



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

EL RIESGO NO FINANCIERO EN
PROYECTOS DE INVERSION

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

A C T U A R I O

P R E S E N T A

MARCO ANTONIO OLIVERA VILLA

279411

DIRECTOR DE TESIS: ACT. LAURA MIRIAM QUEROL GONZALEZ



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA IT
MEXICO

MAT. MARGARITA ELVIRA CHÁVEZ CANO
Jefa de la División de Estudios Profesionales
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:
"El riesgo no financiero en proyectos de inversión"

realizado por **Marco Antonio Olivera Villa**

Con número de cuenta **9210610-I**, pasante de la carrera de Actuaría

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de tesis
Propietario

Act. **Laura Miriam Querol González** *L.M.Q. 9*

Propietario

Act. **María Aurora Valdés Michel** *[Signature]*

Propietario

M.C. **Virginia Abrín Batule** *Virginia Abrín Batule*

Suplente

Act. **Marina Castillo Garduño** *[Signature]*

Suplente

Act. **Leticia Daniel Orana** *Leticia Daniel O.*

[Signature]

Consejo Departamental de **Matemáticas**
FACULTAD DE CIENCIAS
M. en A.P. **María del Pilar Alonso Reyes**

AGRADECIMIENTOS:

A LA FAMILIA OLIVERA VILLA

A mis padres por el apoyo y la generosidad de la que fui beneficiario que contribuyó decisivamente en mi formación académica.

A LA UNAM, por haberme brindado la oportunidad de estudiar en la Universidad más importante y antigua de América Latina.

Al Ingeniero Carlos Slim Helú
Por haber tenido el gran privilegio de haber sido becado por una de las empresas más importantes de la nación, TELMEX.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

i

1.-PANORAMA GENERAL DE LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN

1

1.1 Las etapas en la evaluación de proyectos de inversión	1
1.2 La identificación de la idea y su análisis	3
1.3 Recopilación de información	4
1.4 Prefactibilidad	5
1.5 Factibilidad	6
1.6 Arranque y funcionamiento del proyecto de inversión	15

2.-GENERALIDADES SOBRE EL RIESGO

16

2.1 Definiciones del Riesgo	11
2.2 El grado del riesgo	18
2.3 Clasificación del riesgo	19
2.4 El riesgo financiero	22
2.5 El tratamiento del riesgo	25

3.-DIVERSAS METODOLOGÍAS PARA MEDIR EL RIESGO

27

3.1 El análisis de decisiones	27
3.2 Criterio del pago máximo	29
3.3 Criterio de la máxima posibilidad	31
3.4 Regla de decisión de Bayes	32
3.5 Método de árboles de decisión	33

4.-PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS SIN CONSIDERAR PROBABILIDADES	37
4.1 La Programación de proyectos	37
4.2 Diagramas	39
4.3 La ruta crítica	40
4.4 Tiempo más próximo	43
4.5 Tiempo más lejano	44
4.6 Tiempo de holgura para eventos	45
4.7 Tiempo de holgura para actividades	46
4.8 Determinación de la ruta crítica	47
5.-PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS CONSIDERANDO PROBABILIDADES	50
5.1 Preliminares sobre probabilidad	50
5.2 El método de Evaluación del programa y revisión de la técnica	53
5.3 Aplicación práctica del método “Evaluación del programa y revisión de la técnica”	55
6.-LA TOMA DE DECISIONES CON EXPERIMENTACIÓN	59
6.1 Antecedentes de probabilidad condicional	59
6.2 El teorema de Bayes y la Programación de Proyectos	60
6.3 El costo de la experimentación en proyectos	61
6.4 Explicación práctica del método de experimentación	62
7.- LOS PRONÓSTICOS EN LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS	67
7.1 Los pronósticos en la evaluación de proyectos	67
7.2 Clasificación de los modelos de pronósticos	68
7.3 El modelo de regresión	71
7.4 El modelo de promedio móvil	75
7.5 Alisamiento exponencial	77
7.6 Errores de pronóstico	80

7.7 Crítica de los métodos de pronóstico y la teoría del caos	81
7.8 Crítica de la teoría del riesgo enfocada a proyectos de inversión	82
CONCLUSIONES	84
APÉNDICE 1	
PROBLEMAS PRÁCTICOS ADICIONALES	87
APÉNDICE 2	
TABLA DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL	90
BIBLIOGRAFÍA	91

INTRODUCCIÓN

Un proyecto de inversión se define como “Un plan que si se le asigna determinado monto de capital y se le proporcionan insumos de diversos tipos, podrá producir un bien o servicio, útil al ser humano o a la sociedad en general.”

La preparación y evaluación de proyectos se ha transformado en un instrumento de uso prioritario entre los agentes económicos que participan en cualquiera de las etapas de la asignación de recursos para implementar iniciativas de inversión.

La evaluación de proyectos se encarga de construir toda la metodología necesaria para reducir al máximo cualquier posibilidad de pérdida financiera y contar con una base científica que sustente las inversiones realizadas, dicha metodología incluye diversos estudios tales como análisis de la demanda, de la oferta, del mercado, etc. y se usan diversas herramientas matemáticas para realizar los pronósticos necesarios, los cuales se basan en técnicas estadísticas entre las que se consideran las series de tiempo, la regresión lineal, el análisis por mínimos cuadrados, etc.

Ahora, conviene analizar el significado del riesgo, el cual se puede definir como: la incertidumbre concerniente con la ocurrencia de una pérdida; en un proyecto de inversión existen principalmente dos tipos de riesgos: los riesgos financieros y los no financieros.

El objetivo del presente trabajo es crear la metodología necesaria para poder cuantificar los riesgos no financieros, los cuales se pueden considerar como aquellos que no son el producto de las variables financieras típicas, tales como la inflación, una posible devaluación en la moneda, etc., este riesgo se refiere a eventos del siguiente tipo: un retraso en el tiempo de realización del proyecto, el riesgo que se corre al tener que elegir de entre varias alternativas, etc.

¹ Baca Urbina, Gabriel, “Evaluación de Proyectos”, Mc Graw Hill, México, 1995, 2ª edición, p.2

El capítulo 1 presenta de manera muy breve las etapas de la evaluación de proyectos: la identificación de la idea, la recopilación de información, los estudios de prefactibilidad y de factibilidad, etc..

El capítulo 2 se aboca a tratar la definición de riesgo y los diferentes tipos que existen; el capítulo 3 explica diversos métodos para cuantificar el riesgo, se presenta el criterio del pago máximo, el criterio de la máxima posibilidad, la regla de decisión de Bayes y el método de árboles de decisión.

Los capítulos 4 y 5 presentan métodos de la investigación de operaciones para cuantificar riesgos: se presentan el método de Evaluación de Proyectos y Revisión de la técnica, o por sus siglas en ingles: PERT(Program evaluation and review technique) que es una metodología para identificar posibles retrasos en los tiempos de las diferentes actividades del proyecto de inversión.

El capítulo 6 incorpora un nuevo elemento que es el de la experimentación, el cual es sumamente útil en decisiones con alto riesgo.

El capítulo 7 es una revisión de los principales métodos para realizar pronósticos, los cuales son sumamente importantes en la evaluación de proyectos de inversión, por ejemplo para determinar la venta de un cierto producto, se hace una crítica de estos métodos de proyección desde el punto de vista de la "Teoría del Caos", la cual incorpora nuevos elementos en los modelos matemáticos de predicción.

Se pretende mostrar como algunos métodos de la investigación de operaciones, de la estadística, de la probabilidad y de la teoría de juegos pueden ser útiles en la evaluación de proyectos de inversión, en la parte correspondiente a la cuantificación de los riesgos de índole no financiera.

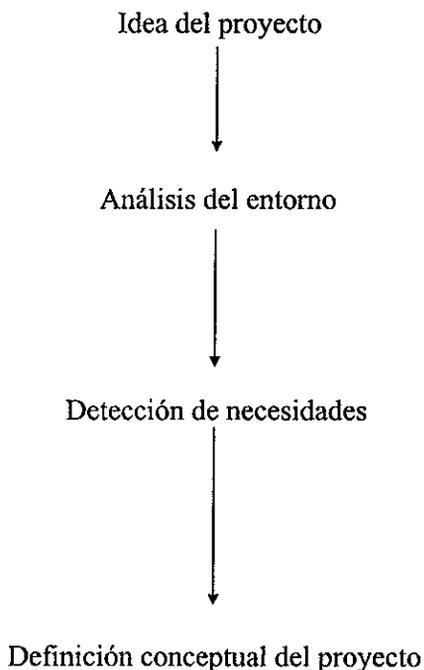
CAPÍTULO 1

PANORAMA GENERAL DE LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN

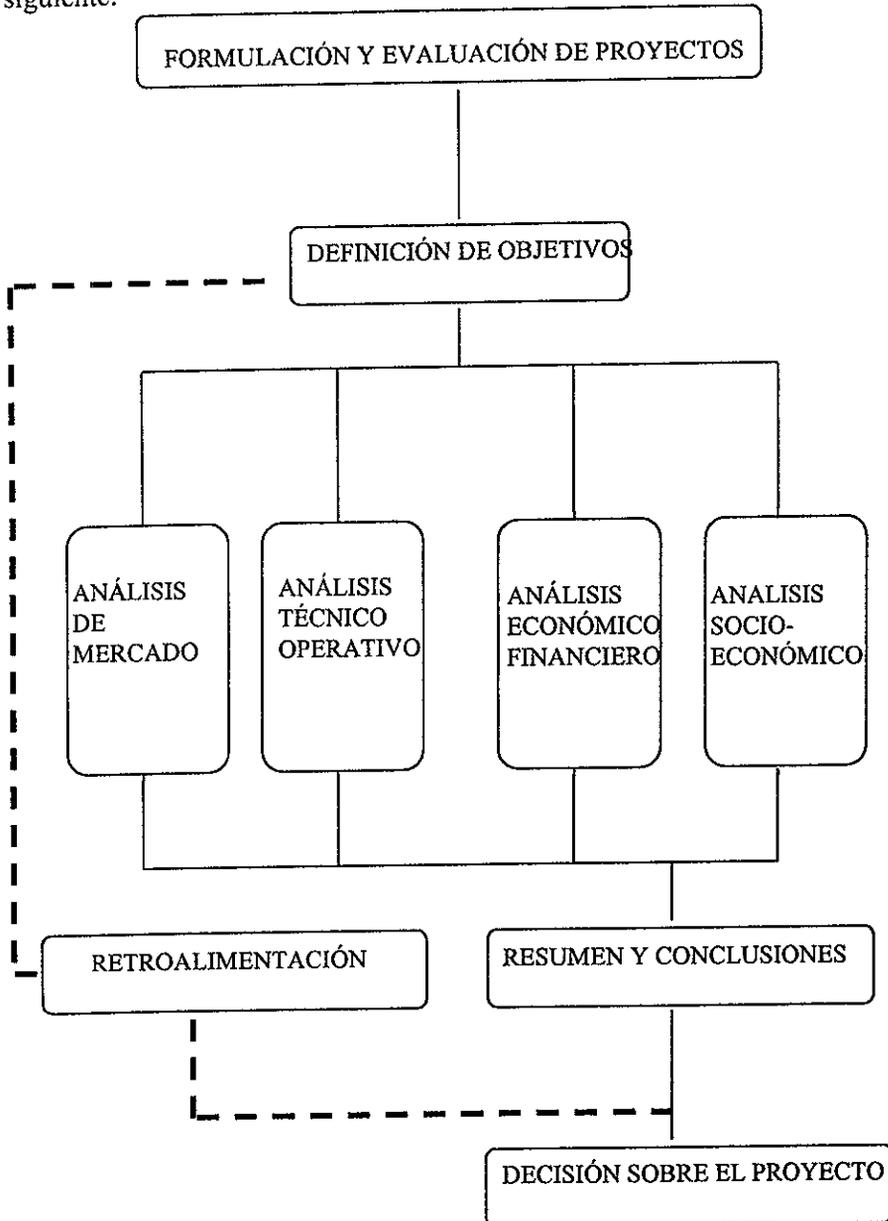
1.1 LAS ETAPAS EN LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN

Para evaluar un proyecto de inversión de cualquier tipo en una empresa y para que esta resulte con éxito. Debe seguirse una serie de pasos en los cuales se busque la rentabilidad para el inversionista, de tal modo que los resultados obtenidos de los análisis y evaluaciones den como resultado una toma de decisiones adecuada para realizar o no un proyecto de inversión, o bien para darle un nuevo enfoque a su estructura.

A continuación se muestra las etapas del proceso de la evaluación de proyectos:



La estructura general que debe tener la evaluación de proyectos es la siguiente:



1.2 LA IDENTIFICACIÓN DE LA IDEA Y SU ANÁLISIS

¹”Esta parte de la evaluación de proyectos, se elabora a partir de la información existente, el juicio común y la opinión que da la experiencia; en términos monetarios solo presenta cálculos globales de las inversiones, los costos y los ingresos, sin entrar a investigaciones profundas”.

Esta primera etapa es muy importante, ya que permitirá definir o por lo menos lograr alguna idea acerca de si el proyecto es viable o no.

Los ²aspectos que se deben investigar en esta etapa son los siguientes:

- El volumen del mercado
- Disponibilidad de materias primas
- Tamaño y tecnología
- Inversión estimada
- Beneficios esperados
- Marco institucional:

Se refiere a que los proyectos de inversión están necesariamente vinculados con instituciones públicas y privadas del país, así como supeditadas a la economía nacional

¹ Baca Urbina, Gabriel, “Evaluación de Proyectos”, Mc Graw Hill, México 1995, 2ª edición. p.5

² “Diplomado en el ciclo de vida de los Proyectos de Inversión , Propedeúutico”, NAFIN. México 1995, p.24

1.3 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Se refiere a todas aquellas investigaciones, entrevistas, búsquedas de datos, etcétera, que servirán para analizar en forma detallada el proyecto de inversión. Estos estudios se basan en la información que se tiene de primera mano, es decir, sin efectuar investigaciones detalladas.

Se consideran todos los aspectos generales para poder iniciar lo que será el proyecto de inversión. Dentro de esta etapa se debe buscar la conceptualización principal del proyecto, tratando de limitar los rangos mínimos y máximos de la inversión, el riesgo, etc.

Esta etapa consta de las siguientes subetapas:

a) Determinación de las fuentes de información

b) Entrevistas preliminares con:

Accionistas

Proveedores de maquinaria y equipo

Proveedores de materias primas

Constructora del inmueble (En caso de ser necesario)

Distribuidores (En caso de requerirse)

Instituciones de crédito

Dependencias gubernamentales

Sindicato

c) Recopilación de información y datos

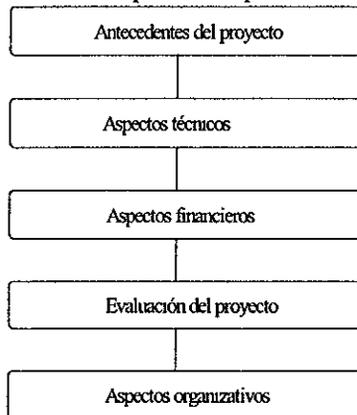
d) Definición de estrategias y características del proyecto

1.4 PREFACTIBILIDAD

³”Este estudio profundiza la investigación en fuentes secundarias y primarias en investigación de mercados, detalla la tecnología que se empleará, los costos totales y la rentabilidad económica del proyecto, y es la base en la que se basan los inversionistas para tomar una decisión, los aspectos que se deben considerar en la prefactibilidad son:

- Antecedentes del proyecto
- Aspectos de mercado y comercialización
- Aspectos técnicos(Se estudia la disponibilidad de materias primas, la localización del proyecto y los aspectos de tecnología)
- Aspectos financieros(Se estudian los ingresos e ingresos, se realizan los estados financieros proforma, etc.)
- Evaluación del proyecto(Es imprescindible ya que conjunta el análisis financiero y social del proyecto, se busca reunir indicadores que midan los beneficios financieros y sociales del proyecto)
- Aspectos organizativos(Se deberá analizar el tipo de organización que tendrá la futura empresa, el número de socios, entidades, etc.)

En el diagrama se muestran las etapas de la prefactibilidad:



³ "Diplomado en el ciclo de vida de los Proyectos de Inversión - Propedeútico", NAFIN, México 1995, p.29

1.5 FACTIBILIDAD

.⁴ “Esta enfocada al análisis de la alternativa más atractiva estudiada en la prefactibilidad, abordando en general los mismos aspectos, pero con mayor profundidad y dirigidos a la opción más recomendable.”

Las etapas de la factibilidad son las siguientes:

A) Estudio de mercado:

Permite conocer la situación que existe entre la oferta y la demanda y los precios de un determinado bien para saber si existe demanda potencial que pueda ser cubierta mediante un aumento de los bienes ofrecidos.

El estudio de mercado es el primer punto y el más importante a considerar en la elaboración del informe del proyecto. Su objetivo es demostrar la existencia de la necesidad en los consumidores por el bien que se pretende fabricar y vender, es decir, proporcionar los elementos de juicio necesarios para establecer la presencia de la demanda, así como la forma para suministrar el producto a los consumidores.

Para alcanzar los objetivos anteriores el estudio de mercado se deberá enfocar a los siguientes factores:

A.1) La Demanda: Consiste en estudiar la evolución histórica y proyectada del requerimiento del producto mediante la ayuda de estadísticas (ventas, producción, compras, inventarios, etcétera.), entrevistas, cuestionarios y otros.

Los elementos básicos en la determinación de la demanda son: los precios del producto, el ingreso y egreso de los consumidores, el número de integrantes de cada sector de consumidores y los precios de los productos complementarios o sustitutos.

⁴ “Diplomado en el ciclo de vida de los Proyectos de Inversión - Propedeúutico”, NAFIN, México 1995, p.31

A.2)La Oferta:

Consiste en establecer el vínculo entre la demanda y la forma en que esta será cubierta por la producción presente o futura de la presentación que se pretende introducir al mercado.

Los elementos fundamentales en la determinación de la oferta de un producto son: el costo de producción, el nivel tecnológico, la marca y el precio del bien y la competencia.

A.3)El Precio:

Se refiere a la cantidad de dinero que se tendrá que pagar para obtener el producto. La función básica que el precio desempeña en el desarrollo del proyecto de inversión es como regulador de la producción, del uso de los recursos financieros, de la distribución y el consumo.

Los factores a considerar para la determinación del precio de un producto son entre otros: el precio existente en el mercado, el establecido en el sector público(En caso de ser básico), el estimado con base en el costo de producción, etcétera.

A.4)Los canales de distribución:

Trata de la forma en que el bien será distribuido a los consumidores. Los aspectos referentes a la comercialización se pueden dividir en tres variables:

Producto:

Analizar la forma de presentación, su envoltura, cantidad de contenido, logotipo y marca así como la variedad en la presentación del contenido, asistencia técnica, etcétera.

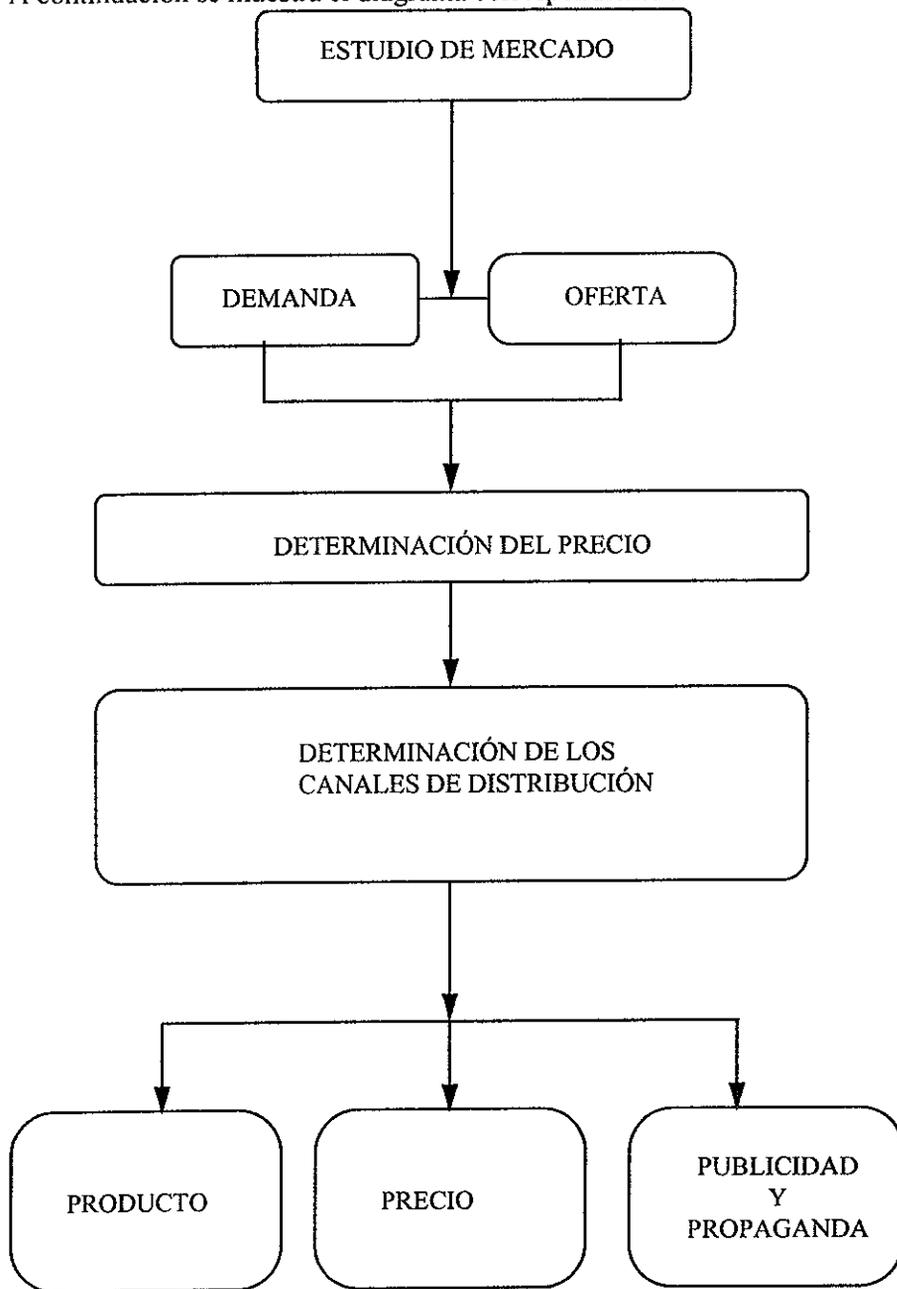
Precio:

Gastos y costos de distribución, sistemas de crédito al consumidor, almacenamiento e imagen de la empresa.

Publicidad y propaganda:

La cantidad destinada en el presupuesto para promoción del producto y su distribución para darlo a conocer, así como para anuncios en radio, televisión, periódicos, revistas, folletos, espectaculares, etcétera.

A continuación se muestra el diagrama correspondiente a la Factibilidad:



B) Estudio técnico

Tiene por objeto proveer información para cualificar el monto de las inversiones y de los costos de operación pertenecientes a esta área. Su propósito es determinar las condiciones técnicas de realización del proyecto (materias primas, energía, mano de obra, etc.); en este estudio se incluyen los aspectos de tamaño, localización e ingeniería. Consiste en lo siguiente:

B.1) Estudio básico:

Abarca el tamaño, procesos productivos y localización del proyecto.

B.1.1) Tamaño del proyecto:

Este se califica por la capacidad de producción y requerimientos que de los bienes tenga el proyecto y el demandante respectivamente: se deberá definir la selección de:

- Materias primas
- Diseño
- Márgenes de capacidad a utilizar
- Sobrecarga y reserva de la capacidad productiva

Los factores que se deben tomar con base para definir el tamaño del proyecto, serán, básicamente:

- Tamaño del mercado
- Capacidad de recursos financieros, materiales y humanos
- Problemas de transporte
- Aspectos políticos
- Capacidad administrativa.

B.1.2)Procesos administrativos(Organizacional):

Se refiere a los factores propios de la actividad ejecutiva de la administración del proyecto: organización, procedimientos administrativos y aspectos legales, se debe atacar básicamente 2 tipos de aspectos:

a)La forma jurídica de la empresa

b)La organización técnica y administrativa de la empresa.

B.1.3)Procesos productivos:

Se refiere a los procesos de transformación aplicados en el proyecto para la fabricación de los bienes, es decir, la conversión de las materias primas en productos terminados.

B.1.4)Localización del proyecto:

Consiste en fijar desde el punto de vista económico el establecimiento de la dimensión de la planta; es necesario definir donde se va a producir y considerar la localización del proyecto considerando la fuente de insumos(materia prima, energía, mano de obra); también se debe analizar el mercado de los productos.

B.2)Estudio Complementario sobre las obras físicas(construcciones y/o adaptaciones), organización y calendario de construcción y actividades.

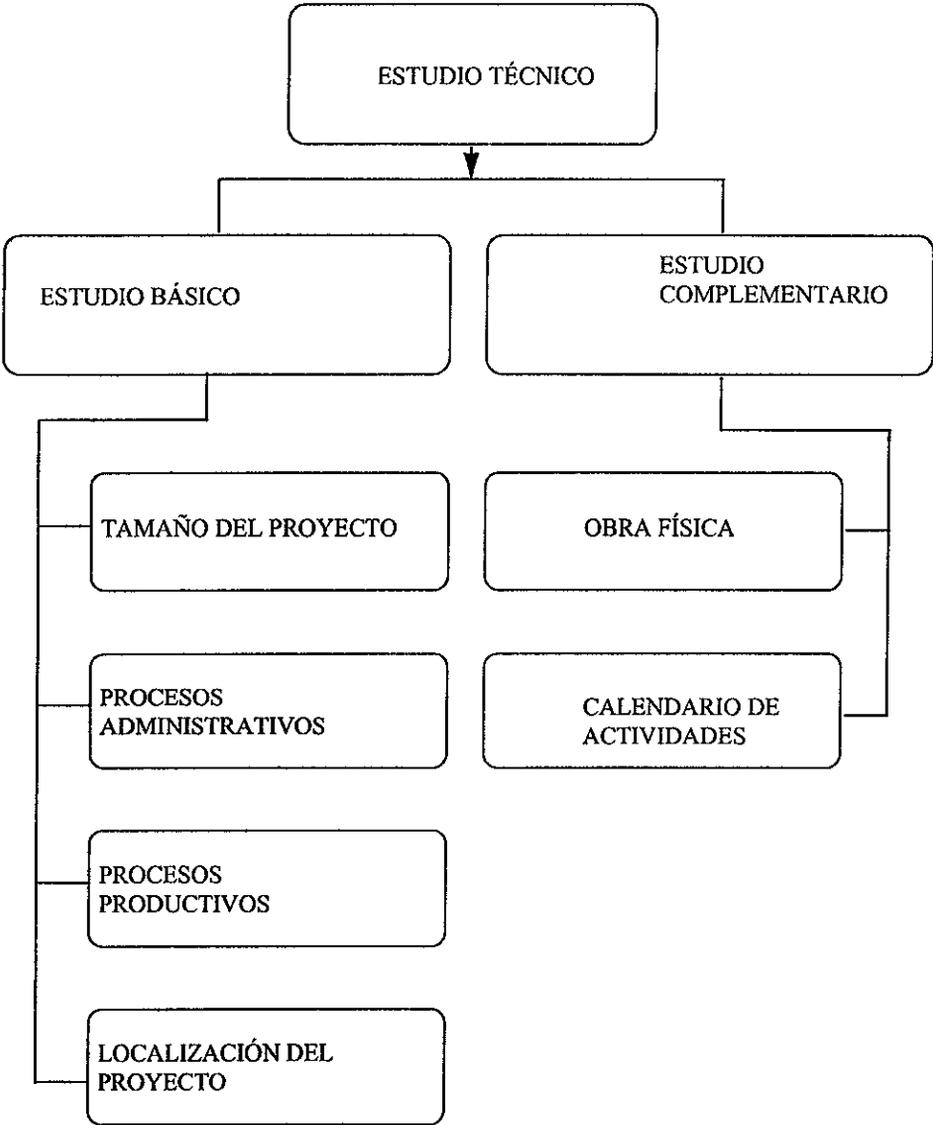
B.2.1)Obras Físicas:

Abarca lo concerniente a la inversión en terrenos, planos y programas de construcción. Entre los factores más importantes a considerar están: la dimensión de las obras, equipos, maquinaria, instalaciones, condiciones geográficas y físicas.

B.2.2)Calendario de actividades:

Se deberá establecer un programa que indique con exactitud los tiempos óptimos para la evaluación de las diferentes etapas del proyecto, siendo estas: la resolución, concertación, ejecución, operación y control del proyecto.

Diagrama correspondiente al estudio técnico



C) Estudio financiero:

El inversionista realizará asignaciones importantes de recursos al proyecto, sólo si espera en un futuro recuperar una cantidad mayor a la erogación realizada, es decir, tiene la esperanza de obtener utilidades de acuerdo con el monto de la inversión y el riesgo que se corra.

La utilidad puede definirse como el resultado de la productividad de la inversión del capital y esta deberá darse de acuerdo con los resultados de las operaciones del negocio y a las expectativas de los accionistas. Los accionistas y los encargados de administrar los recursos financieros de la empresa, deberán tener presente que como consecuencia del uso del capital requerirán obtener una utilidad, de lo anterior se infiere la existencia del costo del capital, que puede definirse como la tasa de rendimiento que deberán recibir los inversionistas con motivo de sus aportaciones.

La tasa de rendimiento mínima fijada por la empresa se puede determinar con base en aspectos internos y externos, es decir tomando en cuenta los porcentajes de utilidad que ella misma generará y los créditos de los mercados de capitales, respectivamente. Esto es de suma importancia para efectuar la evaluación del proyecto de inversión.

El estudio financiero tiene como finalidad demostrar que existen recursos suficientes para llevar a cabo el proyecto de inversión, así como de un beneficio, en otras palabras, que el costo del capital invertido será menor que el rendimiento que dicho capital obtendrá en el horizonte económico (periodo de tiempo dentro del que se considera que los efectos de la inversión son significativos).

La información que deberá contener el estudio financiero consta de las siguientes partes:

C.1) El presupuesto de los recursos financieros necesarios para el desarrollo del proyecto en su totalidad

C.2) La determinación y evaluación de los flujos de efectivo presupuestados con base en los métodos del periodo de recuperación, valor presente neto y una tasa interna de retorno, además de las condiciones de riesgo e incertidumbre existentes.

C.3) El plan de financiamiento, indicando en este si las fuentes de recursos serán internas (utilidades capitalizables, depreciación, amortización, incremento de pasivos, etc.) y/o externas (crédito bancario, préstamos de empresas afiliadas o accionistas, etc.)

C.4) El análisis de sensibilidad, se refiere a los cambios de uno o más factores dentro de ciertos rangos lógicos, el objetivo es forzar al proyecto para asegurar al axioma posible su rentabilidad. Se deben considerar los siguientes factores:

a) Horizonte económico

b) Volumen de producción y precio del producto

c) Costos y gastos

d) Tasa mínima de rendimiento definida

e) El flujo del proyecto, con base en criterios muy conservadores, probables y optimistas.

f) El plan de implantación: es aquí donde se establecen los elementos cuantificables y no cuantificables del proyecto.

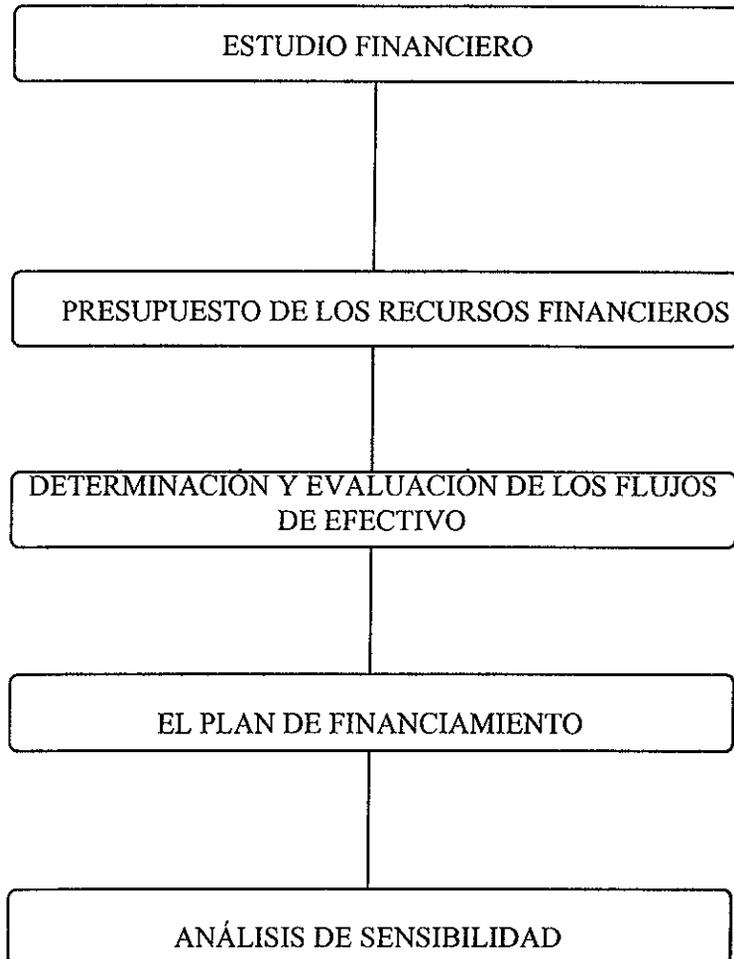
D) El plan de implantación:

Se establecen los elementos cuantificables y no cuantificables del proyecto, consiste en realizar un programa de actividades calendarizado, donde se determinen los cursos de acción que habrán de seguirse, mediante el establecimiento de los principios que deberán normarlo, la sucesión ordenada de las operaciones para llevarlo a cabo y la fijación de tiempos y montos necesarios para su desarrollo.

Existen diferentes procedimientos para la formalización de los planes de ejecución y son los siguientes:

- Manuales de políticas y procedimientos por área funcional
- Diagrama de flujo de procedimientos y procesos
- Presupuestos

A continuación se muestra el diagrama correspondiente al Estudio financiero:



1.6 ARRANQUE Y FUNCIONAMIENTO DEL PROYECTO DE INVERSIÓN

Se refiere a la implantación del proyecto una vez seleccionado el modelo a seguir, dentro de este contexto se debe considerar lo siguiente:

- A) La compra del terreno, la construcción de la nave industrial, oficinas e instalaciones.
- B) La compra e instalación de maquinaria, equipos y herramientas.
- C) Selección y administración de sistemas operacionales y administrativos
- D) Selección, contratación, inducción y capacitación de personal.
- E) Operación inicial del negocio.

Una vez concluida esta etapa se debe continuar con la comparación y medición de los resultados reales contra los presupuestados, lo cual puede realizarse en forma parcial o total, teniendo como objetivo mejorar o corregir el desarrollo del proyecto de inversión, para lograr obtener los resultados más apegados a los planes originales.

El control debe aplicarse durante la vida total del proyecto para medir su desarrollo y rentabilidad en el tiempo.

Esta etapa deberá ser controlada mediante la elaboración de presupuestos y el establecimiento de un sistema de control presupuestal asignando la responsabilidad a la administración existente.

CAPÍTULO 2
GENERALIDADES SOBRE EL RIESGO

2.1 DEFINICIONES DEL RIESGO

Considere las siguientes definiciones del riesgo:

DORFMAN Introduction to Risk Management & Insurance, 4th. Edition	El Riesgo es la variación de posibles resultados de un evento producto de algún cambio.
VAUGHAN Fundamentals of Risk & Insurance, 5th. Edition	Es una condición en donde existen posibilidades de desviaciones adversas de un resultado es esperado.
SNIDER Risk Management, 2thd Edition Published for S.S. Huebner Foundation for Insurance Education	Hay un común acuerdo que el riesgo se relaciona con cambios en los diversos eventos y que el elemento de incertidumbre es inherente en el resultado de cualquier situación de riesgo.
MEHR & HEDGES Risk Management Concepts & Applications	El riesgo puede ser definido como la posibilidad de que las pérdidas sean más grandes que las normales, esperadas o usuales.
REJDA Principles of Risk Management & Insurance, 4th. Edition	El riesgo es la incertidumbre concerniente con la ocurrencia de una pérdida.
GREENE & TRIESCHMANN Risk & Insurance, 7th Edition	Riesgo es la incertidumbre de pérdida.

El riesgo es la eventualidad de que ocurra un hecho capaz de producir algún daño. Toda actividad, por simple que sea, implica un riesgo.

El grado de aceptación del riesgo es una solución de compromiso por parte de la persona entre el conocimiento y valoración del mismo y las ventajas que supone la actividad asociada.

El riesgo se mide por métodos estadísticos, por ejemplo, en la siguiente tabla es un indicador de distintos riesgos; se expresa el número de muertes por cada 100,000,000 horas* hombre de actividad.

Viajar en tren	3
Estar en casa	4
Trabajar en la industria química	4
Viajar en autobús	4
Trabajar en la construcción	10
Viajar en avión	50
Ir en coche	200
Ir en motocicleta	1000
Practicar el boxeo profesionalmente	20000

Fuente:F:A:F:R: Kletz

Tema: Descripción de los riesgos

2.2 EL GRADO DE L RIESGO¹

Es intuitivamente obvio que existen algunas situaciones en donde el riesgo es mayor que en otras situaciones, es muy comúnmente aceptado que el significado de “grado de riesgo” es relativo a la probabilidad de ocurrencia del mismo, se considera que aquellos eventos con una alta probabilidad de pérdida tienen más riesgo que aquellos con una probabilidad menor. Si consideramos al riesgo en términos de individualidad, el riesgo entonces se mide en términos de la probabilidad de una desviación de lo que es esperado, por ejemplo las tablas actuariales dicen que la probabilidad de muerte a edad 52 es aproximadamente 1%, y que la probabilidad a edad 79 es del 10%, usando la probabilidad de una desviación adversa de algo esperado, se observa que la probabilidad de muerte a edad 79 es mayor que la probabilidad de muerte a edad 52.

Es conveniente usar los términos mayor riesgo y menor riesgo para indicar una medida de la posible pérdida, es usual afirmar que existe un mayor riesgo involucrado cuando, por ejemplo hay una pérdida de \$100,000 que de \$1, aunque de hecho la probabilidad de pérdida es la misma en ambos casos. Esto hace creer que para medir el riesgo se debe de considerar la magnitud de la pérdida potencial, pero si ahora consideramos que tenemos dos situaciones donde el monto, es por ejemplo, \$1000 , entonces la pérdida con más riesgo es la situación con probabilidad de pérdida más grande.

Se observa que existe una dificultad para involucrar la pérdida potencial y la probabilidad de pérdida para medir el riesgo, entonces es posible recurrir al concepto de valor esperado para referirse a estas dos facetas de una situación dada de riesgo. El valor esperado de pérdida en una situación dada es la probabilidad de dicha pérdida multiplicada por el monto de pérdida potencial, por ejemplo, si el monto a considerar es de \$10 y la probabilidad de pérdida es de .10, entonces el valor esperado de pérdida es de \$1. Si el monto es de \$100 y la probabilidad de pérdida es de .01, entonces el valor esperado es de \$1.

¹ Vaughan. Emmet J., " Fundamentals of Risk and Insurance", John Wiley, U.S.A. 1996, 7º edición, p.6

2.3 CLASIFICACIÓN DEL RIESGO

Existen muchos tipos de riesgo, atendiendo a su origen se clasifican en²:

Riesgos Naturales:

Aquellos originados por fenómenos de la naturaleza: inundaciones, terremotos, erupciones volcánicas, etc.

Riesgos Tecnológicos:

Aquellos asociados a accidentes de origen tecnológico, como el riesgo químico, el nuclear o el transporte de mercancías peligrosas. Comprende asimismo los grandes apagones eléctricos.

Riesgos Antrópicos:

Aquellos generados por la actividad del hombre: accidentes de transporte público, grandes concentraciones de personas (acontecimientos deportivos, festivos, etc.), colapso de un edificio, etc.

Riesgos financieros y no financieros:

Los riesgos incluyen todas las situaciones en donde hay una exposición a la adversidad. En algunos casos esta adversidad se relaciona con pérdida financiera, mientras que en otros casos no ocurre así, y el riesgo está relacionado con todos los aspectos del entorno humano.

Riesgos Dinámicos:

Los riesgos dinámicos son aquellos que resultan de cambios en la economía., cambios en el nivel de los precios, en la demanda de los consumidores, en la tecnología, etc., que pueden causar pérdida financiera a los miembros de la sociedad. Estos riesgos dinámicos normalmente tienen impacto en la sociedad a largo plazo, considerando que son el resultado de ajustes en la colocación equivocada de recursos. Los riesgos dinámicos pueden afectar a un gran número de individuos, pero son menos predecibles que los riesgos estáticos, ya que no ocurren con ninguna regularidad.

² <http://www.fut.es/protciv/esp/plaseqta/tipus.htm>

Riesgos Estáticos:

Estos involucran aquellas pérdidas que ocurrirían aun si no hubiera cambios en la economía, se relacionan con la deshonestidad de los individuos y con su pericia. La pérdida estática esta relacionada con la destrucción de algún bien o el cambio de su posesión como resultado de la deshonestidad del error humano. Los riesgos estáticos tienden a ocurrir con algún grado de regularidad y entonces son generalmente predecibles, y por lo tanto son perceptibles de aseguramiento.

Riesgos Fundamentales:

Están relacionados con pérdidas que son impersonales en pérdida y en origen, son un grupo de riesgos que son causados fundamentalmente por la economía, la sociedad y los fenómenos políticos, así como también de los fenómenos físicos, afectan a largos segmentos de la población o inclusive a toda ella, como ejemplo se tiene: desempleo, guerra, inflación y terremotos,

Riesgos Particulares:

Están relacionados con pérdidas que afectan a los individuos más que al grupo entero, pueden ser estáticos o dinámicos, como ejemplo tenemos: el incendio de una casa o el robo de un banco, etc. Los riesgos particulares son considerados responsabilidad de los propios individuos. Estos riesgos pueden ser objeto de asegurabilidad, prevención o alguna otra técnica.

Riesgos Especulativos:

describen situaciones en donde hay posibilidad de pérdida pero también de ganancia, en este contexto el riesgo es deliberadamente creado con la esperanza de ganar, ejemplos de ello son: Las apuestas en los juegos de azar; alguna inversión, ya que puede haber pérdida si el producto no es aceptado en el mercado al precio suficiente para cubrir costos, pero a cambio se espera una cierta ganancia, etc. Normalmente estos riesgos no son asegurables

Riesgos Puros:

Designan situaciones en las que solamente existen dos casos: pérdida y no pérdida, como ejemplo, la persona que compra un automóvil debe considerar la posibilidad de que algo pueda ocurrir que pudiera dañar o destruir el automóvil, los posibles resultados son pérdida y no pérdida. Normalmente estos riesgos si son asegurable

Los riesgos puros se pueden clasificar como sigue:

Riesgos Personales.

Se refieren a los que existe posibilidad de pérdida de ingresos o pertenencias como resultado de la pérdida de habilidad para tener ingresos, lo cual se puede deber a 4 principales causas:

- a) muerte prematura,
- b) edad avanzada,
- c) enfermedad
- d) desempleo.

Riesgos sobre las posesiones de las personas:

Estos riesgos se pueden dividir en dos, considerando que puede haber pérdida directa y pérdida indirecta, por ejemplo si se una casa es destruida por el fuego, el propietario pierde el valor de la casa, no tiene más un lugar para vivir y durante el tiempo que se requiera para reconstruir la casa incurre en una serie de gastos adicionales para vivir en algún otro lugar, en este caso se considera que la pérdida es indirecta.

2.4 EL RIESGO FINANCIERO

VENTAJAS DE LA GLOBALIZACIÓN FINANCIERA:

La globalización de los mercados ha reducido las distancias entre los países a la vez que se ha aumentado la competencia, se ha procurado desarrollar una banca electrónica y automatizar las actividades financieras, como son la actividad bursátil y la venta y la compra de divisas, con el propósito de reducir costos, proporcionar información a tiempo real para atraer a más usuarios y a más clientes hacia sus naciones, reducir riesgos en las transferencias de dinero, y extenderse más allá de las fronteras.

El resultado de la automatización ha generado más operaciones internacionales, así como un mayor volumen de transacciones; es decir, se ha dado un mayor acercamiento entre los intermediarios financieros de todo el mundo y se han acortado distancias. Asimismo, ha traído para los usuarios la posibilidad de obtener mayores rendimientos en sus inversiones, costos más bajos en los préstamos que demandan las empresas y una mayor solvencia en los mercados, y con ello, la posibilidad de obtener mayores ingresos.

La automatización de los mercados financieros se ha completado con el desarrollo de nuevos instrumentos financieros para atraer los capitales de los inversionistas (sociedades de inversión, aseguradoras, tesorerías de grandes empresas, fondos de pensiones, etc.) que cada vez más se desarrollan en el ámbito financiero y requieren un menor riesgo en sus inversiones.

GLOBALIZACIÓN DEL RIESGO FINANCIERO:

Si consideramos que aunado al progreso de los mercados financieros, también se ha establecido un auge de la volatilidad en los precios de los productos financieros, en el precio de las tasas de interés y en la cotización de las divisas, al mismo tiempo también se ha establecido una globalización del riesgo financiero.

Consideremos los siguientes ejemplos³:

Cuando sube la bolsa de valores de Nueva York, suben también los precios de las cotizaciones de otras bolsas en el mundo, como es el caso de las bolsas de Japón e Inglaterra, así como la de México. Si se habla de divisas, desde el inicio de los años setenta, con el establecimiento de las divisas flotantes en el mundo (regidas por la oferta y la demanda), la volatilidad de estos mercados se ha fortalecido. Actualmente los mercados están relacionados con las políticas cambiarias locales, un ejemplo es el llamado efecto tequila producido por la devaluación de la moneda mexicana en diciembre de 1994; la cual afectó a otros países de América Latina como son Brasil y, sobre todo Argentina. Si se consideran las tasas de interés estas se mueven en el mercado tratando de contrarrestar la competencia, en este contexto podemos considerar a los países como grandes bancos y a todo el mundo como los clientes a los que hay que atraer. Por ejemplo si suben las tasas de interés en Alemania, se deben subir las tasas de México para dar mejores rendimientos reales y hacer que los clientes no opten por los alemanes.

DEFINICIÓN DE RIESGO FINANCIERO:

Si consideramos la actividad diaria de una determinada empresa, se observará que esta enfrenta varios ⁴riesgos que van desde los propios riesgos de la empresa (llamados riesgos industriales o riesgos inherentes a la empresa) hasta los denominados riesgos financieros.

Se entiende por Riesgo Inherente de la empresa a los riesgos que se desprenden de su propia actividad. Por ejemplo, el precio del petróleo es la variable fundamental para PEMEX, para otras empresas por ejemplo, las cementeras, el precio de la maquinaria especializada y el precio del cemento son las variables inherentes a la empresa.

El Riesgo Financiero, se puede definir como el impacto sobre el rendimiento financiero de la empresa producto de su apalancamiento financiero, su posición con respecto al tipo de cambio y a los valores. Dentro de los principales riesgos financieros, cabe destacar los siguientes:

³ <http://www.ebc.mx/general/riezgofin.htm>

⁴ <http://www.ebc.mx/general/riezgofin.htm>

- **Riesgo por Apalancamiento:**

Este riesgo es el producto de las deudas financieras de la empresa, surge por el movimiento en las tasas de interés que, en caso de subir, afectarán a la empresa por el mayor desembolso que esta tiene que realizar.

- **Riesgo Cambiario:**

Se debe a la variación o fluctuación del tipo de cambio de las divisas que maneja la empresa y con el cual tiene que subsistir para comprar maquinaria extranjera, por sus empresas subsidiarias ubicadas en el extranjero, por sus deudas en divisas que no son las de su país de origen, por ejemplo, sus deudas en dólares.

- **Riesgo por Posición en Valores:**

El Portafolio de valores se constituye por los instrumentos de deuda, acciones, etcétera y este también afecta la posición financiera de la empresa. Si estos valores suben o bajan benefician o perjudican a la empresa.

- **Riesgo por Liquidez:**

Este riesgo surge cuando una empresa no puede pagar sus obligaciones y afecta al acreedor .

- **Riesgo Crediticio:**

Se da fundamentalmente en las operaciones financieras entre dos intermediarios; por ejemplo, banco contra banco.

En resumen los riesgos expuestos arriba conforman el riesgo financiero a que esta expuesta la empresa. A manera de ejemplo, consideremos lo siguiente, en el caso México:

- En 1982, las altas tasas de interés en el mundo, -en especial en Estados Unidos- nuestro gran acreedor, significaron un alto pago de intereses para el gobierno, las empresas mexicanas y la población.
- Las distintas devaluaciones durante la década de los ochenta , sobre todo en 1982 y 1987, tras el crack bursátil; así como la más reciente, el 21 de diciembre de 1994, también han significado un alto costo para las empresas mexicanas y para la nación.
- La caída vertiginosa en los precios de los valores cotizados en la Bolsa de México en 1987 y la caída que se ha observado en años recientes, indican que México ha vivido en un riesgo financiero permanente complicado con sucesos políticos y sociales.

2.5 EL TRATAMIENTO DEL RIESGO⁵

MÉTODOS PARA MANEJAR EL RIESGO:

No hay escape a la presencia del riesgo, y se deben buscar maneras de manejarlo. Algunos riesgos pueden ser reducidos por los esfuerzos colectivos de la sociedad y del gobierno, por ejemplo los departamentos de policía y el de bomberos son ejemplos de los métodos de financiación colectivos para tratar el riesgo. Pero aunque la sociedad y el gobierno puedan ayudar a reducir el riesgo en muchos aspectos hay muchos otros riesgos que son responsabilidad de la individualidad. La existencia del riesgo es el nacimiento del descontento de muchos individuos y la inseguridad que lo acompaña causa ansiedad y preocupación.

RETENCIÓN DEL RIESGO

La retención del riesgo es quizás el método más común de tratarlo, en muchos casos no se hace absolutamente nada para combatirlo, cuando los individuos no toman ninguna acción positiva para rechazarlo, reducirlo o transferirlo, se dice que la posibilidad de pérdida que esta relacionada con el riesgo está siendo retenida.

La retención del riesgo puede ser consciente o inconsciente. La retención del riesgo de manera consciente se da cuando el riesgo es percibido y no es transferido ni reducido. Cuando el riesgo no es reconocido, se dice que ha sido inconscientemente retenido. La retención del riesgo puede ser voluntaria o involuntaria. La retención del riesgo voluntaria es caracterizada por el reconocimiento de que el riesgo existe y un acuerdo para asumir la pérdida asociada, la decisión de retener el riesgo voluntariamente se hace por que no existen otras alternativas más atractivas. La retención del riesgo de manera involuntaria ocurre cuando los riesgos no pueden ser reducidos, rechazados o transferidos.

⁵ Vaughan, Emmet J., "Fundamentals of Risk and Insurance", John Wiley, U.S.A, 1996, 7° edición, p.10

La retención del riesgo es un método legítimo de tratar el riesgo y en muchos casos puede ser lo mejor, cada individuo debe decidir que riesgos retener, cuales rechazar y cuales transferir.

TRANSFERENCIA DEL RIESGO:

El riesgo puede ser transferido de un individuo a otro que sea más apropiado para manejar el riesgo, en adición a esto esta transferencia puede ser hecha mediante contratos, como un claro ejemplo de esto, considérese las empresas aseguradoras en las cuales los individuos transfieren sus riesgos.

COMPARTICIÓN DEL RIESGO:

El riesgo puede ser compartido cuando hay algún tipo de arreglo para compartir pérdidas, de hecho el riesgo es compartido en muchas formas en la sociedad, por ejemplo, cuando se forma alguna compañía, cada accionista comparte el riesgo de quiebra o de pérdidas financieras con los demás accionistas.

REDUCCIÓN DEL RIESGO:

El riesgo puede ser reducido en dos formas: la primera es a través de la prevención y el control, se deben crear programas de seguridad y medidas para prevenir pérdidas, ejemplos de ello son: cuidado de la salud, departamentos de bomberos, alarmas contra incendios, etc.

La segunda forma es considerando la ley de los grandes números, es decir combinando un número muy grande de unidades expuestas al riesgo, entonces es posible realizar estimaciones precisas de las pérdidas futuras del grupo, en este contexto es posible crear una organización, tal como una compañía de seguros para asumir la posibilidad de pérdida de cada expuesto .

CAPÍTULO 3 DIVERSAS METODOLOGÍAS PARA MEDIR EL RIESGO

3.1 EL ANÁLISIS DE DECISIONES

¹El tomador de decisiones debe elegir una acción de un conjunto de acciones posibles. El conjunto debe contener todas las alternativas factibles bajo consideración para las distintas formas de proceder en el problema, esta elección debe hacerse considerando la incertidumbre porque el resultado se verá afectado por factores aleatorios que se encuentran fuera del control del tomador de decisiones.

Estos factores determinan que situación se encontrará en el momento en que se ejecute la acción. Cada una de estas situaciones posibles se conoce como un estado de la naturaleza, denotado por a ; el tomador de decisiones sabe cual sería el pago resultante.

El pago es una medida cuantitativa del valor de las consecuencias del resultado para el tomador de decisiones, en este sentido muchas veces el pago se representa por la ganancia monetaria neta (utilidad), aunque también se pueden usar otras medidas. Si las consecuencias del resultado no son completamente ciertas aun cuando ocurra el estado de la naturaleza, entonces el pago se convierte en un valor esperado(en el sentido estadístico) de la medida de las consecuencias

Matemáticamente :

Sea $p(a,\theta)$ = el pago al tomar la acción a cuando el estado de la naturaleza es θ .

En general, se usa una tabla de pagos para cada combinación de a y θ ; en el contexto de la teoría de juegos el tomador de decisiones y la naturaleza se pueden ver como dos jugadores.

¹ Hillier, Frederick S., "Introducción a la Investigación de Operaciones", McGraw-Hill, México, 6ª edición, p. 866

Las acciones posibles y los estados de la naturaleza posibles se pueden ver como las estrategias disponibles para los respectivos jugadores, donde cada combinación de estrategias da como resultado un pago para el jugador 1 (el tomador de decisiones).

Gráficamente se tiene lo siguiente:

<i>Acción</i>	x_1, x_2, \dots, x_n
a_1	
a_2	
a_3	
.	
.	
.	
.	
.	
.	
.	
a_n	

Estados de la naturaleza

Entonces se afirma que :

- El tomador de decisiones necesita elegir una de las acciones posibles
- La naturaleza elegirá entonces uno de los estados de la naturaleza posibles, cada combinación de una acción a y un estado de la naturaleza θ da como resultado un pago $p(a, \theta)$ que está dado como uno de los elementos de la tabla de pagos. Esta tabla de pagos debe usarse para encontrar una acción óptima para el tomador de decisiones según un criterio adecuado.

Si consideramos que en la teoría de juegos en el caso de 2 jugadores ambos son racionales y eligen sus estrategias para promover su propio beneficio, esto se ajusta al tomador de decisiones pero no a la naturaleza ya que esta es un jugador pasivo que elige sus estrategias(estados de la naturaleza) de una manera aleatoria.

3.2 CRITERIO DEL PAGO MÁXIMO

Se basa en la teoría de juegos, en donde la toma de decisiones se ve como un juego contra la naturaleza en donde se selecciona la acción de acuerdo con el criterio minimax , el cual consiste en encontrar el pago mínimo sobre todos los estados posibles de la naturaleza y después encontrar el máximo de estos pagos mínimos.

Se elige la acción cuyo pago mínimo corresponde a este máximo criterio, es valido cuando se considera que se está compitiendo contra un oponente racional y malévolo, como puede ser el caso de la competencia con alguna otra empresa; sin embargo si se considera que el oponente es la propia naturaleza resulta demasiado conservador en este contexto ya que la naturaleza no es un oponente malévolo y el tomador de decisiones no necesita enfocar su atención solo en el peor pago de cada acción.

Este método se usa para un tomador de decisiones poco precavido.

Ejemplo práctico:

Consideremos el siguiente proyecto de inversión:

²Una compañía X es dueña de unos terrenos en los que puede haber petróleo. Un geólogo consultor ha informado a la gerencia que piensa que existe una probabilidad de $\frac{1}{4}$ de encontrar petróleo .

Debido a esta posibilidad, otra compañía petrolera Y ha ofrecido comprar las tierras en \$90 000, sin embargo la compañía X está considerando conservarla para perforar ella misma. Si encuentra petróleo, la ganancia esperada de la compañía será aproximadamente de \$70,000; incurrirá en una pérdida de \$100,000 si encuentra un pozo seco (sin petróleo).

² Hillier, Frederick S., "Introducción a la Investigación de Operaciones", McGraw-Hill, México, 6ª edición, p. 865

Sin embargo, otra opción anterior a tomar una decisión es llevar a cabo una exploración sísmica detallada en el área para obtener una mejor estimación de la probabilidad de encontrar petróleo.

Esta compañía está operando sin mucho capital por lo que una pérdida de \$100,000 sería bastante seria.

De acuerdo al criterio del pago máximo, la solución del problema es la siguiente:

<i>Acción</i>	<i>Estados de la naturaleza</i>		
	x_1	x_2	<i>Mínimo</i>
	<i>petróleo</i>	<i>seco</i>	
a_1 : <i>Perforar</i>	700,000	-100,000	-100,000
a_2 : <i>Vender</i>	90,000	90,000	90,000

Valor máximo

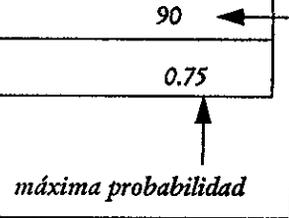
De esta manera considerando el método del pago máximo, la acción que se debe seguir es vender el terreno de la compañía petrolera y de esta manera la ganancia será de \$90,000.

3.3 CRITERIO DE LA MÁXIMA POSIBILIDAD

Este criterio se refiere al estado más probable de la naturaleza. El criterio de la máxima posibilidad afirma que se debe identificar el estado más probable de la naturaleza (Aquel que tiene la probabilidad más grande), y para ese estado de la naturaleza se debe encontrar la acción con el máximo pago y por último se debe elegir esa acción. Lo que se considera especialmente en este planteamiento es que el estado más importante de la naturaleza es el que tiene más probabilidades de ocurrir, de manera que la acción elegida es la mejor para el estado más importante de la naturaleza. La desventaja del criterio es que ignora por completo mucha información relevante, no se considera otro estado de la naturaleza distinto al más probable. En un problema con muchos estados posibles de la naturaleza, la probabilidad del más importante puede ser muy pequeña, por lo que la atención a ese estado de la naturaleza es bastante riesgoso.

Si se aplica este criterio al problema de inversión de la compañía petrolera se tiene lo siguiente:

<i>Acción</i>	<i>Estados de la naturaleza</i>	
	θ_1	θ_2
	<i>petróleo</i>	<i>seco</i>
a_1 : perforar	700	-100
a_2 : vender	90	90
<i>probabilidad</i>	0.25	0.75



máxima probabilidad

máximo pago considerando el estado más probable

Es decir una vez que se encuentra la máxima probabilidad que es de 0.75 se busca el mayor pago asociado a esta probabilidad que es de 90.

3.4 REGLA DE DECISIÓN DE BAYES

Es el criterio que se usa con mayor frecuencia. Menciona que se deben usar las mejores estimaciones disponibles de las probabilidades de los respectivos estados de la naturaleza y calcular el valor esperado del pago de cada acción posible, se elige la acción con el máximo pago esperado.

La gran ventaja de la regla de decisión de Bayes es que incorpora toda la información disponible, incluyendo todos los pagos y las mejores estimaciones disponibles de las probabilidades de los respectivos estados de la naturaleza. Si consideramos el proyecto de inversión de la compañía petrolera, entonces de acuerdo a este criterio se tiene lo siguiente:

$$\text{Para } a_1 \qquad E[p(a_1, \theta)] = 0.25(700) + (0.75)(-100) \\ = 100$$

$$\text{Para } a_2 \qquad E[p(a_2, \theta)] = 0.25(90) + (0.75)(90) \\ = 90$$

entonces se concluye que como 100 es mayor que 90, se debe de seleccionar la acción a_1 (perforar).

Las principales desventajas de este método es que en ocasiones las estimaciones de las probabilidades son subjetivas y por lo tanto no es posible confiar plenamente en ellas, además no existe una manera exacta, ni siquiera en términos de probabilidades de predecir un estado de la naturaleza futuro.

Sin embargo en muchas ocasiones la experiencia y las evidencias permiten desarrollar estimaciones razonables de las probabilidades para que de esta forma se puede tomar una buena decisión.³

³ Hillier, Frederick S., "Introducción a la Investigación de Operaciones", McGraw-Hill, México, 6ª edición, p. 869

3.5 MÉTODO DE ÁRBOLES DE DECISIÓN

⁴El método de arboles de decisión es un enfoque por medio del cual se puede hacer un análisis de como las decisiones tomadas en el presente afectan o pueden afectar las decisiones en el futuro, ya que muchas decisiones tomadas en el presente no consideran las consecuencias que pueden originar a largo plazo, por lo que se utiliza cuando es importante considerar las secuencias de decisión y se conocen las probabilidades de que sucedan en el futuro los eventos bajo análisis. Los árboles de decisión se construyen, por ejemplo, a partir de 3 situaciones u opciones mutuamente excluyentes que se pueden seleccionar. De cada una de estas opciones se generan a su vez, otras dos o tres opciones. Los árboles de decisión se usan para evaluar un proceso de decisión de “múltiples etapas” en el cual se toman decisiones dependientes una tras otra.

Ejemplo ilustrativo:

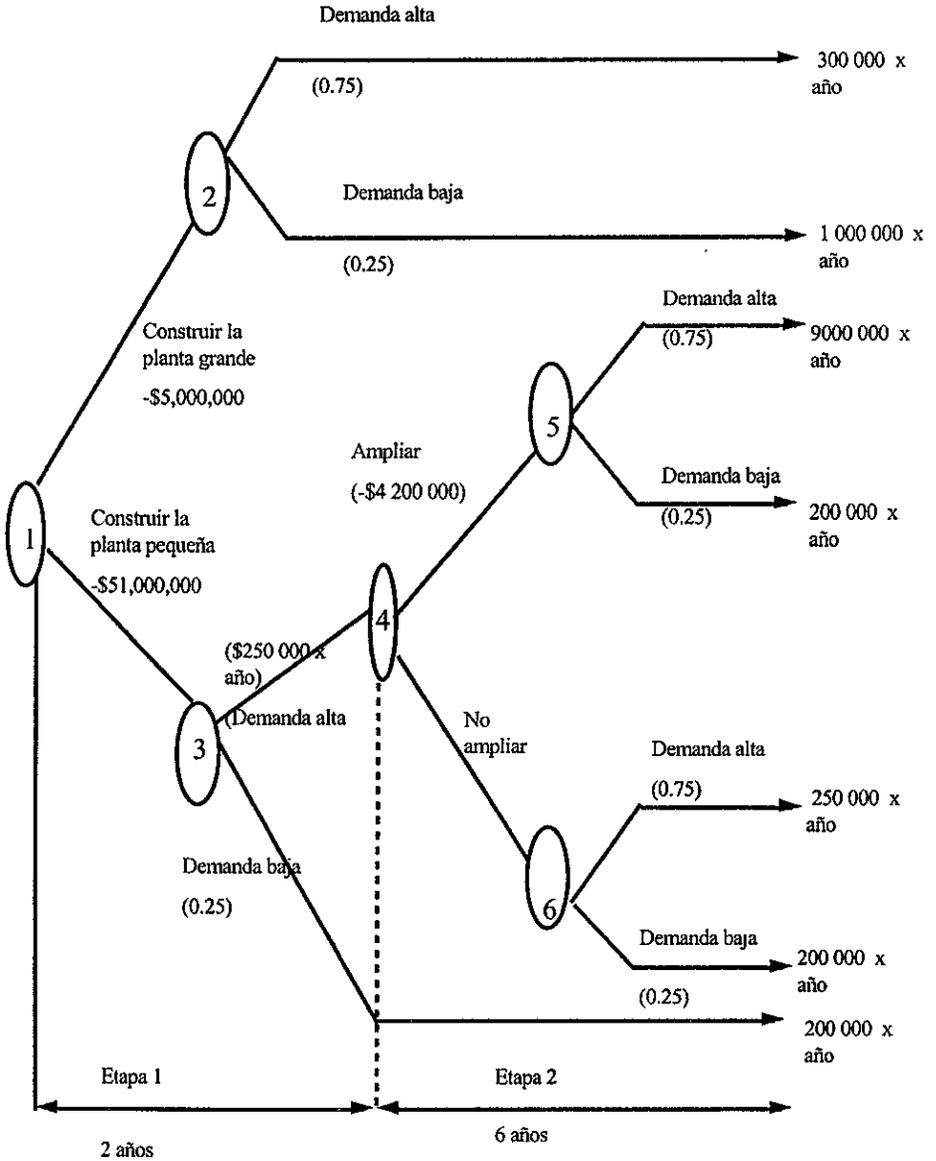
⁵Una compañía tiene las opciones de construir una planta de tamaño regular o una pequeña que se pueda ampliar después. La decisión depende principalmente de las demandas futuras del producto que producirá la planta. La construcción de una planta de tamaño completo puede justificarse en términos económicos si el nivel de demanda es alto. En caso contrario, quizá sea recomendable construir una planta ahora y después decidir en dos años si esta se deba ampliar.

El problema de decisión de múltiples etapas se presenta aquí por que si la compañía decide construir ahora una planta pequeña, en dos años deberá tomarse una decisión a futuro relativa a la expansión de dicha planta. El problema de decisión se divide en dos etapas: una decisión ahora relativa a la dimensión o tamaño de la planta y una decisión de aquí a dos años referente a la expansión de la planta(suponiendo que se decide construir una planta pequeña ahora). El problema se va a resolver por medio de un árbol de decisiones, se supone que la demanda puede ser alta o baja. Su representación gráfica puede observarse a continuación.

⁴ Baca Urbina, Gabriel, “Evaluación de Proyectos”, Mc Graw Hill, México, 1995, 2ª edición, p. 213

⁵ Taha, Hamdy A. , “Investigación de Operaciones”, Alfaomega, México, 5ª edición, p.494

Ejemplo práctico de Arboles de Decisión



Si comenzamos con el nodo 1 (un punto de decisión), debemos tomar la decisión referente al tamaño de la planta. El nodo es un evento probabilístico del cual emanan dos ramas que representan demanda baja y alta, dependiendo de las condiciones del mercado. El nodo 3 es también un evento probabilístico del cual emanan dos ramas que representan demandas alta y baja.

Los datos del árbol de decisión deben incluir las probabilidades asociadas con las ramas que emanan de los eventos de oportunidad y los ingresos asociados con las diversas alternativas del problema. Si suponemos que la compañía está interesada en estudiar el problema en un periodo de 10 años. Un estudio de mercado indica que las probabilidades de tener demandas altas y bajas en los 0 años siguientes son 0.75 y 0.25, respectivamente. La construcción inmediata de una planta grande costará \$5 millones y una planta pequeña costara solo \$1 millón. La expansión de la planta pequeña de aquí a dos años se calcula costará \$4.2 millones. Los cálculos del ingreso anual de cada una de las alternativas se indican a continuación:

- 1.- La planta completa y la demanda alta(baja) producirán \$1,000,000 (\$300,000) anualmente
- 2.- La planta pequeña y una baja demanda generarán \$200,000 anuales
3. - La planta pequeña y la demanda alta producirán \$250,000 para cada uno de los 10 años
- 4.- La planta pequeña ampliada con demanda alta(baja) generará \$900,000 (\$200,000) anualmente
- 5.- La planta pequeña sin expansión y con alta demanda en los dos primeros años, seguida de una demanda baja producirá \$200,000 para cada uno de los 8 años restantes.

La evaluación de las alternativas está basada en el uso del criterio del valor esperado. Los cálculos empiezan en la etapa 2 y después retroceden a la etapa 1, como se indica en la figura, Por lo tanto en los últimos 8 años , es posible evaluar las dos alternativas en el nodo 4 como sigue:

$$\begin{aligned}
E\{\text{ganancia neta} \mid \text{expansión}\} &= \\
&= (900,000 \times 0.75 + 200,000 \times 0.25) \times 8 - 4,200,000 \\
&= \$1,600,000
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
E\{\text{ganancia neta} \mid \text{no expansión}\} &= \\
&= (250,000 \times 0.75 + 200,000 \times 0.25) \times 8 \\
&= \$1,900,000
\end{aligned}$$

Por lo tanto, en el nodo 4, la decisión indica que no habrá expansión y la ganancia neta será esperada es \$1,900,000.

Después se reemplazan todas las ramas que emanan del nodo 4 por una sola rama con una ganancia neta esperada de \$1,900,000 que representa la ganancia neta para los últimos ocho años. Ahora se efectúan los cálculos de la etapa 1 que corresponde al nodo 1 como sigue:

$$\begin{aligned}
E\{\text{ganancia neta} \mid \text{planta grande}\} &= \\
&= (1,000,000 \times 0.75 + 300,000 \times 0.25) \times 10 - 5,000,000 \\
&= \$3,250,000
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
E\{\text{ganancia neta} \mid \text{planta pequeña}\} &= \\
&= (1,900,000 \times 0.75 + 200,000 \times 0.25) \times 10 - 1,000,000 \\
&= \$3,130,000
\end{aligned}$$

Ahora, se concluye que la decisión óptima en el nodo 1 es construir una planta grande, y por lo tanto se eliminan las consideraciones tomadas en el nodo 4.

Se concluye que se debe optar por construir la planta grande.

CAPÍTULO 4

PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS SIN CONSIDERAR PROBABILIDADES

4.1 LA PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS

¹Un proyecto define una combinación de actividades interrelacionadas que deben ejecutarse en un cierto orden antes que finalice el trabajo completo. Las actividades están interrelacionadas en una secuencia lógica en el sentido en que algunas de ellas no pueden comenzar hasta que otras se hayan terminado. Una actividad en un proyecto, es un trabajo que requiere tiempo y recursos para su terminación .

La programación de proyectos actualmente se lleva a cabo con dos técnicas principales: PERT(Project evaluation and review technique), es decir la técnica de evaluación y revisión de proyectos y con CPM (Critical Path method) o método de la ruta crítica.

Estos métodos están orientados en la determinación de un programa de tiempo, consisten en 3 fases:

Planeación:

Se inicia descomponiendo el proyecto en actividades distintas, después se determinan las estimaciones de tiempo para cada actividad y se construye un diagrama de red para estas actividades (flechas) donde cada una de las flechas representa alguna actividad. El diagrama de flechas completo da una representación gráfica de las relaciones entre las actividades del proyecto, la ventaja de esta etapa es que permite conocer con detalle las diversas actividades o fases del proyecto, y de esta manera se pueden sugerir mejoras antes de que el proyecto se ejecute.

¹ "Diplomado en el ciclo de vida de los Proyectos de Inversión - Propedeútico", NAFIN, México, 1995, p. 45

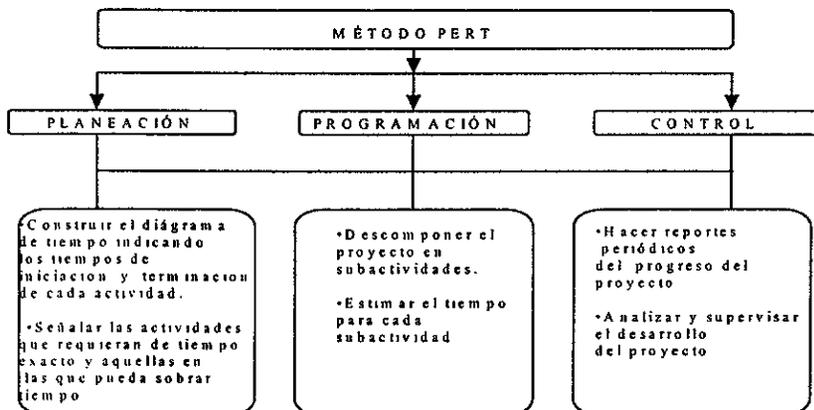
Programación:

Se construye un diagrama de tiempo donde se muestran los tiempos de iniciación y terminación para cada actividad y la relación con el resto de las actividades del proyecto, el programa señala las actividades críticas, es decir aquellas que requerirán de una atención especial; para las actividades no críticas, el programa debe de mostrar los tiempos de holgura que deben usarse cuando algunas actividades se demoran, ya que esto permitirá el uso eficiente de recursos limitados.

Control:

Es la fase final de la administración del proyecto, esta incluye el uso del diagrama de flechas y la gráfica de tiempo para hacer reportes periódicos del progreso. La red debe analizarse y si es necesario determinar un nuevo programa para la parte restante del proyecto.

Esto también es posible verlo gráficamente de la siguiente manera:



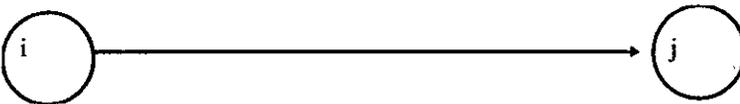
4.2 DIAGRAMAS

²En la realización de un proyecto de inversión es necesario contar con un programa que indique las fechas de inicio y de terminación de cada actividad, esto se representa mediante un diagrama de flechas como sigue:

Se deben representar las interdependencias y relaciones de precedencia entre las actividades del proyecto; se utilizan flechas para representar cada actividad, la punta indica el sentido de avance del proyecto, los eventos representan la terminación de unas actividades y el comienzo de otras y están representados por puntos .

Consideremos el siguiente ejemplo:

Es una actividad (i,j) con su evento de inicio i y su evento de terminación j.



En general se deben seguir las siguientes reglas en los diagramas de flechas:

- Cada actividad del proyecto de inversión debe estar representada por una y solo una flecha.
- Dos actividades diferentes no pueden identificarse por los mismos eventos terminal y de inicio.
- Se deben considerar que actividades deben terminarse inmediatamente antes que otra actividad puede comenzar.
- Se debe considerar que actividades deben seguir a determinada actividad.
- Se debe considerar que actividades deben efectuarse simultáneamente con alguna otra actividad..

² Hillier, Frederick S., "Introducción a la Investigación de Operaciones", McGraw-Hill, México, 6ª edición, p.356

4.3 LA RUTA CRÍTICA

Se comenzará por definir los siguientes conceptos³:

Actividad crítica:

Es una actividad tal que si hay una demora en su comienzo entonces causará una demora en la terminación del proyecto.

Actividad no crítica:

Es una actividad tal que el tiempo entre su comienzo de inicio más próximo y de terminación más tardío es más grande que su duración real.(entonces se dice que esta actividad tiene un tiempo de holgura).

Ruta crítica:

Es una cadena de actividades críticas, es una ruta que identifica todas las actividades críticas del proyecto.

Considere el siguiente ejemplo de actividades de un proyecto de inversión:

Eventos	Descripción	Precedente(s) Precedente(s)	Duración (días)
A	Pronóstico del volumen de ventas	-	10
B	Estudio del mercado competitivo	-	7
C	Diseño del artículo e instalaciones	A	5
D	Elaboración de programas de producción	C	3
E	Estimación del costo de producción	D	2
F	Fijación del precio de venta	B E	1
G	Elaboración del presupuesto	F E1	14
E ₁	Actividad ficticia	D	0

³ Hillier, Frederick S., "Introducción a la Investigación de Operaciones", McGraw-Hill, México, 6ª edición, p.394

Cada actividad del proyecto se identifica con una letra, se indican las actividades precedentes y las consecuentes de dicha actividad y por último también se indica la duración en días de cada actividad.

Diagrama correspondiente al proyecto de inversión

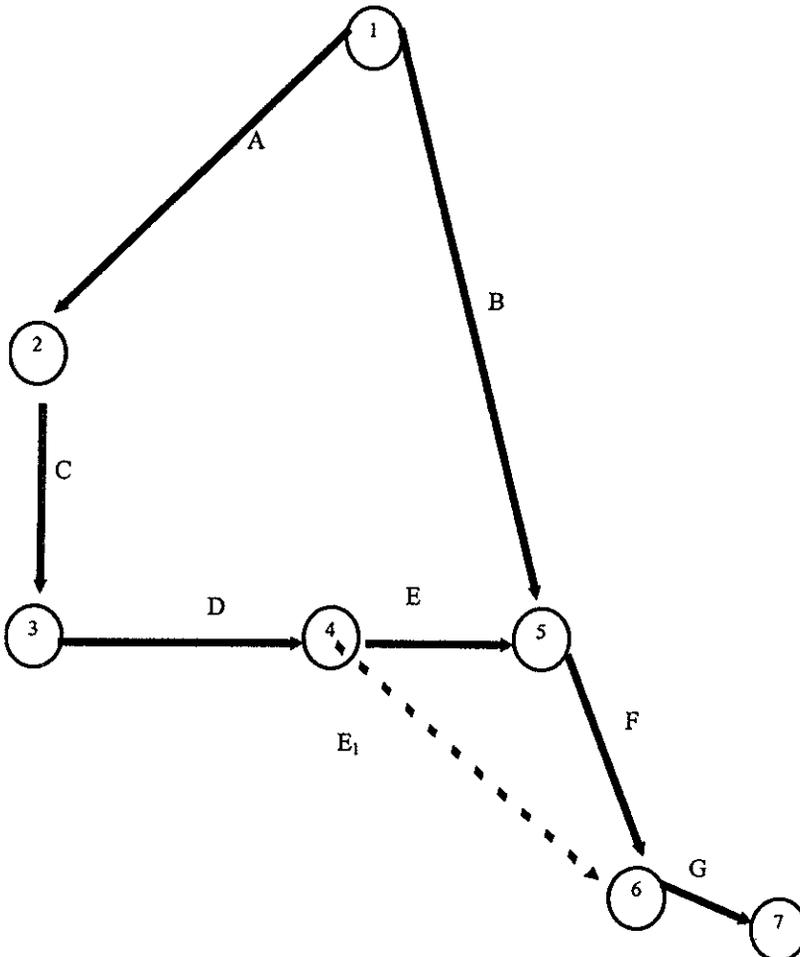
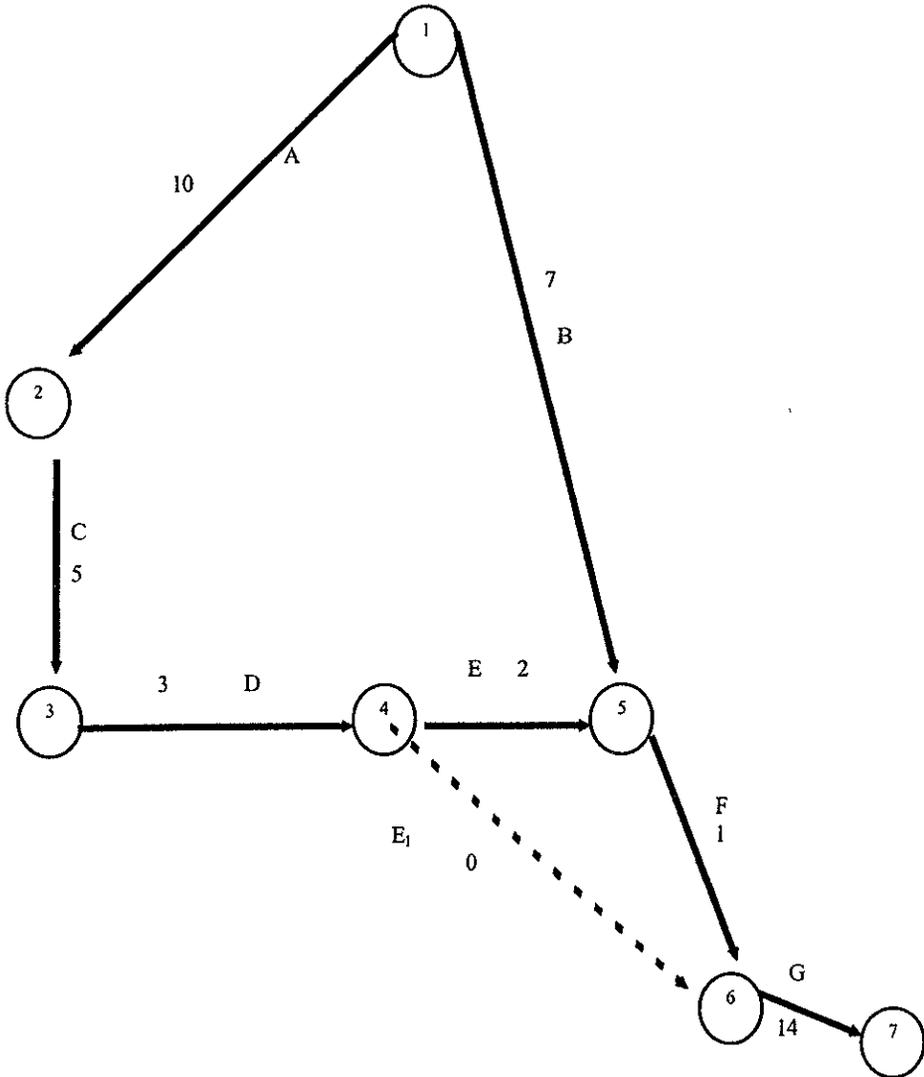


Diagrama correspondiente al proyecto de inversión en donde se muestran las duraciones de las diferentes actividades.



4.4 TIEMPO MÁS PRÓXIMO

Es el tiempo estimado en el que ocurrirá el evento si las actividades que lo preceden comienzan lo más pronto posible. El calculo se obtiene al efectuar una pasada hacia adelante a través del árbol de la red. Es un proceso iterativo basado en la siguiente ecuación:

$$T_i = \max \{ T_j + V_j \}, \forall j \text{ tal que } j \text{ sea una actividad inmediata anterior a } i$$

Donde:

T_i = Tiempo más próximo i

V_j = Tiempo de la actividad j ,

T_j = Tiempo más próximo correspondiente a la actividad j

$T_0 = 0$

$V_0 = 0$

Tiempos más próximos en el caso del proyecto de inversión:

Evento	Evento inmediato anterior	Tiempo más próximo	+ Tiempo de la actividad	tiempo más próximo
1	-			0
2	-	0	+ 10	10
3	1	10	+ 5	15
4	3	15	+ 3	18
5	1 4	0 18	+ 7 + 2	20
6	4 5	18 20	+ 0 + 1	21
7	6	21	+ 14	35

4.5 TIEMPO MÁS LEJANO

Es el ultimo momento en el que puede ocurrir un evento sin retrasar la terminación del proyecto más allá de su tiempo más próximo. El calculo se obtiene al efectuar una pasada hacia atras a través del árbol de la red. Es un proceso iterativo hacia atras basado en la siguiente ecuación:

$$K_i = \min\{ K_j - T_j \} \quad \forall j \text{ tal que } j \text{ sea una actividad inmediata anterior a } i$$

Donde:

K_i =Tiempo más lejano de la actividad i

V_j =Duración de la actividad j

$K_n = T_n$, donde n es la última actividad del proyecto

Tiempos más lejanos en el caso del proyecto de inversión:

Evento	Evento inmediato posterior	Tiempo más próximo	-	Tiempo de la actividad	tiempo más lejano
7	-	35	-	0	35
6	7	35	-	14	21
5	6	21	-	1	20
4	5	20	-	2	18
	6	21	-	0	
3	4	18	-	3	15
2	3	15	-	5	10
1	2	10	-	10	0
	5	20	-	7	

4.6 TIEMPO DE HOLGURA PARA EVENTOS

Es la diferencia entre el tiempo más lejano y el tiempo más próximo.

$$H_{e_i} = K_i - T_i$$

Donde:

K_i = Tiempo más lejano para el evento i

T_i = Tiempo más próximo para el evento i

H_{e_i} = Tiempo de holgura para el evento i

Tiempos de holgura para eventos en el caso del proyecto de inversión:

Evento	Tiempo más lejano	-	Tiempo más próximo	Holgura
1	0	-	0	0
2	10	-	10	0
3	15	-	15	0
4	18	-	18	0
5	20	-	20	0
6	21	-	21	0
7	35	-	35	0

4.7 TIEMPO DE HOLGURA PARA ACTIVIDADES

El tiempo de holgura para una actividad (i,j) se define de la siguiente manera:

$$K_j - (T_i - V_{ij})$$

Donde:

T_i = Tiempo más próximo para el evento i

V_{ij} = Tiempo de la actividad ij

K_j = Tiempo más lejano para la actividad j

Tiempos más próximos en el caso del proyecto de inversión:

Actividad	Tiempo más lejano - (Tiempo más próximo + tiempo estimado)	Tiempo de holgura para (ji)
(1,2)	10 - (0 + 10)	0
(2,3)	15 - (10 + 5)	0
(3,4)	18 - (15 + 3)	0
(4,5)	20 - (18 + 2)	0
(5,6)	21 - (20 + 1)	0
(6,7)	35 - (21 + 14)	0
(1,5)	20 - (0 + 7)	13

4.8 DETERMINACIÓN DE LA RUTA CRÍTICA:

⁴Una ruta crítica para un proyecto de inversión es una ruta a través del árbol de la red tal que todas sus actividades tienen holgura cero. Las propiedades que deben tener las rutas críticas son las siguientes:

- 1) Una red de un proyecto siempre tiene una ruta crítica, y puede tener algunas veces más de una.
- 2) Todas las actividades que tienen holgura cero deben estar en una ruta crítica, mientras que ningún evento que tiene holgura mayor que cero puede estar en una ruta crítica.
- 3) Todos los eventos que tienen holgura cero deben estar en una ruta crítica, mientras que ningún evento que tiene holgura mayor que cero puede estar en una ruta crítica.

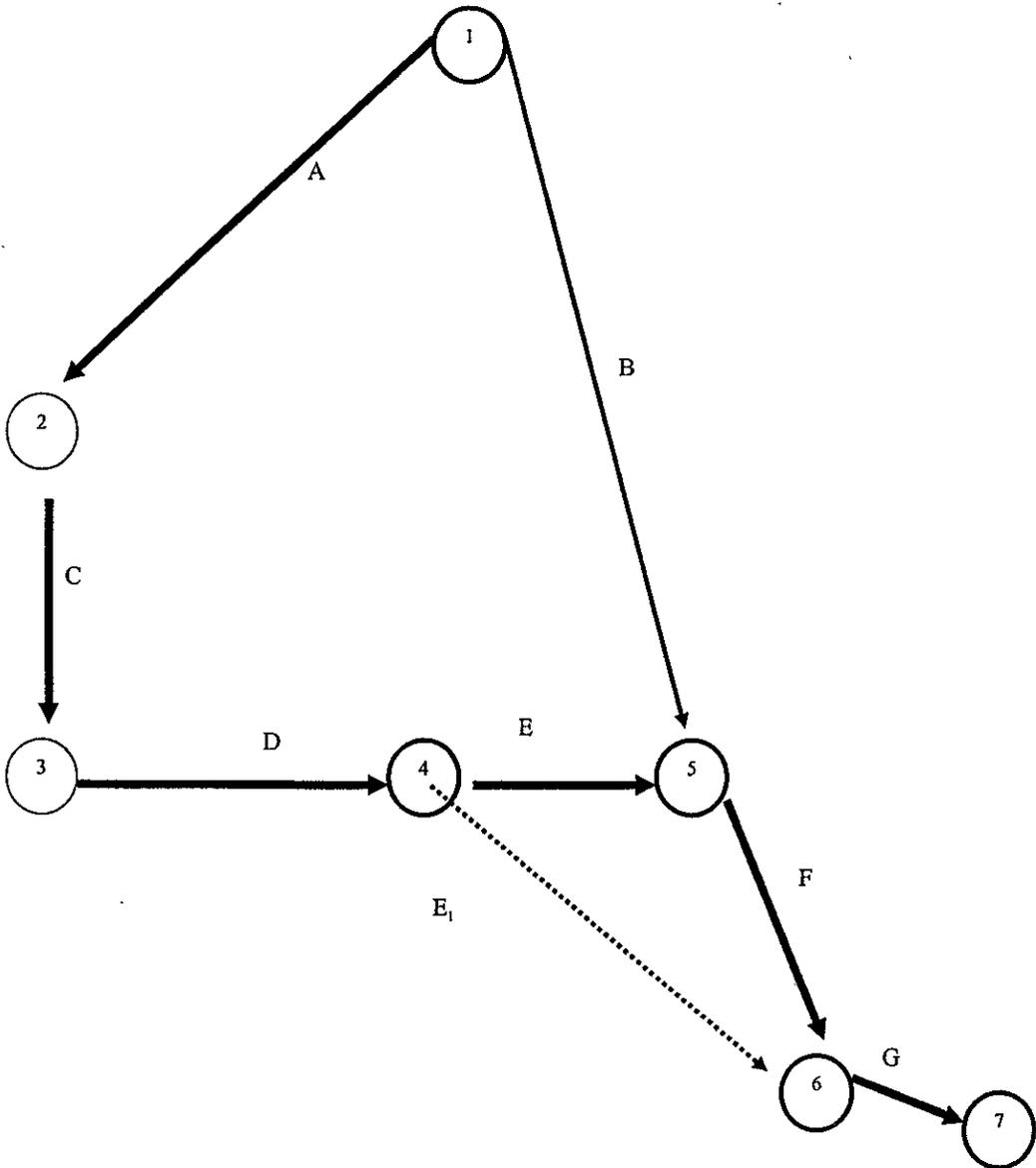
La información desplegada que debe estar desplegada en la red del proyecto: es: tiempos más próximos, tiempos más lejanos, holguras de los eventos holguras de las actividades y la ruta crítica.

Estos conceptos permiten al administrador del proyecto de inversión investigar el efecto de posibles mejoras en la planeación para determinar en donde se deben apresurar las actividades para evitar retrasos y también para poder cuantificar el impacto de cualquier retraso, cada una de las definiciones tiene la siguiente interpretación:

El tiempo más próximo para un evento es el tiempo en el que ocurrirá el evento si las actividades que lo preceden comienzan lo más pronto posible. El tiempo más lejano para un evento es el tiempo que puede ocurrir sin retrasar la terminación del proyecto más allá de su tiempo más próximo. La holgura para un evento indica cuanto retraso se puede tolerar para llegar a determinado evento sin retrasar la terminación del proyecto, la holgura para una actividad indica lo mismo pero con respecto a una actividad.

⁴ Hillier, Frederick S., "Introducción a la Investigación de Operaciones", McGraw-Hill, México, 6ª edición, p.395

Diagrama correspondiente al proyecto de inversión, holgas, ruta crítica.



En el diagrama la línea más gruesa muestra la trayectoria de la ruta crítica, la cual es:

(1,2)

(2,3)

(3,4)

(4,5)

(5,6)

(6,7)

Esto significa de acuerdo a los datos proporcionados en la tabla de 4.3 que las actividades que requieren una vigilancia estricta son las siguientes:

- Pronóstico del volumen de ventas
- diseño del artículo e instalaciones
- Elaboración del programa de producción
- Estimación del costo de producción
- Fijación del precio de venta
- Elaboración del presupuesto

Estas actividades tienen mucha importancia ya que cualquier retraso en su desarrollo implicará un retraso general en la terminación del proyecto. Por tanto el administrador del proyecto deberá tener un especial cuidado en los tiempos de estas actividades críticas para que no ocurra en ningún retraso, ya que si lo hubiera entonces necesariamente se tendría que modificar toda la calendarización del proyecto de inversión, ocasionando algunas pérdidas económicas.

CAPITULO 5
PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS CONSIDERANDO PROBABILIDADES

5.1 PRELIMINARES SOBRE PROBABILIDAD

A continuación se exponen algunos conceptos básicos de probabilidad los cuales son básicos para explicar el método de "Evaluación del programa y revisión de la técnica" que se expone en 5.2.

DISTRIBUCIÓN BETA:

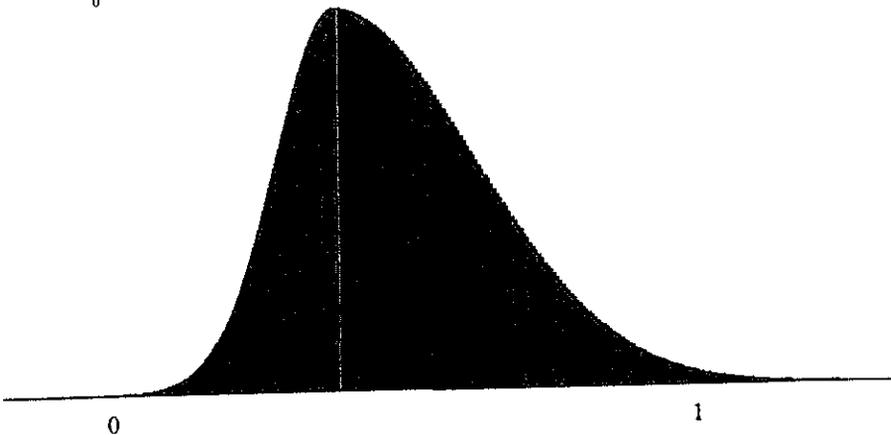
Se observa que la gráfica de la distribución beta está acotada en el intervalo (0,1), su función de densidad es la siguiente:

$$f(x) / C, D = \frac{\Gamma(c+d)}{\Gamma(c)\Gamma(d)} x^{c-1}(1-x)^{d-1} \quad 0 < x < 1$$

c > 0
d > 0

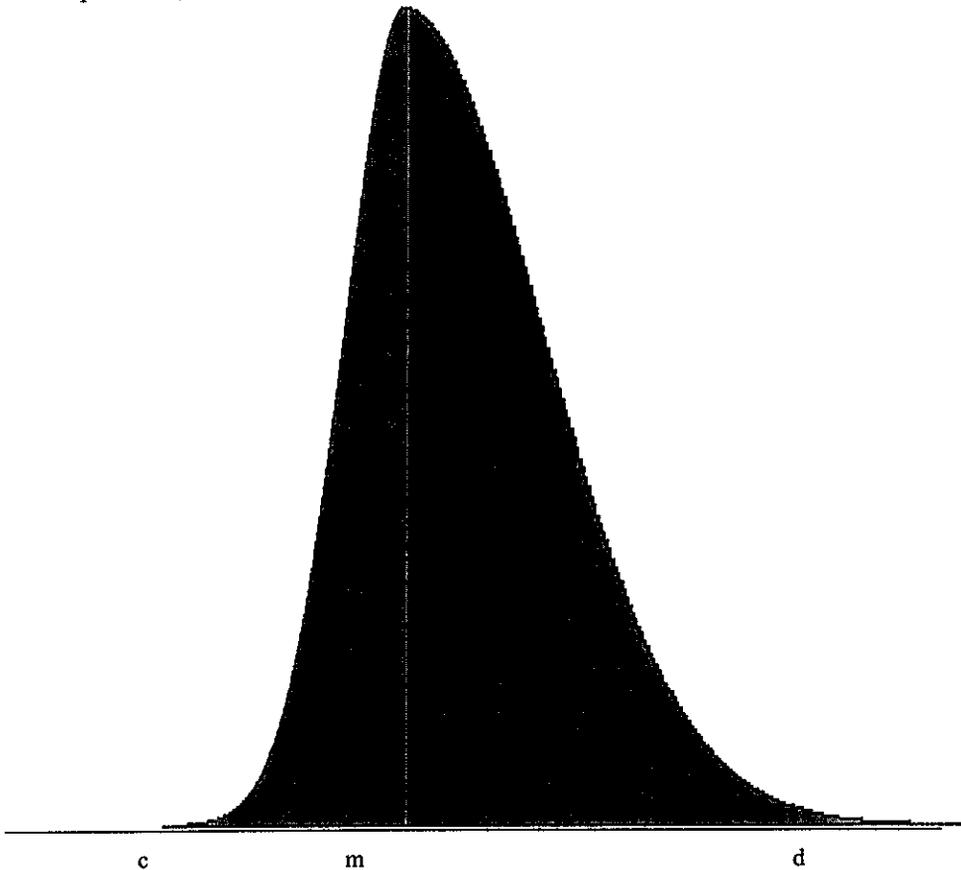
donde:

$$\Gamma(n) = \int_0^{\infty} t^{n-1} e^{-t} dt$$



¹La distribución beta puede ser usada para modelar un fenómeno aleatorio que tome valores sobre un intervalo finito $[c,d]$, esto se logra tomando c como el origen y $d-c$ como la unidad,

En la gráfica se observa que el valor máximo de la función se alcanza en el punto m ,



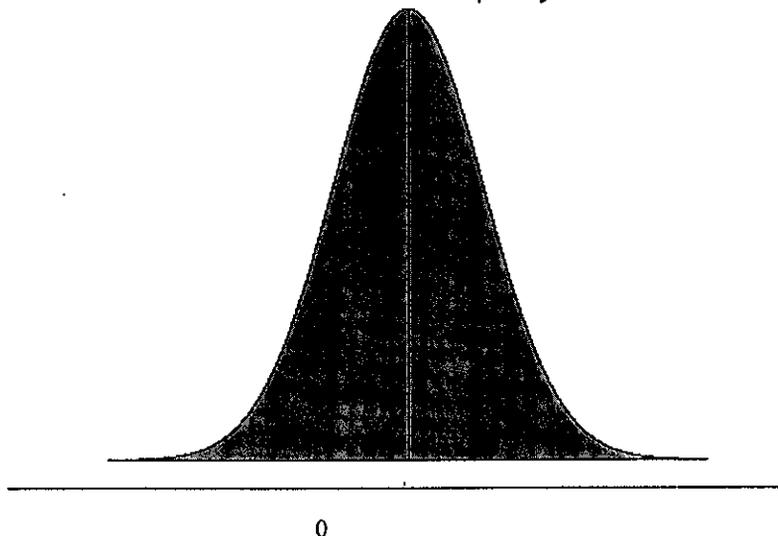
¹ Ross, Sheldon, "A first course in probability ", Macmillan Publishan Company, USA, 3^ode., 1994, p.183

DISTRIBUCIÓN NORMAL:

La distribución normal (o de Gauss) se define como sigue:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-1/2(x-\mu)^2/\sigma^2}$$

Gráfica de la distribución Normal. con media $\mu=0$ y varianza $\sigma^2=1$



EL TEOREMA DEL LÍMITE CENTRAL:

²Sean X_1, X_2, \dots, X_n una sucesión de variables aleatorias independientes, con la misma distribución de media μ y varianza σ , consideremos la variable aleatoria estandarizada:

$$Z_n = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n - n\mu}{\sqrt{n}\sigma}$$

entonces, es posible afirmar que sin importar la distribución de X_i , la variable aleatoria Z_n , se aproxima a una distribución normal estándar cuando n aumenta cada vez más.

² Lipschutz, Seymour, "Probabilidad", McGraw-Hill, México, 2ª edición, 1992, p.108

5.2 EL MÉTODO DE EVALUACIÓN DEL PROGRAMA Y REVISIÓN DE LA TÉCNICA.

El método es el conocido como “ Project Evaluation and review technique” por sus siglas en ingles consiste en plantear tres diferentes tiempos para cada una de las actividades del proyecto de inversión:

- Tiempo optimista
- Tiempo pesimista
- Tiempo más probable

Estos tiempos están basados en las estimaciones del administrador del proyecto y corresponden a las situaciones en que el proyecto marche sin ningún contratiempo, a que el proyecto tenga algunos contratiempos y a una situación intermedia, que es la que corresponde al tiempo más probable, se hacen las siguientes suposiciones para poder hacer uso de una función de probabilidad:

- La distribución del tiempo de cada actividad es aproximadamente una distribución beta, tal como la gráfica anterior.

- La dispersión entre la estimación optimista(a) y la estimación pesimista(b) es 6 desviaciones estándar, es decir:

$$\sigma^2 = \left[\frac{1}{6}(b - a)\right]^2$$

- Los tiempos de las actividades son variables aleatorias estadísticamente independientes
- El valor esperado del tiempo se obtiene con la siguiente ecuación:

$$t_e = \frac{1}{3}\left[2m + \frac{1}{2}(a + b)\right], \text{ donde:}$$

t_e = valor esperado del tiempo de una actividad

m= El punto más alto de la distribución de probabilidad(m), la cual corresponde al tiempo optimista.

a, b son las cotas inferior y superior del intervalo donde toma valores la variable aleatoria: tiempo transcurrido.

La ecuación se justifica como sigue:

Es la media aritmética ponderada de la moda (m) y de la mitad del intervalo, con un peso de dos tercios para la moda y de un tercio para la mitad de la longitud del intervalo.

La distribución de probabilidad del tiempo total del proyecto se puede aproximar a una distribución normal; esto se justifica haciendo uso del teorema del límite central, considerando que el tiempo total del proyecto es la suma de un cierto numero de variables aleatorias independientes, las cuales son los tiempos de las diferentes actividades.

Matemáticamente esto se puede expresar de la siguiente manera:

Si T_n = tiempo total del proyecto

T_i = Tiempo de la actividad y

μ = media del tiempo T_i

σ^2 = la varianza para el tiempo T_i

$$\begin{aligned} \text{Entonces } T_n &= \sum_{i=1}^{i=n} T_i = \\ &= T_1 + T_2 + \dots + T_n \end{aligned}$$

Se puede aproximar según el teorema del límite central a una distribución normal Z mediante la relación:

$$Z_n = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n - n\mu}{\sqrt{n}\sigma}$$

5.3 APLICACIÓN PRACTICA DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN DEL PROGRAMA Y REVISIÓN DE LA TÉCNICA.

Lo primero que debe hacer el administrador del proyecto de inversión para aplicar el método PERT(Por sus siglas en inglés) es dar sus estimaciones optimistas y pesimistas de los tiempos de realización de cada actividad, esto se muestra en el siguiente cuadro, considerando el mismo ejemplo del capítulo anterior:

Actividad	Estimación Optimista a	Estimación más probable m	Estimación pesimista b
(1,2)	9	10.5	11
(2,3)	4	5.5	6
(3,4)	2	3.5	4
(4,5)	1.5	2	2.5
(5,6)	.5	1.2	1.5
(6,7)	13	14.5	15

Con los datos de la tabla: a, b, es decir, estimaciones optimistas y pesimistas, respectivamente, se encuentra el valor esperado t_e , el cual es el tiempo esperado de cada actividad y se obtiene con la ecuación:

$$t_e = \frac{1}{3} \left[2m + \frac{1}{2}(a + b) \right]$$

El tiempo estimado para cada una de las actividades es el siguiente:

Actividad	t_e
(1,2)	10.333
(2,3)	5.333
(3,4)	3.333
(4,5)	2
(5,6)	1.38333
(6,7)	14.333

Con las dos tablas anteriores, es posible determinar la ruta crítica para cada una de las estimaciones, tal y como se definió en el capítulo 4, en este sentido la ruta crítica es:

- (1,2)
- (2,3)
- (3,4)
- (4,5)
- (5,6)
- (6,7)

Coincidentemente es la misma para las tres estimaciones: pesimista, optimista y la más probable.

Si se calculan los tiempos totales para cada una de las estimaciones se tiene lo siguiente:

Estimación optimista:

$$\begin{aligned}\text{Tiempo total} &= 9 + 4 + 2 + 1.5 + .5 + 13 \\ &= 30\end{aligned}$$

Estimación más probable:

$$\begin{aligned}\text{Tiempo total} &= 10.5 + 5.5 + 3.5 + 2 + 1.2 + 14.5 \\ &= 37.2\end{aligned}$$

Estimación pesimista:

$$\begin{aligned}\text{Tiempo total} &= 11 + 6 + 4 + 2.5 + 1.5 + 15 \\ &= 40\end{aligned}$$

Tiempo total esperado(t_e):

$$\begin{aligned}\text{Tiempo total} &= 10.333 + 5.333 + 3.33 + 2 + 1.3833 + 14.333 \\ &= 36.71533\end{aligned}$$

Se puede observar que hay gran variación en tiempos totales en cada una de las estimaciones: optimista, pesimista y en el tiempo esperado.

A continuación, se calcula la varianza para cada una de las actividades del proyecto de inversión, tal como se definió antes : $\sigma^2 = \left[\frac{1}{6}(b - a)\right]^2$

Actividad	Varianza(σ^2)
(1,2)	0.111
(2,3)	0.111
(3,4)	0.111
(4,5)	0.111
(5,6)	0.006944
(6,7)	0.111

La varianza total(σ^2) = 0.5625

Ahora, el administrador del proyecto de inversión puede suponer un tiempo real total t_0 y como se conoce la media y la varianza del tiempo total esperado se puede calcular la probabilidad de que el tiempo total del proyecto sea mayor o menor que t_0 .

Por ejemplo si $t_0 = 35.5$

y se denota T como el tiempo total de realización del proyecto y Z como la distribución normal estándar.

$$\begin{aligned}
 &\text{entonces: } P(T < 35.5) \\
 &= P\left(\frac{T - 36.71533}{0.5625} \leq \frac{35.5 - 36.71533}{0.5625}\right) \\
 &= P(Z \leq -2.16058667) \\
 &= P(Z > 2.16058667) \\
 &= 0.9846
 \end{aligned}$$

En este caso el administrador del proyecto de inversión, puede concluir que existe una probabilidad de 0.9846 de que el proyecto se realice en un tiempo menor de 35.5, por lo que si es muy factible que se pudiera considerar este tiempo.

CAPÍTULO 6
LA TOMA DE DECISIONES CON EXPERIMENTACIÓN

6.1 ANTECEDENTES DE PROBABILIDAD CONDICIONAL¹

En el punto 6.4 se explica un método que se conoce como “Experimentación”, el cual hace uso del teorema de Bayes y por esto es necesario explicar algunas definiciones de la probabilidad condicional.

La probabilidad condicional de B dado A se define como sigue:

$$P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)}, P(A) > 0. \dots\dots\dots(1)$$

El teorema de la probabilidad total, dice lo siguiente:

si $B_i \cap B_j = \emptyset, i \neq j (i, j = 1, 2, \dots, n), A \subset (B_1 \cup B_2 \dots \cup B_n),$ entonces

$$P(A) = P(A \cap B_1 \cup A \cap B_2 \dots \cup A \cap B_n)$$

$$= P(A \cap B_1) + P(A \cap B_2) + \dots + P(A \cap B_n) \dots\dots\dots(2)$$

Entonces, la ecuación 2 también se puede escribir como sigue:

$$P(A) = P(A|B_1)P(B_1) + \dots + P(A|B_n)P(B_n) \dots\dots\dots(3)$$

De esta manera se puede enunciar el teorema de Bayes:

$$P(B_i|A) = \frac{P(A|B_i)P(B_i)}{P(A|B_1)P(B_1) + \dots + P(A|B_n)P(B_n)}, i = 1, 2, \dots, n$$

El cual se obtuvo de la ecuación (3).

¹ Cacoullou, T., “Exercises in Probability”, Springer-Verlag, USA, 1972, p.5

6.2 EL TEOREMA DE BAYES Y LA PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS

En los capítulos anteriores se han estudiado métodos enfocados a la toma de decisiones de forma inmediata, no se ha propuesto el uso de la experimentación para incrementar el nivel de seguridad en los resultados obtenidos, el método que sigue es un método estadístico que incorpora este nuevo elemento de la experimentación, a continuación se explica.

Consideremos los siguientes elementos²:

n = numero de estados de la naturaleza posibles

$P(\theta = \theta_j)$ = probabilidad de que el estado de la naturaleza verdadero sea θ_j , para $j=1,2,\dots,n$

S = Estadístico que resume los resultados de la experimentación (Es una variable aleatoria)

s = un valor posible de S

$P(\theta = \theta_j | S = s)$ = probabilidad de que el estado de la naturaleza verdadero sea θ_j , dado que $S=s$, para $j=1,2,\dots,n$

Por tanto es posible asignar la probabilidad de que el estado de la naturaleza sea θ_j , dado el valor de la experimentación del estadístico $S=s$, de la siguiente manera, usando el teorema de Bayes de 6.1,

$$P(\theta = \theta_j | S = s) = \frac{P(S = s | \theta = \theta_j)}{\sum_{j=1}^n P(S = s)}$$

² Hillier, Frederick S., "Introducción a la Investigación de Operaciones", McGraw-Hill, México, 6ª edición, p.869

6.3 EL COSTO DE LA EXPERIMENTACIÓN EN PROYECTOS

Es sumamente recomendable que antes de realizar la experimentación se determine su valor potencial, se debe conocer cual es el valor de su cota superior ya que en el caso de que la cota superior sea menor que el costo del experimento entonces este definitivamente no debe llevarse a cabo.³ Si se denota por VEIP al valor esperado con información perfecta, el cual es la cota superior para determinar el costo de la experimentación, se tiene:

VEIP= PEIP- PESE, donde:

PEIP= Pago esperado con información perfecta

PESE= pago esperado sin experimentación

<i>acción</i> \ <i>Estados de la naturaleza</i>	θ_1	θ_2 θ_n
a_1			
a_2			
.			
.			
.			
a_n			
<i>pago máximo</i>	x_1	x_2 x_n
<i>probabilidad</i>	p_1	p_2 p_n

Además:

PEIP= $\sum_{i=1}^{i=n} x_i p_i$, se obtiene con los datos de la tabla anterior y el pago esperado sin experimentación (PESE) es el obtenido con la regla de decisión de Bayes, explicada en 3.4

³ Hillier, Frederick S., "Introducción a la Investigación de Operaciones", McGraw-Hill, México, 6ª edición, p. 872

6.4 EXPLICACIÓN PRÁCTICA DEL MÉTODO DE EXPERIMENTACIÓN.

Consideremos el problema de la compañía petrolera descrito en el capítulo 3 en la sección 3.2, se tienen los siguientes datos que se presentan resumidos en la siguiente tabla:

<i>Acción</i>	<i>Estados de la naturaleza</i>		
	θ_1 <i>Petróleo</i>	θ_2 <i>Seco</i>	<i>Mínimo</i>
a_1 <i>Perforar</i>	700,000	-100,000	-100,000
a_2 <i>Vender</i>	90,0000	90,0000	90,0000

Si se considera el problema, se observa que la compañía petrolera puede también decidir si va a realizar una exploración sísmológica para obtener una mayor seguridad de encontrar petróleo, esto es lo que constituye la experimentación descrita, entonces considere lo siguiente:

S= estadístico obtenido de la exploración sísmológica

si $S=0$ entonces los sondeos sísmicos no son favorables y es muy poco probable encontrar petróleo.

si $S=1$ entonces los sondeos sísmicos son favorables y es altamente probable encontrar petróleo.

Con base en la experiencia de esta clase de sondeos sísmicos se tiene lo siguiente:

$P(S = 0|\theta = \theta_1) = 0.4$, es decir la probabilidad de que los sondeos sísmicos sean efectivamente no favorables dado que hay petróleo es 0.4

y entonces $P(S = 1|\theta = \theta_1) = 0.6$

$P(S = 0|\theta = \theta_2) = 0.8$ es decir la probabilidad de que los sondeos sísmicos sean efectivamente no favorables dado que no hay petróleo es 0.4

y entonces $P(S = 1|\theta = \theta_2) = 0.2$

A continuación se resumen las probabilidades condicionales encontradas:

$$P(S = 0|\theta = \theta_1) = 0.4$$

$$P(S = 1|\theta = \theta_1) = 0.6$$

$$P(S = 0|\theta = \theta_2) = 0.4$$

$$P(S = 1|\theta = \theta_2) = 0.6$$

Con base en estas probabilidades condicionales, se pueden obtener las siguientes probabilidades usando el teorema de Bayes descrito anteriormente:

Si $S=0$

$$P(\theta = \theta_1|S = 0) = \frac{0.4(0.25)}{0.4(0.25) + 0.8(0.75)} = \frac{1}{7}$$

$$P(\theta = \theta_2|S = 0) = 1 - \frac{1}{7}$$

Si $S=1$

$$P(\theta = \theta_1|S = 1) = \frac{0.6(0.25)}{0.6(0.25) + 0.2(0.75)} = \frac{1}{2}$$

$$P(\theta = \theta_2|S = 1) = 1 - \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$$

Con la información de las probabilidades condicionales obtenidas a partir del teorema de Bayes, se realizan los siguientes cálculos, considerando un gasto de \$30,000 por el costo de realizar el estudio sísmológico.

Si $S=0$, es decir si los sondeos sísmicos son no favorables

$$E[(P(a_1, \theta)|S = 0)] = \frac{1}{7}(700) + \frac{6}{7}(-100) - 30$$

$$= -15.714$$

$$E[P(a_2, \theta|S = 0)] = \frac{1}{7}(90) + \frac{6}{7}(90) - 30$$

$$= 60$$

Entonces se concluye que para $S=0$, la acción óptima es a_2 , es decir vender el terreno, esto debido a que $60 > -15.714$

Si $S=1$, es decir si los sondeos sísmicos son favorables

$$E[(P(a_1, \theta)|S = 1)] =$$

$$\frac{1}{2}(700) + \frac{6}{2}(-100) - 30$$

$$= 270$$

$$E[P(a_2, \theta|S = 1)] =$$

$$\frac{1}{2}(90) + \frac{1}{2}(90) - 30$$

$$= 60$$

Entonces la acción óptima es a_1 , perforar, debido a que $270 > 60$

A continuación se muestra una tabla en donde se muestran las acciones a seguir considerando los valores de la exploración sísmológica.

Resultado del sondeo sísmico.	Acción óptima	Pago esperado excluyendo el costo de la exploración.	Pago esperado incluyendo el costo de la exploración.
S=0	a_2	90	60
S=1	a_1	300	270

Esto significa que en caso de que la exploración sísmica sea no favorable, es decir que haya pocas probabilidades de encontrar petróleo, entonces lo que debe hacer la compañía es vender el terreno, y en caso de que el resultado del estudio sísmico sea favorable, entonces la compañía debe perforar el terreno.

Ahora se determinara la cota superior para el costo de la exploración sísmica, de acuerdo a lo visto en la sección 6.3

Acción \ Estados de la naturaleza	θ_1	θ_2
	<i>petróleo</i>	<i>seco</i>
a_1 : Perforar	700	-100
a_2 : Vender	90	90
Pago máximo	700	90
Probabilidad	0.25	0.75
Pago esperado con información perfecta	$=0.25(700)+0.75(90)=242.5$	

Por lo tanto, de acuerdo con la tabla anterior:
PEIP=242.5

También, se tiene que de acuerdo a la regla de decisión de Bayes:

$$\text{Para } a_1 \quad E[p(a_1, \theta)] = 0.25(700) + 0.75(-100) \\ = 100$$

$$\text{Para } a_2 \quad E[p(a_2, \theta)] = 0.25(90) + 0.75(90) \\ = 90$$

Entonces como $100 > 90$, se selecciona a_1 .

Entonces se concluye que :

Pago esperado sin experimentación (PESE) = 100

De aquí que, como:

VEIP = PEIP - PESE, entonces:

$$= 242.5 - 100$$

$$= 142.5$$

Como $142.5 > 30$, se concluye que el costo del estudio sísmico para determinar con más seguridad la presencia de petróleo, que es de 30,000, no sobrepasa la cota superior para el estudio que es de 142.5.

Por tanto si es factible haber realizado el estudio sísmico.

CAPÍTULO 7

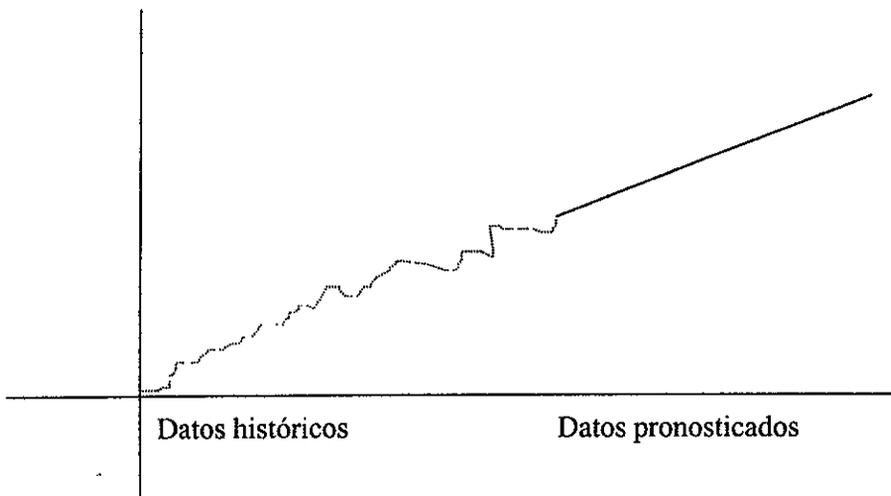
LOS PRONÓSTICOS EN LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS

7.1 LOS PRONÓSTICOS EN LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS

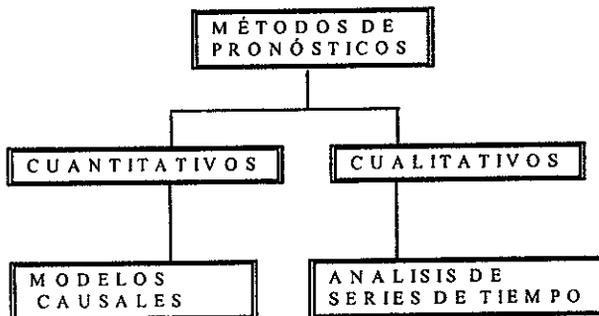
En la evaluación de proyectos es indispensable indagar en cuanto al desarrollo futuro de ciertas variables relacionadas con el proyecto, tales como la demanda, la oferta, los precios, etc., lo que se desea es conocer el comportamiento de estos fenómenos a través del tiempo.

Para indagar el desarrollo futuro de estas variables se hace uso de los pronósticos, los cuales se basan en el uso de los datos anteriores de las variables en cuestión. La hipótesis principal que se debe de considerar en la aplicación de las técnicas de pronóstico es que el desempeño de los datos anteriores continuará ocurriendo en el futuro.

Gráficamente esto se puede representar de la siguiente manera:



7.2 CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS DE PRONÓSTICOS¹



MÉTODOS CUALITATIVOS

Usos de estos métodos:

Las técnicas cualitativas se usan cuando los datos son escasos, por ejemplo cuando se introduce un producto nuevo al mercado. Estas técnicas usan el criterio de la persona y ciertas relaciones para transformar información cualitativa en estimados cuantitativos.

Método Delphi.

Se usa para pronósticos a largo plazo, pronósticos de ventas de productos nuevos y pronósticos tecnológicos.

Tiempo estimado: más de dos meses.

Exactitud: de regular a muy buena

¹ <http://www.uagl.proyect.html>

Investigación de Mercados. Se usa para evaluar y probar hipótesis acerca de mercados reales.

Tiempo estimado: más de tres meses.

Exactitud: puede ser excelente, dependiendo del cuidado que se haya puesto en el trabajo.

Consenso de un Panel. Tiene los mismos usos que el Método Delphi.

Tiempo estimado: más de dos semanas.

Exactitud: de baja a regular.

Pronósticos Visionarios. Se usa para hacer una profecía del futuro usando la intuición personal.

Tiempo estimado: una semana.

Exactitud: mala.

Analogía Histórica. Se usa para productos nuevos, basándose en el análisis comparativo de la

introducción y crecimiento de productos similares.

Tiempo estimado: más de un mes.

Exactitud: de buena a regular.

Métodos Cuantitativos:

Análisis de series de tiempo. El análisis consiste en encontrar el patrón del pasado y proyectarlo al futuro.

Patrones de una serie de tiempo:

- Horizontal o estacionario
- Tendencia a largo plazo
- Efecto estacional
- Efecto cíclico

Métodos de proyección. Estos métodos tratan de encontrar el patrón total de los datos para proyectarlos al futuro, y son:

- Promedios Móviles
- Suavización Exponencial
- Box-Jenkins

Método de separación: Es aquel que separa la serie en sus componentes para identificar el patrón de cada componente, y se llama, Método de Descomposición de Series de Tiempo.

Modelos Causales

Modelos de Regresión

- Regresión lineal simple
- Regresión lineal múltiple

Modelos Econométricos:

Un modelo econométrico es un sistema de ecuaciones de regresión interdependientes que describe algún sector de actividades económicas, ventas o utilidades.

Encuestas de intenciones de compra y anticipaciones: Estas encuestas que se hacen al público, determinan:

- a) Las intenciones de compra de ciertos productos.
- b) Derivan un índice que mide el sentimiento general sobre el consumo presente y futuro y estiman como afectan estos sentimientos a los hábitos de consumo. Este enfoque para hacer pronósticos es más útil que otras técnicas para seguir el desarrollo de la demanda y para señalar puntos de peligro.

Modelo de insumo - producto: Método de análisis que determina el flujo de bienes y servicios interindustrial o interdepartamental en una economía o en una compañía y su mercado. Muestra flujos de insumos que deben ocurrir para obtener ciertos productos.

27.3 EL MODELO DE REGRESIÓN

Suposiciones:

- Los datos históricos presentan una tendencia lineal en el tiempo
- La ecuación que aproxima los datos históricos esta dada por:
 $y = a + bt$, donde y representa el valor estimado de la variable t .

En esta ecuación no se conocen las constantes a y b , las cuales se determinan de la siguiente manera:

Sean (t_i, y_i) , los datos originales, donde:
 y_i es la demanda real en el tiempo t_i , $i=1,2,3,\dots,n$
la cual se obtiene a partir de los datos históricos.

Se define:

$$S = \sum_{i=1}^{i=n} (y_i - a - bt_i)^2$$

lo cual se interpreta como la suma de los cuadrados de las desviaciones entre los valores de la demanda observada y la estimada.

Si se obtienen las derivadas parciales de S de a y b , se obtiene lo siguiente:

$$\frac{\partial S}{\partial a} = -2 \sum_{i=1}^{i=n} (y_i - a - bt_i) = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial b} = -2 \sum_{i=1}^{i=n} (y_i - a - bt_i)t_i = 0$$

² Taha, Hamdy A. , "Investigación de Operaciones", Alfaomega, México, 5ª edición, p.468

Después de efectuar algunas operaciones algebraicas se llega a lo siguiente:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (y_i t_i - n \bar{y} \bar{t})}{\sum_{i=1}^{i=n} t_i^2 - (n \bar{t})^2}$$

$$a = \bar{y} - b \bar{t}$$

Donde:

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} t_i}{n}, \text{ es el promedio de } t_1, t_2, \dots, t_n$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} y_i}{n}, \text{ es el promedio de } y_1, y_2, \dots, y_n$$

También se define el coeficiente de correlación lineal como sigue:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} y_i t_i - n(\bar{y})(\bar{t})}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^{i=n} t_i^2 - n(\bar{t})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^{i=n} y_i^2 - n(\bar{y})^2 \right]}}$$

donde $-1 \leq r \leq 1$

La interpretación acerca del significado de r es la siguiente:

si $r=1$ o $r=-1$, entonces el ajuste lineal es perfecto

si $r=k$, tal que $|k| \approx 1$, entonces el ajuste lineal mejora considerablemente

si $r=0$, entonces es muy probable que y , t sean independientes, lo que significa que definitivamente el ajuste lineal no es el más adecuado.

Ejemplo Práctico:

Consideremos la demanda histórica(y) de un cierto producto a lo largo de t años, desde 1990 hasta 1996, el problema es pronosticar la demanda futura a lo largo de otros 10 años, es decir desde 1997 hasta 2004.

Año(t)	y
1990	56
1991	104
1992	53
1993	76
1994	28
1995	69
1996	39

De acuerdo con estos datos históricos, se tiene que la ecuación que ajusta los datos a una línea recta es la siguiente:

$y=at+b$, con

$a=81.5714286$

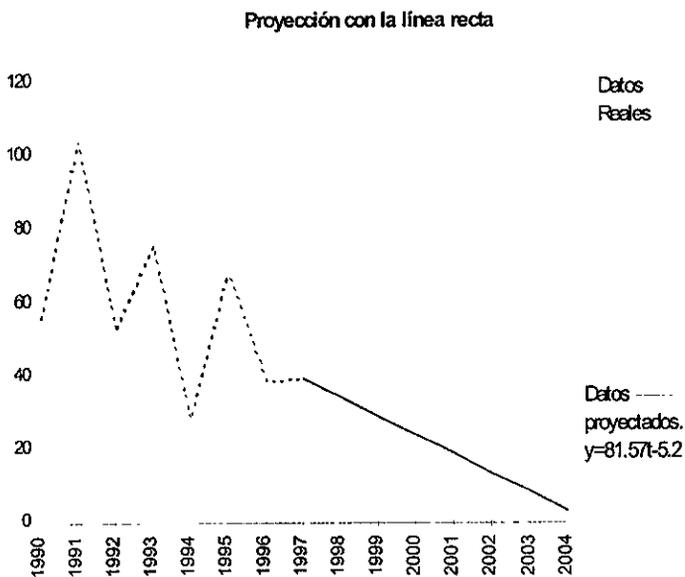
$b=-5.21428571$

donde 81.574286 es la pendiente de la recta y -5.21428571 es la ordenada al origen, la cual es negativa por lo que la recta es decreciente, esto significa que a medida que aumenten los años la demanda va a disminuir.

Entonces se tiene que la demanda de 1997 al 2004 es la siguiente

1997	39.75
1998	34.53
1999	29.31
2000	24.09
2001	18.87
2002	13.65
2003	8.43
2004	3.21

Ahora, si se construye la gráfica de los datos históricos contra los datos que se obtuvieron por medio de la ecuación de la recta se tiene lo siguiente:



7.4 EL MODELO DE PROMEDIO MÓVIL

Este método estima la demanda del siguiente periodo como el promedio de los datos históricos de los últimos m periodos, esto se expresa con la siguiente ecuación:

$$\bar{y}_{t+1} = \frac{y_t + y_{t-1} + \dots + y_{t-m+1}}{m}, \text{ con } m \text{ entero}$$

El valor de m generalmente se escoge entre 5 y 10, se debe considerar que un valor demasiado pequeño de m podría ser ineficaz para detectar algún periodo.

Se infiere que este modelo solo es apropiado para pronósticos a corto plazo, ya que después del cálculo de \bar{y}_k , tal que $k > 2m$, todos los valores de \bar{y}_k son obtenidos de datos no históricos, es decir de datos obtenidos por el propio algoritmo que genera \bar{y}_{t+1} .

También se puede observar que este algoritmo le da el mismo peso a los datos más recientes que a los datos más antiguos, esto también es una desventaja ya que las condiciones cambian inevitablemente a través del tiempo y lo más recomendable sería el darle más peso a los datos más recientes.

Ejemplo:

Considere los siguientes datos históricos:

1996	125
1997	128
1998	145
1999	114

Con estos datos, se pide hacer el pronóstico del 2000 al 2002, entonces se tiene lo siguiente:

$$y_{2000} = \frac{y_{1996} + y_{1997} + y_{1998} + y_{1999}}{4}$$

$$= \frac{125 + 128 + 145 + 114}{4}$$

$$= 128$$

$$y_{2001} = \frac{y_{1997} + y_{1998} + y_{1999} + y_{2000}}{4}$$

$$= \frac{128 + 145 + 114 + 128}{4}$$

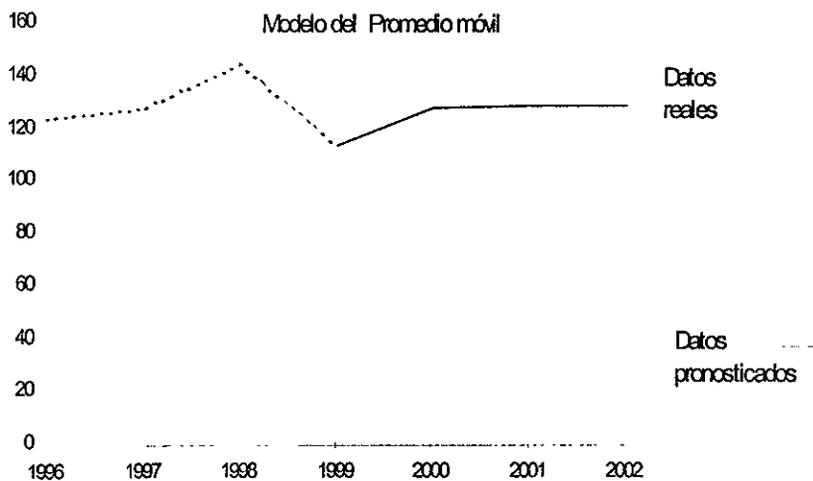
$$= 128.75$$

$$y_{2002} = \frac{y_{1998} + y_{1999} + y_{2000} + y_{2001}}{4}$$

$$= \frac{145 + 114 + 128 + 128.75}{4}$$

$$= 128.9375$$

La gráfica de estos datos se muestra a continuación:



7.5 ALISAMIENTO EXPONENCIAL

El modelo matemático que describe este algoritmo de pronóstico es el siguiente:

Dados los datos y_1, y_2, \dots, y_t , se calcula el valor \bar{y}_{t+1} , para el periodo $t+1$ de la siguiente manera:

$$\bar{y}_{t+1} = \alpha y_t + \alpha(1-\alpha)y_{t-1} + \alpha(1-\alpha)^2 y_{t-2} + \dots$$

donde $0 < \alpha < 1$, la constante α se llama constante de alisamiento

Otra alternativa de calcular y_{t+1} es la siguiente:

$$\bar{y}_{t+1} = \alpha y_t + (1-\alpha)\bar{y}_t$$

Esta fórmula tiene la ventaja de que da un peso cada vez mayor a los datos más recientes, es una técnica adecuada de pronóstico para el pronóstico a corto plazo.

Se puede obtener una medida de la efectividad del suavizado exponencial suponiendo que el proceso es completamente estable, de tal manera que y_1, y_2, \dots, y_t , son variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas con varianza σ^2 , entonces para t grande (El límite cuando t tiende a infinito), se tiene lo siguiente:

$$\text{var}[F_{t+1}] = \frac{\alpha\sigma^2}{2-\alpha} = \frac{\sigma^2}{(2-\alpha)/\alpha} = \frac{\sigma^2}{n}$$

La última ecuación indica que $n = \frac{2-\alpha}{\alpha}$, esto significa que si se eligiera un determinado valor de n , entonces el valor de α estaría determinado.

³ Taha, Hamdy A., "Investigación de Operaciones", Alfaomega, México, 5ª edición, p.472

Ejemplo:

⁴Consideremos los siguientes datos históricos:

Los cuales corresponden a la demanda de un cierto producto durante 2 años(24 meses)

Mes y	Demanda y _i
1	46
2	56
3	54
4	43
5	57
6	56
7	67
8	62
9	50
10	56
11	47
12	56
13	54
14	42
15	64
16	60
17	70
18	66
19	57
20	55
21	52
22	62
23	70
24	72

Con estos datos se pronostica la demanda durante 24 meses de la manera que sigue:

Primero se escoge α como 0.1

⁴ Taha. Hamdy A. , "Investigación de Operaciones", Alfaomega, México, 5ª edición, p. 473

El procedimiento empieza con $\bar{y}_1 = y_1$

$$\bar{y}_{t+1} = \alpha y_t + (1 - \alpha)\bar{y}_t$$

Es un procedimiento recursivo que usa la ecuación anterior para el pronóstico del siguiente mes, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Mes y	Demanda y_t	y_t estimada
1	46	-
2	56	46
3	54	.1(56)+.9(46)=47
4	43	.1(54)+.9(47)=47.7
5	57	.1(43)+.9(47.7)=47.23
6	56	.1(57)+.9(47.23)=48.21
7	67	.1(56)+.9(48.21)=48.98
8	62	.1(67)+.9(48.98)=50.79
9	50	.1(62)+.9(50.79)=51.91
10	56	.1(50)+.9(51.91)=51.72
11	47	.1(56)+.9(51.72)=52.15
12	56	.1(47)+.9(52.15)=51.63
13	54	.1(56)+.9(51.63)=52.07
14	42	.1(54)+.9(52.07)=52.26
15	64	.1(42)+.9(52.26)=51.23
16	60	.1(64)+.9(51.23)=52.5
17	70	.1(60)+.9(52.5)=53.26
18	66	.1(70)+.9(53.26)=54.93
19	57	.1(66)+.9(54.93)=56.04
20	55	.1(57)+.9(56.04)=56.14
21	52	.1(55)+.9(56.14)=56.02
22	62	.1(52)+.9(56.02)=55.62
23	70	.1(62)+.9(55.62)=56.26
24	72	.1(70)+.9(56.26)=57.63

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

7.6 ERRORES DE PRONOSTICO

En las secciones 7.3 a 7.5 se han presentado los siguientes modelos de pronóstico:

- El modelo de regresión
- El modelo de promedios móviles
- El modelo de alisamiento exponencial

Pero cabe indicar la pregunta, acerca de cual de los métodos de predicción presentados es el que finalmente se usará para obtener la proyección deseada, para esto se definen los siguientes términos:

El error de pronóstico:

Se define como la diferencia entre el valor observado de la serie de tiempo en el periodo t y el pronóstico para el periodo t, en símbolos:

$$E_t = x_t - F_t$$

donde:

E_t es el error de pronóstico en el tiempo t

x_t es el valor observado de la serie de tiempo en el tiempo t

F_t es el pronóstico para el periodo t

Error cuadrático medio:

Es el promedio de los cuadrados de los errores de pronóstico, lo cual se representa por la siguiente ecuación:

$$MCE = \frac{E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_n^2}{n}$$

El MCE se usa para determinar cual de las técnicas de pronóstico es la más adecuada para usarse en la proyección de los datos, ya que se considera la que tiene el menor MCE.

5 Hillier, Frederick S., "Introducción a la Investigación de Operaciones", McGraw-Hill, México, 6ª edición, p.817

§7.7 CRITICA DE LOS MÉTODOS DE PRONOSTICO Y LA TEORÍA DEL CAOS

Cuando se habla de técnicas de pronóstico, se habla de modelación, en este caso se refiere a lo modelación matemática, y consiste en crear una descripción matemática del comportamiento de alguna entidad.

El propósito del modelo es conocer el estado de alguna entidad, a partir del conocimiento principalmente de los datos históricos, por ejemplo a partir del conocimiento de la demanda de un cierto producto es posible crear un modelo matemático, como se analizo en las secciones anteriores, los datos se pueden ajustar con el método de alisamiento exponencial y de esta manera conocer el estado futuro de la demanda. La actual teoría del caos afirma que con respecto a los modelos de predicción que se debe de crear un modelo matemático que se ajuste a las siguientes condiciones:

- Un modelo no lineal
- Un modelo muy sensible a los valores de las variables iniciales
- Un modelo determinístico

Un modelo de predicción con estas características se dice que presenta un “Comportamiento caótico”, Cuando se dice que un modelo es muy sensible a los valores iniciales quiere decir que si con un conjunto de valores, el resultado del modelo es X, con el mismo conjunto de valores solo variado ligeramente, digamos por milésimas, el resultado será Y, donde X es totalmente distinto a Y. Esta característica es precisamente la que hace que no se puedan hacer pronósticos certeros a largo plazo del tiempo. y que se deba contemplar un horizonte de proyección a corto plazo, por ejemplo en el caso de la inflación, la cual es sumamente importante en los proyectos de inversión, es imposible predecir su comportamiento por ejemplo tan solo para el año siguiente. Una de las implicaciones de la teoría del caos, es que no hay aleatoriedad, es decir, no hay incertidumbre, siempre se puede saber el resultado de algo si se tiene toda la información disponible.

⁶ Hayles, “La evolución del caos: El orden dentro del desorden en las ciencias contemporáneas”, Gedisa España ,1993, pp.245-248

7.8 CRITICA DE LA TEORÍA DEL RIESGO ENFOCADA A PROYECTOS DE INVERSIÓN

Por ejemplo si se considera el numero de variables que pueden afectar la demanda de un producto, se encuentra con que son demasiadas y cada una de estas variables es dificilmente medible por lo tanto se pueden predecir con poca exactitud, algunas de estas variables involucran aspectos tales como: la situación económica mundial, la situación económica interna del país, el comportamiento personal de los consumidores, etc.

En este contexto, se observa que es sumamente difícil hacer buenos pronósticos, por lo tanto la estrategia que se debe seguir en la medida de lo posible es tratar de evitar cualquier situación que pudiera ser de alto riesgo para el desarrollo del proyecto de inversión.

El nuevo enfoque que se debe considerar al hacer pronósticos debe de contemplar de que en los tiempos actuales no es posible hacer pronósticos mayores de 1 año, inclusive al cabo de un tiempo menor las condiciones cambian con tal rapidez que se invalidan las decisiones tomadas.

El modelo que se debe crear únicamente debe basarse en los datos recién recabados, esto implica que no se hace el uso de proyecciones ya que estas son sumamente inseguras .

El hecho de que no se haga uso de las proyecciones ni de los datos históricos significa que se omiten todas las condiciones futuras y de esta manera se evita el tomar decisiones basadas en cálculos de condiciones cambiantes. La filosofía del nuevo enfoque concerniente al tratamiento del riesgo implica que el proyecto de inversión se debe llevar si y solo si las condiciones actuales y conocidas del mercado, considerando los aspectos tecnológicos y económicos hagan economicamente rentable el proyecto.

⁷ Baca Urbina, Gabriel, "Evaluación de Proyectos", Mc Graw Hill, México, 1995, 2ª edición, p.226

Ahora se analiza el estudio de mercado, el estudio técnico, la evaluación económica y la inflación

Estudio de mercado:

El estudio de mercado debe realizarse lo más completo posible, de tal manera que si desde un principio da como resultado que no existe un mercado futuro para el producto bajo análisis, entonces el proyecto de inversión deberá rechazarse de inmediato, en caso de que el estudio de mercado demuestre que hay un amplio mercado para el producto lo que se recomienda es no pronosticar las ventas e ingresos, simplemente llevar a cabo la inversión por la razón de que es rentable en el tiempo actual.

Estudio Técnico:

Respecto al estudio técnico se recomienda que se instale la capacidad de producción de acuerdo a las condiciones del mercado vigentes en el tiempo actual.

Evaluación económica:

Ahora si se analiza la evaluación económica, en los estudios tradicionales se usa el estado de resultados pro-forma para obtener los flujos netos de efectivo para de esta manera obtener la rentabilidad económica, la cual se expresa en términos de VAN o TIR y al final se hace el análisis de sensibilidad para observar el comportamiento de la rentabilidad económica considerando algunos parámetros cambiantes.

La inflación:

En el nuevo enfoque para tratar el riesgo al no considerar el futuro, se asume que la inflación es cero y entonces se debe considerar los siguiente: si la inversión resulta económicamente rentable en las condiciones actuales sin considerar la inflación futura entonces el proyecto de inversión seguirá siendo rentable siempre que el nivel de ventas sea constante y que la rentabilidad económica se incremente si aumenta el nivel de ventas .

CONCLUSIONES

En este trabajo se analiza la metodología necesaria para cuantificar los llamados “Riesgos no financieros”, los cuales son el producto de las variables financieras no típicas tal y como se mencionó en la introducción.

Se han estudiado diversos métodos que hacen uso de la investigación de operaciones y de la estadística para poder cuantificar el riesgo no financiero en proyectos de inversión, cada uno de estos métodos es aplicable en determinado proyecto según las condiciones del mismo y de los objetivos que se tengan.

Los diversos métodos expuestos permiten revelar los detalles del proyecto, establecer en forma realista los diferentes riesgos no financieros que se esperan, permiten también que el administrador pueda tomar decisiones anticipadas contra posibles problemas durante el desarrollo del proyecto.

Cabe mencionar que el objetivo del presente trabajo ha sido el de ser una guía práctica para el administrador del proyecto, para ello se incluyeron diversos ejemplos, tales como: el de la compañía petrolera, el de la empresa que tiene que decidir entre construir una planta pequeña o una de tamaño regular, etc.

A continuación se hace una crítica de los diferentes métodos que se expusieron, todos encaminados a la optimización de recursos en la evaluación de proyectos de inversión:

El Criterio del pago máximo:

Desde el enfoque de la teoría de juegos se ve al proyecto de inversión como un juego, permite que el tomador de decisiones tome la opción óptima de acuerdo a un criterio que implica buscar los mínimos para cada una de las alternativas posibles y después la acción óptima es el máximo del conjunto de estas alternativas. La desventaja de este criterio es que es demasiado sencillo, por ejemplo no hace uso de la estadística o métodos probabilísticos y en las

circunstancias actuales se requieren modelos mucho mas complejos que permitan tomar una decisión mucho más acertada.

Criterio de la máxima posibilidad:

Este método considera el conjunto de las probabilidades de cada una de las alternativas del proyecto de inversión y la decisión a tomar es la que corresponde al máximo de este conjunto. La principal desventaja de este método es que ignora mucha información relevante y sólo considera el estado más probable, esto es sumamente riesgos ya que en un proyecto con muchas alternativas podría suceder que la alternativa más importante pudiera tener una probabilidad pequeña.

La Regla de decisión de Bayes:

Se considera para cada una de las alternativas del proyecto la esperanza matemática asociada, considerando para esto las probabilidades de cada uno de los estados de la naturaleza y la alternativa elegida es el máximo del conjunto formado por las esperanzas matemáticas obtenidas. La crítica de este método es en el sentido de la confiabilidad de las probabilidades usadas para determinar las esperanzas matemáticas, se debe evaluar que tan razonables son estas probabilidades para cada proyecto.

Respecto a la programación del proyecto, la cual se refiere a la calendarización de las diferentes actividades para optimizar los recursos y el tiempo, se estudiaron los siguientes métodos:

El Método de Arboles de decisión:

Se construye un árbol en el que se consideran todas las actividades precedentes de cada una de las actividades del proyecto donde cada una de estas actividades tiene una probabilidad asignada; la metodología consiste en encontrar la ruta consistente en la secuencia de actividades de tal manera que se optimize el tiempo total del proyecto.

En relación este método se afirma que al igual que en la regla de decisión de Bayes, se debe prestar especial atención a las confiabilidad de las probabilidades obtenidas.

El método de la Evaluación del programa y revisión de la técnica.

Este método considera tres estimaciones para cada una de las actividades del proyecto: optimista, pesimista y la mas probable y usando técnicas estadísticas se obtiene un tiempo estimado para cada actividad, posteriormente se determina la secuencia de actividades que no admiten retrasos y las que si pueden admitirlo. Cabe destacar que este método es sumamente recomendado ya que hace uso de métodos estadísticos para estimar los tiempos de cada actividad en base a 3 estimaciones anteriores lo cual lo hace sumamente confiable.

Al analizar los diferentes métodos de pronósticos utilizados en la evaluación de proyectos de inversión se puede decir que ninguno de estos se ajusta al modelo propuesto en la teoría del caos ya que dicho modelo debería cumplir con las características de ser muy sensible a las condiciones iniciales y de manejar un numero de variables muy grande, así como de contemplar un horizonte de predicción; por tanto el uso de estos modelos para hacer predicciones debe manejarse con mucho cuidado y sobre todo contemplar un horizonte de predicción a muy corto plazo.

En el presente trabajo solo se han estudiado los modelos matemáticos mas usados comúnmente en la evaluación de proyectos, además de los citados anteriormente también existen métodos que hacen uso de la programación lineal, de las funciones de utilidad, de los procesos estocásticos, etc.,

Respecto al ámbito jurídico este no se contempló en la tesis, pero cabe afirmar que este es una parte muy importante en la evaluación de proyectos de inversión, ya que forma parte del entorno del proyecto; se deben acatar las disposiciones jurídicas en materia de inversiones, las cuales son dictadas por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores. En relación al aspecto ecológico, el proyecto de inversión debe seguir la legislación indicada en “La ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente de México”

APÉNDICE 1

PROBLEMAS PRÁCTICOS ADICIONALES

A.1 PROBLEMA PARA EL CRITERIO DEL PAGO MÁXIMO

Problema:

Una empresa debe decidir entre dos planes para lanzar un nuevo producto al mercado. La meta es maximizar las ganancias obtenidas, pero no está claro si el interés de los consumidores en el nuevo producto será alto, medio o bajo. En la tabla que sigue se muestran las proyecciones de las ganancias obtenidas, se supone como probabilidad $1/3$ en caso de que el interés sea alto, medio o bajo.

Planes	posibilidades		
	Alto	Medio	Bajo
Plan1	220,000	170,000	110,000
Plan2	200,000	180,000	150,000

Solución:

Consideremos el valor mínimo correspondiente a cada uno de los planes, el cual se muestra en la tabla siguiente:

Planes:	Mínimo
Plan1	110,000
Plan2	150,000

Para estos valores mínimos obtenidos:

110,000

150,000

Se debe considerar el valor máximo, el cual es: 150,000 correspondiente al plan2. Por tanto la estrategia que se debe seguir es el plan2.

A.2 PROBLEMA PARA EL CRITERIO DE MÁXIMA POSIBILIDAD:

PROBLEMA:

Un banco va a realizar una de tres inversiones: a_1 , a_2 o a_3 ; la economía se encontrará en uno de los 3 estados siguientes:

E_1 : mejorará

E_2 : permanecerá estable

E_3 : empeorará

Se cuantifica que las probabilidades para cada uno de los estados son : 0.1, 0.5 y 0.4 respectivamente. A continuación se muestra la tabla de pagos estimados :

Inversión	E_1	E_2	E_3
a_1	30	5	-10
a_2	40	10	-15
a_3	-10	0	-17
a_4	-10	0	-17
Probabilidad	0.1	0.5	0.4

Solución:

Primero se va a considerar la columna que presenta mayor probabilidad, la cual corresponde a E_2 , con probabilidad de 0.5

En la columna de E_2 , el pago máximo de dicha columna es el que corresponde a a_2 . Por tanto se concluye que el banco debe invertir la cantidad a_2 .

A.3 PROBLEMA PARA LA REGLA DE DECISIÓN DE BAYES:

PROBLEMA:

Una empresa agrícola debe decidir entre cuatro cosechas para plantar 1000 kilómetros cuadrados de terreno. La siguiente tabla muestra las estimaciones sobre las cosechas bajo las diferentes condiciones climatológicas, así como las probabilidades para el clima.

		seco θ_1	moderado θ_2	húmedo θ_3
cosecha1	a_1	20	35	40
cosecha2	a_2	15	20	30
cosecha3	a_3	30	25	25
cosecha4	a_4	40	40	40
posibilidad del clima		0.3	0.5	0.2

A continuación se calculan las esperanzas matemáticas para cada una de las cosechas:

$$\begin{aligned} E[p(a_1, \theta)] &= 0.3(20) + 0.5(35) + 0.2(40) \\ &= 6 + 17.5 + 8 \\ &= 31.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E[p(a_2, \theta)] &= 0.3(15) + 0.5(20) + 0.2(30) \\ &= 20.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E[p(a_3, \theta)] &= 0.3(30) + 0.5(25) + 0.2(25) \\ &= 26.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E[p(a_4, \theta)] &= 0.3(40) + 0.5(40) + 0.2(40) \\ &= 40 \end{aligned}$$

De acuerdo con estos cálculos, la esperanza matemática mayor corresponde a la cosecha 4. Por tanto se concluye que se debe optar por la cosecha 4.

APÉNDICE 2

TABLA DE LA DISTRIBUCIÓN ACUMULATIVA NORMAL

	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0 :	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1 :	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2 :	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3 :	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4 :	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5 :	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6 :	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7 :	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8 :	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9 :	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0 :	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1 :	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2 :	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3 :	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4 :	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5 :	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6 :	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7 :	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8 :	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9 :	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0 :	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1 :	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2 :	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3 :	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4 :	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5 :	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6 :	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7 :	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8 :	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9 :	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0 :	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1 :	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2 :	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3 :	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4 :	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998
3.5 :	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998
3.6 :	0.9998	0.9998	0.9998	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999

BIBLIOGRAFÍA

- 📖 Baca Urbina, Gabriel, “Evaluación de Proyectos”, Mc Graw Hill, México, 1995, 2ª edición.
- 📖 “Diplomado en el ciclo de vida de los Proyectos de Inversión, propedeúutico”, NAFIN, México, 1995.
- 📖 “Diplomado en el ciclo de vida de los Proyectos de Inversión, Formulación y evaluación”, NAFIN, México, 1995.
- 📖 “Guía para la Formación y Evaluación de Proyectos de Inversión”, NAFIN, México, 1995.
- 📖 Cacoullos, T., “Excercises in Probability”, Springer-Verlag, USA, 1972.
- 📖 Hayles, “La evolución del caos: El orden dentro del desorden en las ciencias contemporáneas”, Gedisa, España., 1993
- 📖 Hillier, Frederick S., “Introducción a la Investigación de Operaciones”, McGraw-Hill, México, 6ª edición.
- 📖 Johnson, Gerry, “Dirección Estratégica”, Prentice Hall, España, 3ª edición.
- 📖 Pritchett, Travis, ” Risk Management and Insurance”, West Publishing Company, U.S.A, 1996, 7º edición.

📖Taha, Hamdy A. , “Investigación de Operaciones”, Alfaomega, México, 5ª edición.

📖Vaughan, Emmet J., ” Fundamentals of Risk and Insurance”, John Wiley, U.S.A, 1996, 7º edición.

📖Parzen, E. “Modern probability theory and its applications”, 1960,2ª edición.

INTERNET

📖 <http://www.uagl.proyect.html>

📖 <http://www.qro.itesm.mx/hgerrer/cd95842.htm>

📖 <http://www.fut.es/protciv/esp/plaseqta/tipus.htm>

📖 <http://www.ebc.mx/general/riezgofin.htm>