede adquirir importancia decisiva. Decidida la alternativa técnica más adecuada, la productividad de la mano de obra del proyecto en términos de valor agregado será una expresión de su contribución al nivel del ingreso medio por habitante; podrá servir como coeficiente de evaluación

parcial en el cotejo de proyectos que producirán distintos bienes o servicios. Este cotejo tendrá limitaciones porque, si bien el objetivo básico del desarrollo económico es aumentar la tasa de crecimiento del producto nacional por habitante, ello no implica que necesariamente tengan prioridad proyectos que muestren una mayor productividad de la mano de obra. Entre otras razones, hay que considerar que no es el único recurso empleado en la producción y que la mayor productividad puede ser sólo la resultante de sustituir mano de obra por capital.

**(5) LA PRODUCTIVIDAD MARGINAL SOCIAL DEL CAPITAL Y SU CONTRIBUCIÓN AL INGRESO NACIONAL.**

Este criterio se caracteriza por la forma de definir y medir la contribución del proyecto al ingreso y de incluir los efectos debidos a la sobrevaluación o a la subvaluación del tipo de cambio. El criterio considera que los proyectos tienen efectos amplios, entre los que se incluyen la redistribución del ingreso nacional, por lo que es necesario medirlos todos en términos de un común denominador. El denominador utilizado en este criterio es el ingreso nacional, pero por limitaciones prácticas sólo incluye en su coeficiente los efectos de la mayor producción y los relacionados con la disponibilidad de divisas, dada una cierta sobrevaluación o subvaluación del tipo de cambio.

**(6) EL FACTOR DIVISAS.**

Un proyecto puede ser consumidor o productor neto de divisas según que el balance final de divisas insumidas y divisas liberadas por sustitución de importaciones o incremento de las exportaciones dé un saldo negativo o positivo.

Convencionalmente se llama efecto positivo de divisas a la cuantía de moneda extranjera que el proyecto permite liberar por sustitución de importaciones o por mayores exportaciones. Este efecto positivo se refiere al total de la sustitución de importaciones o de aumento de exportaciones sin descontar las divisas que pudieran insumirse para lograrlas. El efecto negativo del proyecto estará representado por la cuantía de las divisas requeridas para instalación, operación y mantenimiento. El efecto neto será la diferencia entre los efectos positivos y negativo.

**APENDICE "E"****LISTA DE COMPROBACION Y CONTROL DEL CONTENIDO DE  
UN PROYECTO PROPUESTA POR EL ILPES (1983)**

---

*Apéndice E.**Lista de comprobación de un proyecto, ILPES (1983)*

## APENDICE "E"

### LISTA DE COMPROBACION Y CONTROL DEL CONTENIDO DE UN PROYECTO PROPUESTA POR EL ILPES (1983)

El Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social (ILPES, 1983) recomienda que la presentación de un proyecto a nivel de estudio de factibilidad o anteproyecto definitivo contenga los siguientes puntos:

<b>I. DESCRIPCION SUMARIA DEL PROYECTO</b>	
<b>a)</b>	<p><b><i>Objetivos del proyecto</i></b></p> <p>i) Identificación del producto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Calidad.</li> <li>- Destino.</li> <li>- Grado de esencialidad.</li> <li>- Durabilidad.</li> <li>- Usuarios o consumidores.</li> </ul> <p>ii) Caracterización del proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Naturaleza.</li> <li>- Importancia.</li> <li>- Ubicación sectorial y localización física.</li> </ul>
<b>b)</b>	<p><b><i>Síntesis de las conclusiones</i></b></p> <p>i) Del estudio de mercado.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Demanda actual del producto y su proyección.</li> <li>- Oferta actual y futura.</li> <li>- Fracción de la demanda que atenderá el proyecto.</li> </ul> <p>ii) Del estudio técnico.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad instalada.</li> <li>- Insumos críticos.</li> <li>- Tecnología.</li> <li>- Rendimientos físicos.</li> <li>- Localización.</li> <li>- Obras físicas principales o características.</li> <li>- Características principales de la empresa como organización.</li> <li>- Fechas principales de la realización del proyecto.</li> <li>- Costo de producción total y unitario en funcionamiento normal.</li> </ul>

- iii] Del estudio financiero.
  - Necesidades totales de capital.
  - Capital propio y créditos.
  - Ingresos y gastos en funcionamiento normal.
  - Punto de nivelación.
- iv] De la evaluación económica.
  - Principales relaciones del proyecto con la economía del país, región y sector.
  - Criterios adoptados para la evaluación.
  - Principales indicadores y coeficientes utilizados.
  - Síntesis de las conclusiones de la evaluación.
- v] Del plan de ejecución.
  - Fechas importantes de iniciación y terminación de las tareas del proyecto.
  - Alternativas de plazos de ejecución y sus costos.

## II. ESTUDIO DE MERCADO

- a] *El producto en el mercado*
  - i] Producto principal y subproductos.
  - ii] Productos substitutivos o similares.
  - iii] Productos complementarios.
- b] *El área del mercado*
  - i] Población.
    - Contingente actual y tasa de crecimiento.
    - Estructura y sus cambios.
  - ii] Ingresos.
    - Nivel actual y tasa media de crecimiento.
    - Estratos actuales y cambios en la distribución.
  - iii] Factores limitativos de la comercialización o distribución.
    - Alterables (plazo viable para alterarlos).
    - Inalterables.
- c] *Comportamiento de la demanda*
  - i] Situación actual.
    - Series estadísticas básicas.
    - Estimación de la demanda actual.
    - Distribución espacial y tipología de los consumidores.
  - ii] Características teóricas de la demanda.
    - Coeficientes de crecimiento histórico.
    - Índices básicos y funciones y curvas de demanda.

- iii] **Situación futura - Proyección de la demanda.**
  - Extrapolación de la tendencia histórica.
  - Análisis de los factores condicionantes de la demanda futura.
  - Previsión corregida y calificada de la demanda futura.
- d] **Comportamiento de la oferta**
  - i] **Situación actual.**
    - Series estadísticas básicas.
    - Estimación de la oferta actual.
    - Inventario crítico de los proveedores principales.
  - ii] **Análisis del régimen de mercado.**
    - Naturaleza y grado de la intervención estatal.
    - Grado de competencia entre los proveedores.
  - iii] **Situación futura - Evaluación previsible de la oferta.**
    - Utilización de capacidad ociosa.
    - Planes y proyectos de ampliación de la capacidad instalada.
    - Análisis de los factores que condicionan la evolución previsible.
    - Estimación corregida y calificada de la oferta futura.
- e] **Determinación de los precios del producto**
  - i] **Mecanismos de formación de los precios del producto.**
  - ii] **Márgenes de precios probables y su efecto sobre la demanda.**
    - Análisis de las series históricas de precios.
    - Hipótesis de evolución futura de los precios.
    - Influencia prevista de los precios en la cuantía de la demanda.
- f] **Posibilidades del proyecto (posición en el mercado)**
  - i] **Condiciones de competencia del proyecto.**
  - ii] **Demanda potencial del proyecto.**

### III. ESTUDIO TECNICO

#### ESTUDIO BASICO

##### A. Tamaño

- a] **Capacidad del proyecto**
  - i] **Definición del tamaño.**
  - ii] **Capacidad diseñada.**
  - iii] **Márgenes de capacidad utilizables:**
    - Reservas.
    - Sobrecarga posible.
    - Fraccionamiento.

**b) Factores condicionantes del tamaño**

- i] Dimensión del mercado.
- ii] Capacidad financiera.
- iii] Disponibilidad de insumos materiales y humanos
- iv] Problemas de transporte.
- v] Problemas institucionales.
- vi] Capacidad administrativa.

**c) Justificación del tamaño en relación con el proceso y la localización****B Proceso****1. Descripción de las unidades de transformación (separando las existentes y las proyectadas).****a) Descripción del proceso de transformación**

- i] Insumos principales y secundarios.
- ii] Insumos alternativos y efectos de su empleo.
- iii] Productos principales, subproductos e intermedios.
- iv] Residuos.
- v] Identificación y descripción de las etapas intermedia.
- vi] Diagrama de flujo del proceso total.

**b) Descripción de las instalaciones, equipos y personal**

- i] Del proceso de transformación.
- ii] De los sistemas complementarios.

**2. Calificación de las unidades existentes****a) Calificación del diseño (proceso de transformación e instalaciones)**

- i] Problemas de adecuación
- ii] Problemas de escala de producción.

**b) Calificación de la operación**

- i] En cuanto a insumos
- ii] En cuanto a instalaciones
- iii] En cuanto a productos
- iv] En cuanto a mano de obra
- v] En cuanto a economías externas.

- c] *Posibilidades de expansión de la capacidad utilizada*
  - i] Capacidad ociosa.
  - ii] Instalaciones incompletas.
  - iii] Sobrediseño.
  - iv] Expansión por cambios tecnológicos.

### 3. Justificación de las unidades nuevas.

- a] *Justificación técnica del proceso de transformación*
  - i] Condiciones iniciales:
    - Insumos importados.
    - Insumos nacionales disponibles en el mercado.
    - Insumos nacionales cuya producción se desarrollará.
    - Factores restrictivos o condicionantes
  - ii] Inventario crítico de los procesos existentes.
  - iii] Criterios de selección de alternativas y orden de su aplicación.
  - iv] Análisis de la escala de producción.
- b] *Justificación de las instalaciones, equipos y personal*
  - i] Del proceso de transformación.
  - ii] De los sistemas complementarios.
- c] *Capacidad de expansión de las instalaciones*
- d] *Justificación del proceso en relación con el tamaño y la localización*

## **C. Localización**

### 1. Descripción

- a] *Microlocalización*
- b] *Integración en el medio*
  - i] Condiciones naturales, geográficas y físicas.
  - ii] Economías externas.
  - iii] Condiciones institucionales.
- c] *Ordenamiento espacial interno*
  - i] Dimensiones y características técnicas del terreno.
  - ii] Distribución de las instalaciones en el terreno.
  - iii] Diagrama de flujo espacial.



## 2. Calificación y/o justificación

- a) *Con relación al medio*
  - i] Razones de geografía física.
  - ii] Economías y deseconomías externas.
  - iii] Razones institucionales.
- b) *Con relación a las características del terreno*
  - i] Del proceso productivo.
  - ii] Del programa de expansión.
- c) *Distancias y costos de transporte*
  - i] De los insumos.
  - ii] De los productos.
- d) *Posibilidades de conexión de las unidades nuevas y con las existentes*
  - i] En la solución de los problemas actuales de localización.
  - ii] En la expansión de las instalaciones actuales.
- e) *Justificación de la localización en relación con el tamaño y el proceso*

## ESTUDIO COMPLEMENTARIO

### **D. Obras físicas**

- a) *Inventario*
  - i] Relación y especificación de las obras que se realizarán.
  - ii] Clasificación funcional y características específicas de las obras.
- b) *Dimensiones de las obras*
  - i] Exigencias en terrenos.
  - ii] Dimensiones materiales y físicas.
- c) *Requisitos de las obras*
  - i] Materiales.
  - ii] Mano de obra.
  - iii] Equipos, maquinarias, herramientas e instalaciones para construcción.
- d) *Problemas específicos*
  - i] Resultantes de condiciones geográficas y físicas.
  - ii] Resultantes de problemas institucionales.

**e) Costos**

- i) Costos unitarios de los elementos de obra.
- ii) Costos totales de las obras.

**E. Organización****a) Organización para la ejecución**

- i) Entidades ejecutoras.
- ii) Tipos de contratos de ejecución.

**b) Organización para la operación**

- i) Establecimiento progresivo de la organización.
- ii) Planteamiento de la organización jurídico administrativo.
- iii) Planteamiento de la organización técnico-funcional.
- iv) Planteamiento del sistema de control.
- v) Organigrama general.

**F. Calendario****a) Conclusión del proyecto**

- i) Revisión del anteproyecto.
- ii) Contactos finales con proveedores.
- iii) Diseño definitivo y de detalles.

**b) Negociación del proyecto**

- i) Consecución del financiamiento.
- ii) Obtención de autorizaciones legales.
- iii) Contratación de firmas ejecutoras.

**c) Ejecución del proyecto**

- i) Construcción de obras físicas.
- ii) Adquisición de maquinarias y equipos y/o su fabricación y entrega.
- iii) Montaje de maquinarias y equipos.
- iv) Contratación y capacitación del personal.
- v) Organización e instalación de la empresa.

**d) Operación del proyecto**

- i) Plazo para operación experimental y puesta en marcha.
- ii) Período para llegar a la operación normal prevista

### ANALISIS DE COSTOS

- a] *Costo total de la inversión física*
  - i] De la construcción de obras físicas.
  - ii] De equipos y máquinas.
  - iii] De existencias.
  
- b] *Costo total de la operación*
  - i] De la mano de obra.
  - ii] De los materiales.
  - iii] De los servicios.
  - iv] Depreciación.
  
- c] *Costos unitarios*
  - i] Costos unitarios básicos y su estructura.
  - ii] Costos unitarios mínimos y su comparación con los de otras alternativas analizadas en el estudio técnico.
  - iii] Clasificación de los rubros de costo en fijos y variables.

### IV. ESTUDIO FINANCIERO

- a] *Recursos financieros para la inversión*
  - i] Necesidades totales de capital.
    - Para cubrir la inversión fija.
    - Para cubrir las necesidades de capital de giro.
    - Calendario de las inversiones.
  - ii] Capital disponible.
    - Capital realizado a corto plazo.
    - Capital realizado a plazos mediano y largo.
    - Aportes en bienes intangibles.
  - iii] Capacidad de inversión de la empresa.
  
- b] *Análisis y proyecciones financieras*
  - i] Proyección de los gastos.
    - Gastos de inversión.
    - Gastos de operación.
    - Gastos totales por año.
  - ii] Proyección de los ingresos.
    - Ingresos de capital.
    - Ingresos de operación y otros.
    - Ingresos totales por año.
  - iii] Financiamiento adicional.
  - iv] Punto de nivelación.

**c) Programa de financiamiento**

- i) Estructura y fuentes de financiamiento.
  - Orígenes del financiamiento.
  - Distribución en el tiempo.
  - Formación del capital propio.
  - Modalidades de crédito.
- ii) Cuadro de fuentes y usos de fondos.
  - Origen y cronología de recaudación de los fondos.
  - Uso de los fondos y su cronología.
  - Cronología de las disponibilidades.
  - Políticas financieras alternativas.

**d) Evaluación financiera**

- i) Tasa interna de retorno.
- ii) Valor neto actualizado de los ingresos.
- iii) Relaciones financieras básicas.
- iv) Conclusiones del estudio financiero.

**V. EVALUACION ECONOMICA****a) El sistema económico como marco actual del proyecto**

- i) Indicadores básicos generales.
  - En la economía como un todo.
  - En el sector del proyecto.
  - En el área económica interesada por el proyecto (a nivel del producto interno, ingreso por habitante; monto de exportaciones e importaciones; coeficiente de inversión; y otros índices macroeconómicos).
- ii) Naturaleza y ritmo del desarrollo de la economía
  - Evolución histórica:
    - Población
    - Ocupación
    - Producción
    - Productividad
    - Exportación
    - Importación

- Cambios estructurales:
  - En la composición sectorial:
    - De la ocupación.
    - Del producto interno.
    - De la productividad.
  - En la participación del sector público.
  - En la distribución de la inversión:
    - Por tipos de bienes.
    - Entre los sectores públicos y privado.
  - En las estructuras de la exportación y de la importación, sus destinos y orígenes.
- Aspectos sociales:
  - Principales variables demográficas:
    - Consumo.
    - Nutrición.
    - Salud.
    - Educación.
    - Vivienda y organización espacial y de la comunidad.
  - Relaciones con el exterior.
    - Intercambio y saldos del comercio exterior.
    - Variación de las relaciones de intercambio.
    - Poder de compra de las exportaciones.
    - Desequilibrio y financiamiento externo y sus modalidades.
    - Servicios de amortización e intereses del capital extranjero.
    - Acumulación de la inversión directa extranjera y su incidencia en la formación de capital.

**b] Factores condicionantes del sistema sobre el cálculo económico del proyecto**

- i] Cálculo económico del proyecto en sí.
  - Inversiones y su costo.
  - Costos e ingresos de operación.
  - Actualización de ingresos y gastos.
  - Rentabilidad del proyecto:
    - Valor neto actualizado
    - Tasa interna de retorno
  - Relación beneficio-costo.
  - Análisis de sensibilidad económica.
- ii] El proyecto en el cálculo económico de la empresa.
  - El aporte del proyecto a la empresa.
  - El costo del proyecto como costo adicional de la empresa.
  - La rentabilidad marginal del proyecto.

- iii] Calificación y cuantificación de los factores condicionantes.
    - Por características del mercado.
      - La utilización de precios de cuenta del capital, de la mano de obra y de las divisas.
      - Origen e hipótesis básicas de los precios de cuenta.
    - Por disponibilidad limitada de recursos financieros
    - Por disponibilidad limitada de divisas.
    - Por disponibilidad limitada de insumos físicos.
    - Por limitaciones técnicas.
    - Por limitaciones derivadas de la planificación.
    - Por limitaciones institucionales.
  - iv] Factores condicionantes no superables.
  - v] Proposiciones de política económica para ajustar al proyecto a determinados factores condicionantes.
- c] *Evaluación de los efectos del proyecto sobre variables del sistema económico*
- i] Efectos del proyecto como inversión.
    - Sobre la capacidad de producción del sistema.
    - Sobre el balance de pagos.
    - Sobre el empleo de mano de obra.
    - Sobre la utilización de otros factores de producción.
    - Sobre el mercado de capitales y los mecanismos financieros.
    - Sobre la estructura de la inversión.
    - Sobre las economías externas de otras empresas.
    - Sobre el nivel tecnológico.
    - Sobre el desarrollo regional y el ambiente humano.
  - ii] Efectos del proyecto como programa de producción.
    - Sobre el ingreso.
    - Sobre el balance de pagos.
    - Sobre el empleo de mano de obra.
    - Sobre la utilización de otros factores de producción.
    - Sobre los mecanismos de financiamiento a corto plazo.
    - Sobre la estructura del consumo.
    - Sobre las economías externas de otras empresas.
    - Sobre el nivel tecnológico.
  - iii] Enfoque integrado de los efectos del proyecto como inversión y programa de producción.
    - Consolidación de los efectos del proyecto sobre el sistema.
      - Efectos directos.
      - Efectos indirectos.
      - Efectos secundarios.
    - Consolidación de los efectos del proyecto por sus características.

**d) Resumen y conclusiones de la evaluación**

**VI. PLAN DE EJECUCION**

**a) Inventario y especificación de las actividades**

- i] Adquisición a terceros.
  - De bienes.
  - De derechos.
  - De servicios.
- ii] Aprovechamiento.
  - Transporte externo e interno.
  - Almacenamiento, distribución interna y vigilancia
  - Movilización y entrenamiento de mano de obra.
- iii] Construcción y montaje.
  - Edificios y servicios complementarios.
  - Máquinas, equipos y aparatos.
- iv] Puesta en marcha.
  - Verificación y ajuste.
  - Utilización experimental.
  - Inspección y aprobación.

**b) Estudio de tiempo**

- i] Estimación de la duración probable de cada actividad.
- ii] Análisis de la secuencia de actividades.
- iii] Presentación de la red de actividades.
- iv] Cálculo de las fechas y otras magnitudes características.
- v] Identificación de caminos críticos y confección del calendario.

**c) Esquema indicativo de los requisitos necesarios de cada actividad.**

- i] Materiales.
- ii] Mano de obra.
- iii] Servicio de terceros
- iv] Financiamiento.

**d) Planteamiento de alternativas tecnológicas de ejecución: variación en la duración del proyecto**

- i] Posibilidades de transferir recursos entre actividades.
- ii] Efectos sobre los costos.

APENDICE "F"

**FORMATO DE BASES DE CONCURSO DE LICENCIAMIENTO E  
INGENIERIA BASICA DE TECNOLOGIAS DE PROCESO**



## APENDICE "F"

### FORMATO DE BASES DE CONCURSO DE LICENCIAMIENTO E INGENIERIA BASICA DE TECNOLOGIAS DE PROCESO

Como fue establecido en el capítulo V, uno de los documentos más importante en el proceso de evaluación es la generación de las "Bases de Concurso o Licitación", ya que la información con la que se cuente en el momento de la evaluación dependerá de la información solicitada en este documento. Por este motivo, a continuación se presenta un formato con la estructura y el contenido que debe tener este documento, el cual está basado en formatos de licitaciones internacionales que ha publicado Pemex-Refinación. Cabe recordar, que en México, gran parte de las plantas de refinación y petroquímica pertenecen al sector público, por lo que la adquisición de nuevas plantas está regida por las leyes correspondientes a las compras del sector público y deben de respetar los tratados de comercio que se tengan con otros países.

#### F.1 ESTRUCTURA DE LAS BASES DE CONCURSO.

Es recomendable que las bases de concurso para licitaciones de compra de tecnología de proceso tengan una estructura clara y de fácil referencia. Tomando en cuenta esto, se sugiere la siguiente estructura.

Sección	Título
I.	Invitación para ofertar
II.	Instrucciones para los oferentes
III.	Instrucciones especiales para los oferentes
IV.	Alcance del trabajo
V.	Bases de diseño para las propuestas técnicas
VI.	Borrador del contrato
VII.	Forma de la propuesta y programa de facturación y costos

A continuación se describe lo que debe contener cada sección, y en el caso de las secciones III y V se hace una descripción más detallada debido a su importancia.

## **F.2 DESCRIPCION DE LAS SECCIONES DE LAS BASES DE CONCURSO**

### **(1) SECCION I. "INVITACION PARA OFERTAR".**

En esta sección se debe indicar el número de proyecto y el nombre con el que será referido. Adicionalmente, se debe establecer en forma resumida lo siguiente:

- (a) Que tipo de unidad se desea adquirir (destilación atmosférica, FCC, reformación, etc.), la capacidad de diseño, en donde será localizada y la fuente de los fondos requeridos para este proyecto.
- (b) El alcance del proyecto (licencia de tecnología, licencia de "know-how", ingeniería básica, ingeniería de detalle, etc.).
- (c) Establecer los requerimientos para ser considerado como un oferente elegible (tecnología probada a nivel industrial, capacidad financiera, descripción general de la organización, nombre e historial del personal clave que participará en el proyecto en el caso de ser asignado, disponibilidad para poder ejecutar el proyecto, etc.).
- (d) Establecer si las bases de concurso (conocidas también como bases de licitación), van a tener un costo, donde y con quien se pueden adquirir.
- (e) Establecer si se requiere de un seguro para poder ofertar, que porcentaje del precio va a ser, y a más tardar cuando deberá ser entregado.
- (f) En el caso de licitaciones públicas se deberá indicar el lugar y la fecha cuando serán abiertas las ofertas recibidas. Además, el lugar y la fecha en donde se anunciará el ganador.

### **(2) SECCION II. "INSTRUCCIONES PARA LOS OFERENTES".**

En esta sección se debe especificar con mayor detalle los siguientes aspectos:

- (a) Fuente de los fondos.
- (b) Elegibilidad de las compañías participantes en función del país de origen (se establece en forma clara que nacionalidades sí pueden ofertar y cuales no).

- (c) Establecer las cualidades mínimas que un oferente debe tener para ser considerado como elegible (experiencia, situación financiera, etc.).
- (d) Definir la necesidad de hacer visitas al lugar donde será construida la unidad de proceso, con quien se deben hacer los trámites y cual es el periodo para poder realizar estas visitas.
- (e) Se deberá aclarar que los gastos erogados en la preparación de la propuesta correrán por cuenta del oferente, y que el comprador no tendrá ninguna responsabilidad sobre estos gastos, independientemente del resultado de la evaluación.
- (f) Establecer los documentos que forman las bases del concurso y si éstos estarán sujetos a una ley.
- (g) Establecer el procedimiento para aclaraciones (a quien deben dirigirse, fecha última para aclaraciones, etc.).
- (h) Establecer que el "comprador" se reserva el derecho de hacer modificaciones a las bases de concurso y del procedimiento de extensión del periodo de presentación de ofertas, si éstas fueran modificadas.
- (i) Indicar en que lenguaje deberán presentarse las propuestas, de ser varias las posibilidades, se deberá establecer cual regirá.
- (j) Se deberá establecer que los precios de los servicios cotizados deberán ser válidos en un cierto periodo de tiempo.
- (k) Se deberá fijar el tipo de moneda que será utilizada en las cotizaciones (pesos, dólares americanos, etc.).
- (l) Se deberá fijar si se requiere fianza para poder ofertar, que porcentaje del precio va a ser, y las formas como ésta debe de depositarse. Adicionalmente, se debe establecer el procedimiento para recuperar las fianzas.
- (m) Se deberá establecer el formato y número de copias de la propuesta que deberán ser entregadas. Así como la fecha límite de entrega.
- (n) Se deberá establecer el procedimiento para efectuar modificaciones a las propuestas, así como, la forma de retiro voluntario de los oferentes.

- (ñ) Se deberán definir en forma concisa los criterios que serán utilizados en la evaluación de las propuestas (funcionamiento de unidades con tecnología similar, eficiencia de operación, calidad y adaptabilidad del proceso, economía del proceso, rendimientos y características de los productos, alcances y profundidad de los servicios ofertados, etc.).
- (o) Se deberá establecer el procedimiento para la firma del contrato, y el requerimiento o no de dejar una fianza de funcionamiento de la unidad.
- (3) SECCION III. "INSTRUCCIONES ESPECIALES PARA LOS OFERENTES"**

En esta sección se debe incluir la información técnica que se solicita como parte de la propuesta. Dada la importancia de esta información, a continuación se describe con mayor detalle esta sección:

- (a) Información técnica que deberá ser incluida en la propuesta.

Se debe aclarar que la información que se proporcione corresponda a la numeración que se establezca en esta sección. Entre la información a solicitar se tiene:

- Descripción del proceso, indicando las características particulares o sobresalientes de la tecnología.
- Diagramas de flujo de proceso con condiciones claves de operación.
- Balance de materia (en base peso y volumen).
- Rendimientos y propiedades de los productos.
- Funcionamiento garantizable de las siguientes variables:
  - Capacidad de la planta.
  - Rendimientos y propiedades de productos.
  - Ciclo de regeneración de catalizadores y ciclo de vida.
  - Consumo de servicios auxiliares y catalizadores.
  - Otros que muestren la calidad de la tecnología.
- Catalizadores y químicos recomendados.
  - Tipo de catalizador y proveedores.
  - Carga inicial de catalizador y costo unitario.
  - Requerimientos de inventario y aditivos de catalizadores.
  - Factores que afectan el funcionamiento de los catalizadores.
  - Carga inicial, consumos normales y costos unitarios de químicos.

- Estimación de consumo o generación de servicios auxiliares (se debe establecer la eficiencia considerada en los equipos).
    - Vapor (baja, media y alta presión).
    - Agua de enfriamiento.
    - Electricidad.
    - Combustibles (requerimientos netos de BTU o Kcal).
    - Otros.
  - Lista de equipo con dimensiones preliminares y tipo de material de construcción (información suficiente que permita una estimación del costo de los equipos).
  - Estimados de inversión (ingeniería, equipo y materiales, costos de fabricación, etc.).
  - Requerimientos de mano de obra (en operación, mantenimiento y laboratorio).
  - Condiciones de límites de batería asumidas (si se asumieron).
  - Discusión de la flexibilidad del proceso.
  - Cantidades de las descargas contaminantes y procedimientos de manejo para cumplir con las normas ambientales.
    - Desechos gaseosos de proceso.
    - Desechos líquidos de proceso.
    - Desechos sólidos de proceso.
    - Descargas temporales durante situaciones de emergencia.
    - Discusión de la observancia de las normas ecológicas.
  - Discusión de los aspectos de seguridad
    - Sistemas de seguridad para arranque, paro y disparos.
    - Capacidad de la planta para operarse en caso de falla de algún equipo crítico o servicio auxiliar.
    - Sistemas especiales de seguridad y riesgos operacionales.
    - Reportes de análisis de riesgo.
- (b) El oferente debe incluir las condiciones, procedimientos y responsabilidades en relación a las garantías del proceso.
- (c) El oferente debe incluir el programa de actividades requeridas para realizar el proyecto, así como indicar las actividades críticas en la generación de los documentos (paquete de ingeniería básica).
- (d) El oferente deberá proporcionar una cotización desglosada de los servicios, presentando los requerimiento de horas-hombre por especialidad y costo de la hora-hombre.

- (e) En tecnologías en donde se condicionan las garantías del funcionamiento del proceso a ciertos equipos críticos que solo pueden ser suministrados por algunos proveedores, el oferente deberá proporcionar la lista de estos equipos y los posibles proveedores. Sin embargo, se debe establecer que es preferible que dichas situaciones no se presenten.
- (f) El oferente debe proporcionar los costos de horas-hombre por especialidad que serán utilizados en el caso de incumplimientos con el alcance del proyecto. Adicionalmente, deberá indicar los términos y condiciones aplicables en tales situaciones.

**(4) SECCION IV. "ALCANCE DEL TRABAJO".**

En esta sección se debe especificar por el "comprador" el alcance de los trabajos solicitados. Entre los servicios típicos en la ejecución de un proyecto de plantas de refinación y petroquímica, se tiene, a la ingeniería básica, ingeniería de detalle, revisión de la ingeniería de detalle, etc. Los alcances típicos de estos y otros servicios ya fueron anteriormente descritos, por lo que a continuación solo se refiere su localización dentro de este trabajo:

<b>Alcance típico del servicio y/o documentos</b>	<b>Localización</b>
Contenido del paquete de ingeniería básica.	Apéndice A.
Alcance del paquete de ingeniería de detalle.	Apéndice B
Servicios de revisión de la ingeniería de detalle.	Apéndice C
Servicios en asistencia en arranque y pruebas de garantía.	Apéndice C
Servicios de capacitación (entrenamiento de personal).	Apéndice C
Servicios de procuración de equipo y materiales.	Apéndice C
Servicios de expeditación	Apéndice C
Servicios de inspección.	Apéndice C

**(5) SECCION V. "BASES DE DISEÑO PARA LA PROPUESTA TECNICA".**

Esta sección de las bases de concurso debe de ser lo más detallada que sea posible, ya que en ella se definen las características deseadas de la tecnología a adquirir y en que entorno debe de operar dicha tecnología (características de servicios auxiliares, condiciones ambientales, etc.). A continuación se describen los puntos que debe incluir esta sección:

(a) Descripción del proyecto y filosofía general de diseño.

En este punto se debe describir el objetivo general de la planta de proceso, estableciendo el origen de las materias primas y hacia donde se desean mandar los productos y subproductos. Adicionalmente, se deberá indicar la localización de la planta, su capacidad de diseño, la flexibilidad de operación deseada, y en el caso de que la planta se vaya a integrar a un tren de refinación existente (centro petroquímico), se deberá incluir el esquema de la integración de las diferentes unidades de proceso que conforman dicho tren.

(b) Flujo de diseño y número de trenes.

En este punto se debe indicar la capacidad de diseño de la unidad en base al producto o a la alimentación, así como el número de trenes de operación que conformarán esta nueva unidad (mínimo, máximo, fijo ó libre por el tecnólogo). Adicionalmente, en este apartado se deberá especificar el factor de servicio requerido para la nueva unidad (número de días de operación por año / número de días totales en un año).

(c) Especificaciones de la alimentación (ó alimentaciones).

En este apartado se deberán incluir todas las especificaciones de las alimentaciones que permitan al tecnólogo caracterizar, desde el punto de vista de proceso, las corrientes que entrarán a la nueva unidad. En el área de refinación y petroquímica estas pueden ser muy variadas, por ejemplo: gravedad API, análisis PONA, curva de destilación ASTM, curva de destilación TBP, contaminantes en la alimentación (azufre, metales, etc.), etc.

Es importante notar, que en ciertas ocasiones se puede desear que la unidad tenga la flexibilidad de operar con diferentes cargas, si este fuera el caso, se deberá establecer las especificaciones para todas las cargas, y se deberá indicar cual será considerado como el caso crítico.

(d) Especificaciones de los productos.

Este es quizás uno de los puntos más importantes de esta sección, ya que se debe de establecer las características de los productos deseados (sus especificaciones). En este apartado es común utilizar las frases "valor mínimo", "valor máximo", y en algunas ocasiones se puede establecer que el tecnólogo diseñe la unidad para que cumpla con ciertas especificaciones dentro de un rango, en el cual, él deberá confirmar cual es el diseño óptimo

dentro de ese rango. Al igual que en las especificaciones de las alimentaciones, éstas pueden ser muy variadas.

(e) Condiciones en límites de batería.

En este apartado se deben establecer las condiciones de presión y temperatura tanto de las alimentaciones como de los productos y subproductos. Adicionalmente, se recomienda que se indique el destino de éstos últimos. Este apartado es de vital importancia, ya que normalmente las plantas están integradas dentro de un tren de refinación o centro petroquímico, y es conveniente que las condiciones de entrega de una planta coincida con las condiciones deseadas de recepción por la siguiente planta en la cadena productiva.

(f) Requerimientos especiales.

En este punto se deberán incluir los criterios que deben ser considerados en el diseño del proceso. Como ejemplo de estas consideraciones se pueden citar:

- La recuperación del calor y energía deberá ser maximizada donde esto se justifique económicamente.
- Para minimizar los requerimientos de agua de enfriamiento, el uso de enfriadores de aire deberá maximizarse.
- El rendimiento de una corriente específica de proceso (reformado, destilado, etc.) deberá ser maximizado.
- Cualquier mejora relacionada con la disminución del impacto ambiental deberá ser considerada.
- Los actuadores críticos deberá incluir equipo de vapor y eléctrico, pero el consumo de servicios auxiliares deberá estar basado en el consumo de electricidad.
- Si alguna de las bases de diseño es considerada como crítica en términos técnicos y/o económicos, el tecnólogo deberá proponer modificaciones basadas en su mejor conocimiento que permitan mejorar el funcionamiento del proceso. Si este fuera el caso, el tecnólogo deberá proporcionar el soporte técnico y económico que avalen dichas mejoras.

(g) Condiciones de los servicios auxiliares existentes.

En este apartado se deberá establecer que el tecnólogo deberá diseñar la nueva unidad respetando las condiciones de los servicios auxiliares especificados en este punto. Además, se deberá aclarar que si se requirieran



cualquier otro servicio auxiliar que no se encuentre disponible, el tecnólogo tendrá que arreglarlo y considerarlo como parte del alcance de su propuesta.

La información que normalmente se incluye en este apartado es la siguiente:

#### Electricidad.

En este punto se debe especificar las características de la electricidad disponible para motores, control, alumbrado, instrumentos, y si existe capacidad instalada. Las especificaciones requeridas son voltaje, número de fases y frecuencia. Para el caso de motores, se deberá indicar por rangos el número de fases y el voltaje deseados para cada rango, por ejemplo: motores de 0 a 0.75 Kw usarán electricidad de 1 fase y 127 volts, motores de 1 a 150 Kw usarán electricidad de 3 fases y 480 volts, etc.

#### Vapor.

Para todos lo tipos de vapor disponibles (baja, media y alta) en la refinería o centro petroquímico, se deberá especificar su presión, temperatura, calidad y disponibilidad.

#### Condensado.

En este punto se debe establecer las condiciones de presión, temperatura y nivel de recuperación de los condensados de baja y media presión.

#### Agua.

En este apartado se debe indicar las condiciones de presión, temperatura, disponibilidad, propiedades específicas (pH, dureza, etc.) del agua de proceso, agua para rehervidores, agua de enfriamiento, agua para servicios, agua de contraincendio y agua para beber.

#### Aire.

En este punto se debe indicar las condiciones en límites de batería del aire de instrumentos y del aire de planta.

#### Combustible.

Normalmente en una planta de proceso se utilizan combustible gaseoso y combustible líquido. Para cada uno de ellos se deberá indicar la fuente de

suministro, peso molecular, poder calorífico (bajo), presión, temperatura, disponibilidad y composición, entre otras especificaciones.

Requerimiento de servicios auxiliares adicionales.

En este apartado se debe resumir las necesidades de los servicios auxiliares de los cuales ya no existe disponibilidad suficiente, por lo que se debe especificar si se desea que se instalen nuevas secciones para complementar los requerimientos de estos servicios.

(h) Condiciones del sitio donde se instalará la nueva unidad.

En este punto se debe proporcionar la información sobre el sitio donde será instalada la nueva unidad. Es importante establecer que el tecnólogo deberá seleccionar los equipos y materiales de acuerdo a las condiciones que aquí se especifiquen. En el caso de que el tecnólogo asuma condiciones diferentes, estas deberán ser establecidas en forma clara en su propuesta y deberán estar sujetas a la aprobación del usuario (cliente). Entre la información que se incluye en este apartado se puede citar:

- Localización (ciudad, área, estado, país, etc.) así como la altitud en relación al nivel medio del mar.
- Temperatura del ambiente: mínima, mínima promedio, máxima, máxima promedio, promedio de bulbo húmedo, promedio del mes más caliente, promedio del mes más frío, y temperatura para el diseño de enfriadores con aire.
- Precipitación fluvial: máxima en 12 o 24 horas, promedio anual y máxima en 30 días.
- Viento: dominante, prevaleciente, velocidad promedio y máxima velocidad.
- Humedad: máxima y mínima.
- Atmósfera: presión atmosférica y el tipo de ambiente (corrosivo, etc.).

(i) Alcance de las instalaciones requeridas.

En este apartado se describen los requerimientos adicionales de subfacilidades en relación a las secciones que normalmente conforman la unidad. Si alguna "subfacilidad" es requerida, se deberá especificar su objetivo y si ésta estará localizada dentro o fuera de límites de batería (ejemplo: secador de aire de instrumentos, sistema de desfogue, sistema de recuperación de condensados, etc.).

**(6) SECCION VI. "BORRADOR DEL CONTRATO".**

En esta sección se deberá incluir el borrador del contrato, dejando en blanco aquellos conceptos que deberán ser llenados por el tecnólogo. Este borrador no debe ser considerado como definitivo sino que debe servir como base para posteriormente pasar a la mesa de negociación, donde puede ser modificado de acuerdo a los intereses de ambas partes. Existen reportadas en la literatura algunas recomendaciones prácticas de lo que debe contener un contrato de transferencia de tecnología (Giral y Nieto, 1977; ONUDI, 1981; etc.), por lo que a continuación solo se indica las secciones o cláusulas que un contrato de esta índole debe contener.

- Declaraciones.
- Cláusula 1. Definiciones.
- Cláusula 2. Objeto del contrato.
- Cláusula 3. Alcance de las obligaciones del tecnólogo (contratista).
- Cláusula 4. Inspección del sitio.
- Cláusula 5. Obligaciones del propietario (usuario, cliente, etc.).
- Cláusula 6. Establecimiento de los representantes legales de las partes.
- Cláusula 7. Precio del contrato.
- Cláusula 8. Términos de pago.
- Cláusula 9. Garantías de funcionamiento.
- Cláusula 10. Programa de trabajo.
- Cláusula 11. Retrasos.
- Cláusula 12. Variaciones en el alcance de los trabajos.
- Cláusula 13. Ingeniería básica (detalle, servicios, etc.).
- Cláusula 14. Uso de la información técnica.
- Cláusula 15. Revisión y certificación de los servicios de otros contratistas.
- Cláusula 16. Supervisión por el cliente.
- Cláusula 17. Supervisión de las pruebas de funcionamiento.
- Cláusula 18. Aceptación de la ingeniería básica.
- Cláusula 19. Garantías y periodo de garantía.
- Cláusula 20. Fecha efectiva.
- Cláusula 21. Seguros.
- Cláusula 22. Personal del tecnólogo (contratista).
- Cláusula 23. Indemnizaciones.
- Cláusula 24. Impuestos.
- Cláusula 25. Terminación del contrato.
- Cláusula 26. Suspensión del contrato.
- Cláusula 27. Nacionalidad.

- Cláusula 28. Fuerza mayor.
- Cláusula 29. Subcontrataciones por el tecnólogo.
- Cláusula 30. Cumplimiento con los compromisos de la propuesta.
- Cláusula 31. Jurisdicción y leyes que gobiernan el contrato.
- Cláusula 32. Provisiones generales.
- Anexos.

**(7) SECCION VII. "FORMA DE LA PROPUESTA Y PROGRAMA DE FACTURACIÓN Y COSTOS".**

En esta sección se debe indicar la forma como deberá ser presentada la propuesta, esto con el objetivo de normalizar la documentación de cada uno de los oferentes que se presenten en el concurso.