



***TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DEL
ORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO***

**APUNTES DE INGENIERIA ECONÓMICA:
(CLAVE IAE – 0419)**

**POR EL PROF: FLORES DE JESÚS SIDRONIO
CIPRIANO**

DIVISIÓN DE INGENIERIA AMBIENTAL

LOS REYES LA PAZ A 9 DE OCTUBRE DEL 2009

INDICE

	PÁGINAS
UNIDAD I: FUNDAMENTOS ECONÓMICOS DEL VALOR DEL DINERO A TRAVÉS DEL TIEMPO	
1.1 Introducción	4
1.2 Definición de Ingeniería Económica	7
1.3 Diagrama de flujo de efectivo	8
1.4 Interés simple e interés compuesto	10
1.5 Valor presente	12
1.6 Valor futuro	14
1.7 Factor de recuperación de capital (<i>A/P</i>)	15
UNIDAD II: CAPITALIZACIÓN DE INTERES	
2.1 Tasa de capitalización	16
2.2 Cálculo de pagos periódicos	18
2.3 Factores de capitalización de interés	21
UNIDAD III: ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE INVERSIÓN	
3.1 Método del Valor Presente Neto	24
3.2 Tasa Interna de Retorno	41
3.3 Periodo de recuperación de la inversión	46
3.4 La sensibilidad en las alternativas de inversión	47
3.5 Ventajas y desventajas de los diferentes métodos de evaluación de proyectos de inversión	49

UNIDAD IV: ANALISIS DE REEMPLAZO

4.1 Técnicas de análisis de reemplazo	56
4.2 Análisis de reemplazo utilizando un horizonte de planificación especificado	59
4.3 Modelos de reemplazo de equipo cuando la vida útil restante del defensor es igual a la del retador	61
4.4 Factores de deterioro y obsolescencia	64
4.5 Depreciación en línea recta	65
4.6 Depreciación por el método de la suma de los dígitos de los años	67
4.7 Depreciación por el método del saldo decreciente	68
4.8 Análisis de sensibilidad en los proyectos de reemplazo	72
4.9.- Análisis de sensibilidad utilizando tres estimaciones	75

UNIDAD V : PLANEACIÓN PRESUPUESTAL

5.1 Introducción a la planeación presupuestal	84
5.2 Relaciones presupuestales	87
5.3 Ejercicio y control presupuestal	88

UNIDAD I: FUNDAMENTOS ECONÓMICOS DEL VALOR DEL DINERO A TRAVÉS DEL TIEMPO

OBJETIVO: El estudiante indicará los conceptos y los criterios económicos y el valor del dinero a través del tiempo

1.1.- INTRODUCCIÓN A LA INGENIERIA ECONÓMICA

La Ingeniería Económica es una especialidad que integra los conocimientos de ingeniería con los elementos básicos de la microeconomía. Su principal objetivo es la toma de decisiones basada en las comparaciones económicas de las distintas alternativas tecnológicas de inversión. Las técnicas empleadas abarcan desde la utilización de planillas de cálculo estandarizadas para evaluaciones de flujo de caja, hasta procedimientos más elaborados, tales como análisis de riesgo e incertidumbre, y pueden aplicarse tanto a inversiones personales como industriales.

En las economías emergentes, existen dificultades reales respecto al entendimiento práctico y a la aplicación de conceptos claves como la depreciación (amortización), la financiación y formación de costos, particularmente cuando se trata con industrias pequeñas y medianas. Esta situación ciertamente impide la posibilidad de actividades autosustentables, muy frecuentemente impide la introducción de las necesarias mejoras técnicas y contribuye al desgaste de los recursos humanos y financieros.

Los empresarios y los especialistas de la ingeniería económica se interrogan frecuentemente respecto a lo siguiente:

- ¿Qué diseño se elige entre varias alternativas similares?
- ¿Debe reemplazarse el equipo en uso por uno nuevo?, y en caso afirmativo, ¿cuándo debe sustituirse?
- ¿Los beneficios esperados del proyecto son suficientes para justificar la inversión?

¿Es preferible un proyecto conservador y más seguro o uno de mayor riesgo que ofrece beneficios superiores?

Estas preguntas poseen características comunes: 1) cada una implica una selección entre opciones técnicas; 2) todas involucran consideraciones económicas. Otras características menos evidentes, son los requerimientos de datos adecuados y el conocimiento de las restricciones tecnológicas para definir el problema, identificar soluciones posibles y determinar la solución óptima.

En consecuencia, el profesional debe considerar que el diseño y Operación de plantas industriales y su evaluación económica constituyen un todo relacionado.

Finalmente, el término "inversión" es usado en este manual en un amplio contexto; puede estar dirigido a: una gran planta, una línea de procesamiento, un cambio en la línea de procesamiento, al desarrollo de un nuevo producto, la decisión entre dos o más tecnologías diferentes para obtener el mismo producto, al análisis de una operación aislada (por ej., el mantenimiento del pescado en hielo), la introducción de un nuevo sistema de control de calidad, etc. Al mismo tiempo, el término "inversión" es usado independientemente del nivel de inversión y de la fuente de financiamiento.

¿Por qué aplicar la Ingeniería Económica a la pequeña y mediana empresa?

La industria pequeña tiene actividades variadas que cubren todos los aspectos del espectro empresarial. Por ejemplo, comprar insumos, solicitar préstamos, pagar mano de obra, planificar el futuro y obtener beneficios. Estos mecanismos se observan en todo el sistema de una microempresa: captura, procesamiento y comercialización.

Un objetivo esencial, desde un punto de vista económico, es ser económicamente autosustentable, por ej., recuperar los recursos invertidos y generar un beneficio dentro de un tiempo razonable. El logro de este objetivo es una condición necesaria porque sin éste, el proyecto no sería viable, y

fracasaría cuando los capitales iniciales se acabaran, o cuando los subsidios cesaran. La mayor parte de este Manual está dedicado al análisis de este objetivo. Sin embargo, no se olvida que en el caso de la industria mediana existen otras condiciones necesarias para la autosustentabilidad.

El más evidente es la necesidad de una administración racional de los recursos económicos y del medio ambiente.

El éxito económico de un proyecto y su operación real no son en sí mismas condiciones suficientes para la inversión; sin embargo, ambas condiciones son necesarias. En este contexto, la ingeniería económica aplicada a la industria mediana y pequeña aparece como una contribución útil para ayudar a la administración y a la sustentabilidad del sector, particularmente en los países en vías de desarrollo.

En este manual, se presenta un análisis global de los factores más importantes que intervienen en la producción y en el diseño de las operaciones y procesos, asociadas con la misma, con particular énfasis en los aspectos económicos de las industrias medianas tanto en la captura como en el procesamiento industrial. Se estudian tanto cualitativa como cuantitativamente, las inversiones en bienes de capital, los costos de producción y la rentabilidad asociada con ellos. Por último, se presenta un análisis microeconómico de la producción.

¿Cuáles son las limitaciones de la metodología propuesta?

El análisis de la microeconomía depende de los modelos (y/o ideologías) y en consecuencia, está determinado por las limitaciones propias de los modelos o porque las condiciones de aplicación de los referidos modelos no coinciden con la situación dada. Las políticas específicas pueden diferir aún en los países que adoptan el mismo sistema político general y afectar los análisis económicos de diferentes formas (por ej., qué método de depreciación es permitido, o qué impuestos se aplican). Un profundo estudio de todas las posibilidades queda fuera del propósito de este manual, aunque se analizan algunos aspectos.

¿Por qué es tan importante la ingeniería económica?

Porque prácticamente a diario se toman decisiones que afectan el futuro. Las opciones que se tomen cambian la vida de las personas poco y en algunas ocasiones considerablemente. Por ejemplo, la compra en efectivo de una camisa nueva aumenta la selección de ropa del comprador cuando se viste cada día y reduce la suma de dinero que lleva consigo en ese momento. Por otra parte, el comprar un automóvil nuevo y suponer que un préstamo para automóvil nos da opciones nuevas de transporte, puede causar una reducción significativa en el efectivo disponible a medida que se efectúan los pagos mensuales. En ambos casos, los factores económicos y no económicos, lo mismo que los factores tangibles e intangibles son importantes en la decisión de comprar la camisa o el automóvil.

Los individuos, los propietarios de pequeños negocios, los presidentes de grandes corporaciones y los dirigentes de agencias gubernamentales se enfrentan rutinariamente al desafío de tomar decisiones significativas al seleccionar una alternativa sobre otra. Estas son decisiones de cómo invertir en la mejor forma los fondos, o el capital de la Compañía y sus propietarios. El monto del capital siempre es limitado, de la misma manera que en general es limitado el efectivo disponible de un individuo. Estas decisiones de negocios cambiarán invariablemente el futuro, con la esperanza de que sea para mejorar. Por lo normal, los factores considerados pueden ser una vez más, económicos y no económicos, lo mismo tangibles que intangibles.

1.2.-DEFINICIÓN DE INGENIERÍA ECONÓMICA Y SU TERMINOLOGÍA BÁSICA

La ingeniería económica hace referencia al la determinación de los factores y criterios económicos utilizados cuando se considera una selección entre una o más alternativas.

Otra definición de ingeniería económica plantea que es una colección de técnicas matemáticas que simplifican las comparaciones económicas. Con

estas técnicas es posible desarrollar un enfoque racional y significativo para evaluar los aspectos económicos de los diferentes métodos (alternativas) empleados en el logro del objetivo determinado. Las técnicas pueden funcionar tanto para un individuo como para una corporación que se enfrenta con una decisión de tipo económico.

Los términos comúnmente utilizados en la ingeniería económica son los siguientes:

P = Valor o suma de dinero en un momento denotado como el presente, denominado el valor presente.

F = Valor o suma de dinero en algún tiempo futuro, denominado valor futuro.

A = Serie de sumas de dinero consecutivas, iguales de fin de periodo, denominadas valor equivalente por periodo o valor anual.

n = Número de periodos de interés; años, meses, días.

i = Tasa de interés por periodo de interés; porcentaje anual, porcentaje mensual.

t = Tiempo expresado en periodos; años, meses, días.

1.3. - DIAGRAMA DE FLUJO DE EFECTIVO

El concepto de flujo de caja se refiere al análisis de las entradas y salidas de dinero que se producen (en una empresa, en un producto financiero, etc.), y tiene en cuenta el importe de esos movimientos, y también el momento en el que se producen. Estas van a ser las dos variables principales que van a determinar si una inversión es interesante o no.

Generalmente el diagrama de flujo de efectivo se representa gráficamente por flechas hacia arriba que indican un ingreso y flechas hacia abajo que indican un egreso. Estas flechas se dibujan en una recta horizontal cuya longitud

representa la escala total de tiempo del estudio que se esté haciendo. Esta recta se divide en los periodos de interés del estudio, la duración de estos periodos debe ser la misma que el periodo en el cual se aplica la tasa de interés.

La presentación gráfica de sistemas es una forma ampliamente utilizada como herramienta de análisis, ya que permite identificar aspectos relevantes de una manera rápida y simple. Una esfera donde esta técnica puede ser utilizada con éxito es en la elaboración del Manual de Normas y Procedimientos, ya sea para la asistencia al proceso de dirección o para la comprobación del adecuado cumplimiento de los Principios de Control Interno en las entidades subordinadas.

Una de las vertientes del Control Interno se encuentra en la dirección que, desde el punto de vista sistémico, tiene como elementos básicos las funciones de planificación, organización, mando y control, todas las cuales tienen como elemento común, al margen del estilo utilizado en la entidad: el proceso de toma de decisiones, donde rapidez y calidad en la decisión compiten, por lo cual el empleo de adecuadas representaciones gráficas de las situaciones bajo análisis, constituye una herramienta ventajosa para el órgano de dirección.

Tipos de Diagramas

Conceptualmente, los diagramas tienen como objetivo fundamental garantizar la modelación, tanto lógica (representación del sistema basado en la función que realiza, en lo que hace), como física (representación del sistema en una forma real: departamentos, soportes, etc) del objeto de estudio y de acuerdo a sus características pueden clasificarse en: árboles de decisión, organigramas, diagramas de flujo y otros.

De manera resumida, los árboles de decisión consisten en una herramienta gráfica donde se recogen las condiciones y las acciones relacionadas con el desarrollo de una actividad; en tanto los diagramas de flujo constituyen la representación de un sistema, que lo define en términos de sus componentes y de las relaciones entre éstos.

1.4.- INTERÉS SIMPLE E INTERÉS COMPUESTO.

Los términos interés, periodo de interés y tasa de interés, son útiles para el cálculo de sumas equivalentes de dinero para un periodo de interés en el pasado y un periodo en el futuro. Sin embargo, para más de un periodo de interés, los términos interés simple e interés compuesto resultan importantes.

El interés simple se calcula utilizando solo el principal, ignorando cualquier interés causado en los periodos de interés anteriores. El interés simple total durante diversos periodos se calcula como:

$$\text{Interés} = (\text{principal}) (\text{número de periodos}) (\text{tasa de interés})$$

En donde la tasa de interés está expresada en forma decimal.

Ejemplo: Si se obtiene un préstamo de \$1000 para pagar en 3 años a una tasa de interés simple del 5% anual. ¿Cuánto dinero se pagará al final de los tres años?

$$\text{Interés anual} = \$1000 * 0.05 = \$50$$

$$\text{Interés por los tres años} = \$50 * 3 = \$150$$

$$\text{Total a pagar al final de los 3 años} = \$1000 + \$150 = \$1150$$

Para el interés compuesto, el interés acumulado para cada periodo de interés se calcula sobre el principal más el monto total del interés acumulado en todos los periodos anteriores. Por lo tanto, el interés compuesto significa un interés sobre el interés, es decir, refleja el efecto del valor del dinero en el tiempo también sobre el interés. El interés compuesto para un periodo de tiempo se calcula:

$$\text{Interés} = (\text{principal} + \text{todo el interés causado}) (\text{tasa de interés})$$

Ejemplo: Si se obtiene un préstamo de \$1000 al 5% anual compuesto, calcule la suma total a pagar después de los tres años.

$$\text{Interés año 1} = \$1000 * 0.05 = \$50$$

Suma después del año 1 = \$1050

Interés año 2 = \$1050 * 0.05 = \$52.50

Suma después del año 2 = \$1102.50

Interés año 3 = \$1102.50 * 0.05 = \$55.13

Suma después del año 3 = \$1157.63

Concepto de equivalencia

Cuando se consideran juntos, el valor del dinero en el tiempo y la tasa de interés ayudan a desarrollar el concepto de equivalencia, el cual significa que sumas diferentes de dinero en momentos diferentes son iguales en valor económico. Por ejemplo, si la tasa de interés es de 6% anual, \$100 hoy serían equivalentes a \$106 en un año a partir de hoy ó \$94.34 hace un año.

Factores del interés compuesto

Factor de cantidad compuesta pago único (FCCPU) o factor F/P:

$$F = P (1+i)^n$$

Factor de valor presente, pago único (FVPPU) o factor P/F:

$$P = F [1 / (1+i)^n]$$

Factor del valor presente, serie uniforme (FVP-SU) o factor P/A:

$$P = A [(1+i)^n - 1 / i(1+i)^n]$$

Factor de recuperación del capital (FRC) o factor A/P:

$$A = P [i(1+i)^n / (1+i)^n - 1]$$

Factor del fondo de amortización (FA) o factor A/F:

$$A = F [i / (1+i)^n - 1]$$

Factor de cantidad compuesta, serie uniforme (FCCSU) o factor F/A:

$$F = A [(1+i)^n - 1 / i]$$

1.5.- VALOR PRESENTE

Para identificar factores es más sencillo utilizar la notación estándar de los nombres de los factores y ésta será utilizada en lo sucesivo:

Nombre del factor notación estándar

Valor presente, pago único	(P/F,i,n)
Cantidad compuesta, pago único	(F/P,i,n)
Valor presente, serie uniforme	(P/A,i,n)
Recuperación del capital	(A/P,i,n)
Fondo de amortización	(A/F,i,n)
Cantidad compuesta, serie uniforme	(F/A,i,n)

La notación anterior es útil para buscar los valores de los factores involucrados los cuales se establecen en las tablas correspondientes, por ejemplo:

(P/A,5%,10) es el factor utilizado en el cálculo de un valor presente, dado el valor de una anualidad, con una tasa de interés del 5% y un valor de 10 periodos de capitalización. Este factor, en las tablas correspondientes es igual a 7.7217

Si utilizamos la fórmula para calcular el valor de este factor (P/A), tenemos:

$$(P/A,5\%,10) = [(1+i)^n - 1 / i(1+i)^n] = (1.05)^{10} - 1 / 0.05(1.05)^{10} = 7.7217$$

Ejemplos del la utilización de factores:

Un contratista independiente realizó una auditoria de algunos registros viejos y encontró que el costo de los suministros de oficinas variaban como se muestra en la siguiente tabla:

Año 0	\$600
Año 1	\$175
Año 2	\$300
Año 3	\$135
Año 4	\$250
Año 5	\$400

Si el contratista deseaba conocer el valor equivalente de las 3 sumas más grandes solamente, ¿Cuál será ese total a una tasa de interés del 5%?

$$F = 600(F/P, 5\%, 10) + 300(F/P, 5\%, 8) + 400(F/P, 5\%, 5) \quad F = ?$$

$$F = \$1931.11$$

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

300

400

600

Otra forma de solucionarlo

$$P = 600 + 300(P/F, 5\%, 2) + 400(P/F, 5\%, 5) = \$1185.50$$

$$F = \$1185.50(F/P, 5\%, 10) = 1185.50(1.6289) = \$1931.06$$

¿Cuánto dinero tendría un hombre en su cuenta de inversión después de 8 años, si depositó \$1000 anualmente durante 8 años al 14 % anual empezando en una año a partir de hoy?

$$F = A(F/A, 14\%, 8) = 1000(13.2328) = \$13232.80$$

¿Cuánto dinero estaría una persona dispuesta a gastar ahora con el fin de evitar el gasto de \$500 dentro de 7 años a partir de hoy si la tasa de interés es del 18% anual?

$$P = F(P/F, 18\%, 7) = 500(0.3139) = \$156.95$$

¿Cuánto dinero estaría una persona dispuesta a pagar ahora por una inversión cuyo retorno garantizado será de \$600 anual durante 9 años empezando el año próximo a una tasa de interés del 16% anual?

$$P = A(P/A, 16\%, 9) = 600(4.6065) = \$2763.90$$

¿Cuánto dinero debo depositar cada año empezando dentro de 1 año al 5.5% anual con el fin de acumular \$6000 dentro de 7 años?

$$A = F(F/A, 5.5\%, 7) = 6000(0.12096) = \$725.76 \text{ anual.}$$

1.6.- VALOR FUTURO

En algunos casos, se conoce la cantidad de dinero depositado y la cantidad de dinero recibida luego de un número especificado de años pero de desconoce la tasa de interés o tasa de retorno. Cuando hay involucrados un pago único y un recibo único, una serie uniforme de pagos recibidos, o un gradiente convencional uniforme de pagos recibido, la tasa desconocida puede determinarse para "i" por una solución directa de la ecuación del valor del dinero en el tiempo. Sin embargo, cuando hay pagos no uniformes, o muchos factores, el problema debe resolverse mediante un método de ensayo y error, ó numérico.

Ejemplo: Si Carolina puede hacer una inversión de negocios que requiere de un gasto de \$3000 ahora con el fin de recibir \$5000 dentro de 5 años, ¿Cuál sería la tasa de retorno sobre la inversión?

$$P = F [1/(1+i)^n]$$

$$3000 = 5000 [1 / (1+i)^5] \quad 0.600 = 1 / (1+i)^5 \quad i = (1/0.6)^{0.2}-1 = 0.1076 = 10.76\%$$

1.7.- FACTOR DE RECUPERACIÓN DE CAPITAL (A / P) Y FONDO DE AMORTIZACIÓN (A / F)

En el análisis económico del punto de equilibrio, algunas veces es necesario determinar el número de años (periodos) requerido antes de que la inversión se pague. Otras veces se desea saber cuándo determinadas cantidades de dinero estarán disponibles a partir de una inversión propuesta. En estos casos, el valor desconocido es "n"; para encontrar esta variable pueden utilizarse técnicas similares a aquellas que se utilizan para el cálculo de tasa de interés desconocida.

Ejemplo: ¿Cuánto tiempo tardará duplicar \$1000 si la tasa de interés de del 5% anual?

El valor "n" se puede determinar sea mediante el factor F/P o el factor P/F. utilizando el factor P/F.

$$P = F(P/F, i, n)$$

$$1000 = 2000(P/F, 5\%, n)$$

$$(P/F, 5\%, n) = 0.500$$

Según la tabla de interés del 5%, el valor 0.5 bajo la columna P/F se encuentra entre 14 y 15 años. Por interpolación, $n = 14.2$ años.

$$\text{Por logaritmos: } \ln (1.05)^n = \ln 2 \quad \dots \quad n = \ln 2 / \ln 1.05 = 14.21$$

UNIDAD 2: CAPITALIZACION DE INTERES

OBJETIVO: El alumno aplicará la capitalización del interés para problemas de la Ingeniería Ambiental, mediante el modelo del interés compuesto

2.1.- TASA DE CAPITALIZACIÓN

Las tasas de interés nominales y efectivas tienen la misma relación que entre sí guardan el interés simple y el compuesto. La diferencia es que las tasas de interés efectivas se utilizan cuando el periodo de capitalización (o periodo de interés) es menor a un año, por ejemplo 1% mensual, deben considerarse los términos de las tasas de interés nominales y efectivas.

El diccionario define la palabra nominal como “pretendida, llamada, ostensible o profesada”. Estos sinónimos implican que una tasa de interés nominal no es una tasa correcta, real, genuina o efectiva.

Las tasas de interés nominales deben convertirse en tasas efectivas con el fin de reflejar, en forma precisa, consideraciones del valor del tiempo. Antes de analizar las tasas efectivas, sin embargo, es preciso definir la tasa de interés nominal, r , como la tasa de interés por periodo por el número de periodos. En forma de ecuación,

$R = \text{tasa de interés del periodo} * \text{número de periodos.}$

Puede encontrarse una tasa de interés nominal para cualquier periodo de tiempo mayor que el periodo originalmente establecido. Por ejemplo, una tasa de interés de una periodo que aparece como 1.5% mensual también puede expresarse como un 4.5% nominal por trimestre.

La tasa de interés nominal obviamente ignora el valor del dinero en el tiempo y la frecuencia con la cual se capitaliza el interés. Cuando se considera el valor del dinero en el tiempo al calcular las tasas de interés a partir de las tasas de interés del periodo, la tasa se denomina tasa de interés efectiva. De igual manera que fue válido para las tasas de interés nominales, las tasas efectivas

pueden determinarse para cualquier periodo de tiempo mayor que el periodo establecido originalmente.

Para comprender la diferencia entre tasas de interés nominales y efectivas, se determina el valor futuro de \$100 dentro de 1 año utilizando ambas tasas. Si un banco paga el 12% de interés compuesto anualmente, el valor futuro de \$100 utilizando una tasa de interés del 12% anual es:

$$F = P(1+i)^n = 100(1.12)^1 = \$112.00$$

Por otra parte, si el banco paga un interés que es compuesto semestralmente, el valor futuro debe incluir el interés sobre el interés ganado en el primer periodo. Una tasa de interés del 12% anual, compuesto semestralmente significa que el banco pagará 6% de interés después de 6 meses y otro 6% después de 12 meses. Por lo tanto, los valores futuros de \$100 después de 6 meses y después de 12 meses son:

$$F_6 = 100(1.06)^1 = \$106.00$$

$$F_{12} = 106(1.06)^1 = \$112.36$$

Donde 6% es la tasa de interés efectiva semestral. En este caso, el interés ganado en 1 año es de \$12.36 en vez de \$12.00; por consiguiente, la tasa de interés efectiva anual es de 12.36%. la ecuación para determinar la tasa de interés efectiva a partir de la tasa de interés nominal puede generalizarse de la siguiente manera:

$$i = (1 + r/m)^m - 1$$

donde: i = tasa de interés efectiva por periodo

r = tasa de interés nominal por periodo

m = número de periodos de capitalización

Ejemplo de el cálculo de tasas de interés efectivas:

Una tarjeta de crédito tiene una tasa de interés del 2% mensual sobre el saldo no pagado.

- Calcule la tasa efectiva por periodo semestral.
- Si la tasa de interés se expresa como 5% por trimestre, encuentre las tasas efectivas por periodos semestrales y anuales.

Solución:

En esta parte del ejemplo, el periodo de capitalización es mensual. Dado que se desea obtener la tasa de interés efectiva por periodo semestral, la “r” debe ser la tasa nominal por 6 meses ó $r = 2\% \text{ mensual} * 6 \text{ meses (periodo semestral)} = 12\%$ por periodo semestral la “m” es igual a 6, puesto que el interés estaría compuesto 6 veces en un periodo de 6 meses. Por lo tanto, la tasa efectiva semestral es: $i \text{ por cada 6 meses} = (1 + 0.12/6)^6 - 1 = 0.1262 = 12.62\%$

Para una tasa de interés del 5% por trimestre, el periodo de capitalización es trimestral. Por consiguiente, en un periodo semestral, $m = 2$ y $r = 10\%$. En consecuencia,

$$i \text{ por cada 6 meses} = (1 + 10/2)^2 - 1 = 0.1025 = 10.25\%$$

La tasa de interés efectiva anual puede determinarse utilizando $r = 20\%$ y $m = 4$, de la siguiente manera:

$$i \text{ por cada año} = (1 + 20/4)^4 - 1 = .2155 = 21.55\%$$

2.2.- CALCULO DE PAGOS PERIODICOS

Cuando el periodo de capitalización de una inversión o préstamo no coincide con el periodo de pago, se hace necesario manipular la tasa de interés y/o pago con el fin de determinar la cantidad correcta de dinero acumulado o pagado en diversos momentos. Recuerde que si el pago y los periodos de capitalización no coinciden, no es posible utilizar las tablas de interés hasta

hacer las correcciones apropiadas. En esta ocasión analizaremos la situación en la cual el periodo de pago (por ejemplo un año) es igual o mayor que el periodo de capitalización (por ejemplo un mes). Dos condiciones pueden ocurrir:

- Los flujos de efectivo requieren del uso de factores de pago único (P/F, F/P).
- Los flujos de efectivo requieren el uso de series uniformes o factores de gradientes.

Factores de pago único

En esencia, un número infinito de procedimientos correctos pueden utilizarse cuando solamente hay factores únicos involucrados. Esto se debe a que sólo hay dos requisitos que deben ser satisfechos: (1) Debe utilizarse una tasa efectiva para i . y (2) las unidades en n deben ser las mismas que aquéllas en i . en notación estándar de factores, entonces, las ecuaciones de pago único pueden generalizarse de la siguiente manera:

$$P = F(P/F, i \text{ efectivo por periodo, número de periodos})$$

$$F = P(F/P, i \text{ efectivo por periodo, número de periodos})$$

Por consiguiente, para una tasa de interés del 12% anual compuesto mensualmente, podrían utilizarse cualquiera de las i y los valores correspondientes de n que aparecen en la siguiente tabla, en las fórmulas de pago único. Por ejemplo, si se utiliza la tasa efectiva equivalente por mes para i (1%), entonces el término n debe estar en meses (12). Si se utiliza una tasa de interés efectiva semestral para i , es decir $(1.03)^3 - 1$ ó 3.03%, entonces n debe estar en trimestres (4).

Tasa de interés efectiva	Unidades par n
1% mensual	Meses
3.03% trimestral	trimestres
6.15% semestral	Periodos semestrales

12.68% anual	Años
26.97% cada 2 años	Periodos de 2 años

El señor Hernández planea invertir su dinero en un depósito que paga el 18% anual compuesto diariamente. ¿Qué tasa efectiva recibirá anual y semestralmente?

$$i_{\text{anual}} = (1 + 0.18/365)^{365} - 1 = 19.72\%$$

$$i_{\text{semestral}} = (1 + 0.09/182)^{182} - 1 = 9.41\%$$

Si una persona deposita \$1000 ahora, \$3000 dentro de 4 años a partir de la fecha del anterior depósito y \$1500 dentro de 6 años a una tasa de interés del 12% anual compuesto semestralmente. ¿Cuánto dinero tendrá en su cuenta dentro de 10 años?

Solución: Suponga que se ha decidido utilizar una tasa de interés anual para resolver el problema. Dado que solamente pueden ser utilizadas tasas de interés efectivas en las ecuaciones, el primer paso es encontrar la tasa efectiva anual. De acuerdo con la tabla anterior, para $r = 12\%$ y capitalización semestral, $i_{\text{efectivo}} = 12.36\%$, o mediante la ecuación:

$$i_{\text{anual}} = (1 + 0.12/2)^2 - 1 = 0.1236 = 12.36\%$$

Dado que i está expresado en unidades anuales, n debe estar expresado en años. Por lo tanto.

$$F = 1000(F/P, 12.36\%, 10) + 3000(F/P, 12.36\%, 6) + 1500(F/P, 12.36\%, 4)$$

$$F = 1000(3.21) + 3000(2.01) + 1500(1.59)$$

$$F = \$11625.00$$

Como el interés capitaliza semestralmente, si utilizamos la tasa de interés efectiva semestral, obtenemos el siguiente resultado:

$$F = 1000(F/P, 6\%, 20) + 3000(F/P, 6\%, 12) + 1500(F/P, 6\%, 8)$$

$$F = 1000(3.2071) + 3000(2.0122) + 1500(1.5938)$$

$$F = \$11634.40$$

Si una mujer deposita \$500 cada 6 meses durante 7 años. ¿Cuánto dinero tendrá luego del último depósito si la tasa de interés es del 20% anual compuesto trimestralmente?

$n = 14$ semestres; convertir la tasa trimestral en semestral

$$i = (1 + 0.10/2)^2 - 1 = 10.25\% \text{ semestral.}$$

$$F = A(F/A, i, n) = 500(10.25\%, 14) = 500[(1.1025)^{14} - 1 / .1025]$$

$$F = \$14244.53$$

2.3.- FACTORES DE CAPITALIZACIÓN DE INTERÉS

Cuando el periodo de pago es más corto que el periodo de capitalización ($PP < PC$), el procedimiento para calcular el valor futuro o el valor presente, depende de las condiciones especificadas en relación con la capitalización entre los periodos. La capitalización ínter periódica se refiere al manejo de los pagos efectuados entre los periodos de capitalización. Pueden existir 3 casos posibles:

- No hay interés pagado sobre el dinero depositado o retirado entre los periodos de capitalización.
- El dinero depositado o retirado entre los periodos de capitalización gana un interés simple.
- Todas las transacciones entre los periodos ganan interés compuesto.

En esta ocasión se considera únicamente el caso 1 ya que la mayoría de las transacciones reales del mundo real se encuentran dentro de esta categoría. Si no se paga interés sobre las transacciones entre los periodos, entonces se

considera que cualquier cantidad de dinero depositado o retirado entre los periodos de capitalización ha sido depositada al final del periodo de capitalización o retirada al principio de dicho periodo.

Ejemplo: Si la tasa de interés es del 12% anual compuesta trimestralmente, entonces para el siguiente flujo de efectivo, tenemos:

90 120 45 150 200 75 100 50

$$P = -150 - 200(P/F, 3\%, 1) - 85(P/F, 3\%, 2) + 165(P/F, 3\%, 3) - 50(P/F, 3\%, 4)$$

$$P = \$317.73$$

Tasa de interés efectiva para capitalización continua

A medida que el periodo de capitalización disminuye, el valor m (número de periodos de capitalización) aumenta.

Cuando el interés se capitaliza en forma continua, m se acerca al infinito y la fórmula de tasa de interés efectiva puede escribirse de una nueva forma:

$$i = e^r - 1$$

Ejemplo: Para una tasa de interés del 15% anual, la tasa efectiva continua anual es:

$$i = e^{0.15} - 1 = 0.16183 = 16.18\%$$

Para una tasa de interés del 18% anual compuesto en forma continua, calcule la tasa de interés efectiva anual y mensual.

$$i_{\text{mensual}} = e^{0.18/12} - 1 = 1.51\%$$

$$i_{\text{anual}} = e^{0.18} - 1 = 19.72\%$$

Si un inversionista exige un retorno efectivo de por lo menos el 15% sobre su dinero ¿Cuál es la tasa mínima anual nominal aceptable si tiene lugar una capitalización continua?

$$0.15 = e^r - 1 \quad \text{---} \quad e^r = 1.15 \quad \text{---} \quad \ln e^r = \ln 1.15 \quad \text{---} \quad r = \ln 1.15$$

$$r = 0.1398 = 13.98\%$$

El señor Rodríguez y la señora Hernández planean invertir \$5000 a 10 años a un 10% anual. Calcule el valor futuro para ambos si el señor Rodríguez obtiene un interés compuesto anualmente y la señora Hernández obtiene capitalización continua.

$$\text{Para el señor R.: } F = P(F/P, 10\%, 10) = 5000(2.5937) = \$12968.5$$

$$\text{Para la señora H.: } i = e^{0.10} - 1 = 10.52\%$$

$$F = P(1+i)^n = 5000(1.1052)^{10} = 5000(2.72) = \$13594.99$$

UNIDAD III: ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE INVERSION

OBJETIVO: El alumno evaluará alternativas de inversión y comprenderá la importancia de cada una de ellas.

3.1.- MÉTODO DEL VALOR PRESENTE NETO

El método del valor presente de evaluación de alternativas es muy popular debido a que los gastos o los ingresos futuros se transforman en dólares equivalentes de ahora. Es decir, todos los flujos futuros de efectivo asociado con una alternativa se convierten en dólares presentes. En esta forma, es muy fácil, aún para una persona que no está familiarizada con el análisis económico, ver la ventaja económica de una alternativa sobre otra.

La comparación de alternativas con vidas iguales mediante el método del valor presente es directa. Si se utilizan ambas alternativas con capacidades idénticas para el mismo periodo de tiempo, estas reciben el nombre de alternativas de servicio igual.

Con frecuencia, los flujos de efectivo de una alternativa representan solamente desembolsos, es decir, no se estiman entradas. Por ejemplo, se podría estar interesado en identificar el proceso cuyo costo inicial, operacional y de mantenimiento equivalente es más bajo. En otras ocasiones, los flujos de efectivo incluirán entradas y desembolsos. Las entradas, por ejemplo, podrían provenir de las ventas de un producto, de los valores de salvamento de equipo o de ahorros realizables asociados con un aspecto particular de la alternativa. Dado que la mayoría de los problemas que se considerarán involucran tanto entradas como desembolsos, estos últimos se representan como flujos negativos de efectivo y las entradas como positivos.

Por lo tanto, aunque las alternativas comprendan solamente desembolsos, o entradas y desembolsos, se aplican las siguientes guías par seleccionar una alternativa utilizando la medida de valor del valor presente:

- Una alternativa: Si $VP \geq 0$, la tasa de retorno solicitada es lograda o excedida y la alternativa es financieramente viable.

- Dos alternativas o más: Cuando sólo puede escogerse una alternativa (las alternativas son mutuamente excluyentes), se debe seleccionar aquella con el valor presente que sea mayor en términos numéricos, es decir, menos negativo o más positivo, indicando un VP de costos más bajos o VP más alto de un flujo de efectivo neto de entradas y desembolsos.

En lo sucesivo se utiliza el símbolo VP, en lugar de P, para indicar la cantidad del valor presente de una alternativa.

Ejemplo: Haga una comparación del valor presente de las máquinas de servicio igual para las cuales se muestran los costos a continuación, si la $i = 10\%$ anual.

	Tipo A	Tipo B
Costo inicial (P) \$	2500	3500
Costo anual de operación (CAO) \$	900	700
Valor de salvamento (VS) \$	200	350
Vida (años)	5	5

La solución queda de la siguiente manera:

$$VPA = -2500 - 900(P/A, 10\%, 5) + 200(P/F, 10\%, 5) = \mathbf{-\$5787.54}$$

$$VPB = -3500 - 700(P/A, 10\%, 5) + 350(P/F, 10\%, 5) = \mathbf{-\$5936.25}$$

Una agente viajera espera comprar un auto usado este año y ha estimado la siguiente información: El costo inicial es \$10,000; el valor comercial será de \$500 dentro de 4 años; el mantenimiento anual y los costos de seguro son de \$1,500; y el ingreso anual adicional debido a la capacidad de viaje es de \$5,000. ¿Podrá la agente viajera obtener una tasa de retorno del 20% anual sobre su compra?

Solución: Calcular el VP de la inversión con $i = 20\%$

$$VP = -10000 + 500(P/F,20\%,4) - 1500(P/A,20\%,4) + 5000(P/A,20\%,4) = -$$

\$698.40

No obtendrá una tasa de retorno del 20% porque VP es menor que cero.

Comparación en valor presente de alternativas con vidas diferentes

Cuando se utiliza el método del valor presente para comparar alternativas mutuamente excluyentes que tienen vidas diferentes, se sigue un procedimiento similar al anterior, pero con una excepción: Las alternativas deben compararse durante el mismo número de años. Esto es necesario pues, una comparación comprende el cálculo del valor presente equivalente de todos los flujos de efectivo futuros para cada alternativa. Una comparación justa puede realizarse sólo cuando los valores presentes representan los costos y las entradas asociadas con un servicio igual.

La imposibilidad de comparar un servicio igual siempre favorecerá la alternativa de vida más corta (para costos), aún si ésta no fuera la más económica, ya que hay menos periodos de costos involucrados. El requerimiento de servicio igual puede satisfacerse mediante dos enfoques:

- Comparar las alternativas durante un periodo de tiempo igual al mínimo común múltiplo (MCM) de sus vidas.
- Comparar las alternativas utilizando un periodo de estudio de longitud de "n" años, que no necesariamente considera las vidas de las alternativas. Este se denomina el enfoque de horizonte de planeación.

Para el enfoque MCM, se logra un servicio igual comparando el mínimo común múltiplo de las vidas entre las alternativas, lo cual hace que automáticamente sus flujos de efectivo extiendan al mismo periodo de tiempo. Es decir, se supone que el flujo de efectivo para un "ciclo" de una alternativa debe duplicarse por el mínimo común múltiplo de los años en términos de dinero de valor constante. Entonces, el servicio se compara durante la misma vida total para cada alternativa. Por ejemplo, si se desean comparar alternativas que tienen vidas de 3 y 2 años, respectivamente, las alternativas son evaluadas durante un periodo de 6 años. Es importante recordar que cuando una

alternativa tiene un valor de salvamento terminal positivo o negativo, éste también debe incluirse y aparecer como un ingreso en el diagrama de flujo de efectivo de cada ciclo de vida. Es obvio que un procedimiento como éste requiere que se planteen algunos supuestos sobre las alternativas en sus ciclos de vida posteriores. De manera específica, estos supuestos son:

- Las alternativas bajo consideración serán requeridas para el mínimo común múltiplo de años o más.
- Los costos respectivos de las alternativas en todos los ciclos de vida posteriores serán los mismos que en el segundo.

El segundo supuesto es válido cuando se espera que los flujos de efectivo cambien con la tasa de inflación o de deflación exactamente, lo cual es aplicable a través del periodo de tiempo MCM. Si se espera que los flujos de efectivo cambien en alguna otra tasa, entonces debe realizarse un estudio del periodo con base en el análisis de VP. Esta aseveración también se cumple cuando no puede hacerse el supuesto durante el tiempo en que se necesitan las alternativas.

Para el segundo enfoque del periodo de estudio, se selecciona un horizonte de tiempo sobre el cual debe efectuarse el análisis económico y sólo aquellos flujos de efectivo que ocurren durante ese periodo de tiempo son considerados relevantes para el análisis. Los demás flujos de efectivo que ocurran más allá del horizonte estipulado, bien sea que ingresen o que salgan, son ignorados. Debe hacerse y utilizarse un valor de salvamento realista estimado al final del periodo de estudio de ambas alternativas. El horizonte de tiempo seleccionado podría ser relativamente corto, en especial cuando las metas de negocios de corto plazo son muy importantes, o viceversa. En cualquier caso, una vez que se ha seleccionado el horizonte y se han estimado los flujos de efectivo para cada alternativa, se determinan los valores VP y se escoge el más económico. El concepto de periodo de estudio u horizonte de planeación, es de particular utilidad en el análisis de reposición.

Ejemplo: Un administrador de planta está tratando de decidir entre dos máquinas excavadoras con base en las estimaciones que se presentan a continuación:

	Máquina A	Máquina B
Costo inicial P	11000	18000
Costo anual de operación	3500	3100
Valor de salvamento	1000	2000
Vida (años)	6	9

- Determinar cuál debe ser seleccionada con base en una comparación de valor presente utilizando una tasa de interés del 15% anual.
- Si se especifica un periodo de estudio de 5 años y no se espera que los valores de salvamento cambien, ¿Cuál alternativa debe seleccionarse?
- ¿Cuál máquina debe ser seleccionada en un horizonte de 6 años si se estima que el valor de salvamento de la máquina B es de \$6000 después de 6 años?

Solución:

- Puesto que las máquinas tienen vidas diferentes, estas deben compararse con su MCM, que es 18 años. Para ciclos de vida posteriores al primero, el primer costo se repite en el año 0 del nuevo ciclo, que es el último año del ciclo anterior. Estos son los años 6 y 12 para la máquina A y al año 9 para la máquina B.

$$\text{VPA} = -11000 - 11000(P/F, 15\%, 6) - 11000(P/F, 15\%, 12) - 3500(P/A, 15\%, 18) + 1000(P/F, 15\%, 6) + 1000(P/F, 15\%, 12) + 1000(P/F, 15\%, 18) = \mathbf{-\$38599.20}$$

$$\text{VPB} = -18000 - 18000(P/F, 15\%, 9) - 3100(P/A, 15\%, 18) + 2000(P/F, 15\%, 9) + 2000(P/F, 15\%, 18) = \mathbf{\$41384.00}$$

Se selecciona la máquina A puesto que cuesta menos en términos de VP que la máquina B.

□ Para un horizonte de planeación a 5 años no se necesitan repeticiones de ciclo y $VSA = \$1000$ y $VSB = \$2000$ en el año 5. El análisis VP es:

$$VPA = -11000 - 3500(P/A, 15\%, 5) + 1000(P/F, 15\%, 5) = \mathbf{-\$22235.50}$$

$$VPB = -18000 - 3100(P/A, 15\%, 5) + 2000(P/F, 15\%, 5) = \mathbf{-\$27397.42}$$

La máquina A sigue siendo la mejor selección.

➤ Para el horizonte de planeación de 6 años, $VSB = \$6000$ en el año 6.

$$VPA = -11000 - 3500(P/A, 15\%, 6) + 1000(P/F, 15\%, 6) = \mathbf{-\$23813.45}$$

$$VPB = -18000 - 3100(P/A, 15\%, 6) + 6000(P/F, 15\%, 6) = \mathbf{-\$27138.15}$$

Definitivamente la máquina A es la mejor alternativa.

La empresa de Cementos planea abrir una nueva cantera. Se han diseñado dos planes para el movimiento de la materia prima desde la cantera hasta la planta. El plan A requiere la compra de dos volquetas y la construcción de una plataforma de descargue en la planta. El plan B requiere la construcción de un sistema de banda transportadora desde la cantera hasta la planta. Los costos para cada plan se detallan más adelante en la tabla correspondiente.

Mediante el análisis del VP, determinar cuál plan debe seleccionarse si el dinero vale actualmente 15% anual.

		Plan A	Plan B
	volqueta	plataforma	Banda transportadora
Costo inicial	45000	28000	175000
Costo anual de operación	6000	300	2500
Valor de salvamento	5000	2000	10000
Vida (años)	8	12	24

Solución: La evaluación debe incluir del MCM de 8 y 12, es decir, 24 años. La reinversión en las 2 volquetas ocurrirá en los años 8 y 16, y la plataforma nuevamente deberá ser comprada en el año 12. No se necesita reinversión para el plan B.

Para simplificar los cálculos, analicemos que los CAO de el plan A son \$9800 más elevados que para el plan B (2 volquetas = $(12000 + 300) - 2500 = 9800$

Por lo tanto, el VPA = VP volquetas + VP plataforma + VPCAO

$$\text{VP volquetas} = -90000 - 90000(0.3269) - 90000(0.1069) + 10000(0.3269) + 10000(0.1069) + 10000(0.0349) = \mathbf{-\$124355.00}$$

$$\text{VP plataforma} = -28000 - 28000(0.1869) + 2000(0.1869) + 2000(0.0349) = \mathbf{-\$32789.60}$$

$$\text{VPCAO} = -9800(6.4338) = \mathbf{-\$63051.24}$$

Por lo tanto el VP plan A = **-\$220195.84**

Para el plan B se resuelve de la siguiente manera:

$$\text{VP plan B} = -175000 + 10000(0.0349) = \mathbf{-\$174651.00}$$

Como se puede apreciar, el plan más viable es el plan B (es el menos negativo), por lo que se debe optar por esta alternativa y construir la banda transportadora.

Ejemplo: Un propietario de un restaurante está tratando de decidir entre dos vaciadores de desechos de basura. Un vaciador de acero común (AC) tiene un costo inicial de \$65000 y una vida de 4 años. La otra alternativa es un vaciador resistente al óxido construido principalmente de acero inoxidable (AI), cuyo costo inicial es de \$110000; se espera que éste dure 10 años. Debido a que el vaciador AI tiene un motor ligeramente más grande, se espera que su operación cueste alrededor de \$5000 más por año que la del vaciador AC. Si la tasa de interés es 16% anual, ¿Cuál alternativa debe seleccionarse?

AC: $P = \$65000$; $n = 4$ años; $A = \$0.00$

AI: $P = \$110000$; $n = 10$ años; $A = \$5000$

$VP (AC) = -65000 - 65000(P/F, 16\%, 4) - 65000(P/F, 16\%, 8) - 65000(P/F, 16\%, 12) - 65000(P/F, 16\%, 16) = \mathbf{-\$137,722.00}$

$VP (AI) = -110000 - 110000(P/F, 16\%, 10) - 5000(P/A, 16\%, 20) = \mathbf{-\$164,581.00}$

Debe adquirir el vaciador de acero común, ya que es el que presenta el menor valor presente total.

Cálculos del costo capitalizado

El costo capitalizado (CC) se refiere al valor presente de un proyecto cuya vida útil se supone durará para siempre. Algunos proyectos de obras públicas tales como diques, sistemas de irrigación y ferrocarriles se encuentran en esta categoría. Además, las dotaciones permanentes de universidades o de organizaciones de caridad se evalúan utilizando métodos de costo capitalizado. En general, el procedimiento seguido al calcular el costo capitalizado de una secuencia infinita de flujos de efectivo es el siguiente:

- Trace un diagrama de flujo de efectivo que muestre todos los costos y/o ingresos no recurrentes (una vez) y por lo menos dos ciclos de todos los costos y entradas recurrentes (periódicas).
- Encuentre el valor presente de todas las cantidades no recurrentes.
- Encuentre el valor anual uniforme equivalente (VA) durante un ciclo de vida de todas las cantidades recurrentes y agregue esto a todas las demás cantidades uniformes que ocurren en los años 1 hasta el infinito, lo cual genera un valor anual uniforme equivalente total (VA).
- Divida el VA obtenido en el paso 3 mediante la tasa de interés "i" para lograr el costo capitalizado.
- Agregue el valor obtenido en el paso 2 al valor obtenido en el paso 4.

El propósito de empezar la solución trazando un diagrama de flujo de efectivo debe ser evidente. Sin embargo, el diagrama de flujo de efectivo es

probablemente más importante en los cálculos de costo capitalizado que en cualquier otra parte, porque éste facilita la diferenciación entre las cantidades no recurrentes y las recurrentes o periódicas.

$$\text{Costo capitalizado} = VA / i \text{ ó } VP = VA / i ; P = A / i$$

Ejemplo: Calcule el costo capitalizado de un proyecto que tiene un costo inicial de \$150,000 y un costo de inversión adicional de \$50,000 después de 10 años. El costo anual de operación será de \$5,000 durante los primeros 4 años y \$8,000 de allí en adelante. Además se espera que haya un costo de adaptación considerable de tipo recurrente por \$15000 cada 13 años. Suponga que $i = 15\%$ anual.

$$P1 = -150,000 - 50,000(P/F, 15\%, 10[0.2472]) = -\$162,360.00$$

$$A1 = -15,000(A/F, 15\%, 13[0.02911]) = -\$436.65$$

$$P2 = -436.65 / 0.15 = -\$2911.00$$

$$P3 = 5,000 / 0.15 = -\$33,333.33$$

$$P4 = -3,000 / 0.15 (P/F, 15\%, 4[0.5718]) = -\$11,436.00$$

$$VP = P1 + P2 + P3 + P4 = \mathbf{-\$210,040.33}$$

Actualmente hay dos lugares en consideración para la construcción de un puente que cruce el río Ohio. El lado norte, que conecta una autopista estatal principal haciendo una ruta circular interestatal alrededor de la ciudad, aliviaría en gran medida el tráfico local. Entre las desventajas de éste lugar se menciona que el puente haría poco para aliviar la congestión de tráfico local durante las horas de congestión y tendría que ser alargado de una colina a otra para cubrir la parte más ancha del río, las líneas del ferrocarril y las autopistas locales que hay debajo. Por consiguiente, tendría que ser un puente de suspensión. El lado sur requeriría un espacio mucho más corto, permitiendo la construcción de un puente de celosía, pero exigiría la construcción de una nueva carretera.

El puente de suspensión tendría un costo inicial de \$30,000,000 con costos anuales de inspección y mantenimiento de \$15,000. Además, el suelo de concreto tendría que ser repavimentado cada 10 años a un costo de \$50,000. Se espera que el puente de celosía y las carreteras cuesten \$12,000,000 y tengan costos anuales de mantenimiento de \$10,000. Así mismo, éste tendría que ser pulido cada 10 años a un costo de \$45,000. Se espera que el costo de adquirir los derechos de vía sean de \$800,000 para el puente de suspensión y de \$10,300,000 para el puente de celosía. Compare las alternativas con base en su costo capitalizado si la tasa de interés es de 6% anual.

Solución:

Alternativa 1: $P = 30,000,000 + 800,000$; $A = 15,000$; $R1 = 50,000$ c/10 años.

Alternativa 2: $P = 12,000,000 + 10,300,000$; $A = 8,000$; $R1 = 10,000$ c/ 3 años;
 $R2 = 45,000$ c/ 10 años.

$$VP1 = -30,000,000 - 800,000 - (15,000/0.06) - ((50,000/0.06)(A/F,6\%,10)[0.07587]) = \mathbf{-\$31,113,225.00}$$

$$VP2 = -12,000,000 - 10,300,000 - ((10,000/0.06)(A/F,6\%,3)[0.31411]) - ((45,000/0.06)(A/F,6\%,10)[0.07587]) = \mathbf{-\$22,542,587.50}$$

Se debe construir el puente de celosía, puesto que su costo capitalizado es más bajo.

Ejemplo: Un ingeniero de una ciudad está considerando dos alternativas para el suministro de agua local. La primera alternativa comprende la construcción de un embalse de tierra sobre un río cercano, que tiene un caudal altamente variable. El embalse formará una represa, de manera que la ciudad pueda tener una fuente de agua de la cual pueda depender. Se espera que el costo inicial del embalse sea de \$8,000,000 con costos de mantenimiento anual de \$25,000 y que el embalse dure indefinidamente.

Como alternativa, la ciudad puede perforar pozos en la medida requerida y construir acueductos para transportar el agua a la ciudad. El ingeniero estima

que se requerirá inicialmente un promedio 10 pozos a un costo de \$45,000 por cada uno, incluyendo la tubería de conducción. Se espera que la vida promedio de un pozo sea de 5 años con un costo anual de operación de \$12,000 por pozo. Si la tasa de interés que se utiliza es del 15% anual, determine cuál alternativa debe seleccionarse con base en sus costos capitalizados.

Alternativa 1: $P = 8,000,000$; $A = 25,000$

Alternativa 2: $P = 45,000 * 10$; $n = 10$ años; $A = 12,000 * 10$

$$VP1 = -8,000,000 - 25,000/0.15 = \mathbf{-\$8,166,666.67}$$

$$A1 = -45,000 * 10(A/P, 15\%5[0.29832]) = -134,244.00$$

$$A2 = 12,000 * 10 = 120,000$$

$$VP2 = (A1 + A2)/i = (-134,244 - 120,000) / 0.15 = \mathbf{-\$1,694,960.00}$$

Los costos son considerablemente más baratos que el embalse.

Método del valor anual uniforme equivalente

El método VA se utiliza comúnmente para comparar alternativas. El VA significa que todos los ingresos y desembolsos son convertidos en una cantidad anual uniforme equivalente de fin de periodo, que es la misma cada periodo.

La ventaja principal de éste método sobre todos los demás radica en que en este no se requiere hacer comparación sobre el mínimo común múltiplo de los años cuando las alternativas tienen vidas útiles diferentes, es decir, el VA de la alternativa se calcula para un ciclo de vida únicamente, porque como su nombre lo implica, el VA es un valor anual equivalente sobre la vida del proyecto. Si el proyecto continúa durante más de un ciclo, se supone que el valor anual equivalente durante el siguiente ciclo y todos los ciclos posteriores es exactamente igual que para el primero, siempre y cuando todos los flujos de efectivo actuales sean los mismos para cada ciclo.

La condición repetible de la serie anual uniforme a través de diversos ciclos de vida puede demostrarse con el siguiente ejemplo.

El valor anual para dos ciclos de vida de un activo con un costo inicial de \$20,000, un costo de operación anual de \$8,000 una vida de 3 años y una $i=22\%$.

El VA para un ciclo de vida se calculará de la siguiente manera:

$$VA = -20,000(A/P, 22\%, 3[0.48966]) - 8000 = -\$17793.20$$

El VA para dos ciclos de vida:

$$VA = -20,000(A/P, 22\%, 6[0.31576]) - 20,000(P/F, 22\%, 3[0.5507])(A/P, 22\%, 6) - 8000 = -\$17793.20$$

Período de estudio para alternativas con vidas útiles diferentes

El método de valor anual para comparar alternativas es probablemente el más simple a realizar. La alternativa seleccionada tiene el costo equivalente más bajo o el ingreso equivalente más alto.

Tal vez la regla más importante de recordar al hacer las comparaciones VA es la que plantea que sólo debe de considerarse un ciclo de vida de cada alternativa, lo cual se debe a que el VA será el mismo para cualquier número de ciclos de vida que para uno.

Ejemplo: Los siguientes datos han sido estimados para dos máquinas de pelar tomates que prestan el mismo servicio, las cuales serán evaluadas por un gerente de una planta enlatadora:

	Máquina A	Máquina B
Costo inicial	26,000	36,000
Costo de mto. Anual	800	300
Costo de mano de obra anual	11,000	7,000

ISR anuales	-	2,600
Valor de salvamento	2,000	3,000
Vida en años	6	10

Si la tasa de retorno mínima requerida es 15% anual, ¿Cuál máquina debe seleccionar el gerente?

$$VAA = -26,000(A/P, 15\%, 6[0.26424]) + 2000(A/F, 15\%, 6[0.11424]) - 11800$$

$$= -\$18,441.76$$

$$VAB = -36000(A/P, 15\%, 10[0.19925]) + 3000(A/F, 15\%, 10[0.04925]) - 9900$$

$$= -\$16,925.25$$

Se selecciona la máquina B puesto que representa el costo anual más bajo.

- Suponga que la Compañía del ejemplo anterior está planeando salir del negocio de enlatados de tomates dentro de 4 años. Para ese momento, la compañía espera vender la máquina A en \$12,000 o la máquina B en \$15,000. Se espera que todos los demás costos continúen iguales. ¿Cuál máquina debe comprar la compañía bajo estas condiciones?
- Si todos los costos, incluyendo los valores de salvamento, son los mismos que se habían estimado originalmente, ¿Cuál máquina debe seleccionarse utilizando un horizonte de 4 años?
- $VAA = -26000(A/P, 15\%, 4[0.35027]) + 12000(A/F, 15\%, 4[0.20027]) - 11800 = -\$18,503.78$

$$VAB = -36000(A/P, 15\%, 4[0.35027]) + 15000(A/F, 15\%, 4[0.20027]) - 9900 = -\$19,505.67$$

Se selecciona la máquina A.

- $VAA = -26000(A/P, 15\%, 4[0.35027]) + 2000(A/F, 15\%, 4[0.20027]) - 11800 = -\$20,506.48$

$$VAB = -36000(A/P, 15\%, 4[0.35027]) + 3000(A/F, 15\%, 4[0.20027]) - 9900 = -\$21,908.91$$

Se selecciona la máquina A.

Método de fondo de amortización de salvamento

Cuando un activo tiene un valor de salvamento terminal (VS), hay muchas formas de calcular el VA.

En el método del fondo de amortización de salvamento, el costo inicial P se convierte primero en una cantidad anual uniforme equivalente utilizando el factor A/P. Dado normalmente, su carácter de flujo de efectivo positivo, después de su conversión a una cantidad uniforme equivalente a través del factor A/F, el valor de salvamento se agrega al equivalente anual del costo inicial. Estos cálculos pueden estar representados por la ecuación general:

$$VA = -P(A/P, i, n) + VS(A/F, i, n) ; \text{ naturalmente, si la alternativa tiene cualquier otro flujo de efectivo, éste debe ser incluido en el cálculo completo de VA.}$$

Ejemplo: Calcule el VA de un aditamento de tractor que tiene un costo inicial de \$8000 y un valor de salvamento de \$500 después de 8 años. Se estima que los costos anuales de operación de la máquina son \$900 y se aplica una tasa de interés del 20% anual.

$$VA = -8000(AP, 20, 8[0.26061]) + 500(AF, 20, 8[0.06061]) - 900 = -2954.58$$

Ejemplo: una pizzería local acaba de comprar una flota de cinco mini vehículos eléctricos para hacer entregas en un área urbana. El costo inicial fue de \$4600 por vehículo y su vida esperada y valores de salvamento son 5 años y \$300 respectivamente. Se espera que los costos combinados del seguro, mantenimiento, recargo y lubricación sean de \$650 el primer año y aumenten en \$50 anuales de ahí en adelante. El servicio de entrega generará una cantidad extra estimada de \$1200 anuales. Si se requiere un retorno del 10% anual, use el método del VA para determinar si la compra debió haberse hecho.

$$VA = 5 \cdot 4600(AP, 10, 5[0.2638]) + 5 \cdot 300(AF, 10, 5[0.1638]) - 650 - 50(AG, 10, 5[1.8101]) + 1200 = -\$5362.21$$

Puesto que VA es menor < 0 y se espera un retorno del 10%, la compra no se justifica.

Método del valor presente de salvamento

El método del valor presente también convierte las inversiones y valores de salvamento en un VA. El valor presente de salvamento se retira del costo de inversión inicial y la diferencia resultante es anualizada con el factor A/P durante la vida del activo.

La ecuación general es: $VA = -P + VS(P/F, i, n)(A/P, i, n)$.

Los pasos para obtener el VA del activo completo son:

- Calcular el valor presente del valor de salvamento mediante el factor P/F.
- Combinar el valor obtenido en el paso 1 con el costo de inversión P.
- Anualizar la diferencia resultante durante la vida del activo utilizando el factor A/P.
- Combinar cualquier valor anual uniforme con el paso 3.
- Convertir cualquier otro flujo de efectivo en un valor anual uniforme equivalente y combinar con el valor obtenido en el paso 4.

Ejemplo: Calcule el VA del aditamento de tractor del ejemplo anteriormente analizado utilizando el método del valor presente de salvamento.

$$VA = [-8000 + 500(PF, 20, 8[0.2326])](AP, 20, 8[0.26061]) - 900 = -\$2,954.57$$

Costo anual uniforme equivalente de una inversión perpetua

La evaluación de proyectos de control de inundaciones, canales de irrigación, puentes u otros proyectos de gran escala, requiere la comparación de alternativas cuyas vidas son tan largas que pueden ser consideradas infinitas en términos de análisis económico. Para este tipo de análisis es importante

reconocer que el valor anual de la inversión inicial es igual simplemente al interés anual ganado sobre la inversión global, como lo expresa la siguiente ecuación: $A = Pi$.

Los flujos de efectivo que son recurrentes en intervalos regulares o irregulares se manejan exactamente igual que en los cálculos VA convencionales, es decir, son convertidos a cantidades anuales uniformes equivalentes durante un ciclo, lo cual de manera automática las anualiza para cada ciclo de vida posterior.

El sistema operador de aguas del estado de Puebla está considerando dos propuestas para aumentar la capacidad del canal principal en su sistema de irrigación en la localidad de valle bajo.

La propuesta A comprendería el dragado del canal con el fin de retirar el sedimento y la maleza acumulados durante su funcionamiento en años anteriores. Dado que la capacidad del canal tendrá que mantenerse en el futuro cerca del caudal, debido a la mayor demanda de agua, la oficina está planeando comprar equipo y accesorios de dragado por \$65,000. Se espera que el equipo tenga una vida de 10 años y un valor de salvamento de \$7,000. Se estima que los costos anuales de mano de obra y de operación para el funcionamiento del dragado totalizan \$22,000. Para controlar la formación de maleza en el canal mismo y a lo largo de los bancos se aplicará herbicidas durante la época de irrigación. Se espera que el costo anual del programa de control de maleza sea de \$12,000.

La propuesta B involucraría el revestimiento del canal con el concreto a un costo inicial de \$650,000. Se supone que el revestimiento es permanente, pero será necesario efectuar algún mantenimiento cada año por un costo de \$1,000. Además, tendrán que hacerse reparaciones de revestimiento cada 5 años a un costo de \$10,000. Compare las dos alternativas con base en el valor anual uniforme equivalente utilizando una tasa de interés del 5% anual.

A	B
P = -\$65,000	P = -\$650,000
n = 10 años	A = -\$1,000
VS = \$7,000	F = \$10,000 (cada 5 años)
A1 = -\$22,000	
A2 = -\$12,000	

$$VAA = -65000(AP,5,10[0.1295] + 7000(AF,5,10[0.07950]) - 22000 - 12000 = -\$41,861.00$$

$$VAB = -650,000(0.05) - 1000 - 10,000(AF,5,5[0.18097]) = -\$35,309.70$$

Debe seleccionarse la alternativa B puesto que representa el menor valor anual uniforme equivalente.

Ejemplo: Si el joven Vera deposita ahora una tasa de interés del 7% anual, ¿Cuántos años debe acumularse el dinero antes de que pueda retirar \$1,400 anuales por tiempo indefinido?

$$VPn = VA/i = 1400/0.07 = 20,000 \text{ es el valor presente necesario.}$$

¿En cuanto tiempo los \$10,000 iniciales serán \$20,000?

$$F = P(F/P,7\%,n) \text{ ----- } 20000 = 10000(1.07)^n$$

$$n = \ln 2 / \ln 1.07$$

$$n = 10.24 \text{ años.}$$

Unidad 5

3.2.- TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Si el dinero se obtiene en préstamo, la tasa de interés se aplica al saldo no pagado de manera que la cantidad y el interés total del préstamo se pagan en su totalidad con el último pago del préstamo. Desde la perspectiva del prestamista o inversionista, cuando el dinero se presta o se invierte, hay un saldo no recuperado en cada periodo de tiempo. La tasa de interés es el retorno sobre éste saldo no recuperado, de manera que la cantidad total y el interés se recuperan en forma exacta con el último pago o entrada. La tasa de retorno define estas dos situaciones.

Tasa de retorno (TIR) es la tasa de interés pagada sobre el saldo no pagado de dinero obtenido en préstamo, o la tasa de interés ganada sobre el saldo no recuperado de una inversión, de manera que el pago o entrada final iguala exactamente a cero el saldo con el interés considerado.

La tasa de retorno está expresada como un porcentaje por periodo, por ejemplo, $i = 10\%$ anual. Ésta se expresa como un porcentaje positivo; es decir, no se considera el hecho de que el interés pagado en un préstamo sea en realidad una tasa de retorno negativa desde la perspectiva del prestamista. El valor numérico de "i" puede moverse en un rango entre -100% hasta el infinito.

La definición anterior no establece que la tasa de retorno sea sobre la cantidad inicial de la inversión, sino más bien sobre el saldo no recuperado, el cual varía con el tiempo. El siguiente ejemplo demuestra la diferencia entre estos dos conceptos:

Ejemplo: Para $i = 10\%$ anual, se espera que una inversión de \$1000 produzca un flujo de efectivo neto de \$315.47 para cada 4 años.

$$A = 1000(AP, 10, 4[0.3155]) = \$315.47$$

Esto representa una tasa de retorno del 10% sobre el saldo no recuperado. Calcule la cantidad de la inversión no recuperada para cada uno de los 4 años utilizando (a) la tasa de retorno sobre el saldo no recuperado y (b) la tasa de retorno sobre la inversión inicial de \$1000.

Año	Saldo inicial no recuperad	Interés sobre saldo no rec.	Flujo de efectivo	Cantidad recuperada	Saldo final no recuperad
0	-	-	1000	-	1000
1	1000	100	315.47	215.47	784.53
2	784.53	78.45	315.47	237.02	547.51
3	547.51	54.75	315.47	260.72	286.79
4	286.79	28.68	315.47	286.79	0

261.88 1000

Año	Saldo inicial no recuperad	Interés sobre saldo no rec.	Flujo de efectivo	Cantidad recuperada	Saldo final no recuperad
0	-	-	1000	-	1000
1	1000	100	315.47	215.47	784.53
2	784.53	100	315.47	215.47	569.06
3	569.06	100	315.47	215.47	353.59
4	353.59	100	315.47	215.47	138.12

400 861.88

Para determinar la tasa de retorno i de los flujos de efectivo de un proyecto, se debe definir la relación TR. El valor presente de las inversiones o desembolsos, VPD se iguala al valor presente de los ingresos VPR. En forma equivalente, los dos pueden restarse e igualarse a cero, es decir:

$$VPD = VPR$$

$$0 = -VPD + VPR$$

El enfoque de valor anual utiliza los valores VA en la misma forma para resolver para i .

$$VAD = VAR$$

$$0 = -VAD + VAR$$

El valor que hace estas ecuaciones numéricamente correctas es la raíz de la relación TR. Se hace referencia a este valor i mediante otros términos adicionales a la tasa de retorno: tasa interna de retorno (TIR), tasa de retorno de equilibrio, índice de rentabilidad y retorno sobre la inversión (RSI). Éstos se representan por la notación i^* .

Cálculo de la tasa de retorno por el método del valor presente

Para entender con mayor claridad los cálculos de la tasa de retorno, recuerde que la base para los cálculos de la Ingeniería Económica es la equivalencia, o el valor del dinero en el tiempo. En los cálculos de la tasa de retorno, el objetivo es encontrar la tasa de interés i^* a la cual la cantidad presente y la cantidad futura con equivalentes.

La columna vertebral del método de la tasa de retorno es la relación TR. Por ejemplo, si alguien deposita \$1000 ahora y le prometen un pago de \$500 dentro de 3 años y otro de \$1500 en 5 años a partir de ahora, la relación de la tasa de retorno utilizando VP es:

$$1000 = 500(PF, i^*, 3) + 1500(PF, i^*, 5)$$

Despejando tenemos:

$$0 = -1000 + 500(PF, i^*, 3) + 1500(PF, i^*, 5)$$

La ecuación se resuelve para " i^* " y se obtiene $i^* = 16.9\%$

i^* utilizando ensayo y error manual: El procedimiento general empleado para calcular una tasa de retorno utilizando la ecuación de valor presente y cálculos manuales de ensayo y error es el siguiente:

- Trazar un diagrama de flujo de efectivo.
- Plantear la ecuación de la tasa de retorno.

- Seleccionar valores de i mediante ensayo y error hasta que la ecuación esté equilibrada.

Al utilizar el método de ensayo y error para determinar i^* , es conveniente acercarse bastante a la respuesta correcta en el primer ensayo. Si los flujos de efectivo se combinan, de tal manera que el ingreso y los desembolsos pueden estar representados por un solo factor tal como P/F o P/A , es posible buscar en tablas la tasa de interés correspondiente al valor de ese factor para “ n ” años. El problema es entonces el combinar los flujos de efectivo en el formato de uno solo de los factores estándar, lo cual puede hacerse mediante el siguiente procedimiento:

- Convertir todos los desembolsos en cantidades bien sean únicas (P ó F) o cantidades uniformes (A), al ignorarse el valor del dinero en el tiempo. Por ejemplo, si se desea convertir un valor anual en un valor futuro, multiplique simplemente por A el número de años. El esquema seleccionado para el movimiento de los flujos de efectivo debe ser aquel que minimiza el error causado por ignorar el valor del dinero en el tiempo. Es decir, si la mayoría de los flujos de efectivo son una A y una pequeña cantidad es F , la F se debe convertir en A en lugar de hacerlo al revés y viceversa.
- Convertir todas las entradas en valores bien sea únicos o uniformes.
- Después de haber combinado los desembolsos y las entradas, de manera que se aplique bien sea el formato P/F , P/A , o A/F , se deben utilizar las tablas de interés aproximada al cual se satisface el valor P/F , P/A , o A/F , respectivamente, para el valor apropiado de n . La tasa obtenida es una buena cifra aproximada para utilizar en el primer ensayo.

Es importante reconocer que la tasa de retorno obtenida en esta forma es solamente una estimación de la tasa de retorno real, ya que ignora el valor del dinero en el tiempo. El procedimiento se ilustra en el ejemplo siguiente:

Ejemplo: Si se invierten \$5000 ahora en acciones comunes, los cuales se espera que produzcan \$100 anualmente durante 10 años y \$7000 al final de esos 10 años, ¿Cuál es la tasa de retorno?

$$0 = -5000 + 100(P/A, i^*, 10) + 7000(P/F, i^*, 10)$$

Utilice el procedimiento de estimación de la tasa de interés a fin de determinar la i para el primer ensayo. Todo el ingreso será considerado como una sola F en el año 10, de manera que pueda utilizarse el factor P/F .

El factor P/F ha sido seleccionado porque la mayoría del flujo de efectivo (es decir \$7000) ya encaja en este factor y los errores creados por ignorar el valor del dinero en el tiempo restante serán minimizados. Solamente para la primera estimación es i , defina $P = 5000$, $n = 10$ y $F = (10 \cdot 100) + 7000 = 8000$.

Ahora puede plantearse que $5000 = 8000(P/F, i, 10)$

$$(P/F, i, 10) = 0.625$$

La i aproximada está entre 4% y 5%. Por consiguiente, se debe utilizar $i = 5\%$ para estimar la tasa de retorno real.

$$0 = -5000 + 100(P/A, 5, 10[7.7217]) + 7000(P/F, 5, 10[0.6139]) = 69.47$$

$$0 < 69.47$$

Este cálculo es aún muy alto por el lado positivo, lo que indica que el retorno es más del 5%. Ensaye $i = 6\%$

$$0 = -5000 + 100(P/A, 6, 10[7.3601]) + 7000(P/F, 6, 10[0.5584]) = -355.19$$

$$0 > -355.19$$

Dado que la tasa de interés del 6% es muy alta, interpole entre el 5% y el 6% para obtener:

$$i^* = 5.16\%$$

3.3.- PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

De la misma manera como i^* puede encontrarse utilizando una ecuación VP, también puede determinarse mediante la forma VA. Este método se prefiere, por ejemplo, cuando hay flujos de efectivo anuales uniformes involucrados. El procedimiento es el siguiente:

- Dibuje un diagrama de flujo de efectivo.
- Defina las relaciones para el VA de los desembolsos, VAD y entradas VAR con i^* como variable desconocida.
- Defina la relación de la tasa de retorno en la forma de la ecuación $0 = VAD + VAR$.
- Seleccione valores de i por ensayo y error hasta que la ecuación esté equilibrada. De ser necesario, interpole para encontrar i^* .

Ejemplo: Utilice cálculos de VA a fin de encontrar la tasa de retorno para los flujos de efectivo del ejemplo anterior.

Las relaciones VA para desembolsos y entradas son:

$$VAD = -5000(AP, i, 10) \text{ y } VAR = 100 + 7000(AF, i, 10)$$

$$0 = -5000(AP, i^*, 10) + 100 + 7000(AF, i^*, 10)$$

La solución de ensayo y error produce los resultados:

$$\text{En } i = 5\%, 0 < 9.02$$

$$\text{En } i = 6\%, 0 > -48.26$$

Por interpolación se obtiene $i^* = 5.16\%$

Interpretación de la tasa de retorno sobre la inversión adicional

Como ya se planteó, el primer paso al calcular la TR sobre la inversión adicional es la preparación de una tabla que incluye valores incrementales del flujo de efectivo. El valor en esta columna refleja la inversión adicional requerida que debe ser presupuestada si se selecciona la alternativa con el

costo inicial más alto, lo cual es importante en un análisis TR a fin de determinar una TIR de los fondos adicionales gastados por la alternativa de inversión más grande. Si los flujos de efectivo incrementales de la inversión más grande no la justifican se debe seleccionar la alternativa más barata. Pero, ¿Qué decisión tomar sobre la cantidad de inversión común a ambas alternativas? ¿Se justifica ésta de manera automática?, básicamente sí, puesto que debe seleccionarse una de las alternativas mutuamente excluyentes. De no ser así, debe considerarse la alternativa de no hacer nada como una de las alternativas seleccionables, y luego la evaluación tiene lugar entre 3 alternativas.

3.4.- LA SENSIBILIDAD EN LAS ALTERNATIVAS DE INVERSIÓN

El procedimiento completo para análisis TR aplicado a dos alternativas que comprenden solamente flujos de efectivo negativo es:

- Ordene las alternativas por tamaño de la inversión empezando con la más baja. La alternativa con la inversión inicial más alta está en la columna B
- Desarrolle el flujo de efectivo y las series incrementales del flujo de efectivo utilizando el MCM de años, suponiendo la reinversión en alternativas, según sea necesario.
- Dibuje un diagrama de flujo de efectivo incremental (Si lo cree necesario)
- Cuente el número de cambios de signo en la serie de flujo de efectivo incremental para determinar si hay tasas de retorno múltiples presentes.
- Establezca la ecuación VP para los flujos de efectivo incrementales y determine el retorno i^*_{B-A} utilizando ensayo y error manual, o ingresando los valores del flujo de efectivo incremental del paso 2 en un sistema de hoja de cálculo para determinar i^*_{B-A} .
- Si $i^*_{B-A} < \text{TMAR}$, seleccione la alternativa A. Si $i^*_{B-A} > \text{TMAR}$, se justifica la inversión adicional; seleccione la alternativa B

Ejemplo: Un fabricante de ropa de cuero está considerando la compra de una máquina de coser industrial nueva, la cual puede ser semiautomática o completamente automática. Las estimaciones son:

	Semiautomática	Totalmente automática
Costo inicial	8000	13000
Desembolsos anuales	3500	1600
Valor de salvamento	0	2000
Vida, años	10	5

Determine cuál máquina debe seleccionarse si la TMAR es 15% anual.

Solución

Utilice el procedimiento antes descrito para estimar i^*

- La alternativa A es la semiautomática (s) y la alternativa B es la máquina totalmente automática (t).
- Los flujos de efectivo deben de realizarse para el MCM, es decir, 10 años y se representan en la siguiente tabla:

	(1)	(2)	(3) = (2) - (1)
Año	Flujo de efectivo (s)	Flujo de efectivo (t)	F. de efec. Incremen.
0	-8000	-13000	-5000
1 al 5	-3500	-1600	+1900
5	--	+2000 -13000	-11000
6 al 10	-3500	-1600 +2000	+1900 +2000
Total	-43000	-38000	+5000

- El diagrama de flujo de efectivo incremental se mostrará mas adelante.
- En la serie del flujo de efectivo incremental hay 3 cambios de signo que indican hasta 3 raíces. En la serie incremental acumulada, que empieza negativamente en $S_0 = -5000$ y continúa hasta $S_{10} = +5000$, también hay 3 cambios de signo indicando que no existe una raíz positiva.
- La ecuación de tasa de retorno basada en el VP de los flujos de efectivo incremental es:

$$0 = -5000 + 1900(P/A, i, 10) - 11000(P/F, i, 10) + 2000(P/F, i, 10)$$

Si es razonable suponer que la tasa de reinversión es igual a un valor i^* resultante, se generará una TRC de $i' = i^*$. La solución de la ecuación anterior para la primera raíz descubierta producirá una i^* -s entre 12 y 15%. Mediante interpolación i^* -s = 12.72

- Puesto que la tasa de retorno de 12.72% sobre la inversión adicional es menor que la TMAR del 15%, debe comprarse la semiautomática de menor costo.

La tasa de retorno determinada hasta ahora puede interpretarse en realidad como valores de equilibrio, es decir, una tasa a la cual puede seleccionarse cualquier alternativa. Si el flujo de efectivo incremental i^* es mayor que la TMAR, se elige la alternativa de inversión más grande.

3.5.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DIFERENTES MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE PROYECTO DE INVERSIÓN

Como en cualquier alternativa de selección de ingeniería económica, hay diversas técnicas de solución correctas. Los métodos VP y VA analizados anteriormente son los más directos. Estos métodos utilizan TMAR especificada a fin de calcular el VP o VA para cada alternativa. Se selecciona la alternativa que tiene la medida más favorable de valor. Sin embargo, muchos gerentes desean conocer la TR para cada alternativa cuando se presentan los resultados. Éste método es muy popular en primer lugar debido principalmente

al gran atractivo que tiene conocer los valores TR, aunque en ocasiones se aplica en forma incorrecta. Es esencial entender la forma de realizar a cabalidad un análisis TR basado en los flujos de efectivo incrementales entre alternativas para asegurar una selección de alternativas correcta.

Cuando se aplica el método TR, la totalidad de la inversión debe rendir por lo menos la tasa mínima atractiva de retorno. Cuando los retornos sobre diversas alternativas igualan o exceden la TMAR, por lo menos uno de ellos estará justificado ya que su $TR > TMAR$. Éste es el que requiere la menor inversión. Para todos los demás, la inversión incremental debe justificarse por separado. Si el retorno sobre la inversión adicional iguala o excede la TMAR, entonces debe hacerse la inversión adicional con el fin de maximizar el rendimiento total del dinero disponible.

Por lo tanto, para el análisis TR de alternativas múltiples, se utilizan los siguientes criterios.

Seleccionar una alternativa que:

- Exija la inversión más grande.
- Indique que se justifica la inversión adicional frente a otra alternativa aceptable.

Una regla importante de recordar al evaluar alternativas múltiples mediante el método TR es que una alternativa nunca debe compararse con aquella para la cual no se justifica la inversión incremental. El procedimiento TR es:

- Ordene las alternativas aumentando la inversión inicial, es decir, de la más baja a la más alta.
- Determine la naturaleza de la serie de flujos de efectivo: algunos positivos o todos negativos.
- Algunos flujos de efectivo positivos, es decir, ingresos. Considera la alternativa de no hacer nada como el defensor y calcule los flujos de efectivo entre la alternativa de no hacer nada y la alternativa de inversión inicial más baja (el retador). Vaya al paso 3.

- Todos los flujos de efectivo son negativos, es decir, solamente costos. Considere la alternativa de inversión inicial más baja como el defensor y la inversión siguiente más alta como el retador. Salte al paso 4.
- Establezca la relación TR y determine i^* para el defensor. (Al comparar contra la alternativa de no hacer nada, la TR es, en realidad, el retorno global para el retador). Si $i^* < \text{TMAR}$, retire la alternativa de inversión más baja de mayor consideración y calcule la TR global para la alternativa de inversión siguiente más alta. Después repita este paso hasta que $i^* \geq \text{TMAR}$ para una de las alternativas; entonces ésta alternativa se convierte en el defensor y la siguiente alternativa de inversión más alta recibe el nombre de retador.
- Determine el flujo de efectivo incremental anual entre el retador y el defensor utilizando la relación:

Flujo de efectivo incremental = flujo de efectivo retador - flujo de efectivo defensor.

- Calcule la i^* para la serie de flujos de efectivo incremental utilizando una ecuación basada en el VP o en el VA (el VP se utiliza con mayor frecuencia).
- Si $i^* \geq \text{TMAR}$, el retador se convierte en el defensor y el defensor anterior deja de ser considerado. Por el contrario, si $i^* < \text{TMAR}$, el retador deja de ser considerado y el defensor permanece como defensor contra el próximo retador.
- Repita los pasos 4 a 6 hasta que solamente quede una alternativa. Ésta es seleccionada.

Ejemplo: Se han sugerido cuatro ubicaciones diferentes para una construcción prefabricada, de las cuales sólo una será seleccionada. La información de costos y el flujo de efectivo neto anual se detallan más adelante en la tabla correspondiente. La serie de flujo de efectivo neto anual varía debido a diferencias en mantenimiento, costos de mano de obra, cargos de transporte, etc. Si la TMAR es del 10%, se debe utilizar el análisis TR para seleccionar la mejor ubicación desde el punto de vista económico.

Estimaciones para cuatro ubicaciones posibles de construcción				
Ubicación	A	B	C	D
Costo de construcción \$	-200000	-275000	-190000	-350000
Flujo de efectivo anual \$	+22000	+35000	+19500	+42000
Vida, años	30	30	30	30

Solución: Todas las alternativas tienen vida de 30 años y los flujos de efectivo anuales incluyen ingresos y desembolsos.

El procedimiento antes esquematizado produce el siguiente análisis:

- En la siguiente tabla, primera línea, las alternativas se ordenan por costo de construcción creciente:

Cálculo de la tasa de retorno para cuatro alternativas				
Ubicación	C	A	B	D
Costo de construcción	-190000	-200000	-275000	-350000
Flujo de efectivo anual	+19500	+22000	+35000	+42000
Proyectos comparados	C no hacer nada	A no hacer nada	B frente a A	D frente a B
Costo incremental	-190000	-200000	-75000	-75000
Flujo de caja incremental	+19500	+22000	+13000	+7000
(P/A, i^* , 30)	9.7436	9.0909	5.7692	10.7143
i^* (%)	9.63	10.49	17.28	8.55

¿Se justifica el incremento?	No	Sí	Sí	No
Proyecto seleccionado	No hacer	A	B	C

- Se presentan algunos flujos de efectivo positivos; utilice el paso 2, parte (a) para comparar la ubicación C con la alternativa de no hacer nada (identificada como no hacer)
- La relación TR es:

$$0 = -190000 + 19500(PA, i^*, 30)$$

La columna 1 de la tabla anterior presenta el valor del factor calculado $(PA, i^*, 30)$ de 9.7436 y de $i^* = 9.63\%$. Puesto que $9.63\% < 10\%$, se elimina la ubicación C. Ahora la comparación es A de no hacer nada y la columna 2 muestra que $i^*A = 10.49\%$, lo cual elimina la alternativa de no hacer nada; el defensor es ahora A y el retador es B.

- La serie del flujo de efectivo incremental, columna 3 e i^* para una comparación B a A se determina a partir de:

$$0 = -275000 - (-200000) + (35000 - 22000)(PA, i^*, 30)$$

$$= -75000 + 13000(PA, i^*, 30)$$

- De acuerdo con las tablas de interés, de debe buscar el factor P/A en la TMAR, que es $(P/A, 10\%, 30) = 9.4269$. Ahora, cualquier valor P/A de la ecuación anterior mayor que 9.4269 indica que i^* será inferior al 10% y por consiguiente, es inaceptable. El factor P/A de la ecuación del punto 4 es 5.7692. Para fines de referencia, $i^* = 17.28\%$.
- La alternativa B se justifica incrementalmente y será el nuevo defensor, eliminando así la alternativa A.
- Al comparar D con B (pasos 4 y 5) se genera la relación VP, $0 = -75000 + 7000(PA, i^*, 30)$ y un valor PA de 10.7143 ($i^*D-B = 8.55\%$). Con ello se

elimina la ubicación D y sólo permanece la alternativa B, la cual es la seleccionada.

Ejemplo: De cuatro máquinas diferentes que se utilizarán en operaciones de limpieza de agua marina, sólo una debe comprarse. Seleccione una máquina que utilice la TMAR del presidente de la compañía del 13.5% anual y las estimaciones de la siguiente tabla:

Costos para cuatro alternativas de máquinas				
Máquina	1	2	3	4
Costo inicial	-5000	-6500	-10000	-15000
CAO	-3500	-3200	-3000	-1400
V. S.	+500	+900	+700	+1000
Vida, años	8	8	8	8

Solución: Las máquinas ya están ordenadas de acuerdo con un costo inicial creciente; no hay ingresos involucrados y las estimaciones de vida son todas iguales. Se realizan comparaciones incrementales directamente para las dos alternativas. Esto determina los pasos 1 y 2 (todos son flujos de efectivo negativos) del procedimiento. Para el paso 4 se debe comparar la máquina 2 (el retador) con la máquina 1 (el defensor) sobre una base incremental. La relación VP es:

$$0 = -1500 + 300(PA, i^*, 8) + 400(PF, i^*, 8)$$

La solución produce $i^* = 14.6\%$, la cual excede la TMAR de 13.5%. Por tanto, se elimina la máquina 1.

Los cálculos restantes se resumen en la siguiente tabla.

COMPARACIÓN UTILIZANDO LA TASA DE RETORNO				
Máquina	1	2	3	4
Costo inicial	-5000	-6500	-10000	-15000
CAO	-3500	-3200	-3000	-1400
V. S.	+500	+900	+700	+1000
Planes comparados	--	2 de 1	3 de 2	4 de 2
Inversión incremental	--	-1500	-3500	-8500
Ahorros inc.	--	+300	+200	+1800
Salvamento inc.	--	+400	-200	+100
i^* , %	--	14.6	<0	13.6
¿Se justifica el incremento?	--	Sí	No	Sí
Alternativa seleccionada	--	2	2	4

Cuando se comparan máquinas 3 y 2, $i^* < 0\%$; por consiguiente se elimina la máquina 3.

La comparación de las máquinas 4 y 2 muestra que la tasa de retorno sobre el incremento es ligeramente mayor que la TMAR, favoreciendo la máquina 4. Puesto que no quedan alternativas adicionales disponibles, se selecciona la máquina 4.

UNIDAD IV: ANALISIS DE REEMPLAZO

OBJETIVO: El alumno aplicará las herramientas necesarias para determinar la mejor decisión en diferentes alternativas de reemplazo

4.1.- TECNICAS DE ANÁLISIS DE REEMPLAZO

Conceptos de retador y defensor en un análisis de reemplazo.

En la mayoría de los estudios de ingeniería económica se comparan dos o más alternativas. En un estudio de reposición, uno de los activos, al cual se hace referencia como el defensor, es actualmente el poseído (o está en uso) y las alternativas son uno o más retadoras. Para el análisis se toma la perspectiva (punto de vista) del asesor o persona externa; es decir, se supone que en la actualidad no se posee ni se utiliza ningún activo y se debe escoger entre la(s) alternativa(s) del retador y la alternativa del defensor en uso. Por consiguiente, para adquirir el defensor, se debe “invertir” el valor vigente en el mercado en este activo usado.

Dicho valor estimado de mercado o de intercambio se convierte en el costo inicial de la alternativa del defensor. Habrá nuevas estimaciones para la vida económica restante, el costo anual de operación (CAO) y el valor de salvamento del defensor. Es probable que todos estos valores difieran de las estimaciones originales. Sin embargo, debido a la perspectiva del asesor, todas las estimaciones hechas y utilizadas anteriormente deben ser rechazadas en el análisis de reposición.

Un hotel de playa, compró hace tres años una máquina para hacer hielo, de la más reciente tecnología, por \$12000 con una vida estimada de 10 años, un valor de salvamento del 20% del precio de compra y un CAO de \$3000. La depreciación ha reducido el costo inicial a su valor actual de \$8000 en libras.

Un nuevo modelo de \$11000, acaba de ser anunciado. El gerente del hotel estima la vida de la nueva máquina en 10 años, el valor de salvamento en

\$2000 y un CAO de \$1800. El vendedor ha ofrecido una cantidad de intercambio de \$7500 por el defensor de 3 años de uso. Con base en experiencias con la máquina actual, las estimaciones revisadas son: vida restante, 3 años; valor de salvamento, \$2000 y el mismo CAO de \$3000.

Si se realiza el estudio de reposición, ¿Qué valores de P, n, VS y CAO son correctos para cada máquina de hielo?

Solución: Desde la perspectiva del asesor, use solamente las estimaciones más recientes:

Defensor	Retador
P = \$7500	P = \$11000
CAO = \$3000	CAO = \$1800
VS = \$2000	VS = \$2000
n = 3 años	n = 10 años

El costo original del defensor de \$12000, el valor de salvamento estimado de \$2400, los 7 años restantes de vida y el valor de \$8000 en libros no son relevantes para el análisis de reposición del defensor Vs. el retador.

Dado que el pasado es común a las alternativas, los costos pasados se consideran irrelevantes en un análisis de reposición. Esto incluye un costo no recuperable, o cantidad de dinero invertida antes, que no puede recuperarse ahora o en el futuro. Este hecho puede ocurrir debido a cambios en las condiciones económicas, tecnológicas o de otro tipo o a decisiones de negocios equivocadas. Una persona puede experimentar un costo perdido cuando compra un artículo, por ejemplo, algún software y poco después descubre que éste no funciona como esperaba y no puede devolverlo. El precio de compra es la cantidad del costo perdido. En la industria, un costo no recuperable ocurre también cuando se considera la reposición de un activo y el valor del mercado real o de intercambio es menor que aquel predicho por el modelo de depreciación utilizado para cancelar la inversión de capital original o

es menor que el valor de salvamento estimado. El costo no recuperable de un activo se calcula como:

Costo no recuperable = Valor presente en libros - valor presente del mercado.

Si el resultado en la ecuación anterior es un número negativo, no hay costo no recuperable involucrado. El valor presente en libros es la inversión restante después de que se ha cargado la cantidad total de la depreciación; es decir, el valor actual en libros es el valor en libros del activo. Por ejemplo, un activo comprado por \$100000 hace 5 años tiene un valor depreciado en libros de \$50000. Si se está realizando un estudio de reposición y sólo se ofrecen \$20000 como la cantidad de intercambio con el retador, según la ecuación anterior se presenta un costo no recuperable de $50000 - 20000 = 30000$.

En un análisis de reposición, el costo no recuperable no debe incluirse en el análisis económico. El costo no recuperable representa en realidad una pérdida de capital y se refleja correctamente si se incluye en el estado de resultados de la compañía y en los cálculos del ISR para el año en el cual se incurre en dicho costo. Sin embargo, algunos analistas tratan de “recuperar” el costo no recuperable del defensor agregándolo al costo inicial del retador, lo cual es incorrecto ya que se penaliza al retador, haciendo que su costo inicial aparezca más alto; de esta manera se inclina la decisión.

Con frecuencia, se han hecho estimaciones incorrectas sobre la utilidad, el valor o el valor de mercado de un activo. Tal situación es bastante posible, dado que las estimaciones se realizan en un punto en el tiempo sobre un futuro incierto. El resultado puede ser un costo no recuperable cuando se considera la reposición. No debe permitirse que las decisiones económicas y las estimaciones incorrectas del pasado influyan incorrectamente en los estudios económicos y decisiones actuales.

En el ejemplo de la máquina de hielo, se incurre en un costo no recuperable para la máquina defendida si ésta es reemplazada. Con un valor en libros de \$8000 y una oferta de intercambio de \$7500, la ecuación correspondiente produce:

Costo no recuperable = $8000 - 7500 = \$500$

Los \$500 nunca debieron agregarse al costo inicial del retador. Tal hecho penaliza al retador puesto que la cantidad de inversión de capital que debe recuperarse cada año es más grande debido a un costo inicial aumentado de manera artificialmente y es un intento de eliminar errores pasados en la estimación, pero probablemente inevitables.

4.2.- ANÁLISIS DE REEMPLAZO UTILIZANDO UN HORIZONTE DE PLANIFICACIÓN ESPECIFICADO

El periodo de estudio u horizonte de planificación es el número de años seleccionado en el análisis económico para comparar las alternativas de defensor y de retador. Al seleccionar el periodo de estudio, una de las dos siguientes situaciones es habitual: La vida restante anticipada del defensor es igual o es más corta que la vida del retador.

Si el defensor y el retador tienen vidas iguales, se debe utilizar cualquiera de los métodos de evaluación con la información más reciente.

Ejemplo: En la actualidad, Transportes Terrestres del Pantano, posee varios camiones de mudanza que se están deteriorando con mayor rapidez de lo esperado. Los camiones fueron comprados hace 2 años, cada uno por \$60000. Actualmente, la compañía planea conservar los camiones durante 10 años más. El valor justo del mercado para un camión de 2 años es de \$42000 y para un camión de 12 años es de \$8000. Los costos anuales de combustible, mantenimiento, impuestos, etc. son de \$12000.

La opción de reposición es arrendar en forma anual. El costo anual de arrendamiento es de \$9000 (pago de fin de año) con costos anuales de operación de \$14000. ¿Debe la compañía arrendar sus camiones si la TMAR es del 12%?

Solución: Considere un horizonte de planificación de 10 años para un camión que actualmente poseen y para un camión arrendado y realice un análisis VA para efectuar la selección.

Defensor	Retador
P = 42000	Costo de arrendar = 9000 anuales
CAO = 12000	CAO = 14000
VS = 8000	No salvamento
n = 10 años	n = 10 años

El defensor D tiene un valor justo del mercado de \$42000, lo cual representa entonces su inversión inicial. El cálculo VAD es:

$$\begin{aligned}
 \text{VAD} &= -P(A/P, i, n) + VS(A/F, i, n) - \text{CAO} \\
 &= -42000(A/P, 12, 10[0.1770]) + 8000(A/F, 12, 10[0.0570]) - 12000 \\
 &= -\$18978.00
 \end{aligned}$$

La relación VAR para el retador C es:

$$\text{VAR} = -9000 - 14000 = -\$23000$$

Es claro que la firma debe conservar la propiedad de los camiones, ya que VAD es numéricamente superior a VAR.

Ejemplo: Un municipio es propietario de un selector de material reciclable que ha utilizado durante 3 años. Con base en cálculos recientes, el activo tiene un VA de \$5200 por año durante una vida restante estimada de 5 años. La reposición por un selector mejorado tiene un costo inicial de \$25000, un valor de salvamento estimado de \$3800, una vida proyectada de 12 años y CAO de \$720. La ciudad utiliza una TMAR del 10% anual. Si se planea conservar el nuevo selector durante toda su vida estimada, ¿debe la ciudad reemplazar el antiguo selector?

Solución: Seleccione un periodo de estudio de 12 años correspondiente a la vida del retador. Suponga que el VA de \$5200 del defensor es una buena estimación del costo equivalente anual para obtener el mismo nivel de

selección de material reciclable después de los cinco años de vida restante del defensor.

$$\text{VAD} = -\$5200$$

$$\text{VAR} = -25000(\text{AP}, 10, 12[0.1468]) + 3800(\text{AF}, 10, 12[0.0468]) - 720 = -\$4212.16$$

La compra de un nuevo selector cuesta aproximadamente \$1000 menos por año.

4.3.- CUANDO LA VIDA ÚTIL RESTANTE DEL DEFENSOR ES IGUAL A LA DEL RETADOR.

Para retención adicional de un año

Normalmente se espera que un activo se conserve hasta el final de su vida de servicio económico o durante su vida útil estimada, si es diferente. Sin embargo, a medida que transcurre la vida de un activo que se posee actualmente, éste se deteriora, apareciendo entonces modelos disponibles más atractivos, modernos o mejorados; o las estimaciones de costo e ingreso original resultan ser significativamente diferentes de las cantidades reales.

Entonces, una pregunta que se hace con frecuencia es: ¿Debe el activo ser reemplazado o conservarse en servicio durante 1, 2, 3 o más años? Buena pregunta si el activo ha estado en servicio durante todo el tiempo esperado; es decir, han transcurrido n años de servicio o la vida estimada ha expirado y parece que el activo tendrá más años de servicio. Dos opciones son posibles para cada año adicional. Seleccionar a un retador ahora o conservar al defensor durante un año más.

Para tomar la decisión de reemplazar o conservar, no es correcto simplemente comparar el costo equivalente del defensor y el costo del retador durante el tiempo restante de servicio económico, vida útil anticipada, o algún número seleccionado de años más allá de cualquiera de estos dos números de años. En lugar de ello, se utiliza el procedimiento de valor anual donde:

VAR = Valor anual del retador

CD (1) = Estimación de costo del defensor para el año próximo ($t = 1$)

Si el costo de 1 año del defensor CD (1) es menor que el valor anual del retador, conserve al defensor un año más ya que su costo es menor.

Ejemplo: En general, Engineering Models, Inc., conserva su flota de autos al servicio de la compañía durante 5 años antes de su reposición. Debido a que los autos comprados con descuento hace exactamente 2 años se han deteriorado mucho más rápido de lo esperado, la gerencia se pregunta qué es más económico: reemplazar los autos este año por otros nuevos; conservarlos durante 1 año más y luego reemplazarlos; conservarlos durante dos años más y luego reemplazarlos; o conservarlos durante 3 años más hasta el final de sus vidas estimadas. Realice un análisis de reposición para $i = 20\%$ utilizando estos costos estimados.

Auto actualmente poseído (defensor)				
	Valor al principio de año	Costo anual de operación	Reposición posible (retador)	
Año próximo 3	3800	4500	Costo inicial	8700
Año próximo 4	2800	5000	Costo anual	3900
Último año 5	500	5500	Vida	5 años
Vida restante	3		V. S.	1800
V.S. después de 3 años ad.	500			

Solución: Calcule el VA para el retador durante 5 años.

$$\text{VAR} = -8700(\text{AP}, 20, 5[0.3344]) + 1800(\text{AF}, 20, 5[0.1344]) - 3900 = -\$6567.36$$

Calcule el costo del defensor para el próximo año ($t = 1$) utilizando un valor de \$2800 como estimación del VS para el próximo año.

$$CD(1) = -3800(AP,20,1[1.2]) + 2800(AF,20,1[1.0]) - 4500 = -\$6260.00$$

Puesto que el costo CD(1) es menor que VAR, conserve los autos actuales durante el año siguiente.

Terminado el año próximo, para determinar si los autos deben conservarse aún otro año, siga con el análisis de los flujos de efectivo. Ahora, el valor de salvamento de \$2800 en CD(1) es el costo inicial para el año $t = 2$. El costo del primer año CD (2) para el defensor es ahora:

$$CD(2) = -2800(AP,20,1[1.2]) + 500(AF,20,1[1.0]) - 5000 = -\$7860.00$$

Ahora CD cuesta más que VAR = $-\$6567.36$, de manera que debe calcularse el valor VAD para los dos años restantes de la vida del defensor.

$$VAD = -2800(AP,20,2[0.6545]) + 500(AF,20,2[0.4545]) - 5000 - 500(AG,20,2[0.4545]) = -\$6832.60$$

Dado que el retador en VAR = $-\$6567.36$ es también más barato para los 2 años restantes, es preferible seleccionarlo y reemplazar los autos actuales después de un año adicional (año 3) de servicio.

4.4.- FACTORES DE DETERIORO Y OBSOLESCENCIA

Terminología de la depreciación

A continuación se definen algunos términos comúnmente utilizados en depreciación. La terminología es aplicable a corporaciones lo mismo que a individuos que poseen activos depreciables.

Depreciación: Es la reducción en el valor de un activo. Los modelos de depreciación utilizan reglas, tasas y fórmulas aprobadas por el gobierno para representar el valor actual en los libros de la Compañía.

Costo inicial: También llamado base no ajustada, es el costo instalado del activo que incluye el precio de compra, las comisiones de entrega e instalación y otros costos directos depreciables en los cuales se incurre a fin de preparar el activo para su uso. El término base no ajustada, o simplemente base, y el símbolo B se utilizan cuando el activo es nuevo.

Valor en libros: Representa la inversión restante, no depreciada en los libros después de que el monto total de cargos de depreciación a la fecha han sido restados de la base.

Periodo de recuperación: Es la vida depreciable, n , del activo en años para fines de depreciación (y del ISR). Este valor puede ser diferente de la vida productiva estimada debido a que las leyes gubernamentales regulan los periodos de recuperación y depreciación permisibles.

Valor de mercado: Es la cantidad estimada posible si un activo fuera vendido en el mercado abierto. Debido a la estructura de las leyes de depreciación, el valor en libros y el valor de mercado pueden ser sustancialmente diferentes.

Tasa de depreciación: También llamada tasa de recuperación, es la fracción del costo inicial que se elimina por depreciación cada año. Esta tasa puede ser la misma cada año, denominándose entonces tasa en línea recta, o puede ser diferente para cada año del periodo de recuperación.

Valor de salvamento: Es el valor estimado de intercambio o de mercado al final de la vida útil del activo. El valor de salvamento, VS, expresado como una cantidad en dólares estimada o como un porcentaje del costo inicial, puede ser positivo, cero ó negativo debido a los costos de desmantelamiento y de exclusión.

Propiedad personal: Está constituida por las posesiones tangibles de una corporación, productoras de ingresos, utilizadas para hacer negocios. Se incluye la mayor parte de la propiedad industrial manufacturera y de servicio: vehículos, equipo de manufactura, mecanismos de manejo de materiales, computadores, muebles de oficina, equipo de proceso de refinación y mucho más.

Propiedad real: Incluye la finca raíz y las mejoras a ésta y tipos similares de propiedad, por ejemplo: edificios de oficinas, estructuras de manufactura, bodegas, apartamentos. La tierra en sí se considera como propiedad real, pero no es depreciable.

Convención de medio año: Supone que se empieza a hacer uso de los activos o se dispone de ellos a mitad de año, sin importar cuándo ocurren realmente tales eventos durante el año.

4.5.- DEPRECIACIÓN EN LÍNEA RECTA

El modelo en línea recta es un método de depreciación utilizado como el estándar de comparación para la mayoría de los demás métodos. Obtiene su nombre del hecho de que el valor en libros se reduce linealmente en el tiempo puesto que la tasa de depreciación es la misma cada año, es 1 sobre el periodo de recuperación. Por consiguiente, $d = 1 / n$. La depreciación anual se determina multiplicando el costo inicial menos el valor de salvamento estimado por la tasa de depreciación d , que equivale a dividir por el periodo de recuperación n . En forma de ecuación queda de la siguiente manera:

$$Dt = (B - VS) / d = (B - VS) / n$$

Donde: $t = \text{año } (1, 2, \dots n)$

D_t = cargo anual de depreciación

B = costo inicial o base no ajustada

VS = valor de salvamento estimado

d = tasa de depreciación (igual para todos los años)

n = periodo de recuperación o vida depreciable esperada

Dado a que el activo se deprecia por la misma cuantía cada año, el valor en libros después de t años de servicio, VL_t , será igual a la base no ajustada B menos la depreciación anual, multiplicado por t .

$$d = 1 / n.$$

Ejemplo: Si un activo tiene un costo inicial de \$50000 con un valor de salvamento estimado de \$10000 después de 5 años, (a) calcule la depreciación anual y (b) calcule el valor en libros después de cada año, utilizando el método de depreciación en línea recta.

(a) La depreciación para cada año puede obtenerse mediante la ecuación:

$$D_t = (B - VS) / n = (50000 - 10000) / 5 = \$8000 \text{ cada año.}$$

(b) El valor en libros después de cada año t se calcula mediante la ecuación

$$VL_t = V - tD_t$$

$$VL_1 = 50000 - 1 \cdot 8000 = 42000$$

$$VL_2 = 50000 - 2 \cdot 8000 = 34000$$

$$VL_3 = 50000 - 3 \cdot 8000 = 26000$$

$$VL_4 = 50000 - 4 \cdot 8000 = 18000$$

$$VL_5 = 50000 - 5 \cdot 8000 = 10000 = VS$$

4.6.- DEPRECIACIÓN POR EL MÉTODO DE LA SUMA DE LOS DÍGITOS DE LOS AÑOS

El método suma de los dígitos de los años (SDA) es una técnica clásica de depreciación acelerada que elimina gran parte de la base durante el primer tercio del periodo de recuperación. Esta técnica puede ser utilizada en los análisis de ingeniería económica, especialmente en las cuentas de depreciación de activos múltiples.

La mecánica del método comprende inicialmente encontrar S, la suma de los dígitos del total de años de 1 hasta el periodo de recuperación n. El cargo de depreciación para cualquier año dado se obtiene multiplicando la base del activo menos cualquier valor de salvamento (B - VS) por la razón del número de años restantes en el periodo de recuperación sobre la suma de los dígitos de total de años, S.

$$D_t = (\text{años depreciables restantes} / \text{suma de los dígitos del total de años}) (\text{base} - \text{valor de salvamento}) = (n - t + 1)/S (B - VS)$$

Donde S es la suma de los dígitos del total de años 1 hasta n.

$$S = \sum_{j=1}^n j = (n(n + 1))/2$$

El valor en libros para un año t se calcula como:

$$VL_t = B - (t(n - t/2 + 0.5)/S) (B - VS)$$

La tasa de depreciación d_t , que disminuye cada año para el método SDA, sigue el multiplicador en la ecuación:

$$d_t = n - t + 1 / S$$

Ejemplo: Calcule los cargos de depreciación SDA para los años 1, 2 y 3 de un equipo electrónico con B = \$25000, VS = \$4000 y un periodo de recuperación de 8 años.

La suma de los dígitos del total de años es $S = 36$ y los montos de depreciación para los primeros 3 años son:

$$D1 = (8 - 1 + 1 / 36) * (25000 - 4000) = \$4666.67$$

$$D2 = (8 - 2 + 1 / 36) * (25000 - 4000) = \$4083.33$$

$$D3 = (8 - 3 + 1 / 36) * (25000 - 4000) = \$3500.00$$

4.7.- DEPRECIACIÓN POR EL MÉTODO DEL SALDO DECRECIENTE Y SALDO DOBLEMENTE DECRECIENTE.

El método del saldo decreciente, conocido también como el método de porcentaje uniforme o fijo, es un modelo de cancelación acelerada. En términos simples, el cargo de depreciación anual se determina multiplicando el valor en libros al principio de cada año por un porcentaje uniforme, que se llamará d , en forma decimal equivalente. Por ejemplo, si la tasa de porcentaje uniforme es del 10% (es decir $d = 0.10$), la cancelación de depreciación para cualquier año dado será 10% del valor en libros al principio de ese año. El cargo de depreciación es más alto durante el primer año y disminuye para cada año que sucede.

El porcentaje de depreciación máximo permitido es el doble de la tasa en línea recta. Cuando se utiliza esta tasa, el método se conoce como saldo decreciente doble (SDD). Por tanto, si un activo tuviera una vida útil de 10 años, la tasa de recuperación en línea recta sería $1/n = 1/10$ y la tasa uniforme para SDD sería $d = 2/10$ ó 20% del valor en libros. $d_{max} = 2 / n$

Ésta es la tasa utilizada para el método SDD. Otro porcentaje comúnmente utilizado para el método SD es 150% de la tasa en línea recta, donde $d = 1.50/n$.

La tasa de depreciación real para cada año t , relativa al costo inicial es:

$$d_t = d(1 - d)^{t-1}$$

Para la depreciación SD o SDD, el valor de salvamento estimado no se resta del costo inicial al calcular el cargo de depreciación anual. Es importante recordar esta característica de los modelos SD y SDD.

Aunque los valores de salvamento no se consideran en los cálculos del modelo SD, ningún activo puede depreciarse por debajo de un valor de salvamento razonable, que puede ser cero. Si el valor en libros alcanza el valor de salvamento estimado antes del año n , no se puede efectuar ninguna depreciación adicional.

La depreciación para el año t , D_t , es la tasa uniforme, d , multiplicada por el valor en libros el final del año anterior. $D_t = (d)VL_{t-1}$

Si el valor VL_{t-1} no se conoce, el cargo de depreciación puede calcularse como:

$$D_t = (d)B(1-d)^{t-1}$$

El valor en libros en el año t puede determinarse de dos formas. Primero, utilizando la tasa uniforme d y el costo inicial B .

Así mismo, VL_t , siempre puede determinarse para cualquier modelo de depreciación restando el cargo de depreciación actual del valor en libros anterior, es decir:

$$VL_t = VL_{t-1} - D_t$$

El valor en libros en los métodos de saldo decreciente nunca llega a cero. Hay un VS implicado después de n años, el cual es igual a VL en el año n .

$$VS \text{ implicado} = VL_n = B(1-d)^n$$

Si el VS implicado es menor que el VS estimado, el activo estará depreciado totalmente antes del final de su vida esperada.

También es posible determinar una tasa de depreciación uniforme implicada utilizando el monto VS estimado. Para $VS > 0$ d implicada = $1 - (VS/B)^{1/n}$

Ejemplo: Suponga que un activo tiene un costo inicial de \$25000 y un valor de salvamento estimado de \$4000 después de 12 años. Calcule su depreciación y su valor en libros para (a) año 1 y (b) año 4. (c) Calcule el valor de salvamento implicado después de 12 años para el modelo SDD.

Solución: Calcule primero la tasa de depreciación SDD, d.

$$d = 2/n = 2/12 = 0.1667$$

(a) para el primer año, se calcula la depreciación y el valor en libros utilizando las ecuaciones correspondientes:

$$D1 = (0.1667)(25000)(1 - 0.1667)^{1-1} = \$4167.5$$

$$VL1 = 25000(1 - 0.1667)^1 = \$20832.50$$

(b) para el año 4, las ecuaciones correspondientes con $d = 0.1667$ dan como resultado:

$$D4 = 0.1667(25000)(1 - 0.1667)^{4-1} = 2411.46$$

$$VL4 = 25000(1 - 0.1667)^4 = \$12054.40$$

(c) El valor de salvamento implicado después del año 12 es:

$$VS \text{ implicado} = 25000(1 - 0.1667)^{12} = \$2802.57$$

Dado que el VS estimado de \$4000 es mayor que \$2802.57, el activo estará depreciado por completo antes de alcanzar su vida esperada de 12 años. Por consiguiente, una vez VL_t , llega a \$4000, no se permiten cargos adicionales de depreciación; en este caso, $VL_{10} = \$4036.02$. Mediante la ecuación $D_{11} = \$672.80$, por lo que el $VL_{11} = \$3362.22$, que es menos del VS estimado de \$4000. Entonces, durante los años 11 y 12, las cantidades de depreciación serán $D_{11} = \$36.02$ y $D_{12} = 0$.

Ejemplo: La compañía Hylsa adquirió una unidad para calificar metales controlada por computador por \$80000. La unidad tiene una vida anticipada de 10 años y un VS de \$10000. Utilice el método de saldo decreciente para desarrollar un programa de depreciación y los valores en libros para cada año.

Solución: Mediante la ecuación correspondiente, se determina la depreciación implicada utilizando el VS = 10000

$$d = 1 - (10000/80000)^{1/10} = 0.1877$$

Año t	Dt	VLt
0	-	80000
1	15016	64984
2	12197	52787
3	9908	42879
4	8048	34831
5	6538	28293
6	5311	22982
7	4314	18668
8	3504	15164
9	2846	12318
10	2318	10000

4.8.- ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD EN LOS PROYECTOS DE REEMPLAZO

El análisis económico utiliza estimaciones de sucesos futuros para ayudar a quienes toman decisiones. Dado que las estimaciones futuras siempre tiene alguna medida de error, hay imprecisión en las proyecciones económicas. El efecto de la variación puede determinarse mediante el análisis de sensibilidad. Algunos de los parámetros o factores comunes para hallar la sensibilidad son la TMAR, las tasas de interés, las estimaciones de vida, los periodos de recuperación para fines tributarios, todo tipo de costos, ventas y muchos otros factores. Este supuesto no es correcto por completo en situaciones del mundo real, pero es práctico puesto que en general no es posible para considerar en forma precisa las dependencias reales.

El análisis de sensibilidad, en sí mismo es un estudio realizado en general en unión con el estudio de ingeniería económica; determina la forma como una medida de valor (VP, VA, TR ó B/C) y la alternativa seleccionada se verán alteradas si un factor particular o parámetro varía dentro de un rango establecido de valores.

Generalmente, las variaciones en la vida, en los costos anuales y recaudos resultan de variaciones en el precio de venta, de operación a diferentes niveles de capacidad, de la inflación, etc. Por ejemplo, si un nivel de operación del 90% de la capacidad de sillas de una aerolínea se compara con el 50% en una ruta internacional nueva, el costo de operación y el recaudo por milla de pasajero aumentará, pero es probable que la vida anticipada disminuya solo ligeramente. De ordinario, para aprender cómo afecta el análisis económico la incertidumbre de las estimaciones, se estudian diversos parámetros importantes.

La graficación del VP, VA o TR versus el (los) parámetro (s) estudiado (s) es muy útil. Dos alternativas pueden compararse con respecto a un parámetro dado y calcularse el punto de equilibrio. Éste es un valor al cual las dos alternativas son equivalentes en términos económicos. Sin embargo, el diagrama del punto de equilibrio comúnmente representa sólo un parámetro por

diagrama. Por tanto, se construyen diversos diagramas y se supone la independencia de cada parámetro.

Cuando se estudian diversos parámetros, un estudio de sensibilidad puede resultar bastante complejo. Éste puede realizarse utilizando un parámetro a la vez mediante un sistema de hoja de cálculo, un programa de computador preparado especialmente, o cálculos manuales. El computador facilita la comparación de múltiples parámetros y múltiples medidas de valor y el software puede representar gráficamente de manera rápida los resultados.

Determinación de la sensibilidad de las estimaciones

Al realizar un estudio de análisis de sensibilidad se puede seguir este procedimiento general, cuyos pasos son:

- Determine cuál parámetro ó parámetros de interés podrían variar con respecto al valor estimado más probable.
- Seleccione el rango probable de variación y su incremento para cada parámetro.
- Seleccione la medida de valor que será calculada.
- Calcule los resultados para cada parámetro utilizando la medida de valor como base.
- Para interpretar mejor los resultados, ilustre gráficamente el parámetro versus la medida de valor.

Este procedimiento del análisis de sensibilidad debe indicar cuáles parámetros justifican un estudio más detenido o requieren la consecución de información adicional. Cuando hay dos alternativas o más, es mejor utilizar una medida de valor tipo monetario (VP ó VA) en el paso 3. Si se utiliza la TR, se requieren esfuerzos adicionales de análisis incremental entre alternativas.

Ejemplo: La Compañía “Enlatados agrícolas” está considerando la compra de un nuevo activo para el manejo automatizado del arroz. Las estimaciones más probables son un costo inicial de \$80000, valor de salvamento de cero y una relación de flujo de efectivo antes de impuestos de la forma $FEN = \$27000 - 2000t$ anual ($t = 1, 2, \dots, n$). La TMAR de la compañía varía entre el 10% y el

25% anual para los tipos diferentes de inversiones en activos. La vida económica de maquinaria similar varía entre 8 y 12 años. Evalúe la sensibilidad de VP y VA variando (a) el parámetro TMAR, a la vez que supone un valor 'n' constante de 10 años y (b) el parámetro 'n', mientras la TMAR es constante al 15% anual.

Solución:

(a) Siga el procedimiento anterior:

- La TMAR, i , es el parámetro de interés.
- Seleccione incrementos del 5% para evaluar la sensibilidad a la TMAR; el rango para i es del 10% al 25%.
- Las medidas de valor son VP y VA.
- Establezca las relaciones VP y VA. Por ejemplo, para $i = 10\%$, utilice valores k de 1 a 10 para el flujo de efectivo:
- $$VP = -80000 + 25000(P/A, 10\%, 10[6.1446]) - 2000(P/G, 10\%, 10[22.8913]) = \$27832.40$$
- $VA = P(A/P, 10\%, 10) = 27832.40(0.1627) = \4528.33

Las medidas de valor para los cuatro valores i en intervalos del 5% son:

i	VP	VA
10%	27832.40	4528.33
15%	11511.00	2294.14
20%	-961.70	-229.37
25%	-10711.50	-3000.29

- En la siguiente figura se muestra una gráfica de la TMAR versus el VA. La pendiente negativa pronunciada indica que la decisión de aceptar la propuesta con base en VA es bastante sensible a variaciones en la TMAR. Si se establece la TMAR en el extremo superior del rango, la inversión no es atractiva.

(b) Siga los pasos del procedimiento:

- El parámetro es la vida 'n' del activo.
- Seleccione incrementos de 2 años para evaluar la sensibilidad a 'n' durante el rango de 8 a 12 años.
- Las medidas de valor son VP y VA.
- Establezca las mismas relaciones VP y VA que en la parte (a) para $i = 15\%$. Los resultados de las medidas de valor son:

n	VP	VA
8	7221.10	1609.58
10	11511.00	2294.14
12	13145.20	2425.29

En la siguiente figura se aprecia una gráfica no lineal de VA versus n. Ésta es una forma característica para el análisis de sensibilidad de un valor n. Como quiera que las medidas VP y VA son positivas para todos los valores de n, la decisión de invertir no se ve afectada en forma sustancial por la vida estimada.

4.9.- ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD UTILIZANDO TRES ESTIMACIONES

Es posible examinar en forma exacta las ventajas y desventajas económicas entre dos alternativas o más tomando en préstamo, del campo de la programación de proyectos, el concepto de elaborar tres estimaciones para cada parámetro: una estimación pesimista, una muy probable y una optimista.

Este enfoque nos permite estudiar la sensibilidad de la selección de las medidas de valor y de las alternativas dentro de un rango preestablecido de variación para cada parámetro. En general, cuando se calcula la medida de valor para un parámetro o alternativa particular se utiliza la estimación más probable para todos los demás parámetros.

Ejemplo: Suponga que usted es un ingeniero que está evaluando tres alternativas para las cuales un equipo de gerencia ha hecho tres estimaciones de estrategia, una pesimista (P), una muy probable (MP) y una optimista (O),

para la vida, el valor de salvamento y los costos anuales de operación. Las estimaciones se presentan en la siguiente tabla a un nivel de alternativa por alternativa. Por ejemplo, la alternativa B tiene estimaciones pesimistas de VS = \$500, CAO = \$4000 y n = 2 años. Los costos iniciales se conocen, de manera que ellos tienen el mismo valor para todas las estrategias. Realice un análisis de sensibilidad para tratar de determinar la alternativa más económica utilizando el análisis VA y una TMAR del 12%.

Alternativa	Estrategia	Costo inicial	VS	CAO	Vida (años)
A	P	-20000	0	-11000	3
A	MP	-20000	0	-9000	5
A	O	-20000	0	-5000	8
B	P	-15000	500	-4000	2
B	MP	-15000	1000	-3500	4
B	O	-15000	2000	-2000	7
C	P	-30000	3000	-8000	3
C	MP	-30000	3000	-7000	7
C	O	-30000	3000	-3500	9

Solución: Para la descripción de cada alternativa en la tabla anterior, se calcula el VA de los costos. Por ejemplo, la relación VA para la estimación pesimista de la alternativa A es:

$$VA = -20000(A/P, 12\%, 3[0.4163]) - 11000 = -19326.00$$

Los valores VA de las tres alternativas y sus respectivas estrategias se muestran a continuación:

	Valores VA alternativos		
Estrategia	A	B	C
P	-19326.00	-12639.65	-19600.10
MP	-14548.00	-8228.80	-13275.70
O	-9026.00	-5088.30	-8927.90

Es claro que la alternativa que debe ser seleccionada es la B, ya que en la estrategia MP, tiene un costo menor que los de la estrategia optimista de las alternativas A y C.

Inflación y efecto de la inflación en los estimados

En los cálculos de recuperación del capital es particularmente importante que éstos incluyan la inflación debido a que el dinero de ahora debe recuperarse en dinero inflado futuro. Dado a que el dinero futuro tiene menos poder adquisitivo que el dinero de hoy, es obvio que se requerirá más dinero para recuperar la inversión presente. Este hecho sugiere el uso de la tasa de interés del mercado o la tasa inflada en la fórmula A/P. Por ejemplo, si se invierten \$1000 hoy a una tasa de interés real del 10% anual cuando la tasa de inflación es del 8% anual, la cantidad anual del capital que debe recuperarse cada año durante 5 años en dinero corriente será:

$$A = 1000(A/P, 18.8\%, 5[0.3256]) = \$325.60$$

Por otra parte, el valor reducido del dinero a través del tiempo significa que los inversionistas pueden estar dispuestos a gastar menos dinero presente (de mayor valor) para acumular una cantidad determinada de dinero (inflado) futuro utilizando un fondo de amortización; o sea, se calcula un valor A. Esto sugiere el uso de una tasa de interés más alta, es decir, la tasa i_f , para producir un valor A más bajo en la fórmula A/P. El equivalente anual (cuando se considera

la inflación) de la misma $F = \$1000$ dentro de cinco años en dinero corriente de entonces es:

$$A = 1000(A/F, 18.8\%, 5[0.1376]) = \$137.60$$

Para comparación, la cantidad anual equivalente para acumular $F = \$1000$ a una i real = 10% (antes de considerar la inflación), es $1000(A/F, 10\%, [0.1638]5) = \163.80 . Por lo tanto, cuando F es fija, los costos futuros distribuidos uniformemente deben repartirse en el periodo de tiempo más largo posible, de manera que la inflación tenga el efecto de reducir el pago involucrado (137.60 Vs. 163.80).

Ejemplo: ¿Qué cantidad anual se requiere durante 5 años para acumular una cantidad de dinero con el mismo poder adquisitivo de compra que \$680.58 hoy, si la tasa de interés del mercado es del 10% anual y la inflación es del 8% anual?

Solución: El número real de dinero inflado futuro requerido durante 5 años es:

$$F = (\text{poder de compra actual}) (1 + f)^5 = 650.58 * (1.08)^5 = \$955.92$$

Por consiguiente, la cantidad real del depósito anual se calcula utilizando la tasa de interés inflada del mercado del 10%.

$$A = 955.92(A/F, 10\%, 5[0.1638]) = \$156.58$$

Modelos para considerar la inflación en la evaluación de las inversiones

Un método alternativo para estimar la inflación en un análisis de valor presente comprende el ajuste de las fórmulas mismas del interés para considerar la inflación. Considere la fórmula P/F , donde i es la tasa de interés real.

$$P = F \frac{1}{(1+i)^n}$$

F (en dinero futuro) puede convertirse en dinero de hoy, utilizando la ecuación

$$P = \frac{F}{(1+f)^n} \frac{1}{(1+i)^n}$$

$$= \frac{F}{(1+i+f+if)^n}$$

Si el término $i + f + if$ se define como if , la ecuación se convierte en:

$$P = F \frac{1}{(1+if)^n} = F(P/F, i, n)$$

La expresión if se denomina la tasa de interés inflada y se define como:

$if = i + f + if$ donde

i = tasa de interés real.

f = tasa de inflación.

if = tasa de interés inflada.

Para una tasa de interés real del 10% anual y una tasa de inflación del 4% anual, la ecuación produce una tasa inflada del 14.4% ($if = 0.10 + 0.04 + 0.10 \cdot 0.04 = 0.144$)

Ejemplo: Un antiguo estudiante del ITSSNP desea efectuar una donación al Fondo de Desarrollo Estudiantil de su Alma Máter; ha ofrecido cualquiera de los tres planes siguientes:

Plan A. \$60000 ahora.

Plan B. \$15000 anuales durante 8 años empezando dentro de 1 año.

Plan C. \$50000 dentro de 3 años y otros \$80000 dentro de 5 años.

La única condición puesta para la donación es que la Institución acuerde gastar el dinero en investigaciones aplicadas relacionadas con el desarrollo de procesos de manufactura ambientales conscientes. Desde la perspectiva del Instituto, éste desea seleccionar el plan que maximiza el poder de compra del

dinero recibido, de manera que ha pedido al profesor de Ingeniería económica evaluar los planes y considerar la inflación en los cálculos. Si la Institución desea obtener un 10% real anual sobre sus inversiones y se espera que la tasa de inflación promedie 3% anual, ¿Cuál plan debe aceptar?

Solución: El método de evaluación más rápido es calcular el valor presente de cada plan en dinero de hoy. Para los B y C, la forma más fácil de obtener el valor presente es mediante el uso de la tasa de interés inflada i_f .

$$i_f = 0.10 + 0.03 + 0.10 \cdot 0.03 = 0.133 = 13.3\%.$$

Calcule los valores VP con el uso apropiado de la ecuación correspondiente:

$$VPA = \$60000.00$$

$$VPB = \$15000(P/A, 13.3\%, 8[4.7499]) = \$71248.50$$

$$VPC = \$50000(P/F, 13.3\%, 3[0.6876]) + 80000(P/F, 13.3\%, 5[0.5356]) \\ = \$77228.00$$

Dado que VPC es el mayor en términos de dinero de hoy, seleccione el plan C.

En los cálculos de valor futuro, la cantidad futura de dinero puede representar cualquiera de cuatro cantidades diferentes:

Caso 1. La *cantidad real* de dinero que será acumulada en el tiempo n .

Caso 2. El *poder de compra*, en términos de dinero de hoy, de la cantidad real de dinero acumulada en el tiempo n .

Caso 3. El *número de pesos o dólares futuros requeridos* en el tiempo n para mantener el mismo poder de compra de un peso o dólar hoy; es decir, no se considera el interés.

Caso 4. El número de dólares o pesos requeridos en el tiempo n para mantener *el poder de compra y obtener una tasa de interés real determinada*.

Debe ser claro que para el caso 1, la cantidad real de dinero acumulado se obtiene utilizando una tasa de interés determinada del mercado, la cual se identifica mediante i_f , ya que incluye la inflación.

Para el caso 2, el poder de compra de pesos futuros se determina utilizando la tasa de interés del mercado i_f para calcular F y luego se divide por $(1 + f)^n$. La división por $(1+f)^n$ deflacta los dólares inflados. En efecto, este procedimiento reconoce que los precios aumentan durante la inflación, de manera que \$1 en el futuro comprará menos bienes que \$1 ahora. En forma de ecuación, el caso 2 es:

Suponga que \$1000 obtienen la tasa de mercado del 10% de interés anual durante 7 años. Si la tasa de inflación para cada año es del 4%, la cantidad de dinero acumulado en 7 años, pero con el poder de compra de hoy, es:

Para comprender el poder de la inflación, considere lo siguiente. Si la inflación fuera nula (f se aproxima a 0), dentro de 7 años los \$1000, a una tasa de interés del 10% crecerían a: $F = 1000(F/P, 10\%, 7[1.9487]) = \1948.70

Esto significa que el poder de compra de hoy y dentro de 7 años es igual. La inflación del 4% anual redujo en \$467.85 el poder de compra.

También para el caso 2 podría determinarse en forma equivalente la cantidad futura de dinero acumulado con el poder de compra de hoy calculando la tasa de interés real y utilizándola en el factor F/P para compensar el poder de compra reducido de cada peso. La tasa de interés real puede obtenerse resolviendo para i en la ecuación:

$$i_f = i + f + if = i(1 + f) + f = \frac{i_f - f}{1 + f}$$

Dicha ecuación permite calcular la tasa de interés real a partir de la tasa de interés (inflada) del mercado. La tasa de interés real i representa la tasa a la cual el dinero presente se expandirá con su mismo poder de compra en dinero futuro equivalente. El uso de esta tasa de interés es apropiado al calcular el valor futuro de una inversión, especialmente una cuenta de ahorro o un fondo

del mercado de dinero, cuando los efectos de la inflación deben ser considerados. Para la cantidad de \$1000 de este caso, a partir de la ecuación de la tasa real, se tiene:

$$i = \frac{0.10 - 0.04}{1 + 0.04} = 0.0577 = 5.77\%$$

$$F = 1000(F/P, 5.77\%, 7[1.4809]) = \$1480.90$$

La tasa de interés establecida (en el mercado) del 10% anual ha sido reducida a menos del 6% anual debido a los efectos de la inflación. Una tasa de inflación mayor que la tasa de interés, es decir $f > i$, conduce a una tasa de interés real negativa.

El caso 3 también reconoce que los precios aumentan durante periodos inflacionarios y por consiguiente, adquirir un artículo en una fecha futura requerirá más dinero del requerido ahora. En términos simples, el dinero futuro vale menos, de modo que se requiere más.

Los cálculos para el caso 4 (mantener el poder de compra y ganar interés) consideran tanto los precios crecientes (caso 3) como el valor del dinero en el tiempo; es decir, debe obtenerse el crecimiento real del capital, los fondos deben crecer a una tasa igual a la tasa de interés real i más una igual a la tasa de inflación f . En consecuencia, para obtener una tasa de retorno real de 5.77% cuando la inflación es 4%, se utiliza i_f en las fórmulas. Utilizando la misma cantidad,

$$i_f = 0.0577 + 0.04 + 0.0577 * 0.04 = 0.10 = 10\%$$

$$F = 1000(F/P, 10\%, 7[1.9487]) = \$1948.70$$

Este cálculo muestra que \$1948.70 dentro de 7 años, serán equivalentes a \$1000 ahora con un retorno real $i = 5.77\%$ anual e inflación de $f = 4\%$ anual.

La compañía de refrescos "El delirio", desea determinar si debe pagar ahora o más tarde por el mejoramiento de sus instalaciones de producción. Si la compañía selecciona el plan A, se comprará el equipo necesario ahora por

\$20000. Sin embargo, si la compañía selecciona el plan I, no comprar ahora, la compra del equipo se diferirá durante 3 años y se espera que el costo aumente rápidamente hasta \$34000. La TMAR no ajustada por la inflación es del 12% anual y la tasa de inflación se estima en 3% anual. Determine si la compañía debe comprar ahora o más adelante si (a) no se considera la inflación y (b) se considera la inflación.

Solución:

a) No se considera la inflación. La TMAR no ajustada por inflación es $i = 12\%$ anual y el costo del plan I es de \$34000 dentro de 3 años.

$$FA = -20000(F/P, 12\%, 3[1.4049]) = -\$28098.00$$

$$FB = -\$34000.00$$

Seleccione el plan A, ya que cuesta menos. Compre ahora.

b) Se considera la inflación. Primero, calcule la TMAR ajustada por inflación mediante la ecuación:

$$if = 0.12 + 0.03 + 0.12 \cdot 0.03 = 0.1536 = 15.36\%$$

$$FA = -20000(F/P, 15.36\%, 3[1.5352]) = -\$30704.00$$

$$FB = -\$34000.00$$

Aún se selecciona el plan A, puesto que requiere menos dinero futuro equivalente.

UNIDAD V: PLANEACIÓN PRESUPUESTAL

OBJETIVO: El alumno aplicará la técnica de determinación de presupuesto

5.1.- INTRODUCCIÓN A LA PLANEACIÓN PRESUPUESTAL

La Planeación como disciplina requiere de una metodología que asegure racionalidad y, por lo tanto, consistencia a lo largo del proceso.

Esencialmente el método de Planeación consiste en identificar la problemática, concebir cursos alternativos de acción, elegir uno de ellos para finalmente describir las acciones necesarias y ubicarlas en el tiempo, lo que constituye propiamente el plan.

Principios de Racionalidad:

El hombre aunque animal racional, no hace uso de ella en todas las actuaciones de su vida; en muchas ocasiones se guía por el instinto o apetito. La inteligencia y el instinto obedecen a la misma finalidad de la naturaleza, y aquí mencionamos dos posibles causas:

- Una falsa apreciación de los procesos lógicos y su aplicación.
- Un deseo profundo de justificar la racionalización.

Usar el método científico requiere usar la razón, pero no todas nuestras actividades deben ser visualizadas de esta forma. En muchas circunstancias se requieren procesos no lógicos, en otros, procesos lógicos y comúnmente una combinación de ambos.

Cuando una decisión es racional es también un objetivo lógico, por lo tanto, definirá un problema con cuidado y tendrá una meta clara y específica.

Las premisas de racionalidad son:

- Claridad del problema.
- Orientación de metas.
- Opciones conocidas.
- Preferencias claras.
- Preferencias constantes.
- Sin restricción de precio y costo.

- Utilidad máxima.

Estas premisas se aplican a cualquier decisión:

Muchos organizadores formulan metas, estrategias, políticas, procedimientos y reglas específicas para proporcionar una dirección empresarial y al mismo tiempo asegurar la coordinación formal de los recursos. En el mismo proceso establecen normas de desempeño y puntos de unificación para asegurar que las metas y propósitos se alcancen dentro de los tiempos y costos asignados.

Por lo tanto la toma de decisiones tiende a ser una combinación de procesos objetivos y subjetivos ya que en la interacción individuo-grupo-organización, la toma de decisiones está influenciada notablemente por los aspectos conductuales.

A continuación mencionamos algunos principios de la planeación:

El principio de la precisión: “Los planes deben hacerse con la mayor precisión posible porque van a regir acciones concretas”; No deben hacerse con afirmaciones vagas y genéricas.

Cuando carecemos de planes precisos, cualquier negocio no es propiamente tal, sino un juego de azar, una aventura, ya que mientras el fin buscado es impreciso, los medios que manejemos serán necesariamente ineficaces parcial o totalmente.

Siempre habrá algo que no podrá planearse, pero cuando mejor fijemos los planes, será menor el campo de lo eventual, con lo que habremos robado campo a la adivinación.

El principio de la flexibilidad: “Dentro de la precisión establecida en el principio anterior, todo plan debe dejar margen para los cambios que surjan en éste, ya en razón de la parte imprevisible, ya de las circunstancias que hayan variado después de la previsión”.

Este principio podrá parecer a primera vista contradictorio con el anterior, pero no lo es. Es inflexible lo que no puede amoldarse a cambios accidentales; lo rígido, lo que no puede combinarse de ningún modo. Flexible, es lo que tiene una dirección básica, pero que permite pequeñas adaptaciones momentáneas,

pudiendo después volver a su dirección inicial. Así una espada de acero es flexible , porque doblarse sin romperse , vuelve a su forma inicial cuando cesa la presión que la flexiona.

Todo plan preciso debe prever, en lo posible , los varios supuestos o cambios que deben ocurrir:

- Fijando máximos y mínimos.
- Proveyendo de antemano caminos de substitución, para las circunstancias especiales que se presenten,
- Estableciendo sistemas para su rápida revisión.

El principio de la unidad : “Los planes deben ser de tal naturaleza , que pueda decirse que existe sólo uno para cada función y todos los que se aplican en la empresa deben estar coordinados e integrados de tal modo que formen un solo plan general“.

Ejemplo: Es evidente que mientras haya planes inconexos para cada función, habrá contradicción dudas, etc. Por ello, los diversos planes que se aplican en uno de los departamentos básicos producción, ventas ,finanzas y contabilidad personal, etc. deben coordinarse en tal forma, que en un mismo plan puedan encontrarse todas las normas de acción aplicables.

Si el plan es el principio de orden, y el orden requiere la unidad, es indiscutible que los planes deben coordinarse jerárquicamente hasta formar solo uno.

La planeación se interesa principalmente en :

- evitar acciones incorrectas
- reducir los fracasos
- aprovechar las oportunidades

El Proceso de Planeación.

La planeación es un proceso continuo por lo tanto, ningún plan es definitivo: está siempre sujeto a revisión. Por consiguiente, un plan no es nunca el producto final sino un informe provisional.

El proceso que se describe a continuación es una síntesis en que se integran los pasos recomendados por varios autores. El orden en que se dan las partes

del proceso no representa el orden en que se deben llevar a cabo, solo refleja una opinión en que suele ser conveniente comenzar a pensar en ellas.

En el proceso de planear, las etapas básicas que debidamente organizadas, son necesarias desarrollar son las siguientes:

1. Formulación del problema.
2. Identificación y diseño de soluciones.
3. Integración del Plan y el Control de resultados.

5.2.- RELACIONES PRESUPUESTALES

1. **Formulación del problema**, si se trata de un conjunto de problemas, surge cuando se hallan en conflicto situaciones no controladas con situaciones deseables.

Para definir claramente la problemática se requiere entender la situación actual así como las causas pasadas y presentes que dieron lugar a ella; a este análisis se le llama **diagnóstico**.

2. **La identificación y diseño de soluciones crea o descubre las soluciones que responden al estado deseado** y los objetivos formulados, siendo sus subactividades las siguientes:

- Generación de alternativas.
- Evaluación de alternativas y selección de la mejor.

Es evidente que para alcanzar esos estados futuros deseados existen diversos medios, los cuales constituyen el concepto de alternativas, mismas que dan pie para introducirnos a la técnica conocida como Ingeniería económica o sea el conjunto de principios y técnicas relativas a la comparación de alternativas desde un punto de vista económico.

3. **La Integración del Plan y Control de Resultados**, la cual tendrá como funciones la continua corrección, mejoramiento y adecuación del plan, estando constituida de las siguientes subactividades básicas:

- Establecer un plan estratégico.
- Formular programas.
- Formular proyectos.
- Integrar programa operativo y presupuestal.

Planeación del control:

Diseño de indicadores y creación de un sistema de información.

Evaluación y adaptación:

Ajuste de programas, proyectos, presupuestos; replanteamiento del problema o de la solución.

Existen otras formas de presentar el proceso de planeación descrito con anterioridad una de ellas se describe a continuación, y es la que se desarrollará durante el curso.

5.3.- EJERCICIO Y CONTROL PRESUPUESTAL

1. **El Diagnóstico y el Pronóstico:** El conocimiento de la situación actual que se pretende cambiar.

Se parte de un estado actual que se considera no es satisfactorio y por lo tanto existen diferencias con el estado deseado. Este análisis nos sirve para conocer la realidad imperante: problemas, restricciones, obstáculos, recursos etc.

2. **Definición de los Objetivos y las Metas:** La definición de objetivos es primordial en el proceso de planeación, ya que estos exigirán una gran parte de los recursos y determinarán

las actividades durante largo tiempo de la empresa o del proyecto, en ellos se incluyen la revisión y comprensión de los propósitos de estos. Los objetivos pueden ser inalcanzables dentro del periodo de planeación pero deberán hacerse asequibles dentro del mismo.

A veces los objetivos que se definen de nuevo serán muy parecidos a aquellos en que se basa la estrategia ya existente, pero otras veces el proceso produce un cambio sustancial.

3. Análisis de Medios: El propósito de este paso es identificar las formas en que los cambios del ambiente económico, tecnológico, socio- cultural y político-legal, pueden influir en la empresa o proyecto.

Los planificadores necesariamente se preocupan del amplio contexto social, económico, político y tecnológico dentro del cual la organización tendrá que operar en el futuro.

Este análisis es necesario para identificar las ventajas y desventajas competitivas de la empresa, es decir, definir como se habrán de adquirir, generar y como se deberán destinar los recursos a las actividades de la empresa o proyecto.

En esta etapa es conveniente realizar los siguientes puntos:

Dar un horizonte de planeación (período durante el cual la obra deberá satisfacer la necesidad para la cual ha sido destinada

Recopilar, analizar y complementar información disponible.

Analizar posibilidades económicas de quien solicita la obra.

Producir el planteamiento de soluciones factibles.

4. Generación de alternativas: Considerando los recursos disponibles se deben proponer las posibles alternativas de acción para alcanzar los objetivos y metas descritos por la etapa anterior.

Este proceso deberá realizarse partiendo de un contexto general hacia lo particular, de esta manera se evitará diseñar acciones que sean adecuadas en lo particular pero no en lo general.

Las metas deberán ser alcanzables dentro del periodo de planeación pero no necesariamente.

5. **Análisis y Evaluación de alternativas:** Una vez que se ha realizado el análisis del ambiente, el análisis de recursos, la identificación de oportunidades estratégicas y riesgos, es posible emitir un juicio que valore las consecuencias de la proposición, aquí entra uno de los aspectos más importantes de la planeación, “La evaluación de proyectos”. La proposición de la colectividad puede no ser factible, además de que para lograrla podrán seguirse diferentes caminos o bien, para alcanzar la meta se generarán n alternativas de solución, cada una de estas alternativas serán comparadas y se medirán sus ventajas y desventajas, escogiendo la mejor de ellas, aquella que maximice los beneficios y minimice los costos.

A veces es necesario un cambio de estrategia para cumplir con los objetivos deseados.

Mientras haya pasado mas el tiempo, mas fácil será decidir si debe modificar o no la estrategia.

6. **Programación y Control:** Una vez seleccionada la mejor alternativa alternativa, es preciso incorporarla en las operaciones cotidianas. Ni la mas perfecta y creativa estrategia podrá beneficiar a la empresa a menos de que se ponga en práctica.

A medida que se adelanta la ejecución en cada unidad, los autores del plan tienen que comprobar el progreso en comparación con lo planeado en etapas periódicas o críticas para

esto es necesario diseñar un procedimiento para prever o detectar los errores o las fallas del plan así como para prevenirlos o corregirlos sobre la continuidad.

GLOSARIO DE TÉRMINOS COMUNES

CANTIDAD O VALOR ANUAL (VA): Valor anual uniforme equivalente de todas las entradas y salidas de efectivo durante la vida estimada del proyecto.

COSTO ANUAL DE OPERACIÓN (CAO): Costos anuales estimados que se realizan en un proyecto y que apoyan la alternativa de inversión.

RAZÓN BENEFICIO- COSTO (B/C): Razón de los beneficios de un proyecto con respecto a los costos expresada en términos de valor presente, valor anual o valor final.

PUNTO DE EQUILIBRIO (Q_{PE}): Cantidad a la cual los ingresos y los costos para un proyecto son iguales.

VALOR EN LIBROS (VL): Inversión de capital en un activo después de considerar la depreciación.

PRESUPUESTO DE CAPITAL (P_C): Cantidad de dinero disponible para proyectos de inversión de capital.

GANANCIA DE CAPITAL (GC): Ganancia monetaria obtenida cuando un activo de capital es vendido por más de su precio de compra.

FLUJO DE EFECTIVO (FE): Cuantía de efectivo real que ingresan (entradas) y se desembolsan (salidas).

FLUJO DE EFECTIVO ANTES DE IMPUESTOS (FEAI): Cantidad de flujo en efectivo antes de aplicar los impuestos relevantes.

COSTO DE CAPITAL (i): Tasa de interés pagada por el uso de fondo de capital; incluye fondos de deuda y de patrimonio

DISTRIBUCIÓN DE ACUMULACIÓN (F_x): Acumulación de probabilidad hasta un valor determinado de una variable aleatoria.

DEPRECIACIÓN (D): Reducción en el valor de activos propios utilizando modelos y reglas específicas; puede no reflejar el uso real del dinero.

CANTIDAD O VALOR FUTURO (VF): Cantidad en alguna fecha futura que considera el valor del dinero en el tiempo.

GRADIENTE (G): Cambio uniforme en el flujo en efectivo durante cada periodo de tiempo; aritmético y porcentual.

TASA DE INFLACIÓN (f): Tasa que refleja cambios en el valor de la moneda en el tiempo.

TASA DE INTERÉS (r): Interés expresado como porcentaje de la cantidad original del dinero por periodo de tiempo .

VIDA ESTIMADA (n) :Número de años o de periodos los cuales será utilizada una alternativa de inversión.

TASA MINIMA ATRACTIVA DE RETORNO ($TMAR$) : Valor minimo de la tasa de retorno para que una alternativa de inversión sea financieramente aceptable.

FLUJO NETO DE EFECTIVO (FNE): Cantidad de efectivo real resultante que entra o sale durante un periodo de tiempo

VALOR PRESENTE NETO (VPN): Método de evaluación financiera de un proyecto, cuando se requiere determinar la rentabilidad.

TASA DE RETORNO (i^*) : Tasa de interés compuesto sobre saldos no pagados o no recuperados, de manera que la cantidad final genera como saldo cero.

PERIODO DE RECUPERACIÓN ($N E$): Numero de años para depreciar completamente un activo.

VALOR DE SALVAMENTE (VS): Valor esperado de intercambio o de mercado cuando se dispone de un activo.

TASA IMPOSITIVA (T): Tasa decimal, generalmente graduada que se utiliza para calcular los impuestos corporativos o individuales.

INTERÉS SIMPLE (TI) : Interés o rédito que genera un capital invertido sin considerar la capitalización.

INTERÉS COMPUESTO (TC): Interés o rédito que genera un capital invertido considerando la capitalización.

CONCLUSIONES GENERALES

La ingeniería económica es la disciplina que presenta los procedimientos sistemáticos para el análisis económico de alternativas de inversión, con base en el flujo de efectivo y en los modelos adecuados para la toma de decisiones. Dichos procedimientos se exponen de tal manera que se pueden aplicar en proyectos de inversión de los sectores público y privado.

En las cinco unidades que integra este manual se estudian, entre otros, los siguientes temas:

- Conceptos sobre comparación de alternativas
- El valor del dinero a través del tiempo
- Método de evaluación financiera: Valor Presente Neto y Tasa Interna de Retorno
- Métodos de depreciación
- Análisis de reemplazo
- Planeación Presupuestal

Además, en cada unidad se incluyen ejemplos y problemas de ejercicio para reforzar los conocimientos adquiridos.

Está claro que el problema de toda nueva empresa, cualesquiera que sea el producto o servicio que vaya a elaborar, es cómo ingresar al mercado en los primeros meses de funcionamiento, y esto sólo puede lograrse a partir de la elaboración de una serie de estrategias, básicamente de precio y de mercadotecnia. El problema del financiamiento se convierte en un factor de vital importancia en éstos tiempos donde el problema inflacionario se presenta en forma importante.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Blank, Leland T. Tarquin Anthony J. *Ingeniería Económica*, Editorial Mc Graw Hill.
2. Canada, John R. *Técnicas de Análisis Económico para Administradores e Ingenieros*. Editorial Diana.
3. Coss Bu, Raúl. *Análisis de Proyectos de Inversión*, Editorial Limusa.
4. Newnan, Donald G. *Análisis Económico en Ingeniería*, Editorial Mc Graw Hill.
5. Degarmo Paul E., Sullivan William G., Bontadelli James A., Wicks Elin M. *Ingeniería Económica*, Editorial Prentice Hall.
6. Park Chan, S. *Ingeniería Económica Contemporánea*, Editorial Addison Wesley. Iberoamericana.
7. Thuesen H.G., Fabrycky W.J., Thuesen G.J. *Ingeniería Económica*, Editorial Prentice Hall.
8. Smith, Gerald W. *Ingeniería Económica: Análisis de Gastos de Capital*, Editorial Limusa.
9. Baca Urbina, Gabriel. *Ingeniería Económica*, Editorial Mc Graw Hill.
10. White J.A., Agee M.H., Case K.E. *Principles of Engineering Economic Analysis*, Editorial John Wiley and Sons.
11. ILPES. *Guía para la Presentación de Proyectos*, Editorial Siglo XXI.
12. FONEP. *Guía para la Presentación de Proyectos de Inversión*, Editorial Nacional Financiera.
13. Sapag Chain Nassir, Sapag Chain Reynaldo. *Fundamentos de Preparación y Evaluación de Proyectos*, Editorial Mc Graw Hill.
14. Baca Urbina, Gabriel, *Evaluación de Proyectos*, Editorial Mc Graw Hill.
15. *Manuall de Proyectos de Desarrollo*, ONU.
- 16.- Ackoff Russell, Un concepto de planeación de empresas, , Ed. Limusa, México 1997. Stoner; Administración Ed. Prentice Hall.
- 17.- Fernández Arenas; *Proceso Administrativo* Ed Diana Taylor; Planeación Estratégica Serie Empresaria