

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN



DESARROLLO DE UN MODELO DE JERARQUIZACION DE  
PROYECTOS DE INVERSION EN LA CARTERA DE PEMEX  
PARA LA OPTIMIZACION EN LA ASIGNACION DE RECURSOS

# TESIS

Que Para Obtener el titulo de

LICENCIADO EN MATEMATICAS APLICADAS Y COMPUTACION

Presenta

Miguel Angel Trejo Barrera

ASESOR DE TESIS

MTRO. RAUL ROSILLO FLORES

MEXICO, D. F.

1998

262870

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

4/7  
2 es.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# PETROLEOS MEXICANOS

PRODUCCION, REFINACION Y DISTRIBUCION DE PETROLES Y SUS DERIVADOS

AV. BARRILERA NACIONAL NO. 328  
C.P. 17311 MEXICO D.F.

APDO. 02140 ALER-95  
CABLE "PEMEX"

## INFORME DE PRÁCTICA PROFESIONAL DE SERVICIO A LA COMUNIDAD

Informe Global

Presentado al Prof. Alejandro Sánchez Maldonado,  
Jefe del Departamento de Servicio Social Acatlán

por  
Miguel Angel Trejo Barrera

pasante de la Carrera de  
Licenciado en Matemáticas Aplicadas y Computación

Agosto de 1997

8 SEP '97 AM



---

**DESARROLLO DE UN MODELO DE  
JERARQUIZACIÓN DE PROYECTOS DE  
INVERSIÓN EN LA CARTERA DE PEMEX PARA  
LA OPTIMIZACIÓN EN LA ASIGNACIÓN DE  
RECURSOS**

---

---

## Datos Generales

*Modalidad de titulación* : Informe de Práctica Profesional de Servicio a la Comunidad.

*Nombre del programa de Servicio Social* : Proser-DCA.

*Clave del programa* : 96-106/001-1688.

*Nombre del registro de titulación* : Desarrollo de un modelo de jerarquización de proyectos de inversión en la cartera de Pemex para la optimización en la asignación de los recursos.

*Nombre del prestador* : Miguel Angel Trejo Barrera.

*Número de cuenta* : 9257727-9.

*Carrera* : Licenciatura en Matemáticas Aplicadas y Computación (MAC).

*Número de cartilla del Servicio Social* : 15333.

*Institución de prestación* : Petróleos Mexicanos.

*Periodo de prestación* : 11 de noviembre de 1996 al 12 de mayo de 1997.

*Informe* : Global.

---

---

*Dedico este esfuerzo a Habacuc y Florisbertha, mis padres;*

*a Encarnación y Ángela, mis abuelos;*

*a Elda Amparo, Enrique Habacuc, Flori Angélica, Adriana y Mariña Elena, mis hermanos;*

*y al Yaco, mi amigo.*

---

# Contenido

<b>Introducción</b>	<b>i</b>
<b>Apartados</b>	<b>iii</b>
<b>A. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DE SERVICIO SOCIAL</b>	<b>iii</b>
<b>B. SEGUIMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA DETECTADA</b>	<b>iv</b>
<b>C. SUSTENTO TEÓRICO-METODOLÓGICO</b>	<b>v</b>
<b>D. RESULTADOS</b>	<b>vi</b>
<b>E. OBSERVACIONES</b>	<b>vii</b>
<b>F. CONCLUSIONES</b>	<b>vii</b>
<b>Capítulo I. Análisis de Inversiones e Investigación de Operaciones</b>	<b>1</b>
<b>I.1 PROYECTOS DE INVERSIÓN</b>	<b>1</b>
<i>I.1.1 Definición</i>	<i>1</i>
<i>I.1.2 Clasificación</i>	<i>2</i>
<b>I.2 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN</b>	<b>5</b>
<i>I.2.1 Medidas de rendimiento</i>	<i>5</i>
I.2.1.1 Método del Valor Anual Equivalente	6

---

I.2.1.2 Método del Valor Presente	6
I.2.1.3 Método de la Tasa Interna de Rendimiento	7
I.2.1.4 Método del Periodo de Recuperación de la Inversión descontado	7
<i>I.2.2 Métodos de análisis</i>	8
<b>I.3 CARTERAS DE INVERSIÓN</b>	<b>11</b>
<i>I.3.1 Riesgo, rendimientos y diversificación</i>	11
<i>I.3.2 Análisis de carteras</i>	16
<b>I.4 INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES</b>	<b>18</b>
<i>I.4.1 Programación binaria</i>	19
<i>I.4.2 Método de Newton</i>	19
<b>Capítulo II. Diagnóstico de la Cartera de Inversiones de Pemex</b>	<b>21</b>
<b>II.1 ANTECEDENTES</b>	<b>21</b>
<i>II.1.1 Organización básica de Pemex</i>	21
II.1.1.1 Gerencia de Presupuestación	24
<i>II.1.2 Proyectos de inversión, planeación y evaluación</i>	26
II.1.2.1 Proyectos de Inversión	27
II.1.2.2 Sistema de Planeación y Evaluación de Proyectos de Inversión	28
<b>II.2 CARTERA DE INVERSIONES</b>	<b>30</b>
<i>II.2.1 Organización de la cartera de proyectos de inversión</i>	30
II.2.1.1 Jerarquización Actual	31

---



<i>II.2.2 Problemas</i>	31
<i>II.2.3 Sistemas de información</i>	32
<b>II.3 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO</b>	<b>36</b>
<i>II.3.1 Inventario de Procesos-Producto</i>	36
<i>II.3.2 Análisis de Informe Trimestral y Cartera de Inversiones</i>	37
II.3.2.1 Informe Trimestral	37
II.3.2.2 Cartera de Inversiones	40
<i>II.3.3 Conclusión del análisis</i>	42
<b>Capítulo III. Jerarquización de la cartera de Pemex</b>	<b>45</b>
<b>III.1 PORTAFOLIO DE PEMEX</b>	<b>45</b>
<i>III.1.1 Tipos de proyectos</i>	45
III.1.1.1 Proyectos de inversión de reemplazo para mantenimiento del negocio	45
III.1.1.2 Proyectos de inversión de reemplazo para la reducción de costos	46
III.1.1.3 Proyectos de expansión de los productos o mercados existentes	46
III.1.1.4 Proyectos de expansión hacia nuevos productos o mercados	46
III.1.1.5 Proyectos de seguridad y/o protección ambiental	46
III.1.1.6 Proyectos diversos	47
<i>III.1.2 Tipos de proyectos</i>	47
III.1.2.1 Determinísticos	47
III.1.2.2 Probabilísticos	48

---

<b>III.2 MEDIDAS DE RENTABILIDAD</b>	<b>49</b>
<b>III.3 COSTO DE CAPITAL</b>	<b>50</b>
<b>III.4 PROPUESTA DE SOLUCIÓN</b>	<b>52</b>
<i>III.4.1 Planteamiento del problema de cartera de Pemex</i>	52
III.4.1.1 Objetivo	52
III.4.1.2 Restricciones	52
III.4.1.3 Variables	54
III.4.1.4 Rendimientos	54
III.4.1.5 Riesgo diversificable	54
III.4.1.6 Proyectos de la cartera	55
<i>III.4.2 Modelo propuesto</i>	56
<i>III.4.3 Solución</i>	58
<b>III.5 EJEMPLO</b>	<b>59</b>
<i>III.5.1 Datos</i>	59
<i>III.5.2 Planteamiento del modelo</i>	67
<i>III.5.3 Resultado</i>	68
<b>Conclusiones</b>	<b>73</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>75</b>

---

# Introducción

Los problemas económicos por los que atravesamos en el país nos han empujado hacia una mayor eficiencia y productividad en las empresas y, en general, en todas nuestras actividades. El gobierno no está exento: la devaluación de nuestra moneda ha provocado un encarecimiento de recursos también para el gobierno, quien se preocupa por allegarse un mayor número de recursos por todas las vías posibles. Un claro reflejo de esto, es el fuerte control que está ejerciendo en su proceso de recaudación fiscal; lo está haciendo más eficiente. Otra forma de atraer más recursos, es invertir en sectores de grandes rendimientos; lo cual, evidentemente, aumentará sus ingresos. Uno de estos sectores, de grandes rendimientos, lo constituye el petrolero; las fabulosas ganancias de los proyectos llevados a cabo por este sector llaman la atención del gobierno, quien pretende invertir mayores recursos por la sencilla razón de obtener jugosas ganancias proporcionales a su inversión.

Pero la productividad de Petróleos Mexicanos, a pesar de sus rendimientos, no es la óptima debido a errores en el manejo de los recursos, los cuales provocan pérdidas millonarias. Esto lo saben el gobierno y Pemex, por lo que hacen esfuerzos encaminados a mejorar la productividad de la empresa. Uno de estos esfuerzos, el mayor muy probablemente, es la implementación de un Sistema Integral de Información Financiera que otorgará un mejor control sobre los recursos a la corporación y, en consecuencia, un incremento en su eficiencia.

Otro esfuerzo, pequeño en comparación al anterior, es el motor del presente trabajo. El objetivo es la jerarquización de los proyectos de inversión encontrados en la cartera de la corporación, con el fin de buscar un mejoramiento en la utilización de los recursos de la empresa.

El primer capítulo versa sobre la materia que manejaremos, Análisis de Inversiones. Nos explica lo que es un proyecto de inversión, así como la manera en que se clasifican, para después ofrecernos una semblanza del análisis, las medidas de rendimiento y los métodos de análisis de los proyectos de inversión, incluida una metodología para abordar el análisis y evaluación de proyectos; también, hablamos sobre el tema de carteras de inversión, del que mencionamos su significado, cómo se analiza y sus métodos de solución más conocidos. Por último, introducimos el tema de Investigación de Operaciones, del cual mencionamos la programación Binaria y el método de Newton los cuales nos ayudarán a resolver nuestro problema de asignación de recursos.

El capítulo II nos sitúa en el entorno de cartera de inversiones de Pemex. Primero, nos pone al tanto de la empresa en que desarrollaremos el trabajo, su estructura organizacional y el área donde estaremos; también, nos explica la conceptualización y el proceso de planeación y

evaluación de los proyectos de inversión. En seguida, analizamos la cartera de proyectos de inversión, sus problemas y los sistemas que utiliza en su desarrollo. Por último, revisamos los procesos relacionados con la cartera y emitimos un diagnóstico acerca de ésta.

El capítulo III aplica los conceptos de análisis de proyectos y de investigación de operaciones al entorno de Pemex. Posteriormente, planteamos nuestro problema central, ¿cómo jerarquizar los proyectos contenidos en la cartera de Pemex? Definimos objetivo, restricciones y variables de nuestro problema de Investigación de Operaciones; después, planteamos el modelo que ayudará a mejorar la asignación de recursos en la corporación. Finalmente, comprobamos la eficacia del modelo mediante un ejemplo con su respectivo análisis.

# Apartados

## A. Descripción del programa de Servicio Social

### *Datos Generales*

*Modalidad de titulación* : Informe de Práctica Profesional de Servicio a la Comunidad.

*Nombre del programa de Servicio Social* : Proser-DCA.

*Clave del programa* : 96-106/001-1688.

*Nombre del registro de titulación* : Desarrollo de un modelo de jerarquización de proyectos de inversión en la cartera de Pemex para la optimización en la asignación de los recursos.

*Nombre del prestador* : Miguel Angel Trejo Barrera.

*Número de cuenta* : 9257727-9.

*Carrera* : Licenciatura en Matemáticas Aplicadas y Computación (MAC).

*Número de cartilla del Servicio Social* : 15333.

*Institución de prestación* : Petróleos Mexicanos.

*Periodo de prestación* : 11 de noviembre de 1996 al 12 de mayo de 1997.

### *Objetivo*

Desarrollar un modelo de jerarquización de proyectos de inversión en la cartera de Pemex que logre la asignación de recursos óptima.

### *Cronograma de Actividades*

Actividades:	Mes:	Noviembre			Diciembre					Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo		
	Día:	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27	3	10	17	24	3	10	17	24	31	7	14	21	28	5	12
Capítulo I. Conceptos Básicos de Análisis de Inversiones	Inicio:	X																										
	Fin:				X																							
Capítulo II. Diagnóstico del Manejo de Cartera de Inversiones de Pemex	Inicio:				X																							
	Fin:								X																			
Capítulo III. Análisis de Teorías actuales de Jerarquización	Inicio:				X																							
	Fin:											X																
Capítulo IV. Propuesta para la Jerarquización de Proyectos de Inversión de la	Inicio:												X															
	Fin:															X												
Capítulo V. Desarrollo del Proyecto	Inicio:																X											
	Fin:																							X				
Conclusiones	Inicio:																								X			
	Fin:																										X	

## **B. Seguimiento de la problemática detectada**

La información oportuna en el momento correcto permite a una empresa elegir las mejores inversiones, las cuales le otorgarán los rendimientos más grandes. Para ello las corporaciones invierten en la capacitación de sus empleados de todos los niveles, compran la mejor tecnología, mejoran sus procesos, etc. Esta afirmación es aplicable a todas las empresas del país, incluyendo las paraestatales.

Petróleos Mexicanos es una empresa enorme con problemas que corresponden a su tamaño. La corporación paraestatal tiene una serie de problemas que incluyen duplicidad de funciones, burocracia, planeación inadecuada, entre otros; pero existe un deseo de mejorar, de cambiar la forma en que hacen las cosas. Muy probablemente, este deseo es impulsado por las presiones del gobierno de obtener mayores recursos de sus fuentes. Pero independientemente de cuál es el motivo del cambio observamos que la empresa presenta todas las condiciones propicias para lograrlo. Cuenta con los recursos materiales, monetarios e intelectuales necesarios para mejorar su desempeño y sus rendimientos.

Las acciones efectuadas por la empresa con el fin de mejorar su funcionamiento incluyen la revisión de sus procesos en busca de mejoras en su calidad y oportunidad. Además, la implantación de un Sistema Integral de Información Financiera que les permitirá controlar mejor los recursos de la empresa, y la creación de una herramienta que informe a los altos directivos para aprobar los proyectos más convenientes para la empresa.

Nuestro problema está enfocado a resolver la falta de información oportuna y eficiente respecto a los proyectos nuevos, en su parte de conjunción como cartera de proyectos. De manera más clara, informar a los altos directivos acerca de cuál es el grupo de proyectos más conveniente para la empresa, analizados en conjunto.

Un buen trabajo tiene como base el estudio de los antecedentes del problema y una investigación bibliográfica extensa. De modo que abordamos el problema estudiando su entorno e investigando profundamente el tema a tratar en busca de un trabajo antecedente que nos sirviera como base para el desarrollo de nuestro modelo.

En ausencia de bibliografía y desarrollos previos procedimos a aplicar los conocimientos obtenidos en la universidad. Pronto llegamos a la conclusión de que la mejor herramienta para solucionar un problema de asignación de recursos es la Investigación de Operaciones. Planteamos nuestro problema y lo comparamos con las diversas opciones que ofrece ésta rama de las matemáticas y llegamos a la Programación Binaria y la Programación No Lineal.

### **C. Sustento teórico-metodológico**

Aplicamos la Investigación de Operaciones (IO) para la solución de nuestro problema porque es la herramienta que ayuda a resolver problemas de control en las organizaciones “a fin de que se produzcan soluciones que sirvan mejor a los objetivos de toda la organización”<sup>1</sup>. Nuestro problema es el control del presupuesto en la organización y tiene un fin muy parecido al mencionado antes.

La IO es aplicable a problemas determinísticos, con riesgo y bajo incertidumbre. Los problemas determinísticos son semejantes al nuestro, ya que los definimos como problemas que para cada alternativa tienen sólo una solución; afirmamos lo anterior porque para unas ciertas restricciones (indicadores económicos) sólo existe una cartera que satisface todas ellas.

Dentro de los problemas determinísticos existen la programación lineal y la no lineal; nuestro modelo contiene una función objetivo lineal, por lo cual, creíamos que resolveríamos el modelo con la programación lineal, pero no fue así, ya que existe una restricción no lineal (riesgo diversificable); por lo tanto, nuestro modelo no cumplió con las condiciones para ser clasificado lineal y procedimos a utilizar programación no

---

<sup>1</sup> Prawda, Juan. *Métodos y modelos de Investigación de Operaciones, vol. I Modelos Determinísticos*, 1ª edición, Limusa, México, 1991, pág. 20.

lineal. Específicamente aplicamos el **método de Newton**, clasificado como *método de optimización que utiliza derivadas para funciones de varias variables no restringido*.

## **D. Resultados**

El modelo propuesto no resuelve el problema completamente, pero sirve como base para desarrollar un trabajo más elaborado que resuelva todos los aspectos del problema.

Está limitado a considerar como indicadores económicos el Valor Presente Neto (VPN), el riesgo diversificable, el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI), la Tasa Interna de Rendimiento (TIR) y los costos; así como un número reducido de proyectos, comparado con los que maneja la empresa.

Nuestro modelo puede obtener la cartera de proyectos más rentable (rentabilidad medida por el VPN), proporcionando los indicadores económicos de riesgo diversificable, PRI, TIR y costo implícitos. Debido a que establecimos como restricciones al modelo los indicadores mencionados, podemos obtener del modelo una cartera restringida a un cierto valor de cualquier indicador. Es decir, el modelo puede obtener la cartera con mayor rendimiento sin rebasar cierta medida de cualquier indicador económico mencionado.

Este resultado es importante debido a que la empresa puede saber la cartera de proyectos que debe formar para recuperar su inversión en 10 años, por ejemplo, pero sin descuidar los demás aspectos de la cartera. También puede saber qué riesgo corre la inversión hecha, hablando de riesgo diversificable. En cuanto al rendimiento, verifica mediante 2 medidas (VPN y TIR) que la cartera satisfaga las exigencias de la empresa.

Estos son los beneficios que obtiene la empresa con el trabajo desarrollado, pero ahí no acaban los beneficios generados por el mismo. La comunidad también se beneficia de manera indirecta al contribuir al mejoramiento de una empresa paraestatal que destina parte de sus ganancias a obras de beneficio social y por ser propiedad de la nación contribuye a engrosar el presupuesto del gobierno, el cual a su vez sirve al pueblo.

Profesionalmente el desarrollo de este trabajo nos ha beneficiado en la parte académica, pues hemos reafirmado y aplicado los conocimientos obtenidos en las aulas de la ENEP Acatlán y también hemos explorado nuevos horizontes del conocimiento como las finanzas y el análisis de proyectos real, el que se practica en Pemex actualmente; entre otras cosas. Al mismo tiempo nos ha servido como experiencia profesional, ya



que trabajamos directamente con la empresa y en la empresa bajo las órdenes de gente capacitada en la materia y con una filosofía de trabajo ejemplar.

*Personalmente nos ayuda a desarrollar las relaciones interpersonales en una dimensión profesional, ya que son diferentes las relaciones con los amigos y profesores que con la gente que trabajamos. Nos ayuda a adquirir seguridad, pues llegamos a plantear ideas frente a gente desconocida y eso nos afianza.*

## **E. Observaciones**

La recomendación, que no podía faltar, es la actualización de las materias referentes a computación. La actualización de dichas materias es muy importante porque, si bien nuestra carrera no es totalmente del área informática ni de sistemas, sí utilizamos ampliamente herramientas computacionales que deben ser las actuales, las que están en boga, porque si no lo son nos quedamos obsoletos al salir al mercado de trabajo.

## **F. Conclusiones**

En una empresa privada podríamos decir que el modelo propuesto daría una ventaja a la empresa sobre sus competidores y un rendimiento extra a sus inversionistas. En el caso de Pemex no hay competidores en el país, pero en el extranjero hay corporaciones petroleras mucho más eficientes y con nóminas más pequeñas, corporaciones con las que debe compararse Pemex, ver sus deficiencias y trabajar por superarlas. De modo que el modelo propuesto representa un granito de arena en el trabajo a emprender por mejorar la corporación. En cuanto a los inversionistas, en este caso somos los contribuyentes que a través del gobierno inyectamos recursos financieros a la corporación y esperamos que se aprovechen de la mejor manera.

Como ya mencionamos, las metas del proyecto fueron parcialmente alcanzadas, pues no solucionamos totalmente el problema tratado. Esto fue debido a que no existió un antecedente sobre el cual hubiera sido más fácil el despegue del proyecto; tuvimos que estudiar los pocos antecedentes y construir nuestras propias bases. Pero el interés básico de ofrecer una herramienta para la toma de decisiones ha sido satisfecho.

El modelo propuesto informa acerca de la cartera de proyectos más conveniente para la empresa, basada en parámetros establecidos por la misma.

Referente a los beneficios proporcionados a la sociedad no son directos y quizás no los percibamos pero son importantes, ya que es una contribución personal que multiplicada por cada ciudadano se vuelve importante.

# Capítulo I. Análisis de Inversiones e Investigación de Operaciones

## I.1 PROYECTOS DE INVERSIÓN

### *I.1.1 Definición*

Los proyectos de inversión se definen como “un plan, que si se le asigna determinado monto de capital y se le proporcionan insumos de varios tipos, podrá producir un bien o un servicio, útil al ser humano o a la sociedad en general”<sup>2</sup>.

El monto de capital consiste en la aplicación de los recursos de un individuo o una empresa a una tarea encaminada a actividades productivas, con la expectativa de obtener beneficios a lo largo del tiempo.

Una visión complementaria del tema nos la ofrecen los escritores y hermanos chilenos Nassir y Reinaldo Sapag Chain. Nos dicen que los proyectos surgen de las necesidades individuales y colectivas de la persona. Es ella la que importa, son sus necesidades las que se deben satisfacer a través de una adecuada asignación de recursos, teniendo en cuenta la realidad social, cultural y política en la que el proyecto pretenda desarrollarse.<sup>3</sup>

Es cierto, no debemos olvidar a la gente, los consumidores, quienes mantienen a las grandes y pequeñas empresas y quienes deben ser la prioridad más alta para los directivos de las empresas. También es importante tomar en cuenta el entorno en que se desarrolle el proyecto, como bien dicen los hermanos Sapag.

Otra definición es la que encontramos en un texto del español Peumans.

---

<sup>2</sup> Baca Urbina, Gabriel. *Evaluación de Proyectos*, 3ª. Edición, McGraw-Hill, 1997, pág. 2.

<sup>3</sup> Sapag Chain, Nassir y Reinaldo. *Preparación y Evaluación de Proyectos*, McGraw-Hill, Chile, 1989. pág. 10.

Según Peumans, se puede decir que invertir consiste en adquirir bienes concretos, pagar un coste actual por la esperanza de poder disfrutar en el futuro de unos ingresos. Es el cambio de una certidumbre (la renuncia a una satisfacción inmediata y cierta) por un conjunto de expectativas de beneficio distribuidas en el tiempo.<sup>4</sup>

Debemos tener bien claro lo perseguido cuando se emprende un proyecto. La inversión se hace en actividades productivas, pues esperamos obtener beneficios, independientemente de si el enfoque es el incremento de los ingresos y/o la reducción de gastos; pero queremos hacer énfasis en la importancia de tomar en cuenta a la gente, no solo fijarnos en los beneficios monetarios, sino también en los sociales, al considerar la realidad social, cultural y política, como lo mencionan los hermanos Sapag.

### *1.1.2 Clasificación*

Debido a que no todos los proyectos son iguales, las empresas requieren de una clasificación de éstos. Existen varias clasificaciones de los Proyectos de Inversión de las cuales enlistamos, en primer lugar, la que se relaciona con nuestro tema y consideramos más detallada.<sup>5</sup>

1. *Proyectos de Inversión de Reemplazo para mantenimiento del negocio.* Abarcan el reemplazo de equipos dañados o desgastados que se usan para la elaboración de los productos rentables. Son necesarios cuando las operaciones se ven interrumpidas y se deben restablecer. Su proceso de decisión no es detallado.
2. *Proyectos de Inversión de Reemplazo para la reducción de costos.* Este tipo de proyectos incluye el reemplazo de los equipos utilizables pero ya obsoletos. La meta es disminuir costos (de mano de obra, de materiales o de otros insumos). La decisión para emprender el proyecto se toma después de un análisis detallado.
3. *Proyectos de expansión de los productos o mercados existentes.* Abarcan el incremento de la producción de productos actuales o la ampliación de las vías de distribución a los mercados presentes. Debido a que la decisión sobre este proyecto es muy compleja debemos hacer un análisis muy detallado.

---

<sup>4</sup> Peumans, H. *Valoración de Proyectos de Inversión*, Deusto, Bilbao, España, 1967, pág. 19.

<sup>5</sup> Weston, J. Fred; Brigham, Eugene F. *Fundamentos de Administración Financiera*, 10ª edición, McGraw-Hill, E.U., pp. 639, 640.

4. *Proyectos de expansión hacia nuevos productos o mercados.* Comprende la elaboración de un nuevo producto o la expansión hacia un área geográfica sin abastecimiento actual. Por ser decisiones importantes, que quizás acarrearían un giro en la naturaleza fundamental del negocio y seguramente erogación de grandes cantidades de dinero en periodos largos, requieren de un análisis realmente detallado.
5. *Proyectos de seguridad y/o de protección ambiental.* Se refiere a los proyectos enfocados a cumplir con las disposiciones gubernamentales, con los contratos laborales o con las pólizas de seguros. También son llamados *proyectos no productores de ingresos*. El proceso de toma de decisiones variará de acuerdo con la magnitud del proyecto.
6. *Proyectos diversos.* Incluyen edificios de oficinas, lotes de estacionamiento, aviones para ejecutivos y otros similares. El manejo de los proyectos de este tipo varía de acuerdo con la empresa que quiera emprenderlo.

En segundo lugar consideramos adecuado clasificar los proyectos de acuerdo con el flujo de gastos e ingresos que provoca la inversión.<sup>6</sup>

1. Point input-Point output. El gasto de la inversión se realiza en una sola época y el producto de la inversión se obtiene, también, en una sola época, posterior a la del gasto.
2. Continuous input-Point output. Los gastos de inversión se escalonan de forma discontinuada en un cierto periodo, mientras que el producto de la inversión se obtiene en una sola época.
3. Point input-Continuous output. El gasto de la inversión se realiza en una sola época y el producto de la inversión está escalonado en un periodo más o menos largo.

La última clasificación es según el tipo de empresa y el sector a que está dirigido.

1. Públicos:
  - 1.a. Sociales
    - Infraestructura
    - Servicios
  - 1.b. Industriales

---

<sup>6</sup> Peumans, H. *Valoración de Proyectos de Inversión*, Deusto, Bilbao, España, 1967, pp. 26-30.

- Estatales
  - Paraestatales
2. Privados:
- 2.a. Servicios (centros comerciales, instituciones financieras, escuelas privadas, etc.)
  - 2.b. Industriales

## **I.2 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN**

Las decisiones que tomemos para algún proyecto deben ser técnica y económicamente aceptables. Con técnicamente aceptables, queremos decir que la metodología de la evaluación sea la correcta; económicamente aceptables es sopesar qué tan rentable o no es el proyecto.

El análisis y la evaluación económica de los proyectos son de vital importancia, pues hacen que tomemos decisiones técnica y económicamente aceptables. Una adecuada evaluación del proyecto nos llevará a una construcción eficiente de la cartera. Una errónea o nula evaluación, hará que nos equivoquemos en las recomendaciones de aceptación o rechazo de los proyectos, lo cual evidentemente repercutirá de forma negativa en la corporación.

**Análisis Económico de Proyectos.** Consiste en el análisis de flujos de efectivo asociados a 2 o más alternativas con objeto de juzgar la valía económica relativa de los mismos.

Se han desarrollado teorías completas en la materia, así como metodologías para resolver este problema.

En el presente tema analizaremos primero la manera en que se mide la rentabilidad de un proyecto, esto para cumplir con la condición de económicamente aceptable; y en seguida, los métodos de análisis y por último una metodología específicamente planteada, vinculada estrechamente a las decisiones técnicamente aceptables.

### ***1.2.1 Medidas de rendimiento***

Existen 4 procedimientos para comparar los flujos de efectivo dentro de un proyecto de inversión a través del tiempo. Dichos métodos dan un parámetro que ayuda a medir la rentabilidad de un proyecto.

- Método del Valor Anual Equivalente.
- Método del Valor Presente.
- Método de la Tasa Interna de Rendimiento.
- Método del Periodo de Recuperación de la Inversión descontado.

### I.2.1.1 Método del Valor Anual Equivalente

Convierte todos los ingresos y gastos que ocurren durante un periodo a una anualidad equivalente (uniforme). La conversión es hecha para recomendar o no la aceptación del proyecto. La regla es que si la anualidad equivalente es positiva, es recomendable llevar a cabo el proyecto. Debido a que debe existir un rendimiento mínimo aceptable para los proyectos, utilizamos la Tasa de Recuperación Mínima Atractiva, mejor conocida como TREMA. Usando esta tasa se elimina el riesgo de aceptar un proyecto que tenga una anualidad equivalente muy cercana a cero, sin llegar a ser cero.<sup>7</sup>

### I.2.1.2 Método del Valor Presente

Es de los más socorridos en la materia. El método consiste en determinar la equivalencia en el tiempo cero de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y compara esta equivalencia con el desembolso inicial. Para recomendar la aceptación de un proyecto por este método, es necesario que la equivalencia mencionada sea mayor que el desembolso inicial.<sup>8</sup>

La siguiente fórmula es utilizada para evaluar el valor presente de los flujos generados por un proyecto de inversión:

$$VPN = S_0 + \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t}$$

donde:

$VPN$  : valor presente neto

$S_0$  : inversión inicial

$S_t$  : flujo de efectivo neto del periodo  $t$  ( $t = 1, 2, 3, \dots, n$ )

$n$  : no. de periodos de vida del proyecto

$i$  : TREMA

<sup>7</sup> Coss Bu, Raúl. *Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión*, 2a. edición, Limusa, México, 1994, pp. 47-49.

<sup>8</sup> Coss Bu, Raúl. *Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión*, 2a. edición, Limusa, México, 1994, pág. 61.



Las ventajas que tiene esta fórmula son, entre otras, el hecho de considerar el valor del dinero en el tiempo al seleccionar el valor adecuado de  $i$  (TREMA) y por dar como resultado un solo valor, independientemente del comportamiento que sigan los flujos de efectivo que genera el proyecto de inversión.

### 1.2.1.3 Método de la Tasa Interna de Rendimiento

La Tasa Interna de Rendimiento (TIR) es la tasa de interés que se gana sobre el saldo no recuperado de una inversión, de tal modo que el saldo final de la vida de la propuesta es cero. La TIR es un índice de rentabilidad ampliamente aceptado. Está definida como la tasa de interés que reduce a cero el valor presente, el valor futuro o el valor anual equivalente de una serie de ingresos y egresos (es conveniente especificar que la TIR es una base de comparación que contiene cierta clase de información sobre la serie de ingresos y gastos a que da lugar una oportunidad de inversión).

La TIR ( $i$ ) satisface la siguiente ecuación:

$$\sum_{t=0}^n \frac{St}{(1+i^*)^t} = 0$$

donde:

$St$ : flujo de efectivo neto del periodo  $t$  ( $t = 1, 2, 3, \dots, n$ )

$n$ : vida de la propuesta de inversión

El intervalo de  $i^*$  es,  $-1 < i^* < \infty$ .

### 1.2.1.4 Método del Periodo de Recuperación de la Inversión descontado

Es el número esperado de años que se requieren para recuperar una inversión original. Lo obtenemos sumando los flujos netos de efectivo descontados (descontados con el costo de capital) de cada año hasta que el costo inicial del proyecto quede por lo menos cubierto. La cantidad total de tiempo requerida para recuperar el monto original invertido, incluyendo la fracción de un año en caso de que sea apropiada, es igual al periodo de recuperación de la inversión descontado.

La fórmula utilizada para la obtención del PRI descontado es:

$$PRI_{\text{Descontado}} = x + \frac{|Fda_x|}{Fd_{x+1}}$$

donde:

$PRI_{\text{Descontado}}$  : Periodo de Recuperación de la Inversión descontado

$x$  : periodo en que se recupera la inversión

$Fda_x$  : flujo descontado acumulado de  $x$

$Fd_{x+1}$  : flujo descontado de  $x + 1$

Las fórmulas para  $Fda_x$  y  $Fd_{x+1}$  son:

$$Fda_x = \sum_{t=0}^x \frac{S_t}{(1+i)^t}$$

$$Fd_{x+1} = \frac{S_{x+1}}{(1+i)^{x+1}}$$

donde:

$S_t$  : flujo de efectivo neto del periodo  $t$  ( $t = 0, 1, 2, \dots, x$ )

$S_{x+1}$  : flujo de efectivo neto del periodo  $x + 1$  (periodo posterior inmediato al de recuperación de la inversión)

$i$  : costo de capital

La utilización de cualquiera de estos 3 métodos es equivalente, es decir, el resultado final, la recomendación de aceptar o no el proyecto, debe ser la misma. El usar cualquiera de los 3 depende del criterio del analista, del problema en específico y de la facilidad de comprensión de los resultados obtenidos.

## ***1.2.2 Métodos de análisis***

Los principales métodos son los empíricos, en los cuales se lleva a cabo únicamente una evaluación subjetiva, y los cuantitativos, en los que se utilizan técnicas numéricas que nos ayudan a visualizar mejor las diferencias entre las alternativas.

De los métodos cuantitativos presentamos una clasificación.

**A. Determinísticos.** En este tipo de métodos se conocen los factores importantes del proyecto (vida, tasas de interés, ingresos, egresos, flujos de efectivo, impuestos, tasas de inflación, tasas de devaluación, etc.), por lo que se dice son bajo certeza.

A.1 Métodos que no toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo.

- a) PRI (Periodo de Recuperación de la Inversión).
- b) ROI (Rendimiento sobre la Inversión).
- c) ROI promedio (Rendimiento Promedio sobre la Inversión).

A.2 Métodos que sí toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo.

- a) VPN (Valor Presente Neto).
- b) TIR (Tasa Interna de Rendimiento).
- c) B/C (Relación Beneficio/Costo).
- d) NB/C (Relación Neta Beneficio/Costo).
- e) EB/C (Relación Beneficio/Costo de Eckstein).

**B. Probabilísticos.** En los 5 métodos siguientes se determinan los factores fundamentales del análisis para poder aplicarlos.

- B.1 Tasa ajustada por riesgo.
- B.2 Equivalente bajo certeza.
- B.3 Método de Montecarlo.

**B.4 Árboles de decisión estocásticos.**

**B.5 Análisis de sensibilidad.**

## I.3 CARTERAS DE INVERSIÓN

Hasta este tema hemos definido los proyectos de inversión, su análisis y evaluación. Estudiamos los proyectos por separado, los clasificamos, definimos la forma en que se mide su eficiencia y mencionamos los distintos métodos para analizarlos. Ahora, estudiaremos la relación estrecha que mantienen el riesgo que corre el inversionista al seleccionar tal o cual proyecto y los rendimientos que espera recibir; también, una manera de reducir el riesgo sin mermar de gran manera los rendimientos. Mencionamos estos conceptos por ser base de la formación de carteras o portafolios de inversión. Como punto de partida mencionaremos el concepto de cartera o portafolio.

Una **cartera o portafolio** de inversión es una colección de valores en poder de un solo inversionista, ya sea una persona física o moral; mediante un proceso llamado *diversificación*, aplicado a una cartera, se puede reducir el *riesgo* implícito en cualquier inversión, sin afectar los *rendimientos esperados*.

### I.3.1 Riesgo, rendimientos y diversificación

Los inversionistas nunca tienen absolutamente seguras sus ganancias al emprender un proyecto, siempre existe un riesgo implícito que puede variar de acuerdo con el proyecto. El riesgo es la probabilidad de no recibir lo esperado.

Existen dos tipos de riesgo, el sistemático y el no sistemático. El **riesgo sistemático o no diversificable** es el que puede atribuirse a una fuente común, que afecta todos los proyectos de la misma manera; también se llama no diversificable porque no puede ser eliminado por diversificación, siempre se mantendrá latente en un mercado (también llamado **riesgo de mercado**).

El **riesgo no sistemático o diversificable** es el que se atribuye a eventos especiales (incendios, inundaciones, huelgas laborales, etc.), los cuales afectan individualmente a un proyecto considerado. Este tipo de riesgo puede ser eliminado por diversificación; es medido por la desviación estándar ( $\sigma$ ).

Los rendimientos esperados son los que impulsan al inversionista a tomar un cierto riesgo; los cuales son definidos de la siguiente manera : el **rendimiento esperado** es la diferencia resultante entre los costos y las ganancias ( $E(R_i)$ ); los rendimientos esperados son la media aritmética.

Para una cartera riesgosa de múltiples valores se calcula de la siguiente manera:

$$E(R_{\text{Cartera}}) = \sum_{i=1}^n W_i E(R_i)$$

donde:

$E(R_{\text{Cartera}})$  : rendimientos esperados del portafolio

$E(R_i)$  : rendimientos esperados del activo  $i$

$W_i$  : porcentaje de fondos o “peso” asignado al activo  $i$ .

Ambos conceptos (riesgo y rendimiento) definen al *espacio riesgo-rendimiento* que grafica la relación entre ambos componentes de uno o varios proyectos (los ejes de la figura I.3.a, representan el espacio riesgo/rendimiento).

Definimos lo anterior para introducir el concepto de **predominio**, de gran importancia ya que un proyecto dominante es preferido por sobre el dominado, debido a la aversión al riesgo de los inversionistas que se refleja en la representación del activo en el espacio riesgo/rendimiento. Un proyecto (A) domina a otro (B) si:

1. A tiene rendimientos esperados más altos y el mismo nivel de riesgo que B.
2. A tiene el mismo rendimiento esperado y un nivel de riesgo menor que B.
3. A tiene un rendimiento esperado superior y un nivel de riesgo inferior al de B.

En el concepto de riesgo mencionamos que es medido por la desviación estándar, la cual es la raíz cuadrada de la varianza<sup>9</sup>, por lo cual mencionaremos cómo se obtiene ésta en una cartera riesgosa. La siguiente fórmula obtiene la varianza de un portafolio riesgoso:

$$\sigma_{\text{Cartera}}^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_i W_j \sigma_{i,j}^2$$

<sup>9</sup> Es una función de las desviaciones (o distancias) de las mediciones muestrales respecto a su media. Cabe mencionar que es la medida de variabilidad más usada en la estadística. Formalmente, la varianza de un conjunto de mediciones  $y_1, y_2, \dots, y_n$  es la media del cuadrado de las desviaciones respecto a su media. Su fórmula es  $\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$  (Mendenhall, William. *Estadística Matemática con Aplicaciones*, 3ª edición, Grupo Editorial Iberoamérica, México, pág. 8).

donde:

$W_i, W_j$  : porcentaje de fondos o “peso” asignado a los activos  $i$  y  $j$ , respectivamente

$\sigma_{i,j}^2$  : la covarianza<sup>10</sup> de rendimientos entre los activos  $i$  y  $j$

$n$  : número total de activos o proyectos en la cartera.

La covarianza se obtiene de la siguiente manera:

$$\sigma_{i,j}^2 = \frac{\sum_{t=1}^T (R_{i,t} - E(R_i))(R_{j,t} - E(R_j))}{T}$$

donde:

$T$  : número de periodos usados para calcular la covarianza.

$R_i, R_j$  : rendimientos de los activos  $i$  y  $j$ , respectivamente (definidos para cada activo).

$E(R_i), E(R_j)$  : rendimientos esperados de los activos  $i$  y  $j$ , respectivamente (es la media de los activos en conjunto de la cartera).

Ahora mencionamos la correlación debido a que es fundamentalmente una covarianza graduada (entre -1 y +1). Su fórmula es la siguiente:

$$CORR_{i,j} = \frac{\sigma_{i,j}^2}{(\sigma_i)(\sigma_j)}$$

donde:

$CORR_{i,j}$  : correlación entre  $i$  y  $j$ .

$\sigma_{i,j}^2$  : covarianza de rendimientos entre los activos  $i$  y  $j$ .

$\sigma_i, \sigma_j$  : desviación estándar de  $i$  y  $j$ , respectivamente.

<sup>10</sup> Es una medida de dependencia entre 2 variables aleatorias. La covarianza de  $Y_1$  y  $Y_2$  la definimos como el valor esperado de  $(Y_1 - \mu_1)(Y_2 - \mu_2)$ . En notación de la esperanza, la covarianza será igual a:  $Cov(Y_1, Y_2) = E((Y_1 - \mu_1)(Y_2 - \mu_2))$ , donde  $\mu_1 = E(Y_1)$  y  $\mu_2 = E(Y_2)$  (Mendenhall, William. *Estadística Matemática con Aplicaciones*, 3ª edición, Grupo Editorial Iberoamérica, México, pág. 206).

De esto se desprende lo siguiente:

- Si las correlaciones de cada par de valores es +1, el riesgo de la cartera sólo depende del riesgo (desviación estándar) de los activos individuales y del valor ponderado que representan en la cartera. En la figura I.3.a representamos las posibles carteras para un par de valores A y C; para este caso de correlación +1, la gráfica representa las posibles carteras con el segmento de A al C.
- Si las correlaciones entre cada par de valores es -1, se puede obtener una fórmula que determina el valor ponderado que se debe asignar a  $i$  para tener una cartera con riesgo de 0; los segmentos de A al B y el de B a C de la figura I.3.a, representan las posibles carteras para este caso, por cierto, el más conveniente para el inversionista.

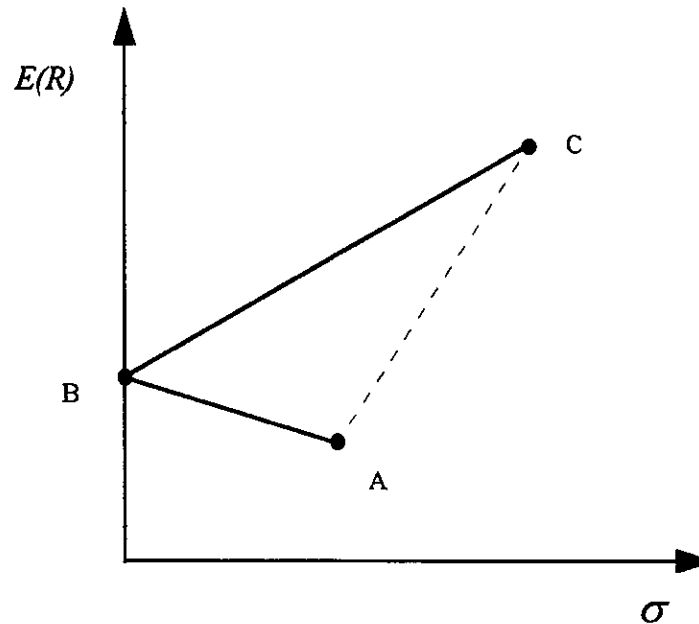


Figura I.3.a.- Combinaciones posibles de riesgo/rendimiento de A y C para cualquier valor de correlación.



- Si las correlaciones entre cada par de valores está entre -1 y +1, los diferentes valores de correlación se pueden graficar como curvas de los puntos A al C dentro del triángulo ABC (figura I.3.a).

El medir la correlación entre cada par de valores de una cartera nos ayuda a reducir el riesgo, ahora definiremos un grupo de carteras, llamado conjunto eficiente, que reducen al máximo el riesgo. Para llegar a este concepto se combinan pares de valores para formar carteras y después se toman éstas como un valor y se combinan otra vez hasta llegar al conjunto eficiente. En la figura I.3.b encontramos 3 valores (1, 2 y 3), de los cuales combinamos 2 de ellos (2 y 3) para formar una cartera, representada por la curva que va del punto 2 al 3; escogemos un punto de las posibles carteras (4) y lo tomamos como un valor, de modo que lo podamos utilizar para crear otras carteras. Realizando un proceso similar varias veces siguen surgiendo nuevas carteras, combinando los valores originales con puntos surgidos de carteras creadas previamente, hasta llegar a crear una cartera representada por la curva que va del punto 1 al 3.

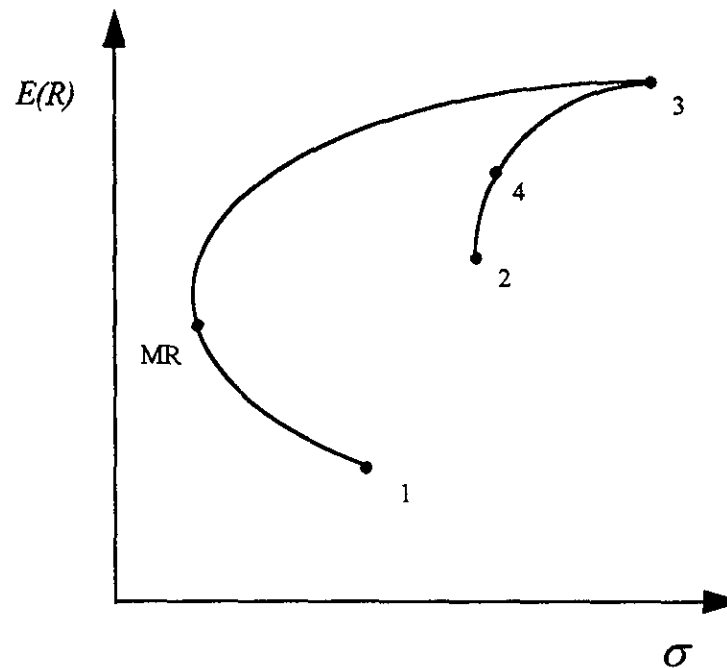


Figura I.3.b.- Posibilidades de cartera con múltiples activos de riesgo.

El punto marcado como  $MR$ , es la cartera que se forma de los valores 1, 2 y 3, y minimiza el riesgo. El **grupo o conjunto eficiente** es el grupo de valores (activos y carteras) no dominados; las carteras de este grupo no son dominadas por ninguna otra. En la figura I.3.b el conjunto eficiente está representado por la curva que va del punto  $MR$  al 3 y se conoce como **frontera eficiente**.

Por último, mencionaremos el concepto de diversificación, el cual ayuda a reducir el riesgo al máximo sin afectar los rendimientos. La selección aleatoria de valores, conocida como **diversificación ingenua**, reduce en gran medida el riesgo de una cartera (una cartera de 20 acciones reduce, en promedio, hasta un 40% del riesgo). La **diversificación de Markowitz** es un proceso utilizando ciertas técnicas matemáticas de programación que ayuda a encontrar las carteras de la frontera eficiente.

### I.3.2 Análisis de carteras

El análisis de una cartera dependerá principalmente del método de solución que apliquemos y del tipo de proyectos que se incluyan, pues de acuerdo con éstos variará la estructura del análisis. Entre los métodos de solución que podemos mencionar está el método de Markowitz, desprendido de la teoría del portafolio publicada por Harry Markowitz en *The Journal of Finance* en 1952; también podemos mencionar el método de Sharpe, desarrollado por William Sharpe pocos años después del anterior. Las características particulares de estos 2 métodos no las mencionaremos, pues lo consideramos innecesario.

En general, podemos mencionar algunos puntos importantes que debemos tomar en cuenta en todas las carteras que analicemos. Enlistamos los siguientes:

- Rendimiento esperado de cada activo o proyecto ( $E(R_i)$ ) y del portafolio ( $E(R_{Cartera})$ ).
- Varianza de cada activo o proyecto ( $\sigma_i^2$ ) y del portafolio ( $\sigma_{Cartera}^2$ ).
- Covarianza para cada par de proyectos ( $\sigma_{i,j}^2$ ).
- Proporción que se invierte del activo respecto de la cartera total ( $W_i$ ) (esto no es aplicable a proyectos).

Los propósitos generales de toda cartera para cualquier inversionista son obtener rendimientos jugosos, los máximos posibles, arriesgando el capital invertido lo menos posible; por lo cual podemos concluir que un modelo general de la cartera será el que minimice el riesgo

encontrando el conjunto de carteras eficientes entre el valor máximo de rendimiento y la cartera que minimiza el riesgo.

## LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

La Investigación de Operaciones (IO), entre otras cosas, nos ayuda a asignar los recursos de una empresa de manera óptima. Por ello, analizaremos los puntos que nos pueden ser de utilidad.

La IO se define como “la aplicación, por grupos interdisciplinarios, del método científico a problemas relacionados con el control de las organizaciones o sistemas (hombre-máquina) a fin de que se produzcan soluciones que mejor sirvan a los objetivos de toda la organización”<sup>11</sup>; en nuestro caso, el control que queremos tener sobre la organización (Pemex) es en su parte financiera.

La IO resuelve problemas de toma de decisiones, los cuales, son aplicables a los siguientes tres tipos de problemas (en todos hay más de 2 alternativas)<sup>12</sup> :

- **Problemas determinísticos.** Estos problemas se caracterizan por que cada alternativa del problema tiene sólo una solución. Como hay varias alternativas, hay también varias soluciones, cada una con diferente eficiencia y/o efectividad asociada a los objetivos del sistema. Por lo tanto, existe el problema de decisión.
- **Problemas con riesgo.** Aquí cada alternativa del problema tiene varias soluciones. Cada solución puede ocurrir con una cierta probabilidad. La distribución de estas probabilidades se conoce o se puede estimar.
- **Problemas bajo incertidumbre.** Cada alternativa del problema bajo incertidumbre tiene varias soluciones. Sin embargo, se ignora con que probabilidad o distribución probabilística ocurrirán estas soluciones.

Los problemas de tipo determinístico son los más parecidos al problema de asignación de recursos que tratamos de resolver, porque una de sus características es que las alternativas del problema tienen una y sólo una solución a diferencia de los otros tipos de problemas que tienen varias.

Los problemas de IO también los clasificamos en lineales y no lineales según la estructura de su función objetivo. Dentro de los **problemas lineales** queremos mencionar los problemas de programación binaria, estos problemas se caracterizan por restringir sus variables de decisión a sólo 2 valores 0 o 1, es decir, valores binarios. Nuestro problema consiste en decidir, para cada proyecto, si lo recomendamos (1) para que se incluya en la cartera de proyectos de la empresa o no (0).

---

<sup>11</sup> Prawda, Juan. *Métodos y modelos de Investigación de Operaciones, vol. I Modelos Determinísticos*, 1ª edición, Limusa, México, 1991, pág. 20.

<sup>12</sup> Prawda, Juan. *Métodos y modelos de Investigación de Operaciones, vol. I Modelos Determinísticos*, 1ª edición, Limusa, México, 1991, pp. 31-33.

Dentro de los problemas no lineales existe una clasificación llamada *métodos de optimización que utilizan derivadas para funciones de varias variables en problemas no restringidos*. En esta clasificación cae nuestro modelo en el caso que no sea lineal, ya que cada proyecto representaría una variable dentro del mismo ; lo cual significa que el número de variables sería el mismo que el de proyectos por analizar.

Existen varios métodos dentro de ésta clasificación, de los cuales podemos mencionar los métodos de Newton, de ascenso o descenso acelerado, de direcciones conjugadas, de Davidon-Fletcher-Powell, etc.

A continuación mencionaremos los fundamentos de la programación binaria y del método de Newton.

### ***I.4.1 Programación binaria***

La forma canónica de un problema binario es la siguiente:

$$\text{Opt } Z = cX \quad (\text{Función Objetivo})$$

sujeto a :

$$AX \leq b \quad (\text{Restricciones})$$

$$X \geq 0, \text{ binario.} \quad (\text{Condición de no negatividad})$$

Los problemas binarios son en los que necesariamente las variables de decisión deben ser binarias ; es decir, sólo pueden tomar dos posibles valores : 0 o 1. Los problemas binarios se encuentran incluidos dentro de los problemas enteros, pues los valores posibles para un problema binario son enteros.

### ***I.4.2 Método de Newton***

El método de Newton<sup>13</sup> es un método de Optimización No Lineal, clasificado como uno de los métodos de optimización que utilizan derivadas para funciones de varias variables en problemas no restringidos.

La base de este método son las siguientes reglas iterativas:

---

<sup>13</sup> Prawda, Juan. *Métodos y modelos de Investigación de Operaciones*, vol. I *Modelos determinísticos*, 1ª edición, Limusa, México, 1991, pág. 659.

$$X^{k+1} = X^k - H^{-1}(X^k)\nabla f(X^k) \quad \text{para el caso de minimización,}$$

y

$$X^{k+1} = X^k + H^{-1}(X^k)\nabla f(X^k) \quad \text{para el caso de maximización,}$$

donde,

$X^0$  en  $E^n$  es arbitrario

$f(X)$  es diferenciable

$\nabla f(X^k)$  : transpuesta del gradiente evaluado en el punto  $X^k$  de la  $k$ -ésima iteración

$H^{-1}(X^k)$  : la matriz inversa del Hessiano, evaluado en el punto  $X^k$  de la  $k$ -ésima iteración

No ahondamos en el análisis de los temas expuestos debido a que nuestro trabajo no está enfocado a estudiarlos sino a su aplicación.

## Capítulo II. Diagnóstico de la Cartera de Inversiones de Pemex

### II.1 ANTECEDENTES

#### *II.1.1 Organización básica de Pemex*

Petróleos Mexicanos es la empresa paraestatal a través de la cual el Estado realiza las actividades que le corresponden en exclusiva en las áreas estratégicas del petróleo.

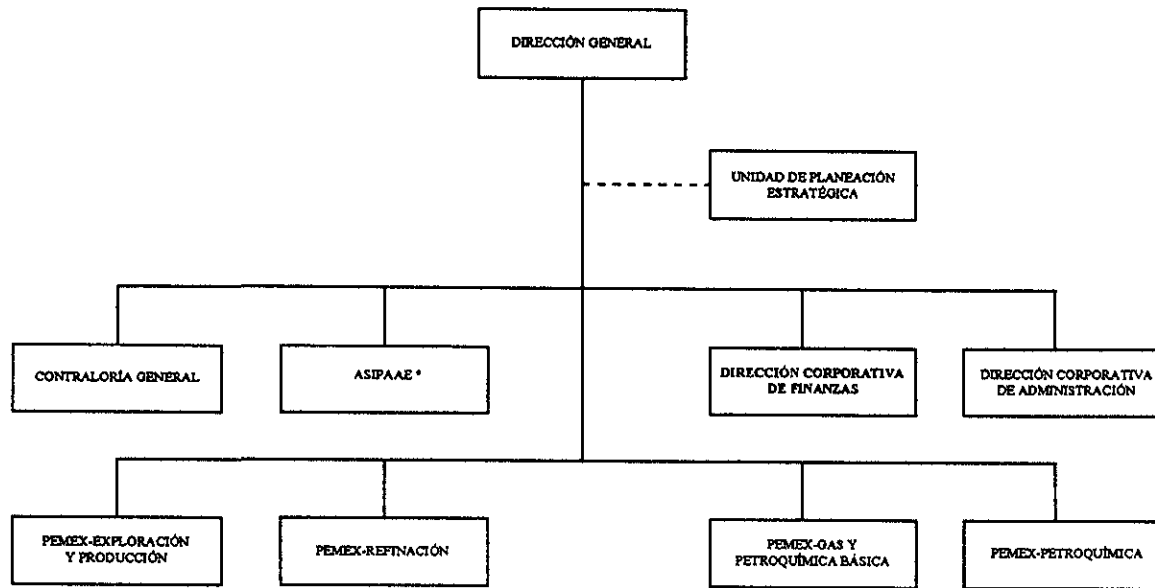
Fue creada el 7 de junio de 1938, por el Gobierno de México, siendo titular del Poder Ejecutivo el Gral. Lázaro Cárdenas del Río, después de haber expropiado la industria petrolera de manos de los extranjeros, el 18 de marzo del mismo año.

Los Programas Nacionales de Modernización de la Empresa Pública y Modernización Energética 1990-94, dieron como resultado la Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, publicada el 16 de julio de 1992 en el Diario Oficial de la Federación. Dicha ley establece que la empresa tiene por objeto ejercer la conducción central y la dirección estratégica de todas las actividades que abarca la industria petrolera estatal, en los términos de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el ramo petrolero.

Según esta ley, la empresa se dividió en 4 organismos subsidiarios y un ente Corporativo para su adecuada administración.

De acuerdo con el *Manual de Organización Básica de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios*, la Estructura Orgánica de la empresa es la siguiente:

ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL DE PETRÓLEOS MEXICANOS



\* ASIPAAE: Auditoría de Seguridad Industrial, Protección Ambiental y Ahorro de Energía

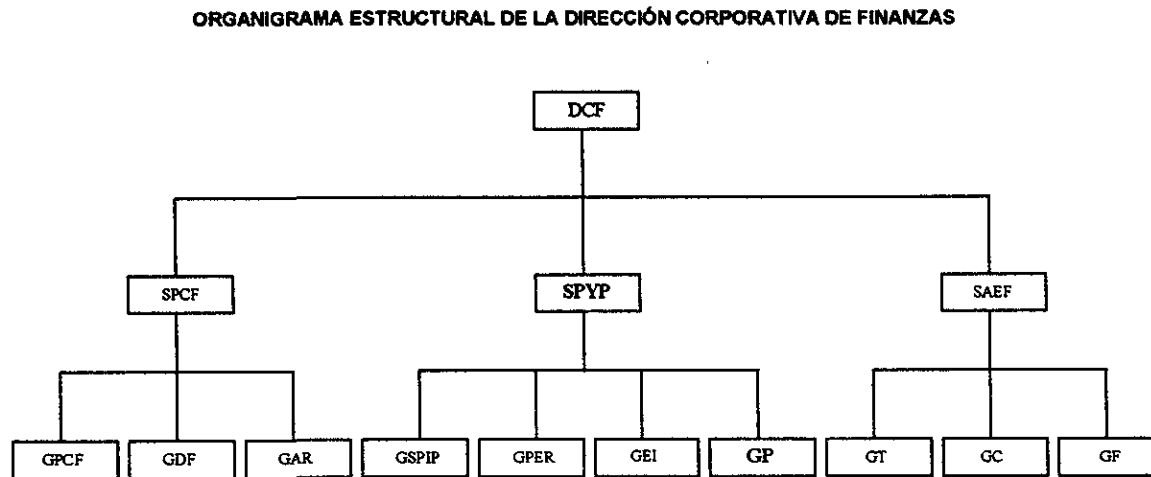
Figura II.1.1.a.- Organigrama estructural de Petróleos Mexicanos.

En el primer nivel del organigrama (figura II.1.1.a) se encuentra la Dirección General de la corporación, máxima autoridad en ésta. En el segundo nivel, tenemos la Unidad de Planeación Estratégica, la cual funge como asesor de la Dirección General. El tercer nivel lo ocupan los órganos corporativos, subordinados a la Dirección General (Contraloría General; Auditoría de Seguridad Industrial, Protección Ambiental y Ahorro de Energía; Dirección Corporativa de Finanzas, y Dirección Corporativa de Administración). El último nivel es ocupado por los organismos subsidiarios de la corporación, también subordinados de la Dirección General: Pemex-Exploración y Producción (PEYP), Pemex-Refinación (PR), Pemex-Gas y Petroquímica Básica (PGYPB) y Pemex-Petroquímica (PP).



Por encontrarnos desarrollando el presente trabajo en la Gerencia de Presupuestación perteneciente a la Dirección Corporativa de Finanzas (DCF) también describiremos el Organigrama Estructural de ésta. La DCF se compone de 3 subdirecciones (Subdirección de Programación y Captación Financiera; Subdirección de Programación y Presupuestación, y Subdirección de Análisis de Estados Financieros) a su vez integradas por varias gerencias. La Subdirección de Programación y Captación Financiera se compone de 3 gerencias: Planeación y Control Financiero; Financiamientos, y Administración de Riesgos. La Subdirección de Programación y Presupuestación se integra por 4 gerencias: Sistemas de Precios e Integración de Programas; Programación y Evaluación de Resultados; Evaluación e Información, y Presupuestación. Y por último, la Subdirección de Análisis de Estados Financieros se compone de 3 gerencias: Tesorería, Contabilidad y Fiscal.

La figura II.1.1.b. nos muestra lo explicado arriba.



DCF.- Dirección Corporativa de Finanzas; SPCF.- Subdirección de Programación y Captación Financiera, SPYP.- Subdirección de Programación y Presupuestación; SAEF.- Subdirección de Análisis de Estados Financieros; GPCF.- Gerencia de Planeación y Control Financiero; GDF.- Gerencia de Financiamientos, GAR.- Gerencia de Administración de Riesgos, GSPIP.- Gerencia de Sistemas de Precios e Integración de Programas, GPER.- Gerencia de Programación y Evaluación de Resultados; GEI.- Gerencia de Evaluación e Información, GP.- Gerencia de Presupuestación; GT.- Gerencia de Tesorería; GC.- Gerencia de Contabilidad, GF.- Gerencia Fiscal

Figura II.1.1.b.- Organigrama estructural de la Dirección Corporativa de Finanzas.

Las funciones de la DCF son las siguientes:

- ⇒ Concertar y negociar los servicios financieros, planear y coordinar el desarrollo del Programa Financiero Internacional de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.
- ⇒ Planear y estructurar el presupuesto global institucional.
- ⇒ Dirigir las acciones encaminadas al equilibrio económico y financiero entre los Organismos Subsidiarios y el Corporativo.
- ⇒ Dirigir las acciones para emisión, actualización y difusión de la normatividad en la evaluación de los proyectos de inversión del Corporativo y de los Organismos Subsidiarios.
- ⇒ Dirigir y planear las acciones, a fin de constituirse como centro de rendimiento, productividad y servicios financieros.
- ⇒ Definir y establecer la estrategia operacional del organismo, elaborando para ello las premisas económicas de sustento, atendiendo a los lineamientos específicos del gobierno federal y el comportamiento del entorno de la empresa.
- ⇒ Definir marcos de referencia para la planeación y toma de decisiones en los organismos.
- ⇒ Definir políticas estratégicas como las de precios de transferencia, interorganismos, productor y al público.
- ⇒ Coordinar la elaboración e integración del programa operativo consolidado de Petróleos Mexicanos.
- ⇒ Integrar el presupuesto consolidado de proyectos de inversión, determinar las mejores condiciones de la cartera y ejecutar el seguimiento físico-financiero de los mismos, propiciando la correcta ejecución de los planes y programas de desarrollo de Petróleos Mexicanos.
- ⇒ Coordinar la optimización conjunta de los Organismos Subsidiarios.

### **II.1.1.1 Gerencia de Presupuestación**

La Gerencia de Presupuestación (GP), parte de la Subdirección de Programación y Presupuestación (SPYP) que se encuentra en la DCF, es el área donde nos encontramos desarrollando el presente trabajo; por lo cual, describiremos su estructura organizacional y sus funciones.

#### **Estructura Organizacional**

La GP está conformada por 5 subgerencias (figura II.1.1.1.a):

- 1) *Subgerencia de Pemex-Exploración y Producción.* Evalúa los planes y programas de egresos de inversión y operación de PEYP, con el fin de optimizar el uso de la cartera de proyectos de inversión y cumplir con las metas planteadas por el organismo subsidiario y Pemex, y vincula el presupuesto de egresos con las metas físicas.
- 2) *Subgerencia de Pemex-Refinación.* Evalúa los planes y programas de egresos de inversión y operación de PR, con el fin de optimizar el uso de la cartera de proyectos de inversión y cumplir con las metas planteadas por el organismo subsidiario y Pemex, y vincula el presupuesto de egresos con las metas físicas.
- 3) *Subgerencia de Pemex-Gas y Petroquímica Básica, Pemex-Petroquímica y Pemex-Corporativo.* Evalúa los planes y programas de egresos de inversión y operación de PGYPB, PP y PC, con el fin de optimizar el uso de la cartera de proyectos de inversión y cumplir con las metas planteadas por los organismos subsidiarios y Pemex, y vincula el presupuesto de egresos con las metas físicas.
- 4) *Subgerencia de Sistemas Presupuestales.* Apoya las funciones de las áreas de la gerencia desarrollando, manteniendo y promoviendo los sistemas presupuestales asociados al cumplimiento de las mismas.
- 5) *Subgerencia de Integración.* Evalúa y consolida el presupuesto de egresos de inversión y de operación de Pemex y sus organismos subsidiarios, garantizando la congruencia entre los presupuestos; además, aplica la normatividad en materia programático-presupuestal establecida por el gobierno federal.

**ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL DE LA GERENCIA DE PRESUPUESTACIÓN**

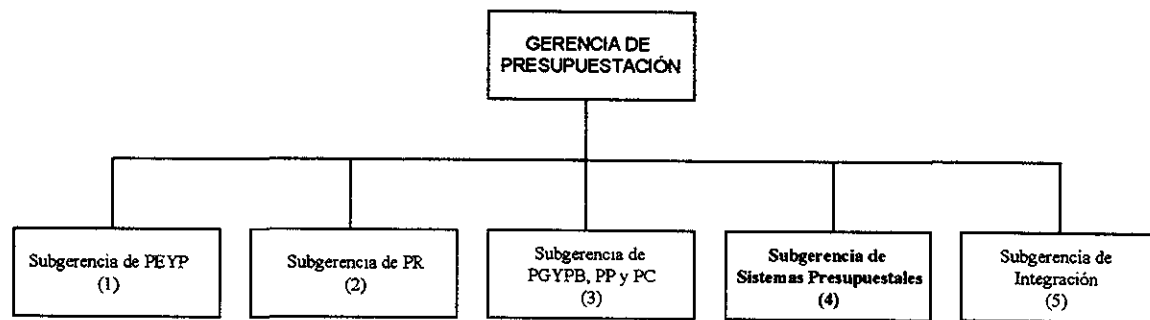


Figura II.1.1.1.a.- Organigrama estructural de la Gerencia de Presupuestación.

## **Funciones**

- Emitir y mantener actualizada la normatividad interna en materia de proyectos de inversión.
- Analizar las solicitudes de inversión estratégica de Petróleos Mexicanos y así sustentar su autorización, jerarquización y ajustes necesarios, congruentes con los planes, programas, presupuestos, lineamientos institucionales y requisitos mínimos de rentabilidad económica.
- Integrar la cartera de proyectos de inversión de la empresa y coordinar su proceso de autorización interna.
- Integrar el programa de inversiones de Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios y tramitar su autorización con las autoridades gubernamentales correspondientes.
- Efectuar el seguimiento físico-financiero de los proyectos de inversión, a fin de obtener elementos de juicio que permitan soportar y orientar la toma de decisiones.
- Informar periódicamente a la Dirección General, al Comité Institucional de Inversiones (CII) y diferentes autoridades gubernamentales, del estado que guarda la cartera general de proyectos de inversión de la institución y, en particular, de los proyectos estratégicos prioritarios.
- Verificar que las solicitudes para la adquisición de bienes capitalizables restringidos por el Centro Corporativo, reúnan los requisitos establecidos y cuenten con recursos presupuestales.
- Negociar el presupuesto de egresos de inversión y operación ante la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP).
- Controlar y dar seguimiento al gasto de operaciones e inversión de Petróleos Mexicanos.

### ***II.1.2 Proyectos de inversión, planeación y evaluación***

La GP emite y mantiene actualizada la normatividad interna en cuanto a proyectos de inversión, además de analizar las solicitudes de inversión estratégica dentro de sus funciones; por lo cual, explicaremos los conceptos de proyectos de inversión, así como su proceso de planeación y evaluación a que son sujetos antes de su aprobación.

### II.1.2.1 Proyectos de Inversión

Según el *Reglamento para la Autorización, Evaluación y Seguimiento de Proyectos de Inversión*, un “proyecto de inversión es la solución específica seleccionada para dar cumplimiento a una meta o para satisfacer una necesidad, que se concreta mediante la aplicación de recursos actuales con la expectativa de obtener beneficios futuros. El proyecto de inversión deberá estar acotado por fronteras que lo hagan diferenciable de otros y permitan definir su alcance, costo total y programa de ejecución”.<sup>14</sup>

Un proyecto de inversión se divide en subproyectos; “los proyectos y subproyectos se desagregan en *componentes* funcionalmente homogéneos y de tamaño adecuado para facilitar su costeo, evaluación, programación, presupuestación, ejecución, seguimiento y control”.<sup>15</sup>

Los componentes mencionados arriba deberán identificarse con alguno de los siguientes rubros:

- a) Estudios exploratorios.
- b) Perforación, terminación y reparación de pozos.
- c) Obras.
- d) Adquisiciones capitalizables, excluyendo las de obras.
- e) Investigación y desarrollo.
- f) Rehabilitaciones, modificaciones y reacondicionamientos.

Al final de la definición de Proyecto de Inversión, mencionamos el alcance total del mismo, dicho concepto “deberá incluir, además de las inversiones relacionadas directamente al cumplimiento de la meta, todas aquellas complementarias y de apoyo ligadas al mismo propósito”.<sup>16</sup>

En la empresa se manejan, principalmente, 2 tipos de proyectos de inversión, clasificados según su propósito. Por un lado, encontramos los proyectos Estratégicos y, por el otro, los Operacionales.

<sup>14</sup> Pemex. *Reglamento para la Autorización, Evaluación y Seguimiento de Proyectos de Inversión*, Pemex, 1990, artículo 1, pág. 3.

<sup>15</sup> Pemex. *Reglamento para la Autorización, Evaluación y Seguimiento de Proyectos de Inversión*, Pemex, 1990, artículo 3, pág. 3.

<sup>16</sup> Pemex. *Reglamento para la Autorización, Evaluación y Seguimiento de Proyectos de Inversión*, Pemex, 1990, artículo 4, pág. 4.

**Proyecto de Inversión Estratégico.** La realización de los proyectos de inversión estratégicos obedece a decisiones estratégicas que comprometen el rumbo de la institución; son proyectos que en el corto y mediano plazo utilizan grandes cantidades de recursos de la empresa y de la Nación, y que requieren grandes periodos de maduración.<sup>17</sup>

**Proyecto de Inversión Operacional.** Responden a problemas operativos de corto plazo; sus montos de inversión son proporcionalmente menores a los requeridos por los proyectos estratégicos; sus lapsos de maduración son cortos para poder dar respuesta a las necesidades inmediatas, y generalmente, se trata de proyectos complementarios o de mantenimiento a la planta productiva actual.<sup>18</sup>

### II.1.2.2 Sistema de Planeación y Evaluación de Proyectos de Inversión

Las etapas del Sistema de Planeación y Evaluación de Proyectos de Inversión son las siguientes.

#### Etapas<sup>19</sup>:

1. **Planeación y Programación.** Se identifican posibles nuevas inversiones. Dichas inversiones surgen de desequilibrios en el exterior (proyectos para incrementar capacidad productiva) y en el interior (para reducción de costos).
2. **Formulación y Evaluación.** En la parte de Formulación, se elabora el Presupuesto para medir la rentabilidad de las propuestas de inversión; para el caso de Evaluación, se analiza la rentabilidad del proyecto. El estudio debe abarcar factibilidad económica, técnica, mercantil, financiera y legal.
3. **Autorización.** Se refiere a los responsables de la autorización de los proyectos. Los proyectos estratégicos son aprobados por el Comité Institucional de Inversiones (CII) y los operacionales por los organismos.
4. **Presupuestación.** Se refiere a la asignación de recursos. El racionamiento de capital por parte del Gobierno, genera una mayor demanda de recursos que de oferta de los mismos, por lo que este proceso se debe apegar a los criterios de rentabilidad lo más posible.

---

<sup>17</sup> Pemex. *Reglamento para la Autorización, Evaluación y Seguimiento de Proyectos de Inversión*, Pemex, 1990, artículo 2, pág. 3.

<sup>18</sup> Pemex. *Reglamento para la Autorización, Evaluación y Seguimiento de Proyectos de Inversión*, Pemex, 1990, artículo 2, pág. 3.

<sup>19</sup> Gerencia de Presupuestación. *Plan Operativo de la Gerencia de Presupuestación*, Gerencia de Presupuestación, Pemex, 1996, pp. 6-8.

5. **Ejecución y Seguimiento.** Es la ejecución del proyecto y el monitoreo que se haga sobre las variables que determinan la productividad del proyecto (variable más relevante: costo del proyecto; variables de mercado incluidas en el seguimiento: precios y el volumen involucrado, además de la evolución del costo de materias primas y reacciones de los competidores).

Debido a que la Cartera de Proyectos de Inversión sólo es una parte del sistema descrito, consideramos innecesario un análisis detallado de éste.

## II.2 CARTERA DE INVERSIONES

Toda empresa debe tener una cartera de proyectos, si quiere ser competitiva y eficiente. El esfuerzo de una empresa por tener una cartera o portafolios de proyectos le da como premio la oportunidad de aventajar a sus competidores. Una cartera bien integrada consta de proyectos evaluados en cuanto a su rentabilidad y factibilidad en todos los aspectos; además, se busca tener un buen número de oportunidades de inversión. Si aunamos a esto aplicar criterios de decisión, entonces, podemos afirmar que una cartera de proyectos reduce el margen de error al tomar decisiones de inversión, que se traduce en mayor eficiencia y competitividad.

Petróleos Mexicanos es una corporación paraestatal tratando de mejorar sus niveles de eficiencia y competitividad. En el camino para lograrlo trata de organizar de la mejor manera su cartera de proyectos de inversión; por sus dimensiones y diversidad de actividades, tiene una cartera muy grande y difícil de clasificar.

En primera instancia, analizaremos la cartera de proyectos de inversión; posteriormente, los problemas que detectemos, y, al final, estudiaremos brevemente los sistemas que se relacionan con la cartera de inversiones.

### *II.2.1 Organización de la cartera de proyectos de inversión*

Los proyectos de inversión son clasificados para ordenarlos en la cartera. Sólo son incluidos los proyectos de tipo estratégico, los cuales son clasificados por organismo y ente corporativo (PEYP, PR, PGYPB, PP y PC). Esto quiere decir que los proyectos de toda la empresa no compiten, entre todos, por la asignación de recursos. Sólo compiten entre los de cada organismo o ente corporativo.

Los organismos subsidiarios y su ente corporativo manejan sus proyectos de inversión por conceptos. Los rubros o conceptos son la clasificación en que se dividen los componentes de un proyecto.

#### **Conceptos:**

- A. Estudios exploratorios.
- B. Perforación, terminación y reparación de pozos.
- C. Obras.
- D. Adquisiciones de bienes capitalizables, excluyendo las de obras.



E. Investigación y desarrollo.

F. Rehabilitaciones, modificaciones y reacondicionamientos.

### **II.2.1.1 Jerarquización Actual**

La prioridad que se le da a cada proyecto de inversión de la Cartera al asignar recursos, es el Método de Jerarquización.

El método actual, por cierto muy sencillo, se resume en apoyar los proyectos en ejecución por sobre las nuevas inversiones y los altamente rentables en lugar de los menos rentables.

De manera más detallada mencionamos la priorización dada a los proyectos:

#### **Jerarquización actual**

I. Prioridad máxima: Proyectos en ejecución.

II. Prioridad media: Proyectos con recuperación menor de un año o proyectos con rentabilidad alta.

III. Prioridad mínima: Proyectos con recuperación mayor de un año.

### ***II.2.2 Problemas***

El problema principal estriba en la falta de un método de jerarquización de proyectos de inversión propiamente dicho. El apoyar proyectos en ejecución por no dejar capital invertido sin generar ningún beneficio, es válido; pero no suficiente. Un proyecto en ejecución puede ser suspendido, de hecho se contempla en el *Reglamento para la autorización, evaluación y seguimiento de Proyectos de Inversión*, pero al no actualizarse la evaluación técnico-económica, se carece de fundamentos para llegar a esa conclusión. Por lo cual, el método actual falla en 2 puntos. El primero consiste en no eliminar la posibilidad de autorizar proyectos (en ejecución) con menor rentabilidad que otros (nuevas inversiones), y el segundo es al permitir que proyectos que no serán rentables se continúen.

En general, la cartera de proyectos de inversión no se encuentra suficientemente clasificada; esto quiere decir, debe ser más detallada en su ordenamiento de los proyectos.

### ***II.2.3 Sistemas de información***

La GP es auxiliada en sus funciones por una serie de sistemas automatizados de información. Mencionaremos en este subtema los sistemas relacionados con la administración de los proyectos de inversión y la cartera de los mismos. El Sistema de Información de Proyectos de Inversión (SIPI), el Sistema Gráfico de Avance de Proyectos (SIGAP), el Sistema de Información Presupuestal (SIP), el Sistema Integral de Información Presupuestal (SIDIP) y el Catálogo Institucional de Obras y Proyectos (CIOP) son los sistemas con mayor relevancia y de los cuales haremos un análisis breve.

**I. SIPI (Sistema Integral de Proyectos de Inversión).** Provee a la GP de un soporte para la autorización, evaluación, control y seguimiento de los proyectos de inversión.

El SIPI realiza el Análisis de Seguimiento, que se define como el análisis que los encargados de proyecto efectúan basándose en la información proveniente de los organismos y sistemas presupuestales de la empresa.

Dicho análisis se realiza persiguiendo los siguientes objetivos: integrar el programa de inversiones de la Corporación; sistematizar parte del seguimiento de proyectos de inversión, y garantizar la aplicación del programa multianual, el presupuesto anual autorizado y las premisas de rentabilidad.

#### **Módulo de Análisis de Seguimiento**

Consta de 5 etapas desarrolladas en ambientes diferentes, los ambientes en que se desarrollan son:

Etapa I. Oracle. Prepara la información, genera reportes con el detalle de las obras y componentes de cada proyecto.

Etapa II. Lotus 123. Extrae la información de Oracle.

Etapa III. Paradox. Obtiene información de Oracle, también.

Etapa IV. Freelance. Grafica los datos de avances contra programas.

Etapa V. Manuscript. Produce los cuadros-resúmenes por proyecto y por subdirección.

A grandes rasgos el SIPI produce, de esta forma, el Informe Trimestral.

El análisis de seguimiento clasifica la información de los proyectos de la siguiente manera:

Clasificación

I. Organismos. La primera clasificación la lleva a cabo por organismos (PEYP, PR, PGYPB, PP Y PC).

A. Proyectos. La segunda división la hace por proyectos.

1. Subproyectos. La tercera consiste en identificar y dividir los proyectos en subproyectos. La última clasificación se divide en las siguientes 3 áreas:

a) Obras. Para cada obra toma en cuenta los siguientes aspectos:

a.1) Avances reales.

a.2) Avances programados.

a.3) Presupuesto.

a.4) Presupuesto multianual.

b) Obras de mantenimiento. Las obras de mantenimiento tienen que ser cuidadas en las siguientes 3 áreas:

b.1) Avances reales.

b.3) Presupuesto.

b.4) Presupuesto multianual.

c) Componentes. Para este caso:

c.1) Avances reales.

c.2) Avances programados.

c.3) Presupuesto.

**II. SIGAP (Sistema Gráfico de Avance de Proyectos).** Reporta a la GP los avances físicos y financieros de los proyectos a nivel obra; ofrece la información para cada obra sin agrupar, desagregadas.

Existe un SIGAP para cada organismo subsidiario, quien se encarga de alimentarlo y mantenerlo con información de sus obras; dicha información contiene los siguientes aspectos: el nombre de la obra, su costo y erogado; el programa financiero y físico para un año, el gasto acumulado en el año y el avance físico de la obra completa (historia).

**III. SIP (Sistema de Información Presupuestal).** Es el sistema integrador del presupuesto de operación e inversión de Pemex. El sistema recibe los presupuestos de los organismos subsidiarios y el Corporativo, los integra y valida para ser enviados a la SHCP<sup>20</sup> y a la Cámara de Diputados, donde se someten a aprobación; una vez aprobado el presupuesto, el SIP se encarga de difundir internamente la información.

El SIP contiene el presupuesto de la corporación para un año. Está organizado por proyecto de inversión; calendarizado por mes; clasificado por tipo de moneda (moneda nacional y dólares); por devengable y flujo de efectivo, y por renglón del gasto.

El sistema es administrado por la GP, en específico por la Subgerencia de Sistemas Presupuestales.

**IV. SIDIP (Sistema Institucional de Información Presupuestal).** Controla el ejercicio de inversión y operación de Pemex. Los centros de trabajo entregan el informe del gasto o ejercicio mensual al área que administra el sistema; dicha información es filtrada, los gastos de las obras deben coincidir con lo asignado en el presupuesto. A partir de los datos del SIDIP se elaboran reportes trimestrales y comparaciones entre ejercicio y presupuesto.

Debido a que la información contenida en el sistema es la misma que la del SIP está organizada igual en ambos sistemas.

Este sistema también es administrado por la GP a través de la Subgerencia de Sistemas Presupuestales.

**V. CIOP (Catálogo Institucional de Obras y Proyectos).** El CIOP emite un reporte acerca del presupuesto donde especifica el estado de los proyectos y obras; datos que son utilizados, entre otras cosas, para saber qué proyectos y obras se encuentran inconclusos con miras a la elaboración del presupuesto.

---

<sup>20</sup> SHCP: Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

El CIOP es responsabilidad de la Subgerencia de Integración, parte de la GP.

## **II.3 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO**

### ***II.3.1 Inventario de Procesos-Producto***

#### **CICLO DE SEGUIMIENTO DEL EJERCICIO**

La Cartera de Inversiones se encuentra involucrada en un ciclo llamado de Seguimiento del Ejercicio (lo hemos nombrado *proceso*). Dicho ciclo está constituido por una serie de funciones enlistadas a continuación:

#### **Funciones**

1. *Ejercicio de inversión.*
2. Ejercicio del presupuesto de operación e inversión del mes y al mes.
3. Información de avance de metas sustantivas.
4. Información de metas programáticas de organismos y empresas.
5. Informe de avance físico de proyectos de inversión de organismos y empresas.
6. Información de gasto programable regional de organismos y empresas de control directo.
7. Cuenta pública.

#### **FUNCIÓN DE EJERCICIO DE INVERSIÓN**

La función de Ejercicio de Inversión (1) comprende 5 procesos-producto:

#### **Procesos-Producto**

- a) *Informe Trimestral.*
- b) *Cartera de Inversiones.*
- c) Programa de Inversiones.

- d) Memoria de labores.
- e) CIOP de mantenimiento.

Es de nuestro interés analizar el Informe Trimestral (a) y, por supuesto, la Cartera de Inversiones (b).

## ***II.3.2 Análisis de Informe Trimestral y Cartera de Inversiones***

### **II.3.2.1 Informe Trimestral**

El proceso-producto Informe Trimestral es un documento que detalla el avance físico-financiero de los proyectos de la cartera. Los puntos más importantes del procedimiento para su obtención son los siguientes:

1. *Fuentes de información.* El proceso-producto obtiene sus datos de los siguientes sistemas:
  - I. SIP. Toma la información correspondiente al presupuesto oficial calendarizado.
  - II. SIGAP. El programa del avance físico de obras capitalizables.
  - III. SIDIP. El ejercicio correspondiente al año en curso.
2. *Revisión y validación de la información.*
3. *Correcciones y/o aclaraciones,* si son necesarias. Si en la parte de revisión y validación (2) se detecta algún error, será necesaria esta otra.
4. *Actualización del SIPI.* Se cargan los datos en el SIPI, sistema donde se lleva a cabo el Análisis de Seguimiento (ANASEG).
5. *Primera corrida del ANASEG.* El propósito principal es la correcta retroalimentación al SIPI y la obtención de la segunda corrida del ANASEG. Se obtienen los siguientes documentos:
  - a) *Reporte para verificar la información.* Aquí se revisa el presupuesto correspondiente, los costos de las obras contra los erogados del año anterior, los devengados del año en curso, los erogados acumulados y los faltantes por erogar.
  - b) *Análisis de avances de las obras.* Para verificar la proyección de obras y componentes terminados, diferidos o cancelados y los avances físicos de las obras.

6. *Segunda corrida del ANASEG*. Da como resultado:
  - a) Reporte para verificar la información.
  - b) Análisis de avances de las obras (sólo si es necesario).
7. Obtención de los siguientes documentos finales:
  - A. Reportes de trabajo.
  - B. Reporte para ejecutivos.
8. *Resúmenes*. Elaboración de los resúmenes por organismo y de Pemex.
9. *Informe de avance de los proyectos estratégicos*. Este es el producto del Informe Trimestral. Para su obtención es necesario hacer varias actividades con la ayuda de los siguientes paquetes:
  - a) Lotus 123. Se revisan, actualizan y corren las hojas de cálculo que extraen la información de la base de datos (BD) de Oracle.
  - b) Freelance. Se elaboran las gráficas de avance físico.
  - c) Manuscript. Se revisan los objetivos, actualizan las descripciones, las observaciones y los textos generales del Informe; y automáticamente extrae los datos de Lotus 123 y Freelance.

#### **Contenido del *Informe de avance de los proyectos estratégicos***

“Este documento presenta, a grandes rasgos, la situación a marzo de 1996 de los 22 principales programas y proyectos de inversión de la institución que por sus características son considerados como estratégicos.

“Es un resumen ejecutivo de carácter general a nivel programa, proyecto, subproyecto, obras, perforación de pozos y estudios exploratorios. Se incluyen las columnas de ejercicio y presupuesto en flujo de efectivo, en hojas de resumen y de detalle”.<sup>21</sup>

El Informe Trimestral o Informe de avance de los proyectos estratégicos está constituido de la siguiente manera:

---

<sup>21</sup> Gerencia de Presupuestación. *Informe de avance de los proyectos estratégicos*. Periodo: enero-marzo de 1996, Dirección Corporativa de Finanzas, Pemex, México, julio de 1996, *Introducción* (1ª pág.).



- I. **Resumen general.** El primer capítulo contiene un resumen de avances por organismo, una lista con información global de los proyectos estratégicos y los recursos comprometidos para su ejecución en los próximos 4 años.
- II. **Situación general de proyectos estratégicos de Pemex-Exploración y Producción.** Avances de los programas y proyectos estratégicos del organismo, con objetivo y descripción para cada proyecto. Así como su situación multianual, avances físicos y financieros por tipo de componente para el trimestre. Los capítulos restantes se desarrollan de la misma manera.
- III. **Situación general de proyectos estratégicos de Pemex-Refinación.**
- IV. **Situación general de proyectos estratégicos de Pemex-Gas y Petroquímica Básica.**
- V. **Situación general de proyectos estratégicos de la Dirección Corporativa de Administración (Pemex-Corporativo).**

#### **Observaciones al proceso-producto**

Analizados los pasos que llevan a la elaboración del Informe Trimestral y su contenido, hacemos algunos comentarios del proceso-producto.

- ◆ Para la SHCP y la Secretaría de Energía (SE), la información es confiable.
- ◆ Lo aprovechan, para el desarrollo de sus actividades, la SHCP y la SE.
- ◆ Es el único informe en Pemex que muestra la inversión con una óptica de proyectos.
- ◇ Para los organismos el informe carece de oportunidad y confiabilidad.
- ◇ No se aprovecha al máximo: los organismos sólo lo utilizan para verificar la información de la SHCP, no lo difunden entre ellos y sólo les interesa la parte con relación directa.
- ◇ Falta de información acerca de: renglones por gasto, apartado de proyectos operacionales, fechas de inicio y terminación de obras, información del componente extranjero y costos de mano de obra y regionalización.
- ◇ En la generación de nuevos alcances de proyectos no se consideran los costos hundidos.
- ◇ La descripción y las metas del proyecto no están correctamente planteadas.
- ◇ En el seguimiento de los proyectos sólo se considera el periodo de construcción de los proyectos, ignorando el de ingresos.

### II.3.2.2 Cartera de Inversiones

La Cartera de Inversiones, el segundo proceso-producto a analizar, ofrece un panorama amplio y detallado del manejo del presupuesto para la corporación y para cada organismo subsidiario por separado.

Tiene los siguientes puntos importantes en su desarrollo:

1. *Fuentes de información.* Para la elaboración de la Cartera se necesita acudir a los siguientes sistemas:
  - I. SIP. Al igual que en el proceso-producto Informe Trimestral, se toma la información referente al presupuesto autorizado por la SHCP (por entidad federativa y por rubro).
  - II. SIPI. Se extraen datos referentes a erogaciones, costos, avances físicos para obras con presupuesto en devengable (renglón 317).
  - III. SIDIP. El gasto en devengable y flujo para todos los renglones, excepto el 317, representan la aportación de este sistema.
2. *Revisión y validación de la información.*
3. *Correcciones y/o aclaraciones.* Si son detectados errores se corrigen o aclaran con el ejecutivo de cuenta respectivo.
4. *Agrupaciones.* Corregida la información se procesa y agrupa.
5. *Elaboración de gráficas y cuadros.* Se utilizan Freelance y Excel para capturar la información procedente que constituirá las gráficas y cuadros.
6. El producto del proceso-producto es conocido como *Informe ejecutivo de la Cartera de Inversiones*. Se forma de las gráficas y cuadros elaborados.

#### Contenido del Informe ejecutivo de la Cartera de Inversiones

El documento de Cartera de Inversiones (Informe ejecutivo de la Cartera de Inversiones) se desglosa de la siguiente manera:

- I. *Petróleos Mexicanos.* Contiene la información de la corporación completa con todos sus organismos y su ente corporativo. El capítulo se divide en:
  - a) *Distribución* de la inversión por organismo.
  - b) *Ejercicio* de la inversión por organismo.

- c) Comportamiento histórico de la inversión.
- d) Comparación de la inversión con el año anterior por organismo.
- e) Distribución de la inversión por concepto.
- f) Distribución del presupuesto del año por entidad federativa (cuadro).
- g) Distribución del presupuesto del año por entidad federativa en *devengable* (gráfica).
- h) Avance en el uso del presupuesto del año por entidad federativa en *flujo de efectivo* (gráfica).
- i) Avance en el uso del presupuesto durante el año *por organismo*.
- j) Avance en el uso del presupuesto durante el año *por concepto*.
- k) Erogación acumulada de obras con presupuesto durante el año.
- l) Avance en el uso del presupuesto de obras durante el año.
- m) Estado de las obras con presupuesto del año.
- n) Avance *financiero* de obras con presupuesto devengable del año.
- o) Avance *físico* de obras con presupuesto devengable del año.

II. Pemex-Exploración y Producción. Los siguientes capítulos están dedicados a cada organismo y se distribuyen de la siguiente manera para todos:

- a) *Distribución de la inversión por concepto*.
- b) *Distribución del presupuesto del año por entidad federativa*.
- c) *Avance en el uso del presupuesto durante el año por concepto*.
- d) *Estado de las obras con presupuesto en devengable en el año*.
- e) *Avance físico y financiero de obras con presupuesto en devengable en el año*.

III. Pemex-Refinación.

IV. Pemex-Gas y Petroquímica Básica.

V. Pemex-Petroquímica.

VI. Pemex-Corporativo.

#### **Observaciones al proceso-producto**

- ◇ No está automatizada la carga de datos al SIPI.
- ◇ Se utilizan demasiados paquetes en el proceso-producto (Oracle, Paradox, Freelance, Excel).
- ◇ Falta de planeación. No existe un plan de desarrollo a mediano y largo plazo en inversiones.
- ◇ Los criterios de decisión para la optimización de los recursos, son insuficientes.
- ◇ *Inadecuada clasificación de programas y proyectos.*
- ◇ *Falta de jerarquización de programas y proyectos.*

### ***II.3.3 Conclusión del análisis***

La opinión que emitiremos acerca de los procesos-producto analizados en el subtema anterior, será considerando los puntos que tienen relación con la cartera de proyectos de inversión. La Cartera de proyectos de inversión, como ya hemos mencionado, se encuentra indisolublemente ligada a dos procesos efectuados en la gerencia: el Informe Trimestral se relaciona por ofrecer información valiosa acerca de los proyectos estratégicos; y la Cartera de Inversiones, lógicamente, tiene relación directa pues informa acerca del manejo de los recursos en la empresa.

Según lo analizado, en la parte anterior y en general en todo el capítulo, podemos afirmar algunos puntos.

Detectamos **puntos críticos** en los procesos:

*Informe Trimestral*

- Falta de confiabilidad y oportunidad.
- Carencia de datos relevantes en el informe, algunos de los cuales están identificados.
- Solamente considera el periodo de construcción de los proyectos, ignorando el de ingresos.

*Cartera de Inversiones*

- Clasificación inadecuada de programas y proyectos.
- Inadecuada o nula planeación a mediano y largo plazo.
- Falta de jerarquización de proyectos.
- Asignación de recursos no optimizada.

**Acciones para la mejora de los procesos:**

*Informe Trimestral*

- La revisión de los procesos que se lleva a cabo en la GP, a través de su Plan Estratégico (antes Plan Operativo), mejorará la confiabilidad y oportunidad del informe.
- De la misma forma, dicho análisis ayudará a mejorar el contenido del Informe Trimestral, al identificar las carencias de información y suplirlas.
- El análisis y seguimiento a los proyectos de inversión cambiará su visión al incluir el seguimiento del gasto y avance físico del proyecto de obra (ya considerado), así como el seguimiento de los ingresos y gastos de operación y mantenimiento (sin considerar).

*Cartera de Inversiones*

- Se creará una nueva clasificación de proyectos de inversión que permita organizar la cartera de inversiones de manera adecuada.
- Se creará una base de datos con los informes de los proyectos de toda la institución que incluya la información contenida en los estudios justificativos y el seguimiento de los mismos.

- Se alimentará el modelo de planeación financiera de la GP con la BD antes mencionada.
- Basándonos en las mejoras y productos que acabamos de mencionar, el presente trabajo hará más eficiente la jerarquización de los proyectos de inversión y la asignación de recursos a los mismos.

## Capítulo III. Jerarquización de la cartera de Pemex

Es de gran utilidad para una empresa establecer qué proyectos, en qué orden y bajo qué condiciones debe incluir en su cartera, ya que nunca tienen todos los recursos necesarios para emprender la totalidad de sus proyectos y las condiciones para emprender un proyecto pueden variar.

Lo anterior se puede lograr mediante la jerarquización de los proyectos de la cartera de la empresa. La jerarquización de proyectos es asignar una prioridad a cada proyecto, de acuerdo con algún criterio. Esto debido a presiones por el presupuesto, los rendimientos, recuperación de la inversión, aversión al riesgo o algún otro factor.

En este capítulo plantearemos el problema de asignación de recursos en Pemex, definiendo su objetivo, restricciones, variables y demás puntos relevantes. Estableceremos un modelo que permita priorizar los proyectos de Pemex, planteándolo hipotéticamente y probándolo con una muestra significativa de proyectos parecidos a los de la corporación. Para ello haremos un análisis que demuestre la efectividad del modelo planteado.

### III.1 PORTAFOLIO DE PEMEX

La clasificación actual de los proyectos en la corporación entorpece la jerarquización de los mismos en la cartera, por lo cual, los clasificaremos de forma más detallada.

#### *III.1.1 Tipos de proyectos*

La clasificación de proyectos que enlistamos separa a los mismos de acuerdo con sus objetivos, de este modo tenemos 6 tipos de proyectos:

##### **III.1.1.1 Proyectos de inversión de reemplazo para mantenimiento del negocio**

Incluyen proyectos que permiten continuar con las operaciones normales de la corporación. Los proyectos de rehabilitación de plantas, ductos, maquinaria, plataformas, pozos, etc., son parte de esta clasificación, ya que son necesarios para la elaboración de los productos rentables; estos

proyectos son por lo regular de tipo operacional.

### **III.1.1.2 Proyectos de inversión de reemplazo para la reducción de costos**

Están incluidos los proyectos que pretenden mejorar un proceso actual, es decir, disminuyen los costos del proceso haciendo la misma función a un menor precio. En este caso, encontramos proyectos de naturaleza muy variada.

### **III.1.1.3 Proyectos de expansión de los productos o mercados existentes**

Obedecen a las posibles variaciones de la demanda de los productos o servicios ofrecidos y van encaminados a la ampliación de la infraestructura de producción o de distribución en los mercados abarcados. Ejemplos de proyectos de este tipo son la ampliación de la capacidad de producción de un campo petrolero mediante la perforación de más pozos, el cual implica la ampliación de la capacidad de distribución (ampliación de un ducto, compra de más pipas para la distribución del producto, etc.), en base a la demanda de combustibles, la ampliación de los canales de distribución de los mismos, etc.

### **III.1.1.4 Proyectos de expansión hacia nuevos productos o mercados**

En esta clasificación entran los proyectos con los cuales se pretende sacar al mercado un nuevo producto o abarcar una nueva zona geográfica; como ejemplo podemos mencionar el proyecto de una nueva gasolina o de cualquier otro producto derivado del petróleo. La mayoría de estos proyectos, al igual que los del punto anterior, son estratégicos.

### **III.1.1.5 Proyectos de seguridad y/o protección ambiental**

Son proyectos no productores de ingresos, enfocados a cumplir las disposiciones gubernamentales, los contratos laborales y las pólizas de seguros. En Pemex encontramos los de abandono de pozos o plataformas que deben cumplir con las normas ambientales, los de seguridad industrial para el cumplimiento de las leyes laborales y las pólizas de seguros, entre otros.



### III.1.1.6 Proyectos diversos

Los proyectos de esta categoría, de naturaleza general, comprenden la construcción de edificios de oficinas, la adquisición de bienes capitalizables restringidos<sup>22</sup>, etc. En general, se trata de proyectos que requieren inversiones menores.

### III.1.2 Tipos de proyectos

Es importante clasificar los proyectos de acuerdo con los métodos que utilizamos para determinar su rentabilidad; por lo cual, se establecen dos tipos: los determinísticos y los probabilísticos. Cabe mencionar, antes de exponer la clasificación, que emprender ambos tipos de proyectos implican riesgo; en ambos existe el riesgo sistemático (no diversificable o de mercado) y el no sistemático (diversificable), pero los proyectos probabilísticos implican un riesgo adicional, el riesgo de que el proyecto no alcance su meta principal.

Por ejemplo, la construcción de una refinería es un proyecto determinístico porque existe la seguridad de obtener productos (beneficios); mientras que la construcción de un pozo petrolero es un proyecto probabilístico debido a que los estudios pueden indicar que existe petróleo en el subsuelo, pero no aseguran su existencia.

#### III.1.2.1 Determinísticos

Los proyectos que clasificamos como determinísticos tienen definidos una serie de factores relevantes, tales como vida del proyecto, tasas de interés, ingresos, egresos, flujos de efectivo, impuestos, tasas de inflación, tasas de devaluación, etc. Dentro de esta clasificación, los proyectos se agrupan en dos ramas:

1. Los proyectos a los que se les aplican métodos que no toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo (PRI, ROI y/o ROI promedio).  
Nota: debido a que todos los proyectos manejados en la corporación toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo, los métodos incluidos en esta rama no los utilizaremos.
2. Los proyectos a los que se les aplican métodos que sí toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo (VPN, TIR, PRI descontado, B/C, NB/C y/o EB/C) para determinar en ambos casos su rentabilidad.

<sup>22</sup> Incluyen: objetos suntuarios, de ornamentación, colecciones de arte, mobiliario y equipo de oficina, equipos de transmisión de documentos, (fax, telefax), equipo de fotocopiado, equipo de cómputo, equipos de grabación y reproducción, vehículos terrestres, aéreos y marítimos (Pemex. *Reglamento para la evaluación, autorización y seguimiento de proyectos de inversión*, Pemex, México, 1990, pág. 8)

### **III.1.2.2 Probabilísticos**

En los proyectos probabilísticos no podemos definir uno o varios de sus factores relevantes, por lo cual, utilizando suposiciones sobre los flujos de efectivo calculamos su rentabilidad; las suposiciones mencionadas son utilizando datos históricos (cuando el proyecto es comparable con alguno similar o se repite), o probabilidades subjetivas (cuando el proyecto sea único y no comparable con uno similar). Usualmente utilizamos el método del Valor Monetario Esperado, de la Tasa ajustada por riesgo, Equivalente bajo certeza, de Montecarlo, Árboles de decisión estocásticos y/o Análisis de sensibilidad.

## III.2 MEDIDAS DE RENTABILIDAD

Las medidas de rentabilidad de los proyectos a analizar son de gran importancia debido a que servirán como parámetros en el proceso de jerarquización. Por lo tanto, mencionamos brevemente las principales medidas de rentabilidad de un proyecto:

1. **VPN.**- Este método es utilizado cuando el proyecto tiene previamente establecidos sus factores importantes y toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo.
2. **TIR.**- Al igual que el anterior método, el método de la TIR es utilizado cuando el proyecto tiene determinados sus factores relevantes y toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo.
3. **PRI descontado.**- Determina el número exacto de años en que se recupera la inversión y al igual que en los métodos anteriores son conocidos los factores importantes del proyecto y toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo. (Nota: De aquí en adelante, al referirnos al PRI descontado lo haremos únicamente como PRI, con el objeto de simplificar nuestra notación y porque no utilizaremos el PRI normal).
4. **VME.**- El VME auxilia al proceso de análisis cuando no se conocen con toda certeza los factores importantes del proyecto; al igual que en los casos anteriores el proyecto toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo.
5. **VME con Árboles de decisión.**- Si el proyecto implica tomar una secuencia de decisiones y no se establecieron con toda seguridad los factores importantes del proyecto, además de que el proyecto toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo, entonces, utilizamos el método del VME auxiliado de los Árboles de decisión.

En nuestro trabajo utilizaremos flujos de efectivo de proyectos, de los cuales no cuestionaremos su obtención, tomaremos dichos flujos como normales, es decir, como los reales. Entonces, debido a que calcularemos con base en ellos el VPN, la TIR y el PRI descontado (PRI) para todos los proyectos, el VME y el VME con árboles de decisión no los utilizaremos.

### III.3 COSTO DE CAPITAL

El costo de capital de una empresa es aquel que lleva implícito la adquisición de capital para la formación de una corporación o para iniciar nuevos proyectos.

Dicho capital puede provenir de 4 fuentes principalmente:

- 1) **Deudas.** Esta fuente de capital se divide en 2 tipos la deuda a corto plazo y la deuda a largo plazo. Para el cálculo del costo de capital no tomamos en cuenta la deuda a largo plazo, debido a que únicamente se utiliza para el proceso de presupuestación de capital.
- 2) **Acciones preferentes.** Las empresas pueden obtener capital ofreciendo a los inversionistas estas acciones con rendimientos preferentes.
- 3) **Utilidades retenidas.** Las utilidades retenidas son las ganancias que reinvierten los socios de la corporación y de los cuales esperan recibir una tasa de rendimientos aceptable. De este modo, también se obtiene capital para la empresa.
- 4) **Acciones comunes.** La última fuente de capital es a través de la venta de acciones comunes.

Cada fuente de capital tiene un costo propio y es diferente para cada uno generalmente, este costo es llamado costo componente. El costo de capital de la empresa es un promedio ponderado de los costos componente de cada una de las fuentes de capital. La ponderación de cada una de las fuentes de capital es con base en la estructura óptima de capital de la empresa; esta estructura óptima es el nivel adecuado de deuda, acciones preferentes y capital contable en la empresa.

En el caso de Pemex no existen acciones preferentes y no se puede salir al mercado para la obtención de nuevo capital, por lo cual, el cálculo del promedio ponderado del costo de capital se simplifica.

La fórmula del costo de capital es la siguiente:

$$WACC = W_d K_d (1 - T) + W_p K_p + W_s K_s$$

donde,

$WACC$  : Promedio Ponderado del Costo de Capital.

$W_d$  ,  $K_d$  : Porcentaje de la estructura óptima de capital y costo componente de la deuda.

$W_p, K_p$ : Porcentaje de la estructura óptima de capital y costo componente de las acciones preferentes.

$W_s, K_s$ : Porcentaje de la estructura óptima de capital y costo componente de las utilidades retenidas.

$T$ : Tasa de impuestos.

La empresa que analizamos tiene un costo de capital del 10 %, esta cifra está determinada por la empresa y es utilizada en los análisis de sus proyectos. Utilizaremos esta cifra sin refutar su confiabilidad y sin ahondar en su obtención, solamente damos un panorama general de este concepto y la manera en que se calcula.

## III.4 PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Ahora es tiempo de plantear el problema y proponer una solución, basándonos en los fundamentos teóricos que hemos expuesto. El problema de cartera de Pemex tiene como objetivo principal lograr los mayores rendimientos posibles sin sobrepasar su presupuesto y tampoco exponer su inversión, al mismo tiempo que obtenga sus ganancias en periodos no mayores a cierto número de años.

Nuestra propuesta de solución consiste en el análisis detallado del problema con el objeto de contextualizar el modelo que plantearemos posteriormente.

### *III.4.1 Planteamiento del problema de cartera de Pemex*

Estableceremos el objetivo a perseguir, las restricciones que tendrá que sortear el modelo y las variables de decisión del problema.

#### **III.4.1.1 Objetivo**

Las principales variables de una cartera de proyectos son el riesgo y los rendimientos; el riesgo es importante porque representa la posibilidad de pérdidas para la empresa, por lo que debe reducirse al máximo. Por otro lado, los rendimientos de la cartera en conjunto representan los beneficios monetarios que recibirá la empresa si elige emprender los proyectos recomendados; entonces, es importante recomendar el grupo de proyectos que representen los mayores beneficios.

En este contexto los objetivos los podemos resumir en seleccionar un conjunto de proyectos que logren los siguientes objetivos:

- I. **maximizar** el rendimiento, y
- II. **minimizar** el riesgo de la cartera.

#### **III.4.1.2 Restricciones**

Cualquier empresa tiene un *presupuesto* limitado, es decir, sus gastos no deben exceder un techo presupuestal. En el caso de Pemex el techo presupuestal es determinado por el gobierno.

Además, el Periodo de Recuperación de la Inversión es trascendente para la empresa, de tal manera que debemos cuidar que no exceda un número de años especificado por la empresa.

La Tasa Interna de Rendimiento es otro indicador económico que debemos vigilar, por lo cual, también se establece un tope; en este caso un mínimo.

El encadenamiento de proyectos significa que varios proyectos mantienen una relación entre sí, de tal forma que algunas veces aprobar un proyecto implica la aprobación de otros para su correcto desarrollo. Debemos tomar en cuenta, para una cadena de proyectos, que no todos están por aprobarse en el mismo año, además, en una serie de proyectos encadenados los primeros proyectos pueden aprobarse sin que lo hagan los posteriores.

Para explicar esto ponemos un ejemplo: un pozo (1), un ducto (2) y una refinería (3). El pozo puede aprobarse sin que se haga el ducto ni la refinería (1 no implica 2 y 3); el ducto puede construirse después o al mismo tiempo que el pozo, pero no antes (2 implica necesariamente 1); el ducto no puede construirse sin que se construya la refinería (2 implica necesariamente 3). Todo esto debe considerarse en un encadenamiento de proyectos.

Un mínimo de rendimientos es garantizado para la empresa cuando se calcula el VPN de cada proyecto, al aplicar una tasa de descuento definida por la empresa (10%) para traer a valor presente dichos flujos.

Por último, las decisiones finales podrán diferir de las recomendaciones resultantes debido a las políticas de la empresa.

Los objetivos planteados se deben lograr respetando la serie de condiciones establecidas, a las cuales llamaremos restricciones.

Las restricciones, a las que está sujeto el problema, las resumimos como sigue:

- I. Un máximo de recursos (techo presupuestal)
- II. Un mínimo de rendimientos esperados de los proyectos (VPN y TIR)
- III. Un periodo de recuperación de la inversión máximo (PRI)
- IV. El encadenamiento entre proyectos (no lo tomaremos en cuenta para el modelo) y
- V. La selección de acuerdo con políticas de la empresa.

### III.4.1.3 Variables

El objetivo de nuestro problema será alcanzado con la selección óptima de proyectos, lo cual implica que algunos proyectos dentro de la cartera serán elegidos para emprenderse y algunos otros no. Esto será descrito por una variable que indicará si el proyecto se recomienda (1) o no se recomienda (0).

### III.4.1.4 Rendimientos

Los rendimientos de cada proyecto son utilizados como criterio de decisión. Dichos rendimientos son descritos por su VPN (Valor Presente Neto); el VPN utiliza los flujos de efectivo del proyecto para poder ser calculado, así como un costo de capital establecido por la empresa y el periodo de vida del proyecto. Los flujos de efectivo son calculados con base en el análisis del proyecto que realizan los organismos subsidiarios; los determinamos mediante la resta de la inversión (egresos) y los ingresos en cada año de vida del proyecto; no consideramos la depreciación ni los impuestos.

### III.4.1.5 Riesgo diversificable

El riesgo es una de las variables más importantes dentro del problema y es indispensable que se incluya en el modelo. El tipo de riesgo que incluiremos en el modelo será el diversificable o no sistemático; el riesgo sistemático o no diversificable no lo incluiremos dentro del modelo. El riesgo diversificable de la cartera lo calcularemos por medio de la siguiente fórmula:

$$\sigma_{Cartera} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_i P_j \sigma_{ij}^2}$$

donde,

$\sigma_{Cartera}$  : Riesgo diversificable de la cartera.

$P_i, P_j$  : Variable que describe la decisión de recomendar (1) o no (0) la aceptación del proyecto para  $i$  o  $j$ .

$\sigma_{ij}^2$  : Covarianza entre el proyecto  $i$  y el  $j$ .<sup>23</sup>

<sup>23</sup> Más adelante explicaremos cómo se obtiene la covarianza.



De esta fórmula resulta la matriz de covarianzas, es decir, la covarianza entre cada par de proyectos. La covarianza de una serie de valores respecto de sí mismo se convierte en la varianza; la covarianza de A respecto a B y la de B respecto de A es la misma, por lo cual contamos dos veces cada covarianza. Lo cual nos da como resultado que el riesgo de la cartera es:

$$\sigma_{Cartera} = \sqrt{\sigma_{Cartera}^2}$$

donde,

$$\begin{aligned} \sigma_{Cartera}^2 = & \sigma_1^2 P_1 + 2\sigma_{12}^2 P_1 P_2 + 2\sigma_{13}^2 P_1 P_3 + \dots + 2\sigma_{1n}^2 P_1 P_n + \\ & \sigma_2^2 P_2 + 2\sigma_{23}^2 P_2 P_3 + \dots + 2\sigma_{2n}^2 P_2 P_n + \\ & \sigma_3^2 P_3 + \dots + 2\sigma_{3n}^2 P_3 P_n + \dots + \\ & \sigma_n^2 P_n \end{aligned}$$

**Diversificación.** La diversificación es necesaria en cualquier empresa (debido a que la empresa misma puede ser tomada como una cartera, si es posible su diversificación), pues reduce el riesgo de su costo de capital (riesgo no sistemático). ¿Pemex se encuentra diversificada? La diversificación no necesariamente implica el introducir a la empresa en diferentes campos de negocios diferentes al suyo, sino también se logra al emprender proyectos en diferentes zonas del país. Por lo tanto, en este contexto, Pemex sí se encuentra diversificada pues tiene proyectos desarrollando y por desarrollar en diferentes zonas geográficas del país.

De este modo, eliminamos el riesgo de el objetivo del problema y lo ubicamos como una restricción.

### III.4.1.6 Proyectos de la cartera

Los proyectos que conforman la cartera son:

- a) *Proyectos nuevos* (autorizados por el Comité Institucional de Inversiones (CII)).
- b) *Proyectos en desarrollo* (en ejecución y previamente autorizados por el CII y la SHCP).

La vida de un proyecto regularmente es de varios años; esos años comprenden dos etapas, la de inversión y la de producción. En la etapa de inversión el proyecto necesita de recursos para poder desarrollarse, mientras que en la de producción existen ganancias (las etapas pueden intersectarse). De tal forma, la corporación debe determinar si un proyecto en desarrollo y dentro de su etapa de inversión es aún rentable para

poder decidir si lo continúa o lo suspende. Este tipo de proyectos son de gran importancia para la empresa pero no los consideraremos en el modelo. Únicamente tomaremos en cuenta los proyectos nuevos de la corporación.

### III.4.2 Modelo propuesto

Planteamos la función objetivo, las restricciones y explicamos las variables del modelo de Investigación de Operaciones.

**Función Objetivo:**

$$VPN_{Cartera} = VPN_1P_1 + VPN_2P_2 + VPN_3P_3 + \dots + VPN_nP_n \quad (\text{Ecuación III.4.2.a.})$$

**Restricciones:**

$$c_1P_1 + c_2P_2 + c_3P_3 + \dots + c_nP_n \leq \text{Presupuesto}_{año} \quad (\text{Ecuación III.4.2.b.})$$

$$\sigma_1^2P_1 + 2\sigma_{12}^2P_1P_2 + \dots + 2\sigma_{1n}^2P_1P_n + \dots + \sigma_n^2P_n \leq \text{VarMax} \quad (\text{Ecuación III.4.2.c.})$$

$$PRI_{Cartera} \leq PRI_{max} \quad (\text{Ecuación III.4.2.d.})$$

$$TIR_{Cartera} \geq TIR_{min} \quad (\text{Ecuación III.4.2.e.})$$

$$P_i \geq 0, \text{ binarios.} \quad (\text{Ecuación III.4.2.f.})$$

**Variables:**

$VPN_{cartera}$  : Valor Presente Neto de la cartera que seleccione el modelo.

$P_i$  : Variable que describe la decisión de recomendar (1) o no (0) la aceptación del proyecto para  $i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ).

$VPN_i$  : Rendimientos esperados (VPN) del proyecto  $P_i$ .

$c_i$  : Costo en el primer año del proyecto  $P_i$ .

$\sigma_i^2$  : Varianza del proyecto  $P_i$ .

$\sigma_{ij}^2$  : Covarianza entre el proyecto  $i$  y el  $j$  ( $i, j = 1, 2, 3, \dots, n$ ).

*Presupuesto<sub>año</sub>* : Presupuesto destinado por la empresa para el año a planear.

*VarMax* : Varianza máxima establecida.

*PRI\_Cartera* : Periodo de Recuperación de la Inversión de la cartera, calculada con base en los flujos de la cartera.

*TIR\_Cartera* : Tasa Interna de Rendimiento de la cartera, calculada, también, con base en los flujos de efectivo de la cartera.

*PRI<sub>max</sub>* : Cota máxima para la restricción del PRI.

*TIR<sub>min</sub>* : Cota mínima para la restricción de la TIR.

*n* : Número total de proyectos  $P_i$  considerados en la cartera.

Las fórmulas de la varianza y la covarianza son las siguientes:

$$\sigma_i^2 = \frac{m \sum_{k=1}^m i_k^2 - \left( \sum_{k=1}^m i_k \right)^2}{(m(m-1))}$$

$$\sigma_{ij}^2 = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (i_k - \mu_i)(j_k - \mu_j)$$

donde,

$\sigma_i^2$  : Varianza del proyecto  $i$ .

$\sigma_{ij}^2$  : Covarianza entre el proyecto  $i$  y el  $j$  ( $i, j = 1, 2, 3, \dots, n$ ).

$i_k$  : Flujos de efectivo del proyecto  $i$  (con  $k = 1, 2, 3, \dots, m$ ;  $m$  es el número de años de vida del proyecto  $i$ ).

$\mu_i, \mu_j$  : Media de los flujos de efectivo del proyecto  $i$  o  $j$ .

No todas las restricciones son incluidas debido a que probaremos el comportamiento del modelo para después incluirlas todas.

### III.4.3 Solución

Resolvemos el modelo auxiliándonos de *Excel*: en su menú *Herramientas* la opción *Solver*, nos ofrece la solución a nuestro modelo. *Solver* aplica el método de Newton para la búsqueda de la solución óptima.

*Solver* requiere de los siguientes datos para cargar un problema:

- a) La localización de la celda objetivo (es decir, el valor que será maximizado o minimizado) en la hoja de cálculo. Para nuestro modelo es la función objetivo la que ponemos aquí (Ecuación III.4.2.a.).
- b) La orientación del problema, es decir, si la celda objetivo será maximizada, minimizada o si queremos buscar igualar la celda objetivo a un valor en específico. En el caso de nuestro problema es **maximización** de los rendimientos de la cartera.
- c) Las celdas que serán modificadas en la búsqueda del objetivo. Las variables de decisión de nuestro problema son las que serán modificadas (0 o 1) para alcanzar el objetivo (Ecuación III.4.2.f.).
- d) Las restricciones impuestas al modelo. Comprendidas en las ecuaciones III.4.2.b., c, d, e y f.

## III.5 EJEMPLO

### III.5.1 Datos

Con el propósito de probar la utilidad del modelo planteamos un ejemplo de cartera con 15 proyectos similares a los de Pemex en el comportamiento de sus flujos de efectivo.

#### Flujos de efectivo

Los flujos de efectivo de los proyectos los mostramos en la tabla III.5.1.a.

#### Flujos

Año	Proyecto														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	<u>-281,5</u>	<u>-160,5</u>	<u>-300,6</u>	<u>-100,0</u>	<u>-140,2</u>	<u>-330,0</u>	<u>-500,9</u>	<u>-330,1</u>	<u>-200,3</u>	<u>-301,0</u>	<u>-200,6</u>	<u>-500,7</u>	<u>-220,3</u>	<u>-100,2</u>	<u>-300,5</u>
2	-375,3	54,2	-200,0	-150,0	-100,0	-200,0	-300,1	-200,0	-100,0	-200,0	-100,0	-300,0	-300,0	-211,7	-100,0
3	-281,5	56,0	-215,0	-304,6	20,0	-500,0	-100,1	-150,0	-100,0	-100,0	-200,0	-200,0	-103,6	-100,0	200,0
4	206,0	56,0	-103,2	-100,5	100,7	100,9	101,1	300,0	200,0	-100,0	-300,0	-107,9	100,0	-50,0	150,0
5	206,0	56,0	-50,0	100,0	300,0	500,0	203,3	300,0	200,0	-50,0	101,9	200,0	150,0	100,0	150,0
6	206,0	56,0	200,0	200,0	100,0	700,0	300,1	200,0	100,0	100,0	200,0	300,0	200,0	200,0	150,0
7	206,0	56,0	200,0	300,0	250,0	300,0	400,1	100,0	109,4	200,0	300,0	200,0	206,0	150,0	150,0
8	206,0	56,0	250,0	300,0	350,0	200,0	500,1	106,5	200,0	200,0	300,0	100,0	206,0	300,0	150,0
9	206,0	56,0	250,0	300,0	200,0	100,0	400,1	100,0	300,0	300,0	400,0	200,0	206,0	300,0	150,0
10	206,0	56,0	250,0	400,0	500,0	100,0	300,1	100,0	400,0	400,0	500,0	300,0	206,0	300,0	150,0
11	206,0	56,0	300,0	300,0	100,0	100,0	200,0	150,0	300,0	400,0	500,0	400,0	206,0	200,0	100,0
12	206,0	56,0	300,0	300,0	200,0	100,0	200,0	150,0	300,0	500,0	200,0	500,0	206,0	206,0	100,0
13	206,0	56,0	300,0	300,0	100,0	100,0	200,0	150,0	200,0	300,0	100,0	500,0	206,0	206,0	100,0
14	206,0	56,0	300,0	300,0	100,0	100,0	200,0	150,0	100,0	200,0	100,0	600,0	206,0	206,0	100,0
15	206,0	56,0	100,0	200,0		100,0	100,0	150,0	100,0	100,0	100,0	600,0	206,0	206,0	100,0
16	206,0	56,0	100,0	200,0		100,0	100,0		100,0	100,0	100,0	500,0	206,0	206,0	100,0
17	206,0	56,0	100,0	200,0		100,0	100,0		100,0	100,0	150,0	300,0	206,0	206,0	56,0
18	206,0	56,0	100,0	200,0		100,0	100,0		100,0	100,0	150,0	200,0	206,0	206,0	56,0
19	206,0	56,0	100,0	150,0		100,0	100,0			100,0	150,0	200,0	206,0	206,0	56,0
20	206,0	56,0	100,0			100,0	100,0			100,0		200,0	206,0	206,0	56,0
21	206,0	56,0				100,0	100,0			100,0		200,0	206,0	206,0	56,0
22	206,0						100,0			100,0		200,0	206,0	206,0	
23	206,0						100,0			100,0			206,0	206,0	
24							100,0								
25															

Nota: Los valores subrayados indican los costos de los proyectos en el primer año.

Tabla III.5.1.a.- Flujos de efectivo para los proyectos del ejemplo.

**Indicadores económicos**

De los flujos mostrados en la tabla calculamos los indicadores económicos o de rentabilidad para cada proyecto a considerar en la cartera, los cuales son VPN, TIR y PRI. También calculamos la desviación estándar, es decir, el riesgo no sistemático.

**Indicadores económicos por proyecto**

Proyecto	VPN(\$)	Riesgo(\$)	TIR	PRI(años)	Costo(\$)
1	540.08	35.17	17.79%	10.33	281.50
2	<u>286.27*</u>	<b>11.42</b>	<b>34.52%</b>	<b>4.60</b>	160.53
3	<u>314.29</u>	40.70	<u>15.08%</u>	<u>11.62</u>	300.60
4	796.10	42.71	25.38%	8.31	<b>100.00</b>
5	<b>839.66**</b>	61.44	<b>45.74%</b>	<b>4.68</b>	140.20
6	512.19	<u>104.73</u>	20.58%	6.44	330.00
7	716.36	<u>68.89</u>	20.46%	7.90	<u>500.90</u>
8	327.18	57.23	19.61%	7.48	330.12
9	776.68	46.17	32.53%	6.44	200.34
10	511.18	52.81	17.85%	10.56	300.95
11	633.51	63.65	22.09%	8.89	200.56
12	780.34	51.08	<u>17.41%</u>	<u>11.86</u>	<u>500.73</u>
13	680.99	<b>27.48</b>	21.86%	8.54	220.33
14	<b>821.56</b>	35.17	27.06%	7.81	<b>100.16</b>
15	557.26	38.74	31.34%	5.11	300.48

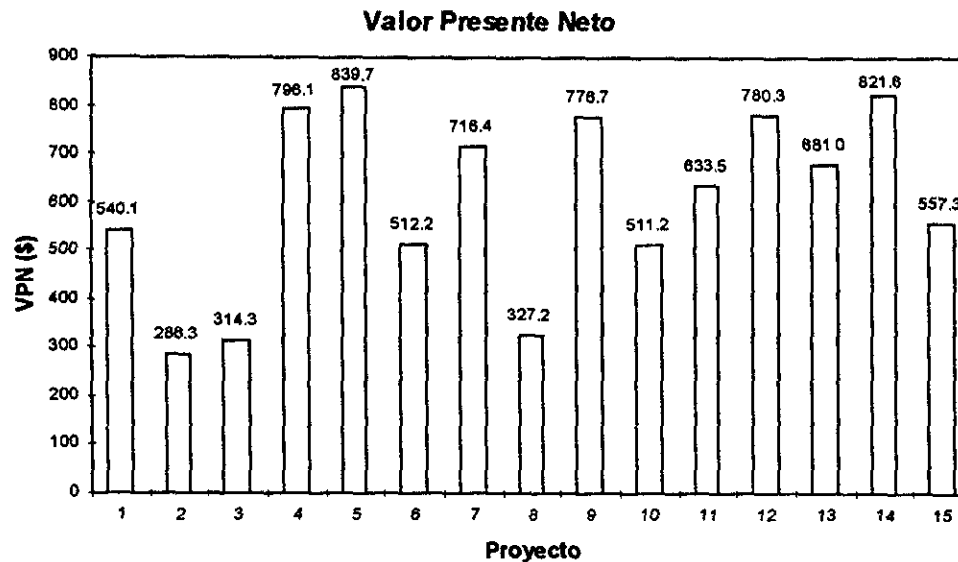
\* Las cifras subrayadas representan los 2 peores valores para el indicador económico correspondiente.

\*\* Las cifras en negritas corresponden a los 2 mejores valores para el indicador económico correspondiente

Tabla III.5.1.b.- Indicadores económicos de los proyectos.

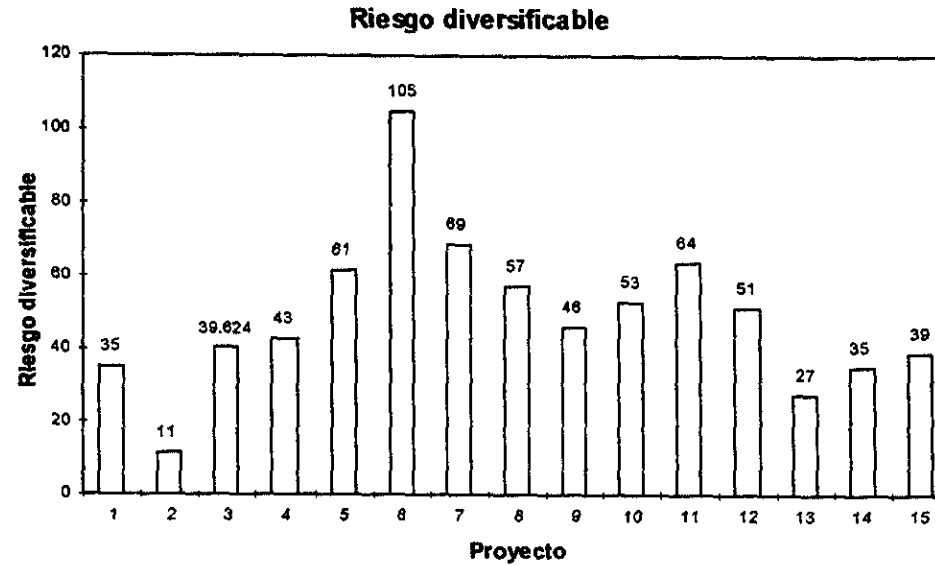
**VPN**

De la tabla anterior, podemos observar que los valores mayores para los proyectos dentro de la medida de VPN corresponden a los proyectos 5 (VPN = \$839.66) y 14 (821.56). Mientras que los menores corresponden a los proyectos 2 (286.27) y 3 (314.29). Los proyectos 5 y 14 son los más rentables del grupo de proyectos, mientras que los proyectos 2 y 3 son los que ofrecen menores rendimientos. Esto lo podemos observar claramente en la gráfica III.5.1.a.



Gráfica III.5.1.a.- Valor Presente Neto para cada proyecto.

**Riesgo Diversificable**



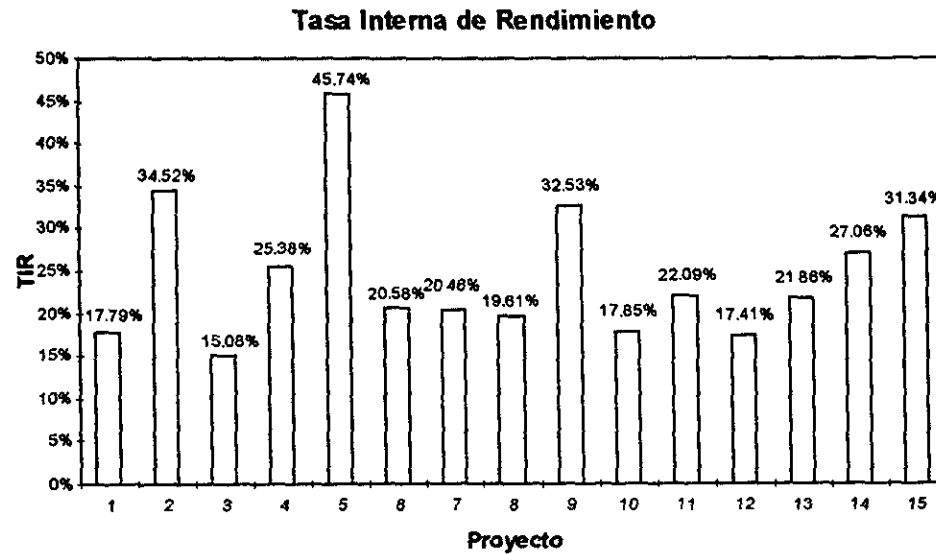
Gráfica III.5.1.b.- Riesgo diversificable individual.

En el renglón de riesgo diversificable, los proyectos con mayor desviación estándar son el 6 y el 7, con valores de 104.73 y 68.89, respectivamente, por lo cual son considerados los más riesgosos y los menos recomendables para emprender de acuerdo con este criterio. Los que representan un menor riesgo diversificable para el que invierte son los proyectos 2 (11.42) y 13 (27.48), por tener las desviaciones estándar menores del conjunto de proyectos (gráfica III.5.1.b.).



**TIR**

Los proyectos 2 y 5 son los más rentables de acuerdo al criterio de la TIR, por tener los máximos valores en este rubro, 45.74 % y 34.52 %, respectivamente. Por otro lado, los proyectos 3 (15.08 %) y 12 (17.41%) son los que menos conviene emprender por sus números de la TIR. De modo que según este criterio, debemos recomendar primero que nada a los proyectos 2 y 5, y en última instancia a los proyectos 3 y 12. La gráfica III.5.1.c. nos muestra esto.

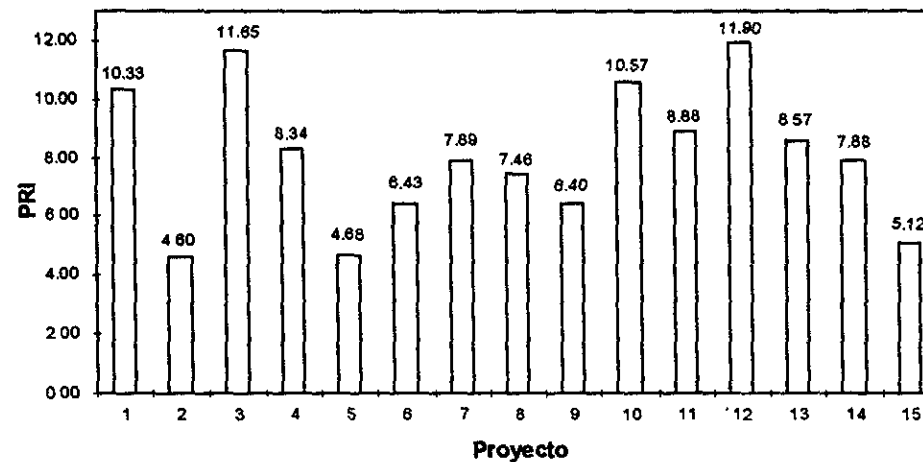


Gráfica III.5.1.c.- Tasa Interna de Rendimiento para cada proyecto.

**PRI**

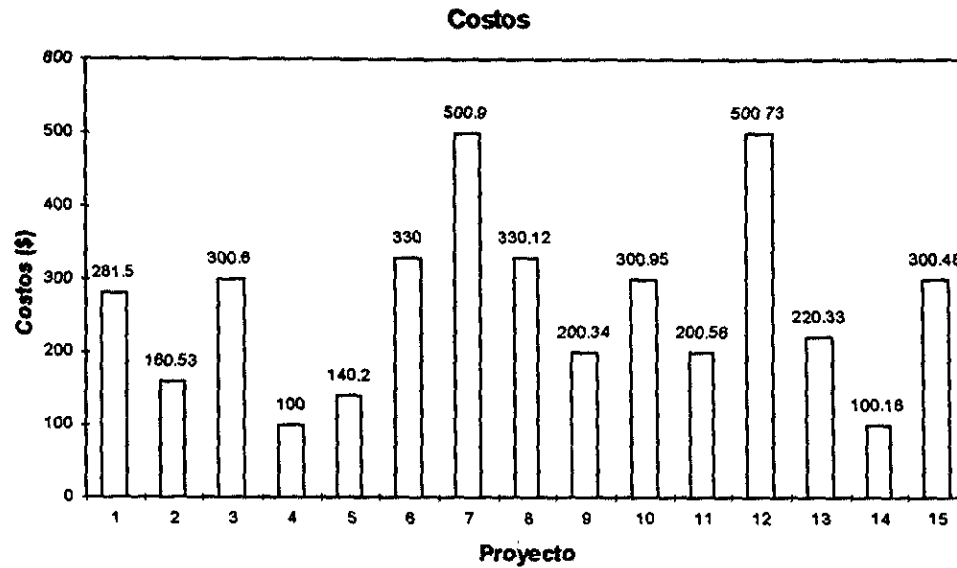
El Periodo de Recuperación de la Inversión recomienda como los proyectos más destacados en este rubro a el 2 (4.6 años) y el 5 (4.68 años), por sus bajas cifras (en este caso como en el de riesgo, no son mejores los proyectos con mayores cifras sino los que presentan las menores). En contraparte, los menos recomendables son los proyectos 3 (11.62 años) y 12 (11.86 años), por recuperar la inversión en un periodo mayor que el resto de los proyectos (gráfica III.5.1.d.).

**Periodo de Recuperación de la Inversión**



Gráfica III.5.1.d.- Periodo de Recuperación de la Inversión por proyecto.

**Costos**



Gráfica III.5.1.d.- Costos (flujos en el primer año) por proyecto.

Por último, los costos de cada proyecto (sus flujos para el primer año) son presentados en la tabla. Los que más convienen al inversionista, pues son los más baratos, son el proyecto 4, con un costo de \$100, y el proyecto 14, con un costo de \$100.18. Los proyectos menos recomendables, si nos basamos en el costo, son el 7 (\$500.9) y el 12 (\$500.73).

**Riesgo Diversificable de la Cartera**

Volviendo al tema del riesgo diversificable, podemos decir que el riesgo individual de un proyecto es diferente a el riesgo de una cartera de proyectos, por lo cual hacemos un cálculo especial. La matriz de covarianzas es la matriz que representa las relaciones entre cada par de proyectos del grupo respecto a su variación o varianza. La suma de esta matriz representa la varianza de la cartera, de donde fácilmente obtenemos el riesgo diversificable (desviación estándar). La tabla II.6.1.c. nos muestra la matriz de covarianzas para nuestro ejemplo.

**Matriz de Covarianzas**

Proyecto	Proyecto														
	1	2	3	4	5	6*	7	8	9	10**	11	12	13	14	15
1	<i>1237***</i>	315	946	815	668	2,485	1,851	1,386	979	1,022	1,121	830	850	852	1,052
2	315	<b>130</b>	257	222	62	676	472	377	266	247	305	193	-1	206	394
3	946	257	<b>1,656</b>	1,573	273	1,870	2,442	231	1,201	1,761	1,997	1,010	935	1,177	872
4	815	222	1,573	<b>1,824</b>	754	1,179	2,551	-450	1,194	1,808	2,392	469	868	1,212	815
5	668	62	273	754	<b>3,775</b>	<b>4,645</b>	2,103	573	1,240	755	1,521	<b>-1,393</b>	555	811	186
6	2,485	676	1,870	1,179	4,645	<b>10,969</b>	<b>4,225</b>	<b>3,724</b>	829	466	1,527	1,992	1,995	1,447	2,277
7	1,851	472	2,442	2,551	2,103	4,225	<b>4,746</b>	32	1,461	2,320	3,360	935	1,763	2,221	1,680
8	1,386	377	231	-450	573	3,724	32	<b>3,276</b>	927	-193	-348	192	273	-96	1,197
9	979	266	1,201	1,194	1,240	829	1,461	927	<b>2,132</b>	2,018	2,158	167	558	978	922
10	1,022	247	1,761	1,808	755	466	2,320	-193	2,018	<b>2,789</b>	2,606	1,447	1,024	1,354	806
11	1,121	305	1,997	2,392	1,521	1,527	3,360	-348	2,158	2,606	<b>4,051</b>	167	1,162	1,713	1,117
12	830	193	1,010	469	-1,393	1,992	935	192	167	1,447	167	<b>2,609</b>	759	593	571
13	850	-1	935	868	555	1,995	1,763	273	568	1,024	1,162	759	<b>755</b>	845	704
14	852	206	1,177	1,212	811	1,447	2,221	-96	978	1,354	1,713	593	845	1,237	746
15	1,052	394	872	815	186	2,277	1,680	1,197	922	806	1,117	571	704	746	<b>1,501</b>

Notas: \* Los números subrayados indican los peores proyectos o valores, según corresponda, \*\* Los números en negritas indican los mejores proyectos o valores, según corresponda, \*\*\* Los números en cursivas indican las varianzas de los proyectos y también la diagonal principal de la matriz.

Tabla III.5.1.c.- Matriz de covarianzas de los proyectos.

Los pares de proyectos que por sus valores de covarianza reducen más el riesgo diversificable de la cartera son 5, 12 (-1,393), 8, 11 (-348) y 8, 10 (-193). Por el contrario, los pares de proyectos que incrementan más significativamente el riesgo de la cartera son 5, 6 (4,645), 6, 7 (4,225) y 6, 8 (3,724). Los mejores valores de varianza, encontrados en la diagonal principal de la matriz, son 150 (proyecto 2) y 755 (proyecto 13). Los mayores valores (los peores) son 10,969 (proyecto 6) y 4,746 (proyecto 7).

### III.5.2 Planteamiento del modelo

**Función Objetivo:**

$$VPN_{Cartera} = VPN_1 P_1 + VPN_2 P_2 + VPN_3 P_3 + \dots + VPN_{15} P_{15}$$

**Restricciones:**

$$Costo_1 P_1 + Costo_2 P_2 + Costo_3 P_3 + \dots + Costo_{15} P_{15} \leq Presupuesto$$

$$\sigma_1^2 P_1 + 2\sigma_{12}^2 P_1 P_2 + 2\sigma_{13}^2 P_1 P_3 + 2\sigma_{14}^2 P_1 P_4 + \dots + 2\sigma_{1,15}^2 P_1 P_{15} +$$

$$\sigma_2^2 P_2 + 2\sigma_{23}^2 P_2 P_3 + 2\sigma_{24}^2 P_2 P_4 + 2\sigma_{25}^2 P_2 P_5 + \dots + 2\sigma_{2,15}^2 P_2 P_{15} + \dots +$$

$$\sigma_{14}^2 P_{14} + 2\sigma_{14,15}^2 P_{14} P_{15} + \sigma_{15}^2 P_{15} \leq VarMax$$

$$PRI_{Cartera} \leq PRI_{max}$$

$$TIR_{Cartera} \geq TIR_{min}$$

$$P_i \geq 0, \text{ binarios. } (i = 1, 2, 3, \dots, 15)$$

### III.5.3 Resultado

La herramienta *Solver* de *Excel* resuelve el modelo en aproximadamente 4 horas de proceso (en un equipo con procesador 586 de AMD, a 198 Mhz.). Los resultados los presentamos en la tabla III.5.3.a.

<b>Cartera de proyectos</b>		<b>Proyecto</b>														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Recomendación</b>		1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1

Tabla III.5.3.a.- Cartera conformada con la solución de *Solver*.

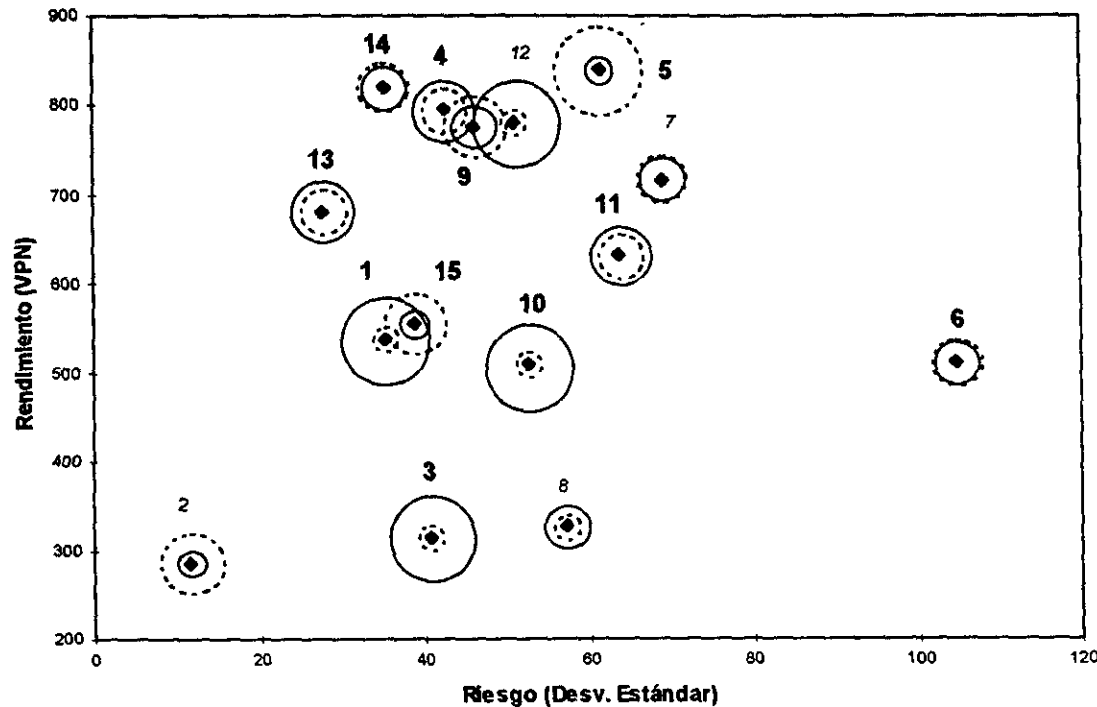
La solución muestra la cartera óptima, donde los proyectos elegidos por el modelo son: 1, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 13, 14 y 15 (recomendación: 1). Así, quedan excluidos de la cartera los proyectos: 2, 7, 8 y 12 (recomendación: 0).

La gráfica III.5.3.a. nos muestra la relación Riesgo - Rendimiento para los proyectos individuales reflejando en la misma el PRI y la TIR, mediante círculos alrededor del punto que identifica a cada proyecto

Los proyectos incluidos en la cartera aparecen con números más grandes, y los proyectos excluidos tienen su número más pequeño.

El círculo asociado a cada proyecto es en relación a su Periodo de Recuperación de la Inversión; mientras mayor sea el círculo, mayor es el PRI; el círculo punteado indica a su vez la TIR (aplicamos los mismos criterios que para el PRI). Con lo cual, queremos mostrar que la cartera de proyectos elegida no obedece a un indicador económico en especial, sino al modelo.

**Relación Riesgo - Rendimiento  
reflejando PRI y TIR (para proyectos individuales)**



**ESTA TESTIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

**Nomenclatura**

Periodo de Recuperación de la Inversión		Tasa Interna de Rendimiento	
Círculo:	Intervalo:	Círculo:	Intervalo:
	4 a 6 años		10 a 20%
	6 a 8 años		20 a 30%
	8 a 10 años		30 a 40%
	10 a 12 años		40 a 50%

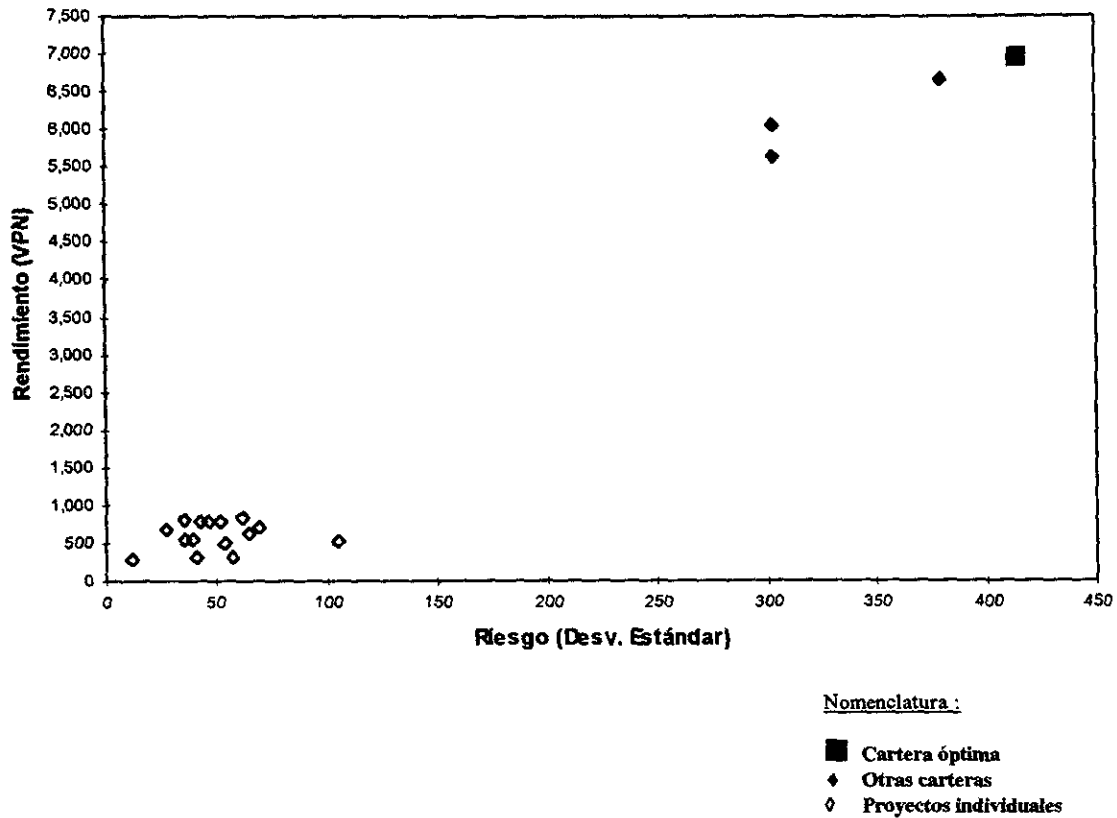
Gráfica III.5.3.a.- Gráfica de la relación Riesgo - Rendimiento para los proyectos individuales, reflejando el PRI y la TIR.

La gráfica III.5.3.b. nos muestra la relación Riesgo - Rendimiento para la cartera óptima, los proyectos individuales y otras carteras.

El valor correspondiente a la cartera óptima se encuentra en el punto más alto de la gráfica (parte superior derecha) debido a que es la cartera con el mayor rendimiento (VPN) y al mismo tiempo respeta todas las restricciones del modelo. Los valores cercanos al de la cartera óptima corresponden a otras carteras que también cumplen con las condiciones del modelo, pero tienen un rendimiento menor. En la parte inferior

izquierda, encontramos los proyectos individuales; evidentemente tienen un rendimiento y un riesgo más bajos que las carteras, pues en conjunto tienen otros indicadores económicos.

**Relación Riesgo - Rendimiento  
(para cartera óptima, proyectos individuales y otras carteras)**



Gráfica III.5.3.b.- Gráfica de la relación Riesgo - Rendimiento para la cartera óptima, los proyectos individuales y otras carteras.



La cartera de proyectos formada tiene sus propios flujos de efectivo e indicadores económicos. Los flujos de la cartera los obtenemos sumando los flujos de cada proyecto incluido en la cartera; éstos son mostrados en la tabla III.5.3.b.

**Flujos de la Cartera**

Año	Flujos	FD *	FDA **
1	(2,475)	(2,250.1)	(2,250.1)
2	(2,037)	(1,683.5)	(3,933.6)
3	(1,685)	(1,265.7)	(5,199.3)
4	204	139.3	(5,060.0)
5	1,708	1,060.5	(3,999.6)
6	2,356	1,329.9	(2,669.7)
7	2,371	1,216.9	(1,452.8)
8	2,662	1,241.8	(210.9)
9	2,712	1,150.2	939.2
10	3,412	1,315.5	2,254.7
11	2,712	950.5	3,205.2
12	2,618	834.2	4,039.4
13	2,118	613.5	4,652.9
14	1,918	505.1	5,158.0
15	1,418	339.5	5,497.4
16	1,418	308.6	5,806.0
17	1,424	281.7	6,087.8
18	1,424	256.1	6,343.9
19	1,274	208.3	6,552.2
20	974	144.8	6,697.0
21	874	118.1	6,815.1
22	718	88.2	6,903.3
23	718	80.2	6,983.5
24			
25			

\* FD : Flujos Descontados; \*\* FDA . Flujos Descontados Acumulados.

Tabla III.5.3.b.- Flujos de efectivo de la cartera.

De los flujos de efectivo de la cartera podemos calcular el VPN, la TIR y el PRI de la cartera de proyectos. La tabla III.5.3.c., nos muestra estos valores, además de las restricciones impuestas en el modelo.

**Indicadores y restricciones de la Cartera**

	VPN	Riesgo	Riesgo/VPN	TIR	PRI	Inversión
<b>Cartera</b>	6,983.5	414	5.93%	23.13%	8.18	2,475
<b>Restricciones</b>	3,000	500	16.67%	15.00%	10.00	2,500

Tabla III.5.3.c.- Indicadores y restricciones de la Cartera conformada con la solución.

Si emprendemos los proyectos recomendados el VPN de la cartera resulta ser de \$6,938.5, con un riesgo no sistemático implícito de \$414, el cual, representa el 5.93% respecto al VPN. Este porcentaje de riesgo/VPN es bastante bajo y no rebasa el límite de 16.67%.

La TIR resulta con un valor de 23.13%, muy superior al costo de capital de la empresa (10%) y a la restricción impuesta en el modelo, por lo cual, resulta recomendable la cartera respecto a este criterio.

La inversión se recuperará en un lapso de 8.18 años, lo cual no sobrepasa los 10 años impuestos como cota superior en este renglón.

Por último, el presupuesto (\$2,500) no es rebasado por la inversión realizada con esta cartera (\$2,475).

## Conclusiones

Petróleos Mexicanos es una empresa paraestatal de grandes dimensiones y de grandes retos. Su tamaño colosal convierte su manejo en un reto; la gran diversidad y cantidad de proyectos hacen difícil la adecuada administración de la corporación. Los proyectos manejados en Pemex van desde la típica exploración, perforación y explotación de un pozo petrolero, hasta la construcción de un hospital o un área deportiva, pasando por la construcción de un ducto, de una refinería completa, una plataforma marina, etc.

La asignación de recursos para cada uno de los diferentes proyectos de Pemex y de cualquier empresa es un aspecto trascendental, más aún en un país como el nuestro que no tiene recursos monetarios en abundancia.

Sin embargo, nos dimos cuenta que es una área casi virgen; no existen trabajos enfocados al problema de decidir qué proyectos emprender dentro de una empresa tomados en su conjunto, es decir, como una cartera de proyectos. Existen teorías y paquetes que nos indican los rendimientos y los riesgos de emprender un proyecto, pero estudiándolo por separado. Los proyectos estudiados en conjunto arrojan otras medidas de riesgo, pues la relación entre ellos las afecta (su covarianza). El modelo incluye una función no lineal que obtiene la suma del riesgo diversificable; el cual, es medido a través de la covarianza entre cada par de proyectos. Respecto a las variables de decisión las definimos como binarias, pues las únicas dos opciones posibles para este tipo de variables (1 o 0) son suficientes para las opciones de nuestro problema (recomendar o no cada proyecto).

El modelo de Programación No Lineal propuesto es sencillo pero ayudará en gran manera a tomar las decisiones de inversión en la empresa, ya que ofrece la mejor opción en cuanto a rendimiento se refiere. La función objetivo del modelo maximiza los rendimientos de la cartera, pero posteriormente podemos ajustar los indicadores económicos (VPN, Riesgo, TIR, PRI y Costos) de manera que obtengamos una cartera con las características deseadas. El modelo presentado no abarca todos los aspectos del problema pero servirá de apoyo para posteriores trabajos que vayan enfocados a la misma meta.

Para terminar, podemos decir que nos sentimos decepcionados por la falta de información al respecto en el área financiera, de la cual emerge el tema. No habíamos imaginado que no hubiera datos o trabajos anteriores en dicha área, pues dada la importancia de la decisión de qué proyectos

emprender en una empresa, considerábamos casi un hecho encontrar información que enriqueciera nuestro trabajo. Pero no fue así, las carteras estudiadas en los libros de finanzas se refieren únicamente a acciones o valores, resuelven el problema de los accionistas en cuanto a qué acciones comprar y en qué cantidad, pero se olvidan de los proyectos en una empresa.

El trabajo no fue fácil, tuvimos que reafirmar nuestros conocimientos en las áreas relacionadas y aprender en las no tan conocidas, pero fue enriquecedora y emocionante la experiencia de estar en contacto directo con la fuente de información principal del trabajo, es decir, la empresa. Observamos de cerca las tareas de la gente que ahí labora y los procesos que se desarrollan para poder desarrollar mejor el trabajo.

## Bibliografía

- Baca Urbina, Gabriel.** *Evaluación de Proyectos*, 3ª. Edición, McGraw-Hill, Colombia, 1997.
- Cohen, Jerome B.; Zinbarg, Edward D.; Zeikel, Arthur.** *Investment Analysis and Portfolio Management*, 3a. edición, Richard D. Irwin, Inc., 1977.
- Coss Bu, Raúl.** *Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión*. 2ª. edición, Limusa, México, 1994.
- Dirección Corporativa de Administración.** *Manual de Organización Básica de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios*, Pemex, México, noviembre de 1994.
- Gerencia de Análisis de Inversión.** *Informe Ejecutivo del estado de la Cartera de Inversión. Periodo enero-junio, 1995*, Pemex, México, septiembre de 1995.
- Gerencia de Presupuestación.** *Informe de avance de los proyectos estratégicos. Periodo: enero-marzo de 1996*, Dirección Corporativa de Finanzas, Pemex, México, julio de 1996.
- Gerencia de Presupuestación.** *Plan Operativo de la Gerencia de Presupuestación*, Dirección Corporativa de Finanzas, Pemex, México, octubre de 1996.
- Gerencia de Presupuestación.** *Plan Operativo de la Gerencia de Presupuestación*, Dirección Corporativa de Finanzas, Pemex, México, junio de 1996.
- Gould, F. J.** *Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa*, 3ª edición, Prentice-Hall, México, 1992.
- Gup, E. Benton.** *The basics of Investing*, John Wiley & Sons, Inc., E.U., 1979.
- Kolb W., Robert.** *Inversiones*, Limusa, México, 1996.
- Mendenhall, William.** *Estadística Matemática con Aplicaciones*, 3ª edición, Grupo Editorial Iberoamérica, México.

- Pemex.** *Reglamento para la Autorización, Evaluación y Seguimiento de Proyectos de Inversión*, 3a. edición, Pemex, México, octubre de 1990.
- Pemex.** *Sistema de Información de Proyectos de Inversión*, Pemex.
- Peumans, H.** *Valoración de Proyectos de Inversión*, Ediciones Deusto, Bilbao, España, 1967.
- Sappag Chain, Nassir; y Sappag Chain, Reinaldo.** *Preparación y Evaluación de Proyectos*, 2a. edición, McGraw-Hill, Chile, 1990.
- Weston, J. Fred; Brigham, Eugene F.** *Fundamentos de Administración Financiera*, 5ª edición, McGraw-Hill Interamericana, México, 1994.