

12
29.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLAN"

ANALISIS DE PROBLEMAS Y TECNICAS PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EMPRESAS DE INGENIERIA CIVIL



T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A:
GERARDO CHAVEZ SALDIERNA



MEXICO, D. F.

1997.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLAN"
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

SR. GERARDO CHAVEZ SALDIERNA
ALUMNO DE LA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
P R E S E N T E

De acuerdo a su solicitud presentada con fecha 4 de Julio de 1995, me complace notificarle que esta Jefatura de Programa tuvo a bien asignarle el siguiente tema de tesis titulado "ANALISIS DE PROBLEMAS Y TECNICAS PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EMPRESAS DE INGENIERIA CIVIL", el cual se desarrollará como sigue

INTRODUCCION

- I. ANALISIS DE PROBLEMAS
- II. TOMA DE DECISIONES
- III. DECISIONES BAJO CERTEZA.
- IV. DECISIONES BAJO RIESGO.
- V. TOMA DE DECISIONES BAJO INCERTIDUMBRE.

CONCLUSIONES

Así mismo fue designado como asesor de tesis al M. en A. Eduardo Mendez Verdiguél Ruego a usted, tomar nota en cumplimiento de lo especificado en la Ley de profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses, como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado. Esta comunicación deberá imprimirse en el interior de la tesis.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Acatlán Edo. de México a 31 de Octubre de 1996


Ing. Carlos Rosales Aguilar.
Jefe del Programa de Ingeniería Civil



ENEP-ACATLAN
JEFATURA DEL
PROGRAMA DE INGENIERIA

AGRADECIMIENTOS

A DIOS.

Le doy gracias a dios por haber sido
mi compañero en todo momento,
por haberme permitido vivir y guiar mi camino.

A MIS PADRES, A QUIENES DEDICO ESTE TRABAJO.

Por su infinito apoyo y el ejemplo que han sido
para mi. Por sus consejos en todo momento,
les doy mil gracias.

A MIS HERMANOS.

Rafa, Ferna, TONA y Clau. Por ser los
mejores hermanos del mundo,
gracias por estar siempre conmigo.

A MIS ABUELOS.

Quienes han sido el pilar de mi familia.

Introducción.

El objetivo de este trabajo consiste en poder mostrar una serie de métodos que contribuyan de una manera sistemática y ordenada a analizar situaciones y problemas para mediante diferentes criterios, poder contar con los elementos suficientes para tomar decisiones.

Normalmente los métodos para tomar decisiones a los que nos referiremos en este trabajo, están enfocados a procesos de manufactura pero se considera que estos criterios pueden ser aplicados a las diferentes ramas de la ingeniería civil, ya que los estudios y procesos que se hacen para una toma de decisiones, analizan de una forma profunda, las distintas situaciones que se pueden presentar, y alternativas con las que deberá contar aquella persona que se desarrolle en un puesto, el cual le exija el tomar diversidad de decisiones.

Este trabajo no pretende ser un manual al que se pueda recurrir ante situaciones problemáticas que se presentan en las empresas de ingeniería civil, pretende conjuntar una serie de herramientas prácticas para que cada caso en particular pueda contar con elementos que faciliten la toma de decisiones.

Se piensa que el hecho de generar distintas alternativas, el establecer y clasificar objetivos puede ayudar a detectar las desviaciones que se presentan en cualquier proyecto de ingeniería, esto nos provoca situaciones problemáticas, que mediante los análisis que se presentan en este trabajo, facilitan la toma de decisiones para corregir las desviaciones que pudieran presentarse en los distintos proyectos.

ANÁLISIS DE PROBLEMAS.

1.1.- SITUACIONES PROBLEMÁTICAS.

La necesidad de un enfoque sistemático que nos permita detectar de una manera ordenada y clara situaciones problemáticas, es cada día más urgente.

La solución de problemas, se refiere a un amplio conjunto de actividades que se realizan para encontrar y ejecutar una acción encaminada a corregir una situación que no es satisfactoria.

Antes de que se pueda resolver un problema, es necesario identificarlo, hay que determinar que situaciones representan problemas y cuales de éstos deben resolverse.

Cada vez es más difícil dirigir a otros en un trabajo determinado y cada vez hay menos tiempo para ello; en un mundo de alta competencia como en el que vivimos, las equivocaciones resultan muy costosas, por lo que es necesario disponer de herramientas que nos permitan en forma lógica y eficiente manejar diferentes situaciones problemáticas, indicaciones claras sobre los caminos a seguir dentro de ese esquema, lo que nos conducirá a un proceso que nos permita tomar decisiones.

Los problemas pueden ser agrupados en tres grandes categorías.

- **Problemas complejos.**- Representan una mezcla de elementos económicos, políticos, técnicos y humanísticos.

- **Problemas intermedios.**- En este nivel de complejidad, se encuentra un grupo de problemas que son primordialmente económicos.

- **Problemas sencillos.**- En el nivel inferior de la clasificación, se encuentran algunos problemas menos difíciles. No está muy claro qué tan sencillos son, pero si se comparan con los problemas complejos, quizá ni siquiera tenga la apariencia de un problema.

PROBLEMAS		
Complejos	Intermedios	Sencillos.
La preparación del presupuesto anual de los Estados Unidos, es un problema de carácter económico pero también es claro que la asignación de dinero, tiene consecuencias políticas.	La elección entre una máquina manual y una semiautomática, crea un problema donde el aspecto económico es primordial en la toma de decisiones.	Decidir sobre los componentes de un desayuno puede no ser fácil, sin embargo, se diría que el problema no tiene mayor importancia.

**1.-2 SECUENCIA LÓGICA DE ACCIÓN PARA LA RESOLUCIÓN
DE UN PROBLEMA..**

Antes de pensar en una acción correctiva, se debe conocer la causa del problema, para buscar y probar las posibles causas, el problema debe estar definido con exactitud, así como establecidos los objetivos de las decisiones. La anticipación de los problemas potenciales, inherentes a toda acción es la que asegura el éxito del plan final.

A) Secuencia de acción.-

Encontrar la causa.

1. Definir el problema.
2. Desarrollar posibles causas.
3. Probar las causas.

Elección de un curso de acción.

1. Establecer objetivos.
2. Considerar alternativas.
3. Pensar en posibles consecuencias adversas.

Implementar un plan.

1. Anticipar problemas potenciales.
2. Considerar acciones preventivas.
3. Preparar acciones contingentes.

Este enfoque es todo sentido común, pero a veces una persona que debe tomar decisiones, descuida la secuencia y utiliza un enfoque desordenado. En el nerviosismo de la vida diaria, existen diferentes trampas que amenazan las expectativas de éxito de un directivo, como por ejemplo:

- Que salte a acciones apresuradas.

El uso de un raciocinio sistemático es muy valioso para conseguir mejores resultados, lo que no se obtiene, tomando decisiones apresuradas.

- **Que salte a una causa.**

Saltar rápidamente a una conclusión sobre determinada causa, conduce a acciones inútiles.

- **Que adopte permanentemente causas internas.**

No se toma el tiempo necesario para encontrar la causa real del problema, ni la adecuada acción correctiva. Con ello se recurre a tomar acciones internas; adoptar una acción interna sobre otra acción interna, termina por ocultar el verdadero problema.

- **Que no use o que haga mal uso de la información disponible.**

Con frecuencia, no se aplica un razonamiento sistemático a la información conocida para eliminar acciones claramente inadecuadas. Se derrocha tiempo y dinero.

B) Elementos de la secuencia de acción.

Análisis de situaciones:

El análisis de situaciones nos ayuda a examinar diferentes tareas como pueden ser:

- a) Identificar los temas vitales por resolver.
- b) Separar los problemas complejos en partes manejables.
- c) Colocar el mejor proceso de razonamiento para atacarlos.

El análisis de situaciones puede, ser una herramienta de gran utilidad, ya que nos permite:

- **Apreciar el estado actual de un problema.**
- **Identificar situaciones menos obvias que requieren de atención.**
- **Establecer prioridades para el tratamiento de las situaciones.**
- **Evaluar rápidamente una situación.**
- **Clasificar la información conocida y la que hay por conseguir.**
- **Planificar sistemáticamente el trabajo por realizar.**

El análisis de situaciones, es un proceso dinámico para poner los temas en adecuada perspectiva. No es un proceso rígido para hallar respuestas a temas específicos.

Nos ayuda a través de sus elementos integrados:

- **Reconocer una situación que necesita atención.**
- **Separarla en partes significativas.**
- **Asignar prioridad para tratarla.**

- Colocarla en el proceso correcto para atacarla.

El esquema de la resolución de problemas pretende, guiar lógicamente hacia la solución definitiva. Para hacerlo, se utilizan tres procesos lógicos, mismos que dan un modo ordenado y eficiente de proceder.

1.- Análisis de problemas:

Para encontrar la causa del problema específico.

2.- Análisis de decisiones:

Para seleccionar la mejor acción correctiva.

3.- Análisis de problemas potenciales:

Para planificar la exitosa implementación de la acción correctiva.

La secuencia de acción, no es tan simple y la aplicación del proceso, exige de mucho sentido común por parte de las personas que lo están aplicando.

Acciones adaptativas:

Dado que no siempre es posible tomar una acción correctiva, algunas ocasiones es necesario tomar una decisión adaptativa, antes de tomar una acción correctiva que sea definitiva.

Acciones de mejoramiento:

Un directivo, tiene la responsabilidad de buscar los modos de hacer aún mejor su trabajo, por lo que es necesario el analizar diferentes situaciones, con su concentración sobre los objetivos y la generación de alternativas, cuando se seleccione una alternativa, el análisis de problemas potenciales permitirá una exitosa implementación de la misma.

1.- Análisis de problemas:

La verdadera causa de un problema, puede ser mejor identificada, cuando el problema ha sido enfocado de una manera sistemática. La siguiente secuencia nos ayudará a hacerlo de una manera más eficiente.

a) Escribir el enunciado de la desviación:

Identificar brevemente el objeto y la desviación que constituyen el problema a comprobar.

Todos los problemas, comienzan con una desviación de lo que normalmente se espera que ocurra.

Cuando la causa de esta anomalía es desconocida, se debe iniciar el análisis de problemas con un breve enunciado de desviación.

b) Especificar el problema:

Fijar la exacta naturaleza del problema y sus límites (ES y NO ES).

Se debe trazar un objetivo completo y preciso del cuadro del problema.

Ejemplo de la especificación de un problema.

Problema: Filtración de agua en losas impermeabilizadas con tritex II.

	ES	NO ES
QUE	Fractura del material.	Decoloración, impurezas.
DONDE	Las fisuras aparecen en losas de vigueta y bovedilla.	Losas de concreto armado.
CUANDO	6 de marzo y continúa desde entonces.	Antes del 6 de marzo.
CUANTO	30 % del área el 6 de marzo, 30% después del 7 de marzo.	El 100%

c) Desarrollar posibles causas:

Identificar explicaciones posibles del porqué se presentó el problema. Se deben buscar distinguos ¹ y cambios.

Se deben desarrollar todas las posibles causas que sean relevantes. Esta técnica es sistemática, busca los distinguos y los cambios que han ocurrido.

d) Probar para hallar la causa más probable:

Encontrar la causa más probable, aquella que mejor explique cada dimensión de la especificación.

¹ Características exclusivas de lo que es el problema.

Para eliminar todas aquellas causas que no tengan un alto grado de probabilidad, se confrontan con el cuadro de la especificación del problema. Si una posible causa no explica cada uno de los datos de la misma, o si surgen contradicciones, se rechaza por improbable; las comprobaciones se realizan utilizando la mejor información disponible acerca del problema y las posibles causas. Normalmente, muchas causas son descartadas en esta comprobación. Solo pasa una, o en algunos pocos casos, pasan varias causas más probables.

e) Verificar para hallar la verdadera causa:

Identificar la verdadera causa, sometiendo a la causa más probable a pruebas adicionales, para asegurarse de que la causa real ha sido encontrada.

En esta última etapa, se somete la causa más probable a una rigurosa verificación de la lógica, reuniendo más información, ensayando mentalmente la coherencia de la relación ^{causa}/efecto, e incluso someterla al experimento físico. La que permanezca intacta luego de este estricto control, es la verdadera causa.

Para obtener resultados satisfactorios, los pasos, del análisis de problemas que conducen al descubrimiento de la causa real o verdadera, deben realizarse en estricto orden. Cada paso proporciona las bases para el siguiente. A medida que se avanza, se va eliminando información. Así, el resultado final es la causa verdadera, verificada como tal.

El análisis de problemas tiene el propósito de encontrar la causa verdadera de una situación problemática. Para aplicarlo, se pasan las cinco etapas anteriormente mencionadas estrechamente relacionadas.

2.- Análisis de decisiones:

En una era de cambiante tecnología y creciente competencia, pocas organizaciones pueden darse el lujo de basar sus decisiones en reacciones intuitivas. Únicamente un enfoque sistemático y razonado del análisis de decisiones, puede asegurar a una organización, el crecimiento y desarrollo que merece.

Trampas del proceso.

Tomar decisiones es algo común para todos, las tomamos todos los días. Es probable que al tomar tantas, algunas parezcan automáticas, pero hay que tener cuidado con ellas. Las buenas decisiones, son el resultado de un ordenado y arduo proceso mental. Las condiciones cambian, así que no podemos exponernos a riesgos de una respuesta mecánica o un enfoque intuitivo.

Las exigencias para decisiones rápidas pueden ser tan grandes que nos pueden llevar, sin darnos cuenta, a una de estas trampas.

Favoritismo hacia alguna de las alternativas.

Cuando se tiene que hacer una elección, se considera solo una de las posibles acciones, y entonces se generan los argumentos necesarios para apoyarla.

Considerar solo el lado positivo de una alternativa.

Luego de pensar en las ventajas de una alternativa, la tentación de ponerla en marcha es muy fuerte, y muy a menudo se pasa por alto el examen de sus efectos negativos. Será demasiado tarde para considerarlos, cuando ya se esté tratando de convivir con esas consecuencias adversas.

Utilizar suposiciones en lugar de informaciones.

Muchas veces no nos molestamos en hacer el mejor uso de información disponible para formarnos una buena idea del futuro. En lugar de ello, establecemos suposiciones infundadas para apoyar la elección de una alternativa favorecida.

Elementos de un enfoque lógico.

Para contrarrestar la tentación de actuar impulsivamente cuando nos enfrentamos a una situación importante, se requiere de un enfoque lógico y sistemático. Tal aproximación a la toma de decisiones, debe ser rigurosa y completa. Debe incluir los siguientes elementos esenciales.

- **Concentrarse en los objetivos:**

Antes de buscar alternativas, nuestra atención debería dirigirse hacia lo que debe ser logrado, concentrarnos en los resultados, así como los objetivos de la decisión.

- **Considerar el número adecuado de objetivos:**

En la mayoría de las decisiones, se deben analizar diversos resultados y recursos a ser utilizados.

No todos los objetivos son igualmente importantes; algunos son indispensables.

- Contemplar un buen número de alternativas.

Un error muy difundido consiste en limitar el proceso de análisis de alternativas que se presentan de inmediato, como las más obvias. Buscar nuevas ideas, puede dar como resultado el obtener más y mejores alternativas.

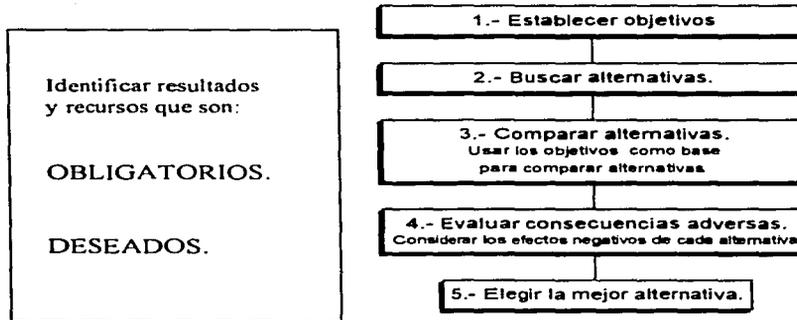
- Reunir información sobre cada alternativa.

Cada objetivo de la decisión, sugiere hechos críticos que deben ser conocidos acerca de cada alternativa.

- Evaluar las consecuencias adversas.

Como control final de cualquier alternativa, se deben de considerar sus lados negativos, de esta manera, se pueden descubrir los efectos indeseables en potencia.

El proceso de la toma de decisiones, puede dividirse en una serie de pasos secuenciales. El hacerlo, mejorará los resultados prácticos que se derivan del análisis de decisiones.



• *Análisis de decisiones.*

Fase I del análisis de decisiones.

Establecer y clasificar objetivos.

La etapa preliminar del análisis de decisiones requiere de la ejecución de 3 pasos en esta secuencia:

1.- Enunciar el propósito de la decisión:

Convierte la vaga percepción de una necesidad de elegir un curso de acción, en un ajustado proceso de decisión. Proporciona una orientación para el establecimiento de los objetivos, y para la generación de alternativas.

2.- Establecer objetivos:

Una decisión debe lograr los resultados deseados. Hay que reconocer que hay ciertos recursos disponibles, que ayudan a la elección de alternativas.

En el análisis de decisiones, estos dos factores son cuidadosamente tomados en cuenta, en el establecimiento de objetivos.

- Resultados, o productos esperados de la decisión.
- Recursos, o insumos disponibles para implementar la decisión.

3.- Clasificar los objetivos de acuerdo a su importancia.

No todos los objetivos tienen la misma importancia; algunos son imprescindibles, otros sólo sería conveniente conseguirlos, quisiéramos verlos satisfechos, pero no encontramos que sean absolutamente necesarios. Hay una deferencia de valor entre las clasificaciones: **OBLIGATORIOS Y DESEADOS.**

Se deben dividir los objetivos en 2 categorías; después, determinar los valores relativos de cada uno de los objetivos deseados.

• Identificación de los objetivos obligatorios:

Primero se examinarán los objetivos que definen resultados. Hay que analizar con cuidado los objetivos que expresan recursos, estos objetivos obligatorios, se transforman en

los parámetros de acuerdo con los cuales, más tarde, se eliminarán las alternativas inaceptables.

- **Identificación de los objetivos deseados**

Hasta cierto punto son aquellos que han sido derivados de la lista de obligatorios. Típicamente, expresan los resultados que quisiéramos lograr, sin que ello sea crítico para nuestra decisión.

La identificación del enunciado de la decisión y de objetivos con pautas medibles específicas, nos permiten:

- a) Definir exactamente lo que la decisión tiene que lograr.
- b) Identificar las limitaciones de los recursos.
- c) Proveer una base para determinar cuales alternativas, pueden satisfacer estas pautas y por lo tanto, merecer una investigación adicional.
- d) Identificar las alternativas que no pueden cumplir con estas condiciones.
- e) Formarse una clara idea de las alternativas que están muy cerca de los límites establecidos como obligatorios. Las decisiones simples y rutinarias, de resultados no muy importantes, usualmente requieren sólo una consideración general de los objetivos.

Las decisiones más complejas donde se buscan resultados más específicos, requieren un desarrollo de los objetivos obligatorios deseados.

Fase II del análisis de decisiones:

Desarrollar alternativas.

4.- Generación de alternativas.

Solo una búsqueda sistemática, dará el número necesario de buenas alternativas para arribar a una decisión coherente.

Las alternativas deben ser capaces de desempeñar las funciones precisas, trazadas por los objetivos.

El conjunto de objetivos obligatorios / deseados, se transforma en el modelo que guía la búsqueda de alternativas.

Considerar distintas formas de satisfacer cada objetivo, ayudará a generar una gama más amplia de alternativas.

Cuanto más sistemáticamente se utilicen estas pautas en la búsqueda de alternativas, más rápidamente se podrán explorar un buen número de posibilidades, para encontrar el curso de acción más adecuado.

Fase III del análisis de decisiones:

Comparación de alternativas.

5.- Evaluar cada alternativa con relación a los objetivos:

Para poder comparar alternativas con objetivos, es necesario obtener, analizar y verificar, la información más exacta y actualizada posible, sobre cada alternativa con relación a cada objetivo específico. Primero se hace esta comparación para los objetivos obligatorios, luego se puede repetir el proceso en orden de importancia para cada objetivo deseado.

Si una alternativa satisface la norma fijada, se continúa investigándola; de no ser así, se elimina la alternativa de cualquier otra consideración.

Ejemplo de comparación de alternativas con relación a los objetivos obligatorios, para determinar la compra de un automóvil.

Objetivos obligatorios.	A	B	C	D
Que no cueste más de: N\$ 40,500	N\$ 38,500	N\$ 39,900	N\$ 42,800	N\$ 41,000
Que tenga capacidad para 4 personas.	2 puertas 5 como máximo	4 puertas 6 confortablemente	2 puertas 5 como máximo	4 puertas 6 confortablemente
Que tenga caja de cambios automática.	Si	Si	No	Si

Comparación con los objetivos deseados:

El uso de números para expresar una opinión, proporciona una escala muy visible y práctica de comparación. Un método sencillo consiste, en asignar primero un valor 10 a la información de la alternativa que mejor satisface cada objetivo deseado. La información sobre cada una de las otras alternativas, puede ser entonces comparada con la mejor, y valorada de 10 a 0, según resulte apropiado.

Se debe asignar la calificación de 10 a aquella alternativa que mejor satisfaga a cada uno de los objetivos deseados.

Se debe tratar de expresar la información disponible sobre cada alternativa, a través de los números de la clasificación relativa.

6.- Elección tentativa de la mejor alternativa:

Esta fase permite:

- Identificar aquellas alternativas que son claramente inaceptables.
- Reunir información en forma eficiente sobre alternativas.
- Comparar el desempeño de las alternativas, basado en su grado de satisfacción de los objetivos (deseados).
- Identificar la o las alternativas que mejor cumplan con los propósitos de esta decisión.

Fase IV de análisis de decisiones.

El uso de consecuencias adversas para ayudar a hacer la elección final.

Esta fase cierra el proceso de decisión. Comprende una última consideración crítica de la decisión tentativa.

7.- Evaluación de las consecuencias adversas:

Antes de comprometerse con una elección final, se debe dedicar tiempo y atención para encontrar respuesta a estas preguntas y para prever y estimar las consecuencias adversas de cada alternativa.

- ¿ Cual será su eficacia, si las condiciones actuales cambian ?.
- ¿ Que ocurriría si se hubieran pasado por alto algunos factores cruciales ?.

8.- Elección final:

Antes de llegar a la decisión final, se debe de usar el sentido común:

a) Nos debemos preguntar si:

- Se ha pensado en todos los objetivos que son importantes para esta decisión.
- Son apropiadas las normas de sus obligaciones.
- Es satisfactoria su asignación de pesos a los deseados.
- La información sobre cada alternativa, es la más exacta que se pudo conseguir.
- Los valores asignados a la información sobre cada alternativa, expresan en forma justa lo que sabemos de ellas.

Fueron consideradas y evaluadas correctamente todas las consecuencias adversas relevantes.

b) En caso de que sólo una alternativa, hubiera sido analizada en cuanto a sus consecuencias, se debe:

- **Evaluar hasta qué punto, cada consecuencia tiene un alto grado de probabilidad, tanto como de gravedad.**
- **Juzgar el impacto acumulado de todas las consecuencias adversas significativas.**
- **Adoptar la alternativa de prever consecuencias adversas significativas.**
- **Si no se está convencido, se considera la alternativa que sigue en grado de satisfacción de los objetivos deseados y se somete a la misma prueba de consecuencias adversas.**

c) Si dos o más alternativas tienen calificaciones muy similares, se debe analizar cada una cuidadosamente para:

- **Evaluar el grado en que cada consecuencia es altamente probable y grave, para cada alternativa.**
- **Medir el impacto de todas las consecuencias, para cada alternativa.**
- **Si una alternativa tiene un bajo impacto total y no tiene consecuencias de tipo 10^X hay que adoptarla.**

² **Probabilidad de ocurrencia y gravedad.**

- Si los impactos acumulados de las dos alternativas son muy parecidos pero una no tiene ninguna consecuencia 10 X 10, ésta es la que se debe elegir.

- Si una alternativa tiene un impacto total menor pero incluye una o más consecuencias 10 X 10, se debe elegir la que acusa un impacto total mayor, pero carece de consecuencias 10 X 10.

- Si todas nuestras alternativas tienen un alto impacto acumulado $\frac{y}{o}$ consecuencias 10 X 10, se debe pensar en qué otras alternativas se pueden conseguir.

Se asigna a cada consecuencia un valor de 10 a 1 por la probabilidad de su ocurrencia. En forma similar, evaluamos la gravedad con la misma escala. Las calificaciones de probabilidad y gravedad, nos dan una medida de la amenaza de una consecuencia adversa. Una consecuencia que tenga 10 X 10, nos dice que tenemos un total de certeza de desastre. Obviamente, cualquier alternativa que acarrea tal tipo de consecuencia es inaceptable.

3.- Análisis de problemas potenciales:

El propósito del análisis de problemas potenciales, es permitirnos realizar los siguientes pasos de una manera sistemática.

- a) Anticipar cualquier tipo de amenazas que en el futuro puedan presentarse.
- b) Prevenir o minimizar las amenazas de acuerdo con su percepción anticipada

Una característica singular de este proceso, es la versatilidad de sus aplicaciones.

Podemos utilizarlo de manera efectiva para:

- Analizar y mejorar un plan de puesta en marcha.
- Analizar y revisar la acción que ya se está llevando a cabo.
- Descubrir perturbaciones en potencia a las rutinas existentes.
- Protegerse de los cambios indeseables en volumen y calidad de su producción.
- Predecir y minimizar un impacto sobre su operación, originado por cambios en circunstancias más allá de su control directo.
- Disminuir las posibilidades de que el futuro, nos brinde un excesivo número de sorpresas desagradables.

Ya que el análisis de problemas potenciales, es un sistema para tratar de controlar el futuro, es más conveniente pensar primero sobre la prevención.

Aceptar la inevitabilidad del inconveniente, es perder la partida antes de comenzar el juego.

La acción preventiva automáticamente lleva a nuestro razonamiento al área de Análisis de Decisiones.

Se deben juzgar si la eliminación del problema potencia justifica el costo de la acción preventiva. Al hacerlo, se buscan mejores alternativas para la prevención de inconvenientes. El objetivo, será generar modos económicos pero eficaces para reducir la probabilidad de su ocurrencia.

En el caso de que la prevención no sea posible o se comprueba que es demasiado costosa, la prudencia exige que se tenga preparada una acción contingente. El propósito será suavizar los efectos negativos de un problema, si éste realmente llega a ocurrir.

Técnica del análisis de problemas potenciales.

El sólo hecho de detenerse y preguntar ¿qué puede ir mal ?, da lugar a la generación de ideas suficientes, como para evitar futuros inconvenientes.

Para asegurar el éxito de situaciones complejas o donde es vital no fallar, puede ser imprescindible usar enfoques más técnicos.

Paso 1

Identificación del propósito de la acción.

Una buena forma de comenzar una planificación visible, consiste en describir el propósito general de acción. Enunciar la meta en términos específicos, será de gran utilidad, clarificará la meta del plan.

Paso 2

Construcción de un plan

Los planes sean simples o complejos, involucran 2 tipos de actividad:

a) Asignar $\frac{y}{o}$ programar los recursos para producir un resultado o efecto deseado.

b) Pronosticar futuras condiciones que podrían producirse y, consecuentemente, evitar o atenuar todo aquello que podría salir mal.

El análisis de problemas potenciales, agrega una nueva dimensión al planteamiento rutinario, dando una estructura y un procedimiento disciplinario para el manejo de efectos no deseados, evita la pérdida de tiempo que exige el continuamente enfrentarse, con obstáculos inesperados, porque lo aplicamos a la identificación anticipada de éstos.

Obviamente la confección de planes, requiere de un gran número de decisiones, tanto importantes, como no muy importantes.

El establecimiento y clasificación de objetivos para el plan general, será de gran utilidad, orientan todas las decisiones que se hagan a lo largo de toda la planificación. Los objetivos, describirán los resultados a ser obtenidos y los recursos que pueden ser utilizados en esta acción.

Las consecuencias adversas puntualizan riesgos potenciales.

ANÁLISIS DE PROBLEMAS Y TÉCNICAS PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EMPRESAS DE INGENIERÍA CIVIL

<i>Evento</i>	<i>QUÉ se va a hacer</i>	<i>DONDE</i>	<i>CUANDO</i>	<i>QUÉ/CUANTO está involucrado o es necesario.</i>
1	Desmontar estructura metálica y desconectar instalaciones para traslado a otra nave.	Nave X	Lunes 8/enero/96 8:00am - 16:00pm	1 Mecánico electricista. 1 Mecánico hidráulico. 2 Ayudantes. Herramientas según lista. Elementos auxiliares según lista.
2	Cargar	Nave X	Martes 9/enero/96 8:00am - 12:00pm	Puente-grúa disponible. Plataforma de carga Cables de acero. Camión 12 toneladas. Preparar acceso al camión.
3	Transportar	Ver croquis de viaje.	Martes 9/enero/96 15:00pm - 17:00pm	Póliza de seguro. Documentos de traslado. Mecánico acompañante. Lona de protección. Automóvil con elementos de auxilio según lista.
4	Descargar	Nave Y	Miércoles 10/enero/96 8:00am - 11:00pm	Grúa Personal de descarga Constancia detallada de recepción

Paso 3**Anticipación de problemas potenciales.**

Un problema potencial es una desviación específica anticipada, respecto de las metas proyectadas.

Perfeccionar y especificar:

Debemos desarrollar enunciados precisos de lo que sería la realidad, si ocurriera el problema. Debemos separar las áreas específicas donde pueden producirse los inconvenientes, dentro del enunciado general del problema.

Paso 4**Evaluación de las amenazas.**

Luego de listar los problemas en potencia, se deberán evaluar según el grado de amenaza para el plan.

Anticipar Problemas Potenciales y Evaluar las Amenazas.

Problemas potenciales	Probabilidad.	Gravedad.
Mecánicos no disponibles para desmontar y desconectar en fecha y hora.	M	A
Acceso bloqueado por otros trabajos, el camión no puede entrar.	B	M
Puente-grúa inoperante u ocupado.	A	A
Rotura de cables.	B	A
Desperfecto camión en viaje.	B	A
Descarga en condiciones precarias, causa deslizamiento y roturas.	M	A

La probabilidad (P) y la gravedad (G) pueden ser evaluadas, mediante la siguiente escala:

A = Alta.

M = Media.

B = Baja.

Para cada problema potencial.

Esta evaluación del grado de amenaza, da una idea acerca del tiempo requerido para profundizar el análisis. También nos sugiere, cómo deberíamos adjudicar el tiempo disponible para ocuparnos de esto.

La amenaza planteada por un problema potencial, puede ser tratada de tres maneras.

- Por acciones que reduzcan la probabilidad de su ocurrencia.
- Por la decisión de aceptar el riesgo y no tomar ninguna acción.
- Por acciones que minimicen su gravedad.

Paso 5

Identificación de causas probables.

Cada causa probable debe ser evaluada, para determinar si podemos tomar una buena acción preventiva a un costo razonable, y debe ser enunciada tan específicamente como sea posible.

Paso 6

Planificación de acciones preventivas.

El tipo de acción preventiva, es dictado por las posibilidades identificadas en las causas probables.

Cuando las circunstancias son favorables, una acción bien planeada puede cubrir todo el espectro de causas.

Paso 7

Planificación de acciones contingentes.

Habiendo considerado las acciones preventivas, debemos evaluar ahora las necesidades de protección, que minimiza o atenúa la gravedad del efecto de un problema potencial.

A menudo es posible:

- a) Prever todas las causas probables de un problema potencial.
- b) Evitar, realmente que se presenten las que pudieron ser identificadas.

Paso 8

Disposiciones de información.

La información tiene dos propósitos:

- Notificar la necesidad de poner en marcha acciones contingentes y dar cuenta sobre la marcha del plan.
- Es necesario dar cuenta, de cómo se está desarrollando el plan. Se deben ubicar puntos de control para asegurar que no se pierda pista de los elementos o eventos importantes.

<i>Problemas Potenciales</i>	<i>P</i>	<i>G</i>	<i>Causas probables.</i>	<i>Acción preventiva</i>	<i>Acción contingente.</i>	<i>Información</i>
Mecánicos no disponibles	M	A	Enfermedad	Examen previo	Personal reserva	Encargado de desmontaje
			Emergencias de trabajo		Personal de reserva o posponer.	Encargado de desmontaje
Acceso bloqueado	B	M	Falta de aviso	Controlar Lunes 15:00 horas	Disponer liberación.	Encargado de desmontaje.
			Emergencias de trabajo		Posponer a tarde.	Encargado de desmontaje.
Puente-grúa no disponible.	A	A	Falta de aviso	Confirmar lunes 15:00 horas	Posponer a tarde.	Encargado de desmontaje.
			Emergencias de trabajo.		Posponer a tarde.	Encargado de desmontaje.
			Falta operador.		Personal de reserva.	Encargado de desmontaje.
Rotura de cables	B	A	Insuficientes.	Controlar lunes 8:00 horas.	Completar. Completar.	Encargado de desmontaje.
			Gastados	Controlar lunes 8:00 horas.	Cambiar	Encargado de desmontaje.

ANÁLISIS DE PROBLEMAS Y TÉCNICAS PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EMPRESAS DE INGENIERÍA CIVIL.

			Mal colocados.	Controlar lunes 8:00 horas.	Cambiar.	Encargado de desmontaje.
Desperfecto con el camión.	B	A	Falta combustible.	Tanque de reserva.		Encargado de desmontaje.
			Defecto mecánico.	Revisar viernes 5/enero/96.	Equipo reparación en automóvil auxilio.	Mecánico acompañante.
			Suspensión forzada.	Revisar viernes 5/enero/96.	Vehículo en reserva.	Mecánico acompañante.
Descarga con inconveniente	B	A	Falta de elementos.	Revisar viernes 5/enero/96	Llevar de planta con automóvil auxilio.	Mecánico acompañante.
			Poco personal.	Confirmar 5/enero/96	Llevar de planta con automóvil auxilio.	Mecánico acompañante.
			Personal inexperto	Controlar viernes 5/enero/96	Interrumpir y llevar de planta.	Mecánico acompañante.

Comparación de tres procesos de análisis.

Factores de comparación.	PROCESO LÓGICO		
	Análisis de problemas.	Análisis de decisiones.	Análisis de problemas potenciales.
Propósito básico del proceso.	Encontrar la causa de una desviación.	Seleccionar un curso de acción.	Asegurar el éxito de un plan.
Periodo de tiempo	Pasado y ahora.	Ahora y futuro.	Ahora y futuro.
Punto de partida	Debiera Vs Realidad = Desviación.	Establecer objetivos.	Esbozar un plan de acción.
Punto de llegada.	La verdadera causa es verificada.	Elección bien razonada.	Plan perfeccionado.

1.3 EL PAPEL DEL ANÁLISIS ECONÓMICO EN INGENIERÍA.

Los problemas catalogados en la categoría de complejos³, son una combinación de problemas humanos donde la economía, es un elemento realmente poco importante; en el extremo opuesto, se encuentran los problemas sencillos, en donde no se necesitan técnicas analíticas para poder lograr su solución; por lo que no es de esperarse que el análisis económico en ingeniería, resuelva este tipo de problemas.

Los problemas que aparecen más adecuados para resolverse por medio del análisis económico en ingeniería son los problemas intermedios. La economía del problema es el componente más importante en la toma de decisiones de esta clasificación. Es obvio que existen otros aspectos pero el económico parece dominar el problema, y por lo tanto, es el que determina la mejor solución.

Los problemas del nivel intermedio tienen suficiente importancia como para justificar la inversión de tiempo que se requiere para intentar resolverlos.

Los problemas más adecuados para resolverse con un análisis económico en ingeniería tienen las siguientes características:

- a) El problema tiene tanta importancia que se justifica dedicarle un gran esfuerzo y una seria reflexión.
- b) El problema no puede trabajarse mentalmente, es decir, que se requiere de un cuidadoso análisis para organizarlo con todas sus consecuencias.

³ La clasificación de problemas, se explica en el punto 1.1 Situaciones problemáticas.

c) El problema contiene aspectos económicos lo suficientemente importantes como para que sean un componente significativo en el análisis que lleve a una decisión.

Quando los problemas cumplen con estos tres criterios, el Análisis Económico en Ingeniería es la Técnica adecuada para buscar una solución.

II

TOMA DE DECISIONES.

2.1 CONCEPTO Y PROCESO.

La toma de decisiones racional es un proceso complejo que contiene varios elementos esenciales.

En lugar de intentar definirlo en una sola oración, podría ser más conveniente considerar los elementos esenciales.

El proceso racional de toma de decisiones, se puede definir en términos de 8 elementos:

1.- Reconocimiento del problema.

El punto de partida de cualquier intento consciente de una toma de decisiones racional, debe ser el reconocimiento de que existe un problema. Sólo cuando se ha reconocido el problema, se podrá empezar de un modo lógico el trabajo hacia su solución.

2.- Definición de la meta.

Todo problema es una situación que no deja alcanzar las metas previamente determinadas, es decir si en una situación de negocios, el objetivo de una compañía es operar con ganancias, entonces los problemas, son aquellos hechos que evitan que la compañía alcance sus objetivos de utilidades, definidos.

3.- Recopilación de los datos relevantes.

Para tomar una buena decisión primeramente debe recopilarse una buena información.

Al desarrollar y seleccionar los datos de mayor importancia, el análisis debe decidir si el valor de determinada información, justifica el costo de obtenerla (esto es, si constituye otro problema en la toma de decisiones), por lo general se ha especificado que en la toma de decisiones, la recopilación de los datos relevantes es una de las etapas más difíciles del proceso.

4.- Identificación de las alternativas factibles.

Para que la toma de decisiones pueda realizarse, debe disponerse de varios cursos de acción alternos. Después de reflexionar, casi siempre se detectan varias formas de alcanzar un objetivo. Sin embargo, siempre se presentará el peligro de que al buscar las alternativas se pase por alto la mejor de todas. Si eso sucede, quedará una situación en la que se seleccionará la mejor de las alternativas identificadas, pero el resultado no será así, la mejor solución existente.

Debemos asegurarnos de enumerar todas las alternativas convencionales y hacer un esfuerzo especial para proponer nuevas soluciones.

5.- Selección del criterio para juzgar la mejor alternativa.

La tarea primordial de la toma de decisiones, es la elección de una alternativa entre todas las que se han considerado.

Debe haber un criterio para juzgar que alternativa es la mejor.

6.- Construcción de las interrelaciones entre los objetivos, las alternativas, los datos y los resultados:

Los distintos elementos del proceso de la toma de decisiones, deberán reunirse en algún momento. El objetivo, los datos relevantes, las alternativas factibles y los criterios para la elección, deberán conjugarse. La construcción de las interrelaciones entre los elementos del proceso de decisión, a menudo se denomina, "Construcción del modelo" o modelado.

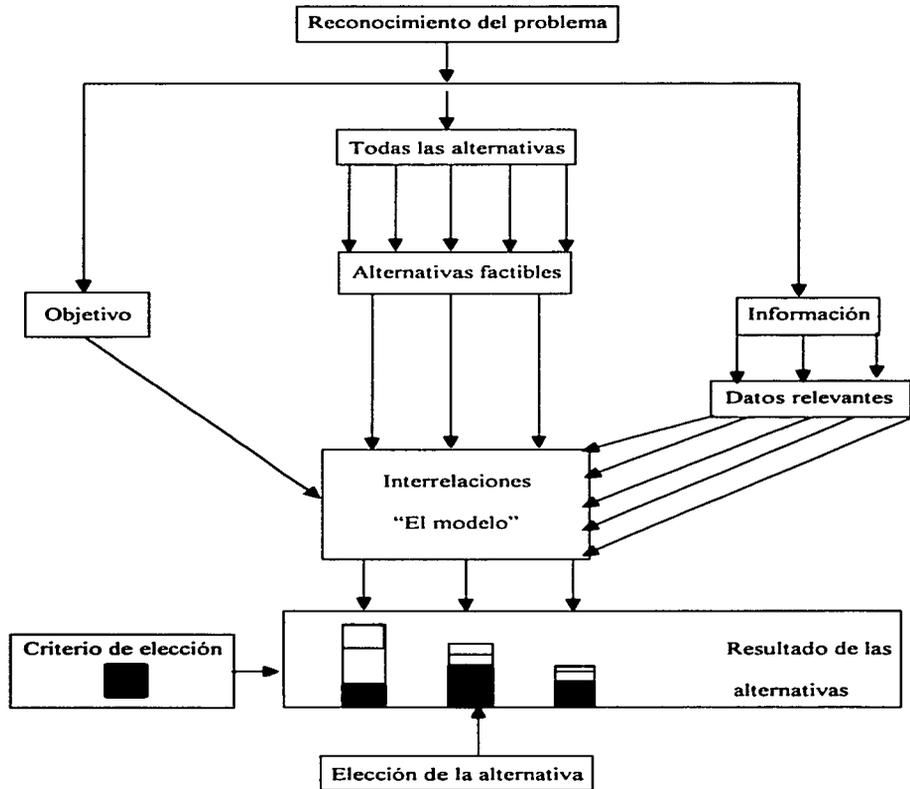
7.- Predicción de los resultados para cada alternativa.

Para predecir los resultados para cada una de las alternativas factibles, se debe utilizar un modelo, para evitar complicaciones inútiles, se debe suponer que la toma de decisiones está basada en un solo criterio para determinar que tan idóneas sean cada una de las alternativas.

8.- Elección de la mejor alternativa para alcanzar el objetivo.

Finalmente, ya que se cuentan con todos los elementos anteriores, el último paso en el proceso de la toma de decisiones, es elegir la mejor alternativa. Si se realizaron cuidadosamente los pasos anteriores ésta elección es más sencilla, seleccionando la que está más acorde al criterio escogido.

El proceso de toma de decisiones, no consiste en aplicar los ocho pasos de una manera sistemática en la que avancen sucesivamente, por lo que en el siguiente diagrama se representa un esquema más flexible y por lo tanto más realista.



Conforme el análisis va avanzando, no importa en que punto se encuentre, a veces es necesario retroceder para reexaminar los elementos anteriores dentro de un proceso de retroalimentación.

Cabe señalar que la persona que toma las decisiones, generalmente, es la que realiza el análisis, y no la que decide la alternativa resultante que debe adoptarse; casi siempre resulta difícil o imposible completar un elemento del proceso, sin considerar el efecto sobre los otros elementos de la toma de decisiones. La recopilación de los datos relevantes pueden sugerir alternativas factibles; pero fácilmente podría suceder que al identificar las alternativas factibles, se necesiten datos adicionales que todavía no se recopilan.

2.2 IMPORTANCIA EN LA TOMA DE DECISIONES EN LA INGENIERÍA CIVIL.

La conciencia y atención plena del proceso de la toma de decisiones, propician la necesidad de esclarecer los objetivos y las metas que se persigan

Es importante aclarar que no todos los problemas pueden ser resueltos mediante el proceso de toma de decisiones, sobre todo porque no ocurren, o no tienen una presentación tan ordenada como para ser tomados en cuenta por este método.

Esencialmente, serán los problemas significativos que resuelven los ingenieros, en donde predominan los aspectos económicos y donde la eficiencia económica, es el criterio de selección de alternativas.

Los nueve elementos de la toma de decisiones en ingeniería son:

1. Reconocimiento del problema.
2. Definición de las metas u objetivos.
3. Recopilación de la información.
4. Identificación de las alternativas factibles.
5. Elección del criterio para juzgar alternativas.
6. Construcción del modelo de interrelaciones.
7. Predicción de los resultados en cada alternativa para lograr el objetivo.
8. Elección de la mejor alternativa para lograr el objetivo.
9. Postauditoría de los resultados.

En general lo que se ha dicho sobre toma de decisiones, se aplica a la toma de decisiones en ingeniería.

En la toma de decisiones en ingeniería, el sistema de contabilidad de una compañía, es una fuente muy importante.

Algunas de las formas más sencillas de la toma de decisión en ingeniería, tratan problemas de diseño, métodos o materiales alternativos de construcción; y como los resultados de la decisión ocurren en un corto periodo, bastaría con sumar los costos y beneficios para cada alternativa utilizando un criterio económico adecuado.

Existe una cantidad importante de factores en cualquier problema de decisiones en ingeniería. si se catalogaran completamente en detalle, se omitirían algunos que se encontrarán en la vida real. Sin embargo, es posible dividirlos, para su consideración, en tres tipos, los cuales son principalmente:

- *Factores de recursos.*

A los factores de recurso, pueden llamárseles factores de tiempo, de disponibilidad y dinero.

Lo usual en las situaciones de decisiones en ingeniería es que la información respecto a los aspectos importantes de tales factores, no sea del todo conocida sin un estudio previo.

- a) Finanzas.
- b) Instalaciones y equipo para la investigación, diseño y construcción.
- c) Habilidades para investigación, diseño y construcción.
- d) Materiales para la construcción.

- e) Organización para la investigación, diseño y construcción.
- f) Recursos para la toma de decisiones.

• *Factores técnicos.*

Los factores técnicos son los que se relacionan directamente con el análisis en ingeniería y con el diseño que se requiere.

Los factores técnicos importantes, generalmente son cuantitativos y específicos, y al aplicarse, caen a menudo en una de las tres categorías a las cuales se les designa como:

a) Restricciones funcionales.- Las restricciones funcionales son especificaciones exactas de rendimiento, u otras limitaciones específicas.

b) Restricciones regionales.- Las restricciones regionales son especificaciones exactas que expresan desigualdades.

c) Restricciones extremas.- Las restricciones extremas demandan que el concepto en cuestión tome un valor extremo u óptimo en un determinado sentido.

Además, en los factores de recursos técnicos en la toma de decisiones ingenieriles, son también importantes los Factores humanos, que no solamente están ligados con el tener un buen éxito con una solución propuesta, sino también con la moral y la ética personal.

- *Factores humanos.*

Los factores humanos deben ser una parte primordial de toda decisión significativa. La toma de una buena decisión, requiere competencia técnica para juzgar los factores de ésta índole, los de recursos y el deseo de contar con los valores de la benevolencia y la honradez.

2.3 TIPOS DE DECISIONES.

Debemos tomar distintos tipos de decisiones en diferentes circunstancias. También varía la cantidad de información de que podemos disponer al tomar una decisión. Por esta razón, se debe de proceder con cuidado al tomar decisiones sobre asuntos en los que se tiene poca información que nos guíe.

A veces cambiamos de enfoque al tomar decisiones, según la situación específica de que se trate. Es de suma utilidad el distinguir entre las situaciones que piden decisiones programadas y las que piden decisiones no programadas.

También, se puede distinguir entre decisiones bajo certidumbre, bajo riesgo, bajo incertidumbre y bajo conflicto.

- *Decisiones programadas.*

Son las que se toman de acuerdo con alguna regla, procedimiento o costumbre. Toda organización tiene políticas que simplifican la toma de decisiones, en situaciones que se repiten, limitando o excluyendo alternativas, se dispone de información precisa medible y confiable sobre la cual basar decisiones. El futuro es altamente previsible.

Así mismo, no se tiene que pensar mucho acerca de la mayor parte de los problemas que a diario se presentan, ya que existen procedimientos de rutina para hacer frente a éstos que no son sencillos necesariamente; las decisiones programadas se utilizan en decisiones tanto complejas como sencillas. Si un problema se repite y sus elementos componentes pueden definirse, predecirse, y analizarse, es susceptible de una decisión programada,

hasta cierto punto, limitan nuestra libertad ya que es la organización y no el individuo quien decide lo que se debe hacer.

• *Decisiones no programadas.*

Son las que se aplican a problemas únicos o inusuales.

Si un problema no se presenta con suficiente frecuencia para ser materia de una política, o es tan importante que merece un trato especial, se tiene que aplicar una decisión no programada.

• *Toma de decisiones bajo certidumbre.*

Este tipo de toma de decisión, se hace si se pueden predecir con certeza, las consecuencias de cada alternativa de acción.

Otra forma de pensar en esto es que existe una relación directa de causa y efecto entre cada acto y sus consecuencias.

Una gran parte de las decisiones que se toman a diario, caen dentro de esta categoría.

Cuando la posibilidad de prever es más baja, existe una condición de riesgo. No se dispone de información completa, aún cuando se cuenta con una buena idea de la probabilidad de los posibles resultados.

• *Toma de decisiones bajo incertidumbre.*

En la toma de decisiones bajo incertidumbre, a diferencia de la toma de decisiones bajo certeza, no se tiene conocimiento de cuan posibles sean las diferentes consecuencias.

Una manera de manejar este tipo de situaciones, es introduciendo arbitrariamente en el problema, los sentimientos subjetivos de optimismo y pesimismo. Esto no es tan malo como parece; en muchas ocasiones, los sentimientos subjetivos tienen una base razonable.

Maximax y Maximin son los dos extremos.

Por supuesto, se podrá seleccionar alguna acción intermedia. Una estrategia alternativa, consiste en convertir el problema a uno de toma de decisiones bajo riesgo, para que se pueda realizar una óptima selección.

En muchas de las decisiones bajo incertidumbre, se puede expresar el grado personal de optimismo, o convertir el problema a riesgo con una exactitud razonable.

- *Toma de decisiones bajo conflicto.*

Se tiene en aquellos casos de toma de decisiones bajo incertidumbre, en los que hay un oponente. Las probabilidades de los eventos, no solo se desconocen; sino que están influenciados por un oponente cuya meta es vencer.

2.4 EL TIEMPO EN LA TOMA DE DECISIONES.

El tiempo asignado a los diferentes pasos del proceso de la toma de decisiones, estará directamente relacionado con la importancia y costos del problema que se está considerando.

El tiempo también es importante en la toma de decisiones, debido a otras dos razones:

- El tiempo durante el cual se tiene que contemplar el proceso de decisión es a menudo decisivo.

Normalmente quien toma la decisión, debe de estar seguro que un error obligado, no será demasiado costoso.

- El tiempo en el cual se debe terminar la implementación de la decisión también es crucial, especialmente si la fase que se está considerando, no es sino una dentro de una serie o parte de un plan.

III

DECISIONES BAJO CERTEZA.

3.1 COMPARACIONES CON EL VALOR PRESENTE.

Al buscar una base para juzgar alternativas de inversión, es deseable utilizar el hecho de que el dinero tiene un valor en el tiempo.

Para comparar alternativas es esencial que las cantidades equivalentes de las alternativas se comparen en el mismo tiempo.

Con frecuencia las cantidades equivalentes calculadas a valor presente son las cantidades en las cuales se basa la comparación.

La cantidad con el valor presente de una alternativa de inversión representa el valor presente equivalente de sus ingresos menos el valor presente equivalente de los gastos.

Por tanto, la cantidad en el valor presente indica el valor presente del beneficio neto para cualquier alternativa de inversión.

El proceso de decisión requiere que los resultados de las alternativas factibles se arreglen de manera que se puedan juzgar en términos de crédito de selección.

Dependiendo de la situación, el criterio económico será uno de los siguientes:

SITUACION	CRITERIO
Para costos fijos.	Maximizar la producción.
Para producción fija	Minimizar los costos.
Ni costos ni producción fija.	Maximizar (Producción - Costos).

Deben examinarse las formas de solución de los problemas de ingeniería para poder aplicar los criterios económicos con eficiencia.

APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE VALOR PRESENTE.

Los métodos de valor presente, flujo de caja y tasa de rendimiento son métodos exactos que siempre conducirán a la misma solución por lo que se refiere a elegir la mejor alternativa de entre un conjunto de alternativas mutuamente excluyentes. Sin embargo, es más fácil resolver algunos problemas por un método que por otro.

El análisis de valor presente se usa con más frecuencia para determinar el valor presente de futuros ingresos o desembolsos de dinero. En éste análisis debe considerarse con cuidado el tiempo que abarca el mismo. Por lo general, la tarea que se persigue se tiene asociada a un periodo llamado Periodo de análisis o en ocasiones Horizonte de Planeación.

Hay tres situaciones diferentes encontradas en los problemas de análisis económico, respecto al periodo de análisis:

- 1.- La vida útil de cada alternativa es igual al periodo de análisis.
- 2.- Las alternativas tienen vidas útiles distintas al periodo de análisis.
- 3.- Existe un periodo de análisis infinito.

EJEMPLO DE LA APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE VALOR PRESENTE

En el condado de Wayne se construirá un acueducto para traer agua desde un altiplano del estado. El acueducto puede construirse, por lo pronto de tamaño reducido a un precio de 300 millones y luego ampliarse, dentro de 25 años, por 350 millones adicionales. Otra alternativa consiste en construir el acueducto del tamaño total por 400 millones.

Con ambas alternativas se satisface la capacidad necesaria para los próximos 50 años de periodo de análisis. los costos de mantenimiento son pequeños y pueden pasarse por alto.

Este problema ilustra la construcción en etapas. El acueducto puede construirse en una sola etapa o en una primera etapa más pequeña, seguida de una segunda etapa, muchos años después, para proporcionar la capacidad adicional cuando sea necesaria.

- Para la construcción en dos etapas:

VP del costo = 300 millones + 350 millones (*PIF*, 6%, 25)

$$= 300 \text{ millones} + 81.6 \text{ millones} = \underline{\underline{381.6 \text{ millones.}}}$$

- Para la construcción en una sola etapa:

VP del costo = 400 millones.

El valor presente de los costos de la construcción en dos etapas, es menor y por lo tanto ésta es la alternativa más conveniente.

3.2 COMPARACIONES CON EQUIVALENCIA ANUAL

La cantidad equivalente anual es otra base para comparaciones, con características similares al valor presente. Dicha similitud es evidente cuando uno se da cuenta que cualquier flujo de fondos puede transformarse en una serie uniforme de pagos anuales.

Por tanto, la cantidad equivalente anual para la tasa de interés i y n años puede definirse como:

$$A = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

Ya que la mayoría de las organizaciones reportan en base anual sus actividades, se entiende porqué muchos de los que toman decisiones están más cómodos con datos anuales. Surgen ciertas ventajas de cómputo cuando se utiliza la equivalencia anual para juzgar alternativas con diferentes periodos de vida útil.

La cantidad equivalente anual y el valor presente son bases consistentes para las comparaciones. Mientras i y n sean fijos.

Ejemplo:

Un material X que se ofrece para recubrir el techo de un edificio tiene una vida útil de 10 años y cuesta \$ 5,000. Otro material de grano más denso cuesta \$ 800 más, pero su vida de servicio es de 15 años los costos de instalación en cualquiera de los casos son de \$ 1,300. determinar la mejor opción mediante el método de costo anual considerando un interés del 10 % anual.

Datos.

Plan A	Plan B
n = 10 años	n = 20 años
P = 5,000	P = 5,800
i = 0.1	i = 0.1
Instalación = 1,300	Instalación = 1,300

A = 5,000 (0.1627)	A = 5,800 (0.1175)
+	+
1,300	1,300
\$ 2, 113.73	\$ 1,981

3.3 COMPARACIONES CON LA TASA DE RETORNO.

Es un índice de rentabilidad de amplia aceptación. Se define como la tasa de interés que reduce el valor presente a una serie de ingresos y gastos a cero; es decir la tasa de retorno de una propuesta de inversión es la tasa de interés i que satisface la ecuación:

$$0 = VP (I)$$

En términos económicos la tasa de retorno representa el porcentaje o tasa de interés obtenido sobre el saldo no recuperado de una inversión, el cual se puede ver como la porción de la inversión inicial que queda por recuperar después de que se han añadido y restados los pagos por interés y los ingresos respectivamente hasta el momento que se está considerando.

El valor presente y la cantidad equivalente anual son funciones de una tasa de interés y con el fin de calcular un valor particular de éstas tasas, debe conocerse un valor particular de i .

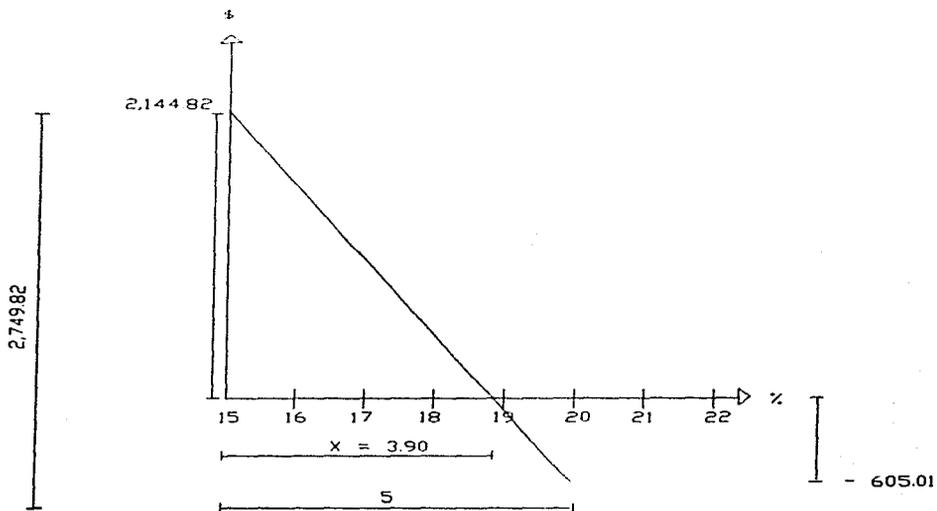
Para las situaciones de inversión donde el conocimiento sobre el futuro y las tasas de interés futuras son inciertos, la tasa de retorno es una manera trabajable de comparar la factibilidad económica de las alternativas de inversión.

Ejemplo:

Un ingeniero adquiere en \$ 9,950 dls una casa usada con el fin de rentarla. Para el efecto el ing. realiza algunos arreglos al inmueble que le costarán \$ 950 dls. Al cabo de 7 años el dueño decide vender la casa en \$ 22,000 dls por esta venta pago 5 % por concepto

de comisión. determine la TIR y analíze si resulto una buena inversión o si el banco nos hubiera proporcionado una mayor ganancia.

Año	Renta	Gastos	Flujo de caja neto	VP 15 %	Factor 20 %	VP 20 %
0		- 10,900	- 10,900	-10,900	1	- 10,900
1	1,500	- 500	1,000	869.57	0.83	833.33
2	1,800	- 550	1,250	945.18	0.69	868.06
3	1,800	- 570	1,230	808.74	0.58	711.81
4	1,800	- 450	1,350	771.87	0.48	651.04
5	1,800	- 360	1,440	715.93	0.40	578.70
6	1,800	- 430	1,370	592.29	0.33	458.81
7	1,700	- 410	1,290	484.96	0.28	360.02
7	22,000	- 1,100	20,900	7,857.08	0.28	5,581.63
Total	34,200	- 15,270	18,930	2,144.82		- 605.01



$$\frac{2,749.82}{5} = \frac{2,144.82}{X}$$

$$X = 3.90$$

$$\text{TIR} = 15\% + 3.90\% = 18.90\% \quad 19\%$$

3.4 COMPARACIONES BASADAS EN EL PERIODO DE PAGO.

Es común definir el periodo de pago como la longitud del periodo requerida para recuperar el costo inicial de una inversión del flujo de fondos neto producido por la inversión con una tasa de interés igual a cero.

El periodo de pago representa el tiempo mínimo requerido para que una inversión se haga rentable si se ignora el valor del dinero en el tiempo.

En la práctica hay otros métodos que son variaciones del enfoque anterior y que se les llama reembolso o pago.

Tres propuestas con un periodo de pago de tres años.

Fin de año	Propuesta A	Propuesta B	Propuesta C
0	- \$ 1000	- \$ 1000	- \$ 700
1	500	200	- 300
2	300	300	500
3	200	500	500
4	200	1000	0
5	200	2000	0
6	200	4000	0
Suma de flujos de fondos	\$ 600	\$ 7000	\$ 0

Esta tabla presenta los flujos de fondo de 3 propuestas de inversión, cada una con un periodo de pago de 3 años.

Observando la tabla podemos apreciar que el periodo de pago como medida de deseabilidad de la inversión tiene algunas desventajas, ya que no se puede pensar que bajo condiciones normales estas 3 propuestas tienen igual deseabilidad económica aunque tengan iguales periodos de pago.

En general la diferencia más seria del periodo de pago es que no se considera el valor del dinero en el tiempo e ignora las consecuencias de la inversión después del periodo de pago. Debido a estas limitaciones, el periodo de pago tiende a favorecer las inversiones con vida útil corta.

La experiencia indica que este sesgo es injustificable y en muchos casos, poco sólido en términos económicos.

El periodo de pago da alguna medida de la tasa a la cual una inversión liquidará su gasto inicial.

Para las situaciones donde hay un alto grado de incertidumbre con respecto al futuro y una empresa está interesada en su disponibilidad de liquidez y su endeudamiento, el periodo de pago puede ofrecer información útil con respecto a la inversión bajo consideración. (Como consecuencia, se usa con frecuencia ésta medición de la deseabilidad de la inversión para complementar los métodos de comparación que se presentaron antes).

Una disminución año con año del capital de trabajo indica que la empresa puede estar en problemas financieros, y un aumento constante acompañado del crecimiento de la empresa es un buen signo.

3.5 ALTERNATIVAS CON DIFERENTE VIDA ÚTIL.

Con frecuencia es necesario comparar alternativas para las cuales el lapso de tiempo económico es diferente. En tales situaciones, es necesario hacer ciertos supuestos acerca del intervalo de la vida útil de tal manera que sean aplicables las técnicas de decisión antes mencionadas.

Cuando se comparan alternativas con vida económica diferente, el principio de que todas las alternativas bajo consideración deben compararse en el mismo lapso de tiempo es básico para la toma de decisión acertada. El periodo de tiempo para el cual se consideran las alternativas debe ser exactamente el mismo de tal manera que el efecto de acometer una alternativa pueda considerarse idéntico al efecto de acometer cualquiera de las otras.

Dos alternativas con vida útil diferente

Fin de año	Alternativa A	Alternativa A ¹
0	- \$ 15 000	- \$ 20 000
1	- 7 000	- 2 000
2	- 7 000	- 2 000
3	- 7 000	- 2 000
4	- 7 000	-----
5	- 7 000	-----

En este caso la alternativa A tiene una vida útil de 5 años y la alternativa A¹ una vida útil de 11 años. La comparación directa entre las alternativas A y A¹ falla al no considerar las

inversiones posibles que podrían efectuarse durante los 6 años que siguen a la terminación de la alternativa A.

Si suponemos que debemos tomar una decisión sobre que alternativa seleccionar, debemos suponer que ambas alternativas proveen el mismo servicio en cada año que existan.

IV

DECISIONES BAJO RIESGO.

4.1 VALOR ESPERADO EN LA TOMA DE DECISIONES.

Si se usan las distribuciones de probabilidad para describir los elementos económicos que conforman una alternativa de inversión, el valor esperado del costo o la ganancia puede ofrecer una base razonable para comparar alternativas. La ganancia o costo esperado de una propuesta refleja la ganancia o costo de largo plazo que se obtendrá si la inversión fuera repetida un gran número de veces y si la distribución de probabilidad permanece constante.

Cuando se hacen un gran número de inversiones, sería razonable tomar decisiones con base en los efectos promedios o de largo plazo de cada propuesta. Es muy necesario reconocer las limitaciones de utilizar el valor esperado como base de comparación de proyectos únicos o poco usuales, pues los efectos de largo plazo son menos significativos.

Valor esperado en la toma de decisiones.

Diseño contra daños por inundación. Como un primer ejemplo de la toma de decisiones utilizando valores esperados, supongamos que un grupo de terratenientes desea proteger sus tierras contra daños por inundación mediante la construcción de un dique. Puesto que la cantidad de daños por inundación está relacionada con el volumen de aguas que sobre pasa el dique la estimación de los daños se basa en la altura del dique durante

aquellas horas en que haya crecientes. Los datos del costo de construcción y los daños esperados por inundaciones se muestran en la siguiente tabla.

Probabilidad e información de costos para determinar el tamaño óptimo del dique.

Pies (X)	Número de años donde el nivel máximo del río fue X pies por encima de lo normal.	Probabilidad de que el río esté X pies por encima de lo normal.	Pérdida si el nivel del río es X pies por encima del dique.	Costo inicial de construir un dique de X pies de alto.
A	B	C	D	E
0	24	0.48	\$ 0	\$ 0
5	12	0.24	\$ 100 000	\$ 100 000
10	8	0.16	\$ 150 000	\$ 210 000
15	3	0.06	\$ 200 000	\$ 330 000
20	2	0.04	\$ 300 000	\$ 450 000
25	1	0.02	\$ 400 000	\$ 550 000
	50	1.00		

Utilizando los registros históricos que describen las alturas máximas alcanzadas por el río durante cada uno de los últimos 50 años, se calcularon las frecuencias que se muestran en la columna B de la tabla anterior. Con estas frecuencias se calculan las probabilidades de que el río alcance un nivel particular en un año dado. La probabilidad para cada altura se determina dividiendo por 50 el número total de años, el número de años en los que alcanza una altura máxima dada.

Los daños que se esperan si el río excede la altura del dique están relacionados con la cantidad por la cual la altura del río excede al dique. Estos costos se muestran en la columna D. Se ve que ellos aumentan en relación con la cantidad en que la cota de inundación excede la altura del dique. Si la altura de la inundación es de 15 pies y el dique tiene 10 pies, los daños anticipados serán de \$ 100 000 mientras que si el nivel de inundación es de 20 pies con un dique de 10 pies de altura, generará daños por \$ 150 000.

Los costos estimados de construir diques de varias alturas se muestran en la columna E. Los terratenientes consideran el 12 % como su tasa de rendimiento atractiva mínima y se piensa que después de 15 años se construirá una presa para controlar inundaciones y no se necesitará más el dique. Los terratenientes quieren seleccionar la alternativa que minimiza los costos totales esperados. Puesto que las probabilidades se definen como la posibilidad de un nivel de inundación particular en un año dado, los costos equivalentes anuales esperados son una selección apropiada como base de comparación.

Un ejemplo de los cálculos requeridos para cada altura de dique para dos de las alternativas se presenta a continuación.

Dique de 5 pies.

A/P, 12, 15

Costo de inversión anual = \$ 100 000 (0,1468)	= \$ 14.682
Daño esperado anual = (0,16)(\$ 100.000)+(0,06)(\$ 150.000)	
+ (0,04)(\$ 200.000)+(0,02)(\$ 300.000)	= <u>\$ 39.00</u>
Costo total esperado anual.	= \$ 53.682

Dique de 10 pies.

A/P, 12, 15

Costo de inversión anual = \$ 210.000 (0,1468)	= \$ 30.828
Daño esperado anual = (0,06)(\$ 100.000)+(0,04)(\$ 150.000)	
+ (0,02)(\$ 200.000)	= <u>\$ 16.000</u>
Costo total esperado anual.	= \$ 46.828

Los costos asociados con las alturas de diques alternativas se resumen en la siguiente tabla.

Resumen de los costos anuales de construcción y daño por inundaciones.

Altura del dique (pies).	Costo de inversión anual.	Daños esperados anuales.	Costos totales esperados por año.
0	\$ 0	\$ 80.000	\$ 80.000
5	14.682	39.000	53.682
10	30.828	16.000	46.828
15	48.450	7.000	55.450
20	66.069	2.000	68.069
25	80.751	0	80.751

La altura de los diques que minimiza los costos totales anuales esperados es el dique que tiene 10 pies de altura. La selección de un dique más pequeño no ofrecerá suficiente protección para compensar los menores costos de construcción, mientras que un dique con altura mayor a los 10 pies requiere más inversión sin que proporcione ahorros en los daños de las inundaciones esperadas.

4.2 TOMA DE DECISIONES CON VARIACIÓN EN LAS EXPECTATIVAS.

En muchas situaciones de decisión no solo es deseable conocer el valor esperado de la base de la comparación sino contar con una medida de la dispersión de su distribución de la probabilidad.

La varianza de una distribución de probabilidad ofrece tal medición.

Distribución de probabilidad de los valores presentes de cuatro alternativas.

Valor presente.

Alternativas	- 40.000	\$ 10.000	\$ 60.000	\$ 110.000	\$ 160.000	Valor esperado	Varianza 000.000
	A	B	C	D	E	F	G
Alternativa A1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	\$ 60.000	\$ 5.000
Alternativa A2	0,1	0,2	0,4	0,2	0,1	\$ 60.000	\$ 3.000
Alternativa A3	0,0	0,4	0,3	0,2	0,1	\$ 60.000	\$ 2.500
Alternativa A4	0,1	0,2	0,3	0,3	0,1	\$ 65.000	\$ 3.850

Supóngase que una empresa tiene un conjunto de 4 alternativas mutuamente excluyentes, entre las cuales debe seleccionar una. La función de probabilidad que describe la posibilidad de la ocurrencia de valores presentes para cada alternativa se describe en la tabla; así como el valor presente esperado y la varianza de cada distribución de probabilidad.

Por ejemplo, la probabilidad de que la alternativa A2 produzca un flujo de fondos que tiene un valor presente de \$ 60,000 es 0,4 cálculo del valor presente esperado de la alternativa A2.

$$E(\text{VPAZ}) = (0.1)(-\$ 40,000) + (0.2)(10,000) + (0.4)(\$ 60,000) + (0.2)(\$110,000) + (0.1)(\$ 160,000) = \$ 60,000$$

y la varianza es:

$$\begin{aligned} \text{Var}(\text{VPAZ}) &= E(\text{VPAZ}) - (E(\text{VPAZ}))^2 \\ &= (0.1)(-\$ 40,000)^2 + (0.2)(10,000)^2 + (0.4)(\$ 60,000)^2 + (0.2)(\$110,000)^2 + (0.1)(\$ 160,000)^2 - (\$ 60,000)^2 = \$ 3,000 \times 10^6 \end{aligned}$$

Si se observa los valores esperados, se puede notar que hay relativamente poca diferencia entre las alternativas. Sin embargo, un examen de la posible distribución de los valores presentes de cada alternativa da un conocimiento adicional sobre la deseabilidad de cada alternativa.

Es importante determinar la probabilidad de que el valor presente de cada alternativa sea menor que cero.

$$P(VPA1 < 0) = 0.2$$

$$P(VPA2 < 0) = 0.1$$

$$P(VPA3 < 0) = 0.0$$

$$P(VPA4 < 0) = 0.1$$

Puesto que es deseable minimizar estas posibilidades, parece que con esta base la alternativa A3 es la más deseable. Ya que la varianza indica la dispersión de la distribución, es deseable tratar de minimizar la varianza, ya que mientras menor sea esta, menor la variabilidad de la incertidumbre asociada con la variable aleatoria. La alternativa A3 tiene la varianza mínima. La alternativa A4 tiene valor presente esperado mayor pero no es tan deseable como la alternativa A3 con base en la varianza mínima y la posibilidad mínima de que el valor presente sea menor que cero.

En casos como estos, quien toma la decisión debe pensar la importancia de cada factor y decidir si preferirá mayor variabilidad en los resultados posibles con el fin de lograr un mayor valor esperado o menor posibilidad de que el valor sea negativo.

4.3 TOMA DE DECISIONES CON MÉTODO DE SIMULACIÓN.

Las distribuciones de probabilidad de los valores presentes asociados con diferentes alternativas de inversión se obtienen consultando a las personas conecedoras de las alternativas y se estimarán en forma directa las distribuciones de probabilidad. En general no es muy común seguir éste enfoque, puesto que es difícil encontrar personas suficientemente conecedoras de todos los aspectos de la inversión de tal forma que se puedan hacer estimaciones relevantes de las distribuciones de probabilidad.

El enfoque más común es el de identificar los parámetros significativos que afectarán la rentabilidad de la inversión. después se le pedirá a personas con experiencia en las áreas representadas por los parámetros, estimar las distribuciones de probabilidad de los parámetros sobre los cuales tengan más conocimiento.

Ya preparadas las distribuciones de probabilidad para cada uno de los parámetros significativos del problema de inversión, se define la relación entre cada uno de ellos y la ganancia total.

Después ya conocidos los valores de parámetros específicos, se puede calcular la ganancia equivalente de la inversión; luego se aplica la simulación utilizando las técnicas de Monte Carlo para producir la distribución de probabilidad del valor presente de la inversión, equivalencia anual u otra base de comparación.

Monte Carlo es el nombre que se le da a una de las clases de enfoques de simulación para la toma de decisiones en la cual las distribuciones de probabilidad describen ciertos sistemas de parámetros. En muchos de estos casos, no es posible una solución analítica

debido a la forma con que deben manipularse las probabilidades. En otros casos, un enfoque Monte Carlo es preferible debido al nivel de detalles que proporciona.

Las situaciones de decisión a las cuales puede aplicarse el método Monte Carlo es preferible debido al nivel de detalles que proporciona.

Las situaciones de decisión a las cuales puede aplicarse el método Monte Carlo se caracterizan por las distribuciones empíricas o teóricas.

El enfoque Monte Carlo utiliza estas distribuciones para generar eventos aleatorios. Luego se combinan éstos eventos de acuerdo con la técnica de análisis económico que se use para encontrar la distribución del valor presente, del costo equivalente anual o cualquier otra medición del valor económico.

Es necesario generar valores al azar a partir de las distribuciones que representan sistemas de parámetros. Hay varias maneras de hacer esto, incluyendo el enfoque mecánico, el matemático y el de computadora.

Un contratista de carreteras desea participar en un concurso de un proyecto. Se consideran dos alternativas. La primera tiene un alto costo inicial y bajos costos de operación y mantenimiento y el segundo tiene bajo costo inicial y altos costos de operación y mantenimiento. Aunque se conoce con certeza el costo inicial de cada alternativa, son inciertos los costos de operación y mantenimiento.

Alternativa A		Alternativa B	
Costo de Operación y mantenimiento	Probabilidad	Costo de Operación y mantenimiento	Probabilidad
\$ 2,000	$\frac{1}{6}$	\$ 12,000	$\frac{1}{6}$
\$ 3,000	$\frac{1}{2}$	\$ 25,000	$\frac{1}{3}$
\$ 5,000	$\frac{1}{3}$	\$ 30,000	$\frac{1}{3}$
		\$ 40,000	$\frac{1}{6}$

Tabla 10.5 probabilidad de los costos de operación y mantenimiento.

La tabla 10.5 de las probabilidades asociadas con los costos de operación y mantenimiento para cada alternativa. La alternativa A tiene un costo inicial de \$ 70,000 debido a su alto grado de automatización. La alternativa B requiere un costo inicial de \$ 20,000. Ninguna de las alternativas tiene valor de salvamento al término del período del contrato. La tasa de interés es del 10 %.

La duración del contrato es incierta y se estima en 1, 2 o 3 años. La tabla 10.6 presenta la distribución de probabilidad que describe ésta incertidumbre.

Duración del contrato en años, n	Probabilidad de que sea n
1	0.25
2	0.50
3	0.25

Tabla 10.6 Probabilidad de la duración del contrato.

Pueden generarse datos sobre la duración del contrato lanzando monedas. El método de generar una secuencia de duración de contratos simulada es de naturaleza mecánica, este método también puede utilizarse para generar costos de operación y mantenimiento simulados para cada alternativa. Para la alternativa A puede lanzarse un dado de tal forma que ciertos eventos representen la ocurrencia de ciertos costos. El mismo enfoque puede utilizarse para la alternativa B. La tabla 10.7 resume los tres medios económicos para generar los datos pertinentes a la selección de la alternativa de instrumentaciones descrita en éste ejemplo.

El proceso para generar duraciones de contratos y costos de operación y mantenimiento simulados para las alternativas presentadas en la tabla 10.7 puede aplicarse ahora a varios ensayos, junto con las técnicas del análisis económico. Esto se muestra en la tabla 10.8 para 100 ensayos con un resumen cada 10 ensayos.

Valor simulado.	Eventos posibles.	Probabilidad del evento.	Técnica de simulación.	Asignación del evento.
Duración del contrato, n	1	$1/4$	Lanzamiento de dos monedas	HH
	2	$1/2$		HT ó TH
	3	$1/4$		TT
Costo de operación y mantenimiento de la alternativa A	\$ 2,000	$1/6$	Lanzamiento de un dado.	1
	\$ 3,000	$1/2$		2,3 ó 4
	\$ 5,000	$1/3$		5 ó 6
Costo de operación y mantenimiento de la alternativa B	\$ 12,000	$1/6$	Lanzamiento de un dado.	1
	\$ 25,000	$1/3$		2 ó 3
	\$ 30,000	$1/3$		4 ó 5
	\$ 40,000	$1/6$		6

H.- Head (Cara).

T.- Tale (Cruz).

Tabla 10.7 Generación de valores simulados.

Número del ensayo.	Evento al lanzar una moneda.	Duración del contrato n.	(a) Costo de recuperación del capital, plan A: \$ 70,000 (A/P,10,n)	(b) Costo de recuperación del capital, plan B: \$ 20,000 (A/P,10,n)	resultados del lanzamiento del dado para el plan A
1	HH	1	\$ 77,000	\$ 22,000	2
2	HT	2	40,334	11,524	4
3	TH	2	40,344	11,524	1
4	TH	2	40,344	11,524	5
5	TT	3	28,147	8,042	2
6	HH	1	77,000	22,000	3
7	TH	2	40,334	11,524	6
8	HT	2	40,334	11,524	1
9	TT	3	28,147	8,042	3
10	TH	2	40,334	11,524	6
.
.
.
100	HT	2	40,334	11,524	2

Tabla 10.8 Comparación Monte Carlo de dos planes.

Después de 10 ensayos, el costo equivalente anual de la alternativa A es \$48,630. para la alternativa B, el costo es \$ 41,623 como lo muestra la figura 10.1.

(c) Costos de Mano de Obra y operación anuales plan A	(d)-(a)+(c) Costo equivalente anual del plan A	Eventos al lanzar un dado para el plan el plan B	(e) costos de Mano de obra y Operación anuales del plan B	(f)-(b)+(e) costo equivalente anual del plan B	(d)-(f) diferencia en el costo equivalente anual plan A - plan B
\$ 3,000	\$ 80,000	3	\$ 25,000	\$ 47,000	\$ 33,000
3,000	43,334	3	25,000	36,524	6,810
2,000	42,334	6	40,000	51,524	-9,190
5,000	45,334	2	25,000	36,524	8,810
3,000	31,147	1	12,000	20,042	11,105
3,000	80,000	5	30,000	52,000	28,000
5,000	45,334	4	30,000	41,524	3,810
2,000	42,334	5	30,000	41,524	810
3,000	31,147	6	40,000	48,042	-16,895
5,000	<u>45,334</u>	4	30,000	<u>41,524</u>	<u>3,810</u>
.	\$ 486,300	.	.	\$ 416,228	\$ 70,070
.	Media	.	.	Media	Media
.	CGA=\$48,630	.	.	CGA=\$41,623	dif=\$7,007
.
.
\$ 3,000	\$ 43,344	4	\$ 30,000	\$ 41,524	\$ 1,810

Figura 10.1 Convergencia del costo equivalente anual con el aumento en los ensayos.

Aunque la alternativa B aparece como la mejor, debe recordarse que sólo los 10 ensayos lleven a ésta conclusión. Es perfectamente posible que un mayor número de muestras de resultados diferentes. Considere el comportamiento de la media del costo equivalente anual de la alternativa A, a medida que el número de ensayos aumenta a 100, como lo muestra la figura 10.1. Note como el costo medio equivalente anual fluctúa al comienzo de la simulación y luego se estabiliza, a medida que aumente el número de ensayos. Puede concluirse que se requieren, por lo menos, 100 ensayos para obtener resultados suficientemente estables y basar en ellos las comparaciones.

Los datos simulados de la tabla 10.8 pueden usarse para producir información adicional acerca de los costos de las alternativas A y B. Las tablas 10.9 y 10.10 den los valores posibles de costo equivalente anual de cada alternativa junto con la frecuencia de ocurrencia de cada una. la media y la varianza del costo equivalente anual de cada alternativa puede estimarse con las frecuencias dadas en las tablas 10.9 y 10.10. para la alternativa A la media es:

$$0,04(\$30,147)+0,13(\$31,147)+\dots+0,08(\$82,000) = \$ 50,229$$

y la varianza es :

$$0,04(\$30,147)^2+0,13(\$31,147)^2+\dots+0,08(\$82,000)^2 -(\$50,229)^2 = \$346,802.050$$

Para la alternativa B, la media es :

$$0,04(\$20,042)+0,09(\$23,524)+\dots+0,05(\$62,000) = \$ 40,158.$$

ANÁLISIS DE PROBLEMAS Y TÉCNICAS PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EMPRESAS DE INGENIERÍA CIVIL

Costo equivalente anual	Frecuencias con 100 ensayos	Probabilidad.
\$ 30,147	4	0,04
31,147	13	0,13
33,147	9	0,09
42,334	8	0,08
43,334	22	0,22
45,334	18	0,18
79,000	5	0,05
80,000	13	0,13
82000	8	0,08
	100	1,00

Tabla 10.9 Distribución de frecuencia del costo equivalente anual de la alternativa A.

Costo equivalente anual	Frecuencias con 100 ensayos	Probabilidad.
\$ 20,042	4	0,04
23,524	9	0,09
33,042	9	0,09
34,000	4	0,04
36,524	17	0,17
38,042	8	0,08
41,524	17	0,17
47,000	7	0,07
48,042	4	0,04

51,524	8	0,08
52,000	8	<u>0,05</u>
62,000	5	1,00
	100	

Tabla 10.10 Distribución de frecuencia del costo equivalente anual de la alternativa B.

y la varianza es:

$$0,04(\$20,042)^2 + 0,13(\$23,524)^2 + \dots + 0,05(\$62,000)^2 - (\$40,158)^2 = \$ 101,232,300$$

La diferencia en el costo equivalente anual entre las alternativas A y B ahora puede estimarse con mayor precisión. Es $\$ 50,229 - \$ 40,158 = \$ 10,071$. Esto se compara con la diferencia de $\$ 7,007$ después de 10 ensayos. Por tanto, la alternativa B resulta favorecida por el enfoque del valor esperado.

Debe notarse que la alternativa B también lleva a una menor varianza del costo equivalente anual que la alternativa A. Por tanto, desde el punto de vista de las expectativas de la varianza, la alternativa B es superior a la alternativa A. No es probable que esta conclusión se altere con más simulaciones Monte Carlo por encima de 100 ensayos.

Teniendo la información adicional que puede derivarse de las distribuciones de probabilidad, es posible que se pueda tomar una decisión más inteligente. Desde luego, el ejecutivo astuto debe sopesar el costo de obtener más información para la toma de decisiones y los ahorros que espera obtener con una mejor selección de alternativas. Por tanto, puede que no sea económico usar técnicas elaboradas para considerara pequeños

proyectos mientras que, de otra parte, el uso de análisis más sofisticados puede proveer pagos substanciales cuando se están considerando gastos muy grandes.

4.4 TOMA DE DECISIONES CON ARBOLES DE DECISIÓN.

Los árboles de decisión o diagramas de flujo de decisión se utilizan en situaciones de toma de decisiones en la que se debe optimizar una serie de decisiones.

En muchos problemas de toma de decisiones es deseable reconocer que las decisiones futuras son afectadas por las acciones que se adelanten en el presente. Muy frecuentemente se toman las decisiones sin tomar en cuenta sus efectos a largo plazo.

Un concepto fundamental en las situaciones que involucran alternativas de decisión y eventos secuenciales, es que deben identificarse todas esas alternativas y eventos y analizar de antemano, si se quiere optimizar la serie de decisiones.

Frecuentemente el seleccionar lo que parece ser una decisión óptima en el primer punto de decisión, el poner en práctica esa decisión, el observar el resultado y después repetir el proceso en los puntos de decisión posteriores, no optimiza la serie completa de decisiones.

COMPONENTES Y ESTRUCTURA.

Los árboles de decisión tienen los siguientes componentes:

- 1.- Alternativas de decisión en cada punto de decisión.
- 2.- Eventos que pueden ocurrir como resultado de cada alternativa de decisión.
- 3.- Probabilidad de que ocurran los eventos posibles como resultado de las decisiones.
- 4.- Resultados (casi siempre expresados en términos económicos) de una de las posibles interacciones entre las alternativas de decisión y los eventos.

Estos datos se organizan mediante la estructura de un diagrama de árbol que ilustra las interacciones posibles entre las decisiones y los eventos.

La aplicación de los árboles de decisión a los problemas de inversión se ilustra con el análisis del siguiente problema. Supongamos que una empresa está planeando producir un bien que nunca antes se ha vendido. Debido a que el producto es algo diferente de los actuales de la empresa, será necesario construir una instalación de fabricación separada para la manufactura del nuevo bien.

Con base en la información suministrada por el grupo de mercadeo de la empresa se cree que la demanda por este nuevo producto será significativa en los próximos 10 años. Si el producto se vende bien, se cree que en los próximos 10 años tendrá una alta demanda. Si el producto se convierte en moda, se anticipa que la demanda será fuerte en los primeros 2 años seguidos por una demanda baja en los 8 años restantes. Si el producto se vende poco, se espera que la demanda sea baja en los próximos 10 años. Por tanto, se prevé que la demanda de este nuevo producto siga uno de los tres patrones de demanda.

Figura 1.1

	Demanda	Periodo ⁴	Demanda	Periodo	Designación
Buena venta.	Alta	Primero	Alta	Segundo	(H1,H2)
Moda.	Alta	Primero	Baja	Segundo	(H1,H2)
Mala venta.	Baja	Primero	Baja	segundo	(L1,L2)

La primera alternativa es construir una plante grande que sea suficiente para los 10 años de vida del producto. La segunda alternativa es construir una planta pequeña y después

⁴ En este ejemplo, a los dos primeros años se les designa como el primer periodo, mientras que a los 8 años restantes se les considera como el segundo periodo.

de observar las ventas del producto durante 2 años, se toma una decisión sobre la expansión de la planta. Cuál alternativa seleccionar, es el problema de decisión bajo consideración.

Estructura del árbol de decisión: El uso de un árbol de decisión para presentar las alternativas y el chance de posibles eventos (demanda) que pueden ocurrir, se ilustra en la figura 1.2. Comenzando a la izquierda y moviéndose hacia la derecha, el árbol de decisión abarca 10 años, la vida útil del proyecto. los nudos del árbol de donde parten las ramas son nudos de decisión [] , o nudos de posibilidades ([]). Las ramas se parten de un nudo de decisión representan cursos de acción alternativos, de entre los cuales el ejecutivo debe tomar una decisión. Por otra parte, las ramas que salen del nudo de posibilidades representan eventos posibles que a su vez representan efectos de la naturaleza. La ocurrencia de un posible evento puede considerarse como una variable aleatoria sobre la cual el ejecutivo no tiene control, los eventos posibles están, en general, controlados por fuerzas extremas como el clima, el sol, el sitio de mercado, etc. En nuestro ejemplo, los eventos posibles representan la demanda por el producto en los próximos 10 años.

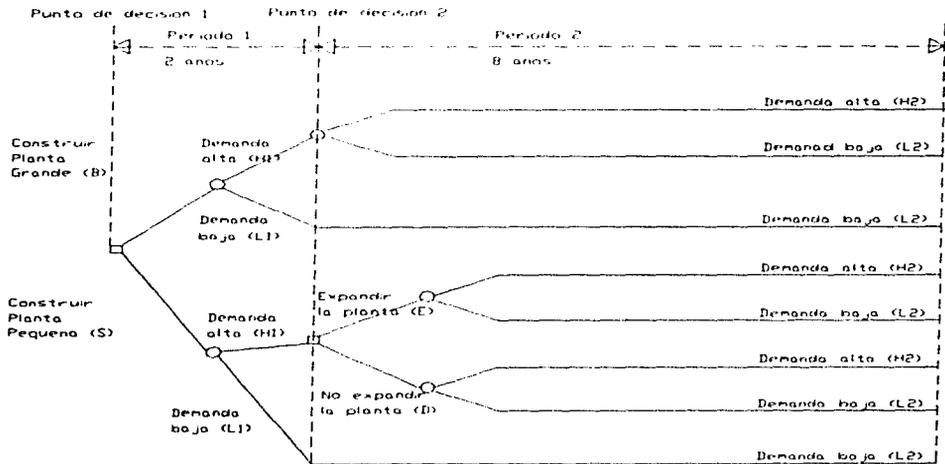


Figura 1.2 El árbol de decisión.

Comenzando a la izquierda, el primer nudo representa el seleccionar entre construir una planta grande o una pequeña. Si se construye una planta grande, los siguientes eventos posibles son aquellos que representan la posibilidad de enfrentar una demanda alta o una demanda baja durante los primeros 2 años. Si se construye una planta grande y se enfrenta una demanda alta durante los primeros 2 años, el siguiente nudo de posibilidades representa el que ocurra una demanda alta o una demanda baja durante los 8 años restantes. Por tanto, una secuencia de ramas que comienza a la izquierda y termina a la derecha representa una

de las posibles secuencias de eventos que pueden resultar de las acciones de los ejecutivos o de la naturaleza.

Notemos que si se construye una planta pequeña, la decisión acerca de expandir o no solo se toma después de 2 años si hay demanda alta. Si la demanda es baja en los primeros 2 años, se sabe que será baja en los 8 años siguientes. En consecuencia, la decisión de no expandir es obvia y no se requiere un nudo de decisión que siga a la demanda baja en los primeros 2 años.

Una vez que se ha terminado la estructura del árbol de decisión, el trabajo siguiente es determinar los costos e ingresos asociados con cada una de las alternativas de decisión y los posibles resultados de azar. Luego, deben escribirse éstas cantidades en las ramas apropiadas del árbol. Para nuestro ejemplo, los costos de la construcción de plantas y las ganancias netas esperadas por la venta del producto para las varias condiciones de mercado y tamaño de planta se presentan en la figura 1.3. Por tanto se ve que la inversión requerida para construir la planta grande es \$ 4,000,000. Mientras que la ganancia neta para los primeros 2 años es \$ 861,000 anuales si se construye la planta grande. Si se construye la planta pequeña y hay alta demanda en el primer periodo de 2 años, la ganancia neta es \$ 1,650,000 anuales en los 8 años restantes, si hay demanda alta en el periodo 2.

El costo de construir la planta pequeña es \$ 2,600,000 y su costo de ampliación es \$ 3,173,000. Todos los costos se indican con valores negativos en el árbol de decisión mientras que los ingresos son cantidades positivas. las cantidades que se muestran con base anual representan la ganancia anual neta recibida durante el periodo 1 de 2 años o en los 8 años del periodo 2.

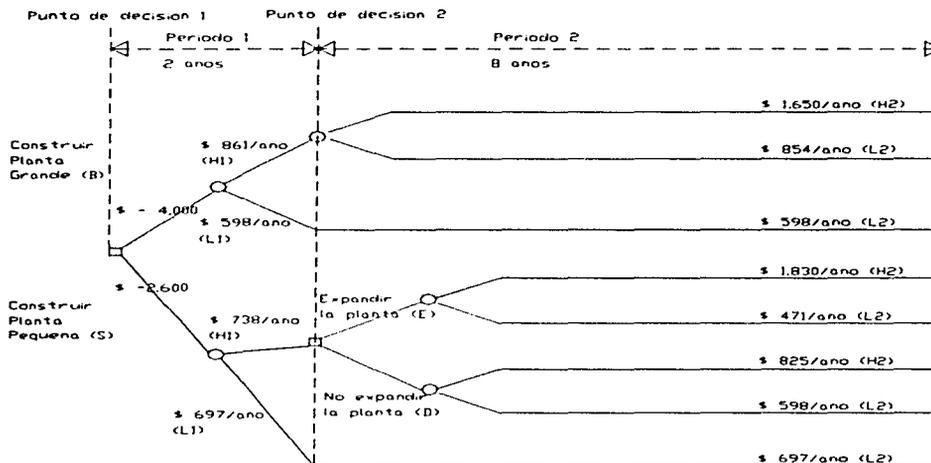


Figura 1.3 Pronóstico de los ingresos y gastos colocados en el árbol de decisión.

Puesto que los costos y los ingresos ocurren en épocas diferentes, es apropiado convertir las distintas cantidades de las ramas del árbol a sus cantidades equivalentes. Para el problema que se considera, la TAMAR es de 15 % y la figura 1.4 muestra los ingresos y gastos en las ramas transformados a sus valores presentes.

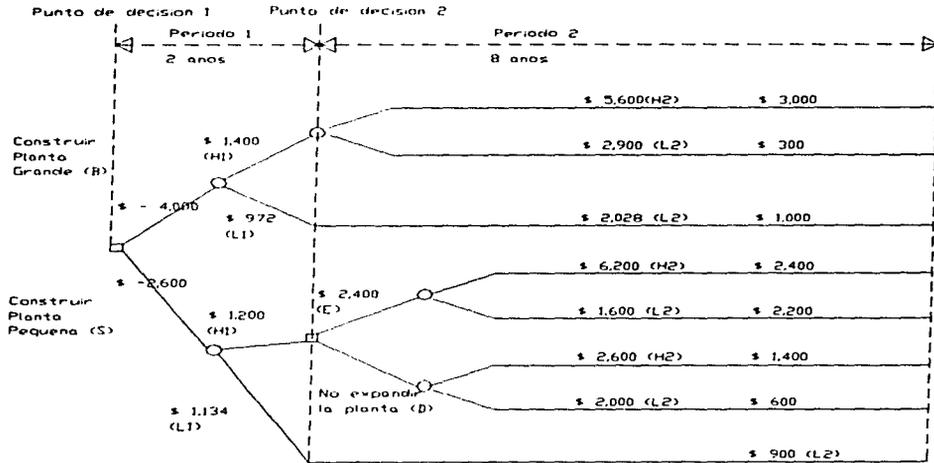


Figura 1.4 valor presente de los ingresos y los gastos para cada evento.

Para ilustrar, si se construye la planta grande, el valor presente de los ingresos netos con demandas altas para los primeros años:

$$VP(15\%, 2 \text{ años}) = \$ 861,000 (1.626) = \$ 1,400,000$$

Si se construye la planta grande y se da demanda alta en los 8 años restantes el valor presente de estos gastos es:

$$VP = \$ 1,650,000 \left(\frac{P/A, 15, 8}{4.487} \right) \left(\frac{P/F, 15, 2}{0.7562} \right) = \$ 5,600,000$$

Muestra los ingresos y los gastos de las ramas transformados a lo largo de cada posible secuencia de ramas, comenzando cada vez en el nudo que está más a la izquierda.

Por tanto, si se construye la planta grande, la demanda es alta en el periodo 1 y en el periodo 2 y en el valor presente de la secuencia de eventos es \$ - 4,000,000 + \$ 1,400,000 + \$ 5,600,000 = \$ 3,000,000. Esta cantidad se escribe bien a la derecha de la rama que representa éste evento. Este procedimiento se repite para cada posible secuencia de ramas y las cantidades resultantes se muestran en la figura 1.4. Si se construye la planta pequeña, la demanda es alta en el periodo 1, la planta se expande y la demanda es baja en el periodo 2, el valor presente de ésta secuencia de eventos es:

$$\text{\$ - 2,600,000 + \$ 1,200,000 - \$ 2,400,000 + \$ 1,600,000 = \$ 2,200,000.}$$

El árbol de la naturaleza. Una vez que la información de costos e ingresos está en la forma indicada por la figura 1.4, es necesario colocar las probabilidades de los posibles eventos que ocurran en los nudos de posibilidades del árbol de decisión. Suponga que las probabilidades de los productos con buena, regular o mala venta, han sido estimadas por el departamento de mercado. Las estimaciones de las probabilidades son:

$$P(\text{Buena venta}) = P(H1H2) = \frac{2}{5}$$

$$P(\text{Moda}) = P(H1L2) = \frac{1}{5}$$

$$P(\text{mala venta}) = P(L1L2) = \frac{2}{5}$$

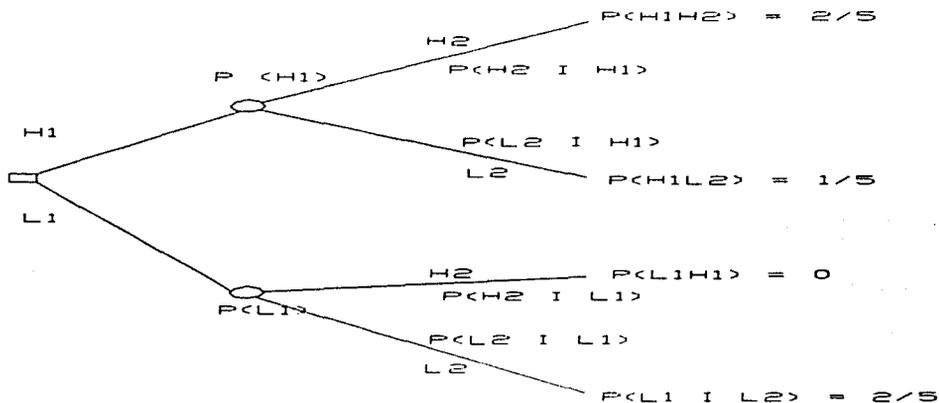


Figura 1.5 árbol de la naturaleza.

Siempre que sea necesario calcular las probabilidades de un árbol de decisión, es con frecuencia muy útil construir primero un árbol de la naturaleza, es decir un árbol que indique las opciones de la naturaleza, tal como lo muestra la figura 1.5. En los árboles de la naturaleza todos los nudos son nudos de probabilidad. Al comienzo de cada rama se coloca la probabilidad de seguir por esa rama dado que usted se encuentra en el nudo al comienzo de la rama. la probabilidad de que se seleccione la rama H_2 dado que haya habido demanda alta en el periodo 1 (H_1) es la probabilidad condicional $P(H_2 | H_1)$ y se coloca al comienzo de la rama H_2 que surge de la rama H_1 . En cada punta del árbol de la naturaleza se coloca la probabilidad de que ocurrirá la secuencia de eventos representada por esa punta. Estas probabilidades se calculan multiplicando las probabilidades en todas las ramas que llevan del nudo inicial del árbol de la naturaleza a cada una de las puntas. Por tanto, para encontrar la

probabilidad de que ocurra H1 y L2 se multiplica la probabilidad en la rama h1 por la probabilidad en la rama L2 que sigue a H1. Este cálculo de $P(H1L2) = P(H1)P(L2 | H1)$.

Las probabilidades requeridas por el árbol de decisión son $P(H1)$, $P(L1)$, $P(H2 | H1)$ y $P(L2 | H1)$, y $P(L2 | H1)$. Teniendo el árbol de la naturaleza y las probabilidades de las puntas del árbol, todo lo que se requiere para encontrar $P(H1)$ es sumar cada una de las probabilidades en las puntas que contienen el evento H1. Por tanto.

$$P(H1) = P(H1H2) + P(H1L1) = \frac{2}{5} + \frac{1}{5} = \frac{3}{5}$$

En forma similar,

$$P(L1) = P(L1H2) + P(L1L2) = 0 + \frac{2}{5}$$

Conocido $P(H1)$, se calculan las probabilidades condicionales de la siguiente manera:

$$P(H2, H1) = \frac{P(H1H2)}{P(H1)} = \frac{\frac{2}{5}}{\frac{3}{5}} = \frac{2}{3}$$

$$P(L2, H1) = \frac{P(H1L2)}{P(H1)} = \frac{\frac{1}{5}}{\frac{3}{5}} = \frac{1}{3}$$

Luego se colocan éstas probabilidades en los nudos de probabilidad apropiados del árbol de decisión, como lo muestra la Figura 1.6 Por ejemplo, el nudo de decisión que sigue a la decisión de expandir la planta pequeña tiene dos ramas, H1 y H2. La probabilidad de escoger la rama H2 es la probabilidad de que H2 dado que H1 ya haya ocurrido. En consecuencia, $P(H2 | H1) = \frac{2}{3}$ se coloca en la rama H2 y $P(L2 | H1) = \frac{1}{3}$ se coloca en la rama L2. Para el caso en que la demanda es baja en el periodo 1, la probabilidad $P(L1) = P(L1L2) = \frac{2}{5}$ puesto que $P(L2 | L1) = 1$ y $P(H2 | L1) = 0$.

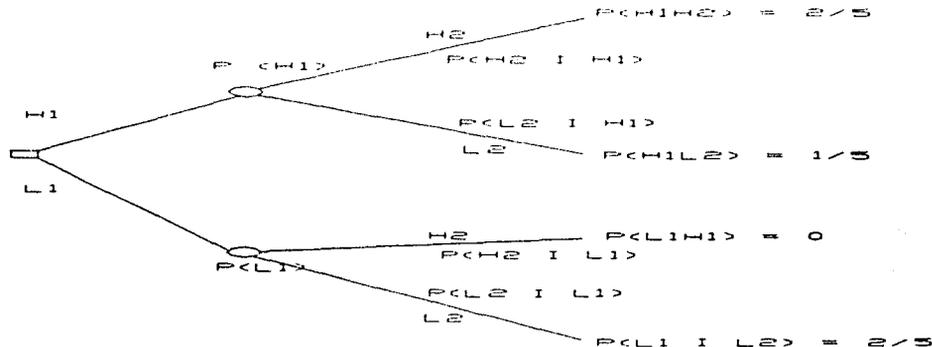


Figura 1.6 Solución en retroceso del árbol de decisión.

El procedimiento de retroceso. Ahora es posible solucionar el árbol de decisión con el fin de ver qué alternativa debe acometerse. La técnica de solución es bastante sencilla y se le conoce como el procedimiento de "retroceso". Comenzando en las puntas de las ramas del árbol de decisión y devolviéndose hacia el nudo inicial del árbol, deben utilizarse las dos reglas siguientes:

1.- Si el nudo es nudo de probabilidades, calcule el valor esperado del nudo con base en los valores retrocedidos de los nudos adyacentes del situado a la derecha del que se está considerando.

2.- Si el nudo es de decisión, seleccione la ganancia máxima o el costo mínimo de los nudos adyacentes a la derecha del que se está considerando.

A medida que se considera cada nudo comenzando a la derecha del árbol de decisión, deben colocarse los valores calculados con las Reglas 1 y 2 justo a la derecha del nudo y se le hace un círculo. Retrocediendo en el árbol de decisión pueden eliminarse ciertas alternativas de consideración adicional, por lo que el procedimiento de retroceso es eficiente con árboles de decisión grandes.

La técnica del retroceso se utilizó en la figura 1.6. Comenzando arriba del árbol de decisión se ve que el primer nudo a la izquierda es de probabilidades y el valor esperado es $\frac{2}{3} (\$ 3,000,000) + \frac{1}{3} (\$ 300,000) = \$ 2,100,000$. El siguiente nudo de posibilidades que está más a la derecha es el que sigue a la rama de la expansión de la planta. El valor esperado de éste es $\frac{2}{3} (\$ 2,400,000) + \frac{1}{3} (\$ - 2,200,000) = \$ 867,000$. El otro nudo a la derecha es un nudo de posibilidades y su valor esperado es $\frac{2}{3} (\$ 1,400,000) + \frac{1}{3} (\$ 600,000) = \$ 1,133,000$.

El nudo más a la derecha que todavía falta por evaluar es ahora el nudo de decisión con respecto a la expansión de la planta pequeña. Con base en los cálculos previos se ve que si se amplía la planta, las ganancias futuras esperadas serán de \$ 867,000, mientras que si no se amplía, las ganancias serán de \$ 1,133,000. En consecuencia, la política óptima en éste nudo es no ampliar la planta. La cifra de \$ 1,133,000 está escrita después del nudo de decisión, indicando la ganancia esperada que se obtendrá si se sigue la política óptima desde ese nudo.

Ahora, los siguientes nudos a la izquierda que deben evaluarse por el procedimiento de retroceso son nudos de posibilidades. Los valores esperados en esos nudos se calculan a

partir de los valores de los nudos adyacentes a la derecha, calculados con anterioridad. Estos dos valores esperados son:

$$\frac{3}{5} (\$ 2,100,000) + \frac{2}{5} (\$ - 1,000,000) = \$ 860,000$$

y

$$\frac{3}{5} (\$ 1,133,000) + \frac{2}{5} (\$ 900,000) = \$ 1,040,000.$$

El último nudo por evaluar es el nudo de decisión inicial. Si se construye la planta grande, las ganancias esperadas serán \$ 860,000, mientras que si se construye la pequeña la ganancia esperada es \$ 1,040,000. (Esta cifra de ganancia esperada supone que si se sigue en el futuro la política óptima). Por lo tanto, se selecciona la cifra máxima en el nudo de decisión y la política óptima es construir la planta pequeña. Si la demanda es alta en el periodo 1, se debe seguir la decisión de no ampliar la planta. Si la demanda es baja en el periodo 1, la no ampliación de la planta pequeña es el único curso de acción. Si se sigue ésta política, la ganancia esperada de ésta aventura es \$ 1,040,000. Puesto que el valor presente de ésta cantidad es positivo, asegura a la empresa un rendimiento esperado mejor que el 15 % , además de ser la mejor de las alternativas bajo consideración.

TOMA DE DECISIONES BAJO

INCERTIDUMBRE.

5.1 LA MATRIZ DE PAGOS.

Una decisión particular puede producir varios resultados, dependiendo de que eventos tengan lugar en el futuro.

Una matriz de pagos es la manera formal de presentar la interacción de las alternativas de decisión y los estados de la naturaleza. En este caso las alternativas tienen el mismo significado de antes, es decir, cursos de acción entre los cuales se contempla una selección.

Proporciona una estructura organizada para analizar situaciones probabilísticas en las que se debe seleccionar una sola alternativa de decisión de un conjunto de alternativas.

La matriz de pagos da un pago cuantitativo o cualitativo para toda posible situación futura y para cada alternativa bajo consideración.

COMPONENTES Y ESTRUCTURA.

Los problemas que se pueden explorar mediante una matriz de pagos tienen los siguientes componentes:

- 1.- Un conjunto de decisiones alternativas.
- 2.- Un conjunto de eventos que pueden ocurrir.

3.- Probabilidades que están asociadas con los diferentes eventos.

4.- Resultados (casi siempre en términos económicos) de las interacciones entre las alternativas de decisión y los eventos.

Las alternativas de decisión son las elecciones que tiene disponible el tomador de decisiones. Con frecuencia se les llama curso de acción alternativos y deben expresarse en términos mutuamente excluyentes.

Los eventos reflejan lo que puede ocurrir si se opta por las diferentes alternativas. Algunas veces se les llama estados del mundo para que quede claro que están fuera del control del tomador de decisiones. Los eventos descritos deben ser mutuamente excluyentes y colectivamente exhaustivos.

Es necesario asignar probabilidades a todos los eventos, ya sea a través de los datos históricos, del juicio subjetivo o de distribuciones de probabilidad teóricas.

Para cada curso de acción y cada evento existe alguna consecuencia o resultado para el tomador de decisiones.

Todos estos componentes se organizan en una estructura de matriz de pagos. Como se muestra en la siguiente tabla:

Estructura de una matriz de pagos.

	Eventos			
	E 1	E 2	E m
	(p 1)	(p 2)	(p m)
D 1	X 11	X 12		X 1m
D 2	X 21	X 22		X 2 m
.				
.				
D n	X n1	X n2		X nm

Las alternativas de decisión D_i , forman los renglones de una matriz. las columnas de la matriz son los eventos posibles E_i . Abajo de los eventos se muestran las probabilidades correspondientes P_i . los elementos de la matriz son los resultados X_{ij} que se obtienen de la interacción de las alternativas de decisión y los eventos.

EL ANÁLISIS.

Una vez que se han captado en el formato de la matriz de pagos las componentes de la situación de toma de decisiones, el análisis es muy sencillo. para cada alternativa de decisión se realiza el cálculo por renglón de su valor esperado.

Aquí se muestra este procedimiento:

$$E (D_1) = P_1 X_{11} + P_2 X_{12} + \dots + P_m X_{1m}$$

$$E (D_2) = P_1 X_{21} + P_2 X_{22} + \dots + P_m X_{2m}$$

$$E (D_n) = P_1 X_{n1} + P_2 X_{n2} + \dots + P_m X_{nm}$$

Entonces se escoge y se pone en práctica la alternativa que tiene el valor esperado óptimo. En la mayoría de las situaciones esto lleva a seleccionar la decisión que ofrece las ganancias o beneficios esperados más altos o que conduce al menor costo esperado.

Una empresa constructora tiene la oportunidad de licitar en dos contratos. El primer contrato (X) se refiere al diseño y construcción de una planta para convertir desperdicios sólidos en vapor para calefacción en una ciudad. El segundo contrato (Y) se refiere al diseño y la construcción de un sistema de distribución de vapor en la ciudad. la empresa puede recibir el contrato X o el contrato Y o ambos. Por tanto, hay tres resultados posibles o "estados de la naturaleza".

Al considerar las oportunidades ofrecidas por estos contratos, la empresa identifica cinco alternativas. La Alternativa A1 es que la empresa actúe como administradora del proyecto y subcontrate todo el proyecto. La alternativa A2 para la empresa es subcontratar el diseño y construir. La alternativa A3 para la empresa es subcontratar la construcción y realizar el diseño. La alternativa A4 es que la empresa haga tanto el diseño como la construcción. la alternativa A5 es licitar conjuntamente con otra organización que tenga capacidad de acometer un proyecto innovativo en esta clase.

Una vez que se han identificado los estados de la naturaleza y las alternativas, la etapa siguiente es derivar los valores de los pagos. En este ejemplo, deben calcularse 15 valores. El valor presente de las ganancias se encuentra enumerado con anticipación los gastos e ingresos en el tiempo identificados con cada alternativa y para cada estado de la naturaleza. Supongamos que estos valores presentes se dan en miles de pesos, como lo muestra la tabla MP-2

Estados de la naturaleza.

		X	Y	X y Y
Alternativas	A 1	-4000	1,000	2,000
	A 2	1,000	1,000	4,000
	A 3	- 2,000	1,500	6,000
	A 4	0	2,000	5,000
	A 5	1,000	3,000	2,000

Tabla MP-2 Matriz de pagos de la ganancia en miles de pesos.

En la matriz de pagos puede verse que la empresa puede tener una pérdida actual de \$ 4 millones si se escoge la alternativa A 1 y se le otorga el contrato para el proyecto X.

Si se le otorga el contrato para el proyecto Y, el beneficio actual será \$ 1 millón. El beneficio actual será de \$ 2 millones si se le otorgan ambos contratos. Por tanto, cada fila de la matriz de pagos representa los eventos esperados para cada estado de la naturaleza (columna) y para una alternativa en particular (fila).

Los valores de pagos individuales en una matriz de pagos no necesitan ser de carácter monetario. Pueden ser expresiones cualitativas y cuantitativas de la utilidad esperada de cada una de las varias alternativas. Sin embargo, es esencial que los valores de pagos se expresen en una medida común y directamente comprobable tal como el valor presente o la equivalencia anual. En la tabla MP-2 los valores de pagos son valores presentes.

Antes de seguir adelante debe examinarse el dominio de la matriz de pagos. Si de dos alternativas siempre se prefiere una no importa lo que ocurra en el futuro, domina la alternativa preferida y la otra se descarta.

Estados de la naturaleza.

		X	Y	X y Y
Alternativas	A 2	1,000	1,000	4,000
	A 3	- 2,000	1,500	6,000
	A 4	0	2,000	5,000
	A 5	1,000	3,000	2,000

Tabla MP-3 Matriz de pagos reducida en miles de pesos.

Las reglas que se presentan en las secciones siguientes pueden utilizarse para ayudar a la selección de una de las cuatro alternativas restantes.

5.2 ESTIMACIÓN DE LA REGLA DE LAPLACE.

No hay una base establecida para decir que un estado de la naturaleza dado tenga más posibilidades que los otros. A esto se le llama el principio de Laplace o el principio de razonamiento insuficiente, basado en la filosofía de que la naturaleza se le supone indiferente.

Bajo el principio de Laplace se supone que la probabilidad de ocurrencia de cada estado futuro de la naturaleza es $1/N$, donde N es el número de posibles estados futuros. Para seleccionar la mejor alternativa, se calcula el promedio aritmético de cada una.

Si la empresa desea asignar probabilidades a los estados de la naturaleza de la tabla MP-3, la situación de decisión se clasificará como toma de decisiones bajo riesgo.

Supongamos, sin embargo, que la empresa no desea evaluar los estados de la naturaleza en términos de sus probabilidades de ocurrencia. En ausencia de éstas probabilidades, uno podría razonar que cada estado de la naturaleza tiene igual probabilidad de ocurrir. La racionalidad de este supuesto es que no hay una base establecida para decir que un estado dado tenga más probabilidades que los otros. A esto se le llama el *principio de Laplace* o el *principio de razonamiento insuficiente*, basado en la filosofía de que a la naturaleza se le supone indiferente.

Bajo el principio de Laplace se supone que la probabilidad de ocurrencia de cada estado futuro de la naturaleza es $1/N$. Donde n es el número de posibles estados futuros. Para seleccionar la mejor alternativa, uno calculará el promedio aritmético de cada uno. para la matriz de pagos de la tabla MP-3, esto se logro como se ilustra en la tabla MP-4. La

alternativa A4 da la ganancia máxima de \$ 2,333,000 y se seleccionará bajo este procedimiento.

Alternativa	Pago promedio.
A 2	$\frac{(\$1,000 + \$1,000 + \$4,000)}{3} = \$2,000$
A 3	$\frac{(-\$2,000 + \$1,500 + \$6,000)}{3} = \$1,833$
A 4	$\frac{(\$0 + \$2,000 + \$5,000)}{3} = \$2,333$
A 5	$\frac{(\$1,000 + \$3,000 + \$2,000)}{3} = \$2,000$

Tabla MP-4 Cálculo del pago promedio en millones de pesos.

5.3 LAS REGLAS DE MAXIMIN Y MAXIMAX.

Hay disponibles 2 reglas de decisión sencillas para tratar las decisiones bajo incertidumbre. La primera es la regla de Maximin, basado en un punto de vista extremadamente pesimista del resultado de la naturaleza. El uso de esta regla se justificará si se juzga que con la naturaleza ocurrirá lo peor.

La segunda regla es la Maximax, basada en un punto de vista extremadamente optimista. El uso de esta regla se justificará si se juzga que con la naturaleza ocurrirá lo mejor.

Debido al pesimismo adoptado por la regla Maximin, su aplicación escogerá las alternativas que asegura el mejor evento entre los peores eventos posibles. Si P_{ij} se usa para representar el pago de la alternativa I y el estado de la naturaleza j el cálculo que se requiere es:

$$\max (\min P_{ij}).$$

Considerando la situación de decisión descrita por la matriz de pagos de la tabla MP-3. La aplicación de la regla Maximin requiere que se seleccione el valor mínimo de cada fila. Luego entre éstos se identificará el valor máximo y se asocia con la alternativa que lo producirá. Este procedimiento se ilustra en la tabla MP-5. La selección de la alternativa A2 o la A5 asegura por lo menos un pago de \$ 1,000,000, sin importar el resultado de la naturaleza.

Alternativa	Mín P _{ij} j
A2	\$ 1,000
A3	\$ - 2,000
A4	\$ 0
A5	\$ 1,000

Tabla MP-5 Pago en miles de pesos por regla Maximin.

El optimismo de la regla Maximax contrasta en forma brusca con el pesimismo de la Maximin. Su aplicación escogerá la alternativa que asegure el mejor entre los mejores eventos. Como antes, si P_{ij} representa el pago de la alternativa i y el estado de la naturaleza j, el cómputo requerido es:

$$\text{Máx} (\max P_{ij})$$

Considerando la situación de decisión de la tabla MP-3. La aplicación de la regla Maximax requiere que se seleccione el valor de cada fila. Después de éstos se identificará el valor máximo y la alternativa que lo producirá. Por tanto, quien toma la decisión puede recibir un pago de \$ 6,000,000 si la naturaleza es benevolente.

Alternativa	Max Pij j
A2	\$ 4,000
A3	\$ 6,000
A4	\$ 5,000
A5	\$ 3,000

Tabla MP-6 Pago en miles de pesos con la regla Maximax.

5.4 ESTIMACIÓN DE LA REGLA DE HURWICZ.

La mayoría de la gente posee un grado de optimismo o pesimismo entre los extremos. Un tercer enfoque para la toma de decisiones bajo incertidumbre incluye un índice de relativo optimismo y pesimismo. se le llama la regla de Hurwicz.

Establece un compromiso entre lo pesimista y lo optimista permitiéndonos seleccionar un índice de optimismo.

Se da un valor de 0 a 1 para seleccionar un índice de optimismo, siendo 1 el grado máximo de optimismo acerca del evento de la naturaleza.

Un ejecutivo que escoja la regla Maximin sólo considera los peores eventos posibles de cada alternativa y selecciona la alternativa que promete lo mejor entre las peores posibilidades. En el ejemplo en donde se escogió A2, la empresa se asegurará un pago de por lo menos \$ 1,000,000, pero no recibirá un pago mayor que \$ 4,000,000. O, si se escoge la A5, la empresa no podrá recibir un pago mayor que \$ 3,000,000. Inversamente la empresa que escoge la regla Maximax es optimista y sólo decide con base en los pagos más altos que ofrezca cada alternativa. Así, en el ejemplo en el se escogió A3 la empresa enfrentará la posibilidad de una pérdida de \$ 2,000,000 por buscar un pago de \$ 6,000,000.

5.5 ESTIMACIÓN DE LA REGLA DE CASTIGO**MINIMAX.**

Si quien toma decisiones selecciona una alternativa y ocurre un estado de la naturaleza con el que le podría haber ido mejor seleccionando otra alternativa, él "castiga" su selección original. Este castigo es la diferencia entre el pago que podría estar recibiendo con perfecto conocimiento del futuro y el pago que está recibiendo con la misma alternativa escogida. la regla de castigo Minimax se basa en la premisa de que el ejecutivo desea evitar cualquier castigo o por lo menos, minimizar un castigo máximo, con respecto a una decisión.

Su aplicación requiere formulación de una matriz de castigo. Esto se logra identificando el pago Máximo para cada estado (columna). después se resta cada pago de la columna del pago máximo y esto se repite para cada columna.

Como ejemplo de la regla de Hurwicz considere la matriz de pagos de la tabla MP-3 con $\alpha = 0.2$. los cálculos requeridos se muestran en la tabla MP-7 y la empresa escogerá la alternativa A2.

Alternativa.	$(\text{Máx } P_{ij}) + (1 - \alpha) (\text{Min } P_{ij})$
	$j \quad j$
A2	$0.2 (\$ 4,000) + 0.8 (\$ 1,000) = \$ 1,600$
A3	$0.2 (\$ 6,000) + 0.8 (- \$ 2,000) = - \$ 400$
A4	$0.2 (\$ 5,000) + 0.8 (\$ 0) = \$ 1,000$
A5	$0.2 (\$ 3,000) + 0.8 (\$ 1,000) = \$ 1,400$

Tabla de pagos MP-7 Pagos en miles de pesos con la regla de Hurwicz.

Cuando $\alpha = 0$, la regla de Hurwicz da el mismo resultado que la regla Maximin y cuando $\alpha = 1$ es el mismo que la regla Maximax. Esto puede mostrarse para el caso donde $\alpha = 0$, así:

$$\text{Má}_i \{0[\text{Má}_{xPij}] + (1-0)[\text{min}Pij]\} = \text{Má}_i \{[\text{Min}Pij]\}$$

y para el caso $\alpha = 1$, así

$$\text{Má}_i \{1[\text{Má}_{xPij}] + (1-1)[\text{min}Pij]\} = \text{Má}_i \{[\text{Má}_{xPij}]\}$$

Por tanto, la regla Maximin y la regla Maximax son casos especiales de la regla de Hurwicz.

La filosofía que apoya la regla de Hurwicz es que mucha gente se fija en los eventos extremos para llegar a una decisión. Con el uso de esta regla, el ejecutivo puede evaluar los extremos de tal forma que refleja la importancia relativa de ellos.

Estados de la naturaleza.

		X	Y	X y Y
Alternativas	A 2	1,000	1,000	4,000
	A 3	- 2,000	1,500	6,000
	A 4	0	2,000	5,000
	A 5	1,000	3,000	2,000

Tabla MP-3 Matriz de pagos reducida en miles de pesos.

Para la matriz de pagos de la tabla MP-3 los pagos Máximos son \$ 1,000; \$ 3,000 y \$ 6,000 para X, Y y X y Y, respectivamente. Por tanto, el pedido por X, aplicable a las alternativas A2 a A5, son \$ 1,000 - \$ 1,000 = 0; \$ 1,000 - (- \$ 2,000) = \$ 3,000; \$ 1,000 - \$ 1,000 = 0. repitiendo estos cálculos para cada estado resulta la matriz de castigo que se muestra en la tabla MP-8.

Estados de la naturaleza.

		X	Y	X y Y
Alternativas	A 2	0	2,000	2,000
	A 3	3,000	1,500	0
	A 4	1,000	1,000	1,000
	A 5	0	0	4,000

Tabla MP-8 Matriz de castigo en miles de pesos.

Si los valores de castigo se designan con R_{ij} para la alternativa i y el estado j , la regla de castigo Minimax requiere el cálculo de

$$\min_i (\max_j R_{ij}).$$

Este cómputo se muestra en la tabla MP-9. La selección de la alternativa A4 asegura para la empresa un castigo Máximo de \$ 1,000,000.

Alternativa	Máx Pij j
A 2	\$ 2,000
A 3	\$ 3,000
A 4	\$ 1,000
A 5	\$ 4,000

Tabla de pagos en miles de pesos con la regla de castigo Minimax.

Un ejecutivo que utiliza la regla de castigo Minimax como un criterio de decisión tomará la decisión que resulte en la menor oportunidad posible de pérdida. Los individuos que tienen eversión extrema a la crítica estarán tentados a aplicar esta regla por que los coloca en una posición relativamente segura con respecto a los estados de la naturaleza que pueden ocurrir en el futuro. A este respecto, el criterio tiene una filosofía con matices conservadores.

Conclusiones.

Es indiscutible que cada día nuestro país se encuentra dentro de un contexto de mayor competencia, tanto interna como externa, lo que implica que las empresas y los ejecutivos que estén mejor preparados serán los que puedan enfrentar con éxito la apertura y la competencia que se vive actualmente.

Mediante un enfoque sistemático nosotros podremos detectar de una manera ordenada y clara cualquier situación problemática lo cual será de gran utilidad. El análisis de problemas nos permite encontrar la verdadera causa de una situación que no es satisfactoria, con el uso de esta herramienta nos podemos dar cuenta, que facilita el manejo en forma lógica y eficiente de diferentes situaciones problemáticas, así como sus opciones.

El uso del análisis de decisiones es otra herramienta con la podemos contar. Las decisiones tomadas de manera intuitiva tendrán una gran posibilidad de fracasar, por lo que se recomienda emplear un enfoque sistemático y razonado.

Es importante mencionar la existencia de diferentes tipos de problemas, los problemas los cuales trate son aquellos que son los más adecuados para resolverse por medio del análisis económico, es decir aquellos donde la economía del problema será el componente principal en la toma de decisiones y no así problemas con cuyo componente principal sea político o humano.

En cuanto a la toma de decisiones es un proceso bastante importante y una vez que se han efectuado los puntos importantes para saber cual es el problema, sus posibles causas y consecuencias, la toma de decisiones, será el siguiente paso; por muy tardado que pueda

parecer esto, nunca lo será, cuando se trate de una inversión, es por esto que la eficiencia económica es también el punto fundamental en este proceso.

Se mencionan tres procesos los cuales son:

Toma de decisiones bajo certeza: Cuando las consecuencias de cada alternativa de acción se pueden predecir con certeza. Este es el proceso que generalmente se emplea a diario.

Toma de decisiones bajo riesgo: En este caso se observa que existe la presencia de un oponente; las probabilidades de los eventos, no solo se desconocen, si no que están influenciadas por este oponente cuyo fin es vencer.

Toma de decisiones bajo incertidumbre: En este caso no tiene conocimiento de cuán posibles sean las diferentes consecuencias, es por esto que le damos a ese evento un sentimiento subjetivo de optimismo o pesimismo; desde luego que también una acción intermedia es considerada.

Son estas herramientas las que pueden hacer la diferencia entre una buena selección o una selección intuitiva, que en ocasiones puede llegar a ser necesaria, pero cuando se permite, se recomienda hacerlo de una manera sistemática.

De alguna manera nos permitirá ser más eficientes en nuestros trabajos; contribuye en forma importante a mejorar nuestra capacidad de dirección en cualquier empresa de ingeniería civil

Espero que este trabajo pueda representar para los ingenieros civiles un apoyo para que bajo el criterio de cada uno de ellos, adapten sus situaciones particulares a los análisis que les permitan tomar decisiones de una mejor manera

Bibliografía.

KEPNER TREGOE

Análisis de problemas y toma de decisiones.

Kepner Troge, inc. Princeton, N.J. 1976.

NEWMAN DONALD G.

Análisis económico en ingeniería.

Mc Graw Hill, México, D.F. 1983.

GALLAGHER A. CHARLES.

WATSON J. HUGH.

Métodos cuantitativos para la toma de decisiones en administración.

Mc Graw Hill, México, D.F. 1980

FABRYCKY W. J.

THUESEN G. J.

Decisiones económicas. Análisis y proyectos.

Prentice Hall Hispanoamérica, México, D.F. 1988.

BLANK LELAND.

TARQUIN ANTHONY.

Ingeniería económica

Mc Graw Hill, Bogotá, Colombia, 1983.

URIEGAS TORRES CARLOS.

Análisis económico de sistemas en la ingeniería.

Editorial Limusa, México, D.F., 1987.

DIXON R. JOHN.

Diseño en ingeniería inventiva, Análisis y toma de decisiones.

Editorial Limusa, México, D.F. 1979

DÍAZ PADILLA JORGE.

LÓPEZ TOLEDO ALEJANDRO.

GAMBOA MEDINA ARCAIDO.

Análisis de incertidumbre en problemas de ingeniería civil.

Centro de actualización Profesional.

Colegio de Ingenieros Civiles de México.

Editorial Quetzalcóatl, México, D.F.

GARAY LEÓN.
Análisis de decisiones en el campo de la ingeniería.
Centro de actualización profesional.
Colegio de Ingenieros Civiles de México.