UNIDAD 6. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS

Evaluación económica de alternativas

Tabla de contenido

Introducción

Una de las características del administrador de empresas es su formación especializada en la planeación, dirección, organización, coordinación y evaluación de sistemas productivos, dentro de un marco ético y de respeto por el medio ambiente. Sin embargo, para ello debe contar con las herramientas necesarias para tomar las mejores decisiones respecto a cuál de todas las alternativas en cuanto a sistemas productivos, es la más adecuada a las necesidades de la organización en la que desarrolla su labor. Esta unidad le permitirá evaluar estas alternativas utilizando el método que más se ajusta a los requerimientos de un proyecto.

Existen cuatro métodos para realizar la evaluación de alternativas y la utilización de alguno de ellos excluiría, desde la práctica, la utilización de los otros tres, sin embargo, estos se complementan y enriquecen el proceso de toma decisiones respecto a la selección de alternativas de inversión.

Objetivos

Objetivo general

Utilizar los diferentes métodos de evaluación para establecer la viabilidad económica de un proyecto.

Objetivos específicos

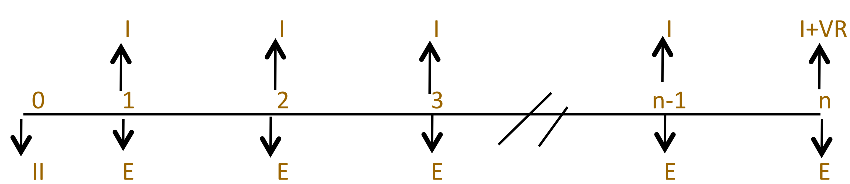
- Evaluar alternativas de inversión utilizando el Valor Presente Neto VPN.
- Evaluar alternativas de inversión utilizando el mínimo común múltiplo.
- Evaluar alternativas de inversión utilizando el costo anual equivalente.
- Evaluar alternativas de inversión utilizando el fondo de amortización de salvamento.
- Evaluar alternativas de inversión utilizando la Tasa Interna de Retorno TIR.

6.1 Valor Presente Neto VPN

Una de las funciones del administrador de empresas es recomendar inversiones que optimicen el proceso productivo, esto significa seleccionar entre diferentes alternativas, aquella que sea la mejor para la empresa, tomando como base de estudio los costos y los ingresos.

Uno de los métodos que se puede utilizar para comparar las alternativas, consiste en traer a valor presente el valor neto de cada periodo (ingresos menos egresos), más comúnmente llamado Valor Presente Neto VPN, el cual representa, en términos generales, el excedente monetario promedio que por periodo presenta el proyecto, cada uno de los cuales tiene la misma ponderación dentro de la rentabilidad total.

El gráfico que se presenta a continuación representa la forma más generalizada de un proyecto de inversión:



Dónde:

II= inversión inicial
E= egresos
I= ingresos
VR= Valor Residual

Comparar diferentes alternativas que presenten este esquema sería muy difícil, dado que muy seguramente cada uno de los valores incluidos en el gráfico sería diferente. Por esta razón, una de las formas de hacerlo es colocar todos los valores en un mismo momento dado, normalmente el cero (0) y comparar los resultados estableciendo las diferencias positivas y negativas que se presentan, las cuales se constituyen en el indicador de rentabilidad del proyecto, que también es perfectamente comparable con los indicadores de rentabilidad de otros proyectos de inversión similares. Cabe resaltar que un elemento fundamental para realizar esta tarea es la tasa de interés a la cual se van a actualizar los flujos. Los estudiosos del tema recomiendan que se tome la tasa de oportunidad del mercado.

Cálculo del VPN

Para calcular el Valor Presente Neto VPN se debe:

1. Elaborar el flujo de fondos ubicando en cada periodo tanto los ingresos como los egresos (inversión, costos y gastos), y el valor residual si se tiene.
2. Calcular el valor neto de cada periodo (ingresos – egresos).
3. Realizar la suma algebraica del valor presente de los valores netos, los cuales pueden ser:

    - Pagos únicos.
    - Anualidades uniformes.
    - Anualidades variables.
    - Combinaciones entre pagos únicos y anualidades.

Hallado el VPN se procede a determinar si el proyecto es viable o no, teniendo en cuenta que:

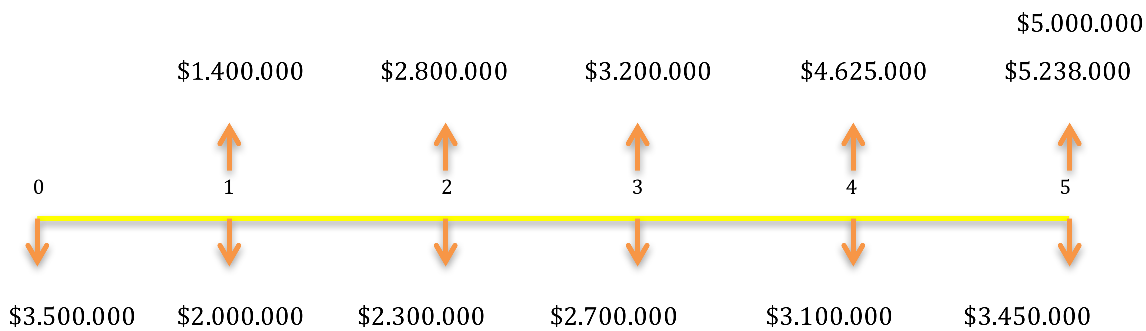
- Si el VPN >0 el proyecto es viable dado que la rentabilidad de los dineros invertidos es mayor que el que se puede obtener a la tasa de oportunidad en el mercado.
- Si el VPN = 0 el proyecto puede o no realizarse, pues la rentabilidad de los dineros invertidos es igual a la que se obtiene a la tasa de oportunidad del mercado.
- Si el VPN < 0 El proyecto no debe realizarse, pues la rentabilidad de los dineros invertidos es inferior a la que se obtiene a la tasa de interés de oportunidad.

Ejemplo:

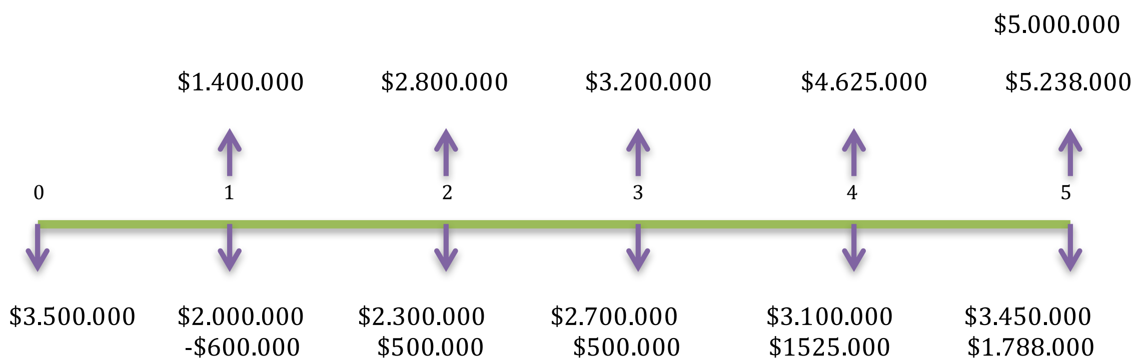
Enrique quiere montar un negocio en la ciudad de Valledupar y para ello requiere una inversión inicial de $3.500.000. Los costos y gastos anuales del proyecto son: $2.000.000, $2.300.000, $2.700.000, $3.100.000 y $3.450.000, y los ingresos proyectados por año son: $1.400.000, $2.800.000, $3.200.000, $4.625.000 y $5.238.000. Al finalizar el quinto año espera vender el negocio por $12.000.000. Enrique quiere saber si se justifica realizar el proyecto; utilizar una tasa del 5% efectiva anual.

Como se ve, este es un proyecto que debe ser evaluado y para hacerlo se utilizará el VPN, y se seguirá el procedimiento propuesto.

1. Elaboración del flujo de fondos:



2. Cálculo del valor neto:



3. Suma algebraica de los valores presentes de cada periodo. Como se ve, este es un flujo neto de pagos únicos por cuanto los valores son diferentes en cada periodo, por tanto, la suma algebraica será:

$$VPN = -I_o + \sum_{n=1}^{5} F_n (1+i)^{-n} + VR(1+i)^{-n}$$

Dónde:

I_o= inversión inicial
F_n= flujo neto
i= tasa de interés
n= periodo de tiempo
VR= valor residual
Al remplazar los valores se tiene:
I_o=$3.500.000
F_n= -$6000.000, $ 500.000, $500.000, $1525.000 y $1.788.000
VR= $5.000.000
n= 5 años
i= 5%

Luego:

$$VPN = -3.500.000 - 600.000(1+0{,}05)^{-1} + 500.000(1+0{,}05)^{-2} + 500.000(1+0{,}05)^{-3} + 1.525.000(1+0{,}05)^{-4} + 1.788.000(1+0{,}05)^{-5} + 5.000.000(1+0{,}05)^{-5}$$

$$VPN = -3.500.000 - 571.428{,}57 + 453.514{,}74 + 431.918{,}80 + 1.254.621{,}27 + 1.400.944{,}79 + 3.917.630.83$$

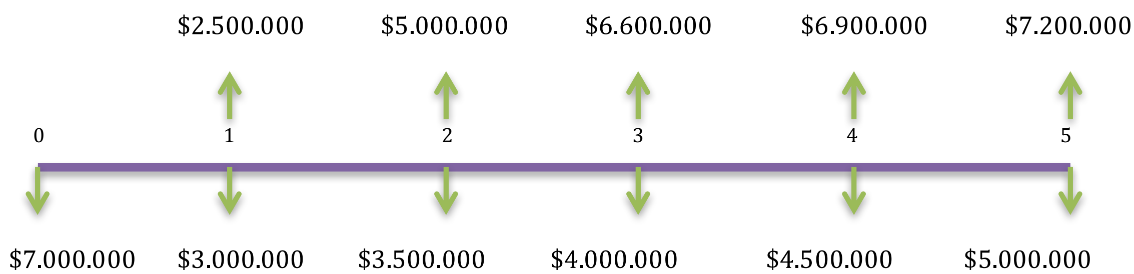
$$VPN = 3.387.201{,}86$$

Dado que el VPN>0 el proyecto debe llevarse a cabo.

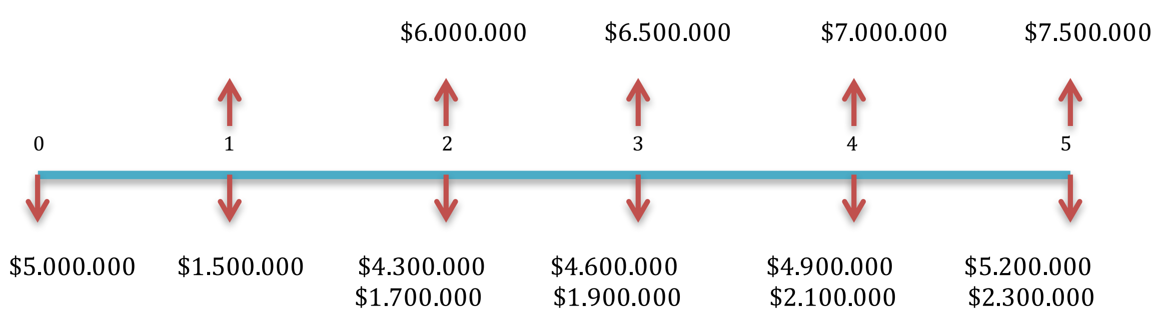
Ejemplo:

La fábrica de calzado El Zapato Cómodo requiere hacer una ampliación de su planta y está analizando las siguientes alternativas:

A.



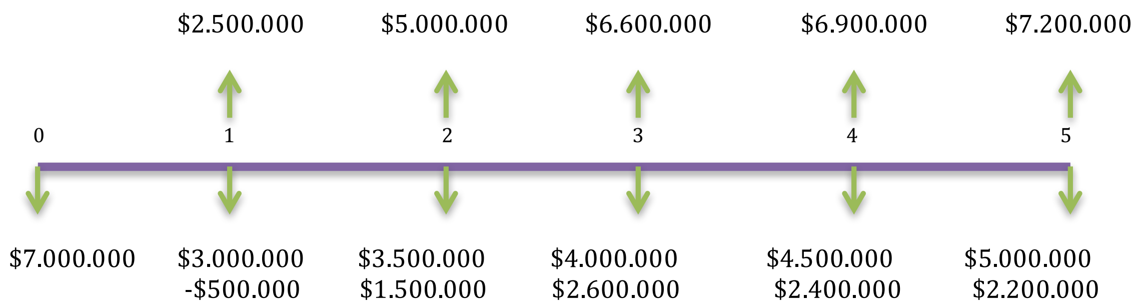
B.



Si la tasa de oportunidad es del 5,4%, ¿cuál alternativa es la más adecuada?

Siguiendo el procedimiento sugerido se tiene:

A.



Como puede verse, este caso es la combinación entre pagos únicos y una anualidad con gradiente aritmético decreciente.

I_0= $7.000.000.000
Pagos únicos= $500.000 y $1.500.000

Anualidad con gradiente aritmético decreciente= A= $2.600.000, G=-$200.000.

El VPN resultante es:

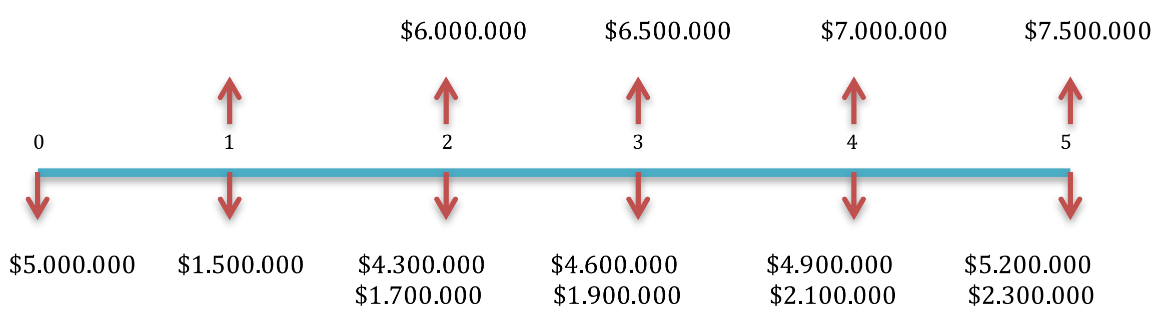
$$VPN = -7.000.000 - 500.000(1{,}054)^{-1} + 1.500.000(1{,}054)^{-2} +$$

$$\left\{\left[2.600.000\left[\frac{1-(1{,}054)^{-3}}{0{,}054}\right] - \frac{200.000}{0{,}054}\left[\frac{1-1{,}054^{-3}}{0{,}054} - \frac{3}{1{,}054^{3}}\right]\right](1{,}054)^{-2}\right\}$$

$$VPN = -7.000.000 - 474.388.3 + 1.350.237{,}10 + 5.856.482.71$$

$$VPN = -267.688.49$$

B.



Esta alternativa es una combinación de pagos únicos y anualidad con gradiente aritmético creciente, dónde:

I_0= $5.000.000.000
Pago único= $1.500.000

Anualidad con gradiente aritmético creciente= A= $1.700.000, G=$200.000

El VPN resultante es:

$$VPN = -5.000.000 - 1.500.000(1{,}054)^{-1} + \left\{ \left[1.700.000 \left[\frac{1-(1{,}054)^{-4}}{0{,}054} \right] - \frac{200.000}{0{,}054} \left[\frac{1-1{,}054^{-4}}{0{,}054} - \frac{4}{1{,}054^{4}} \right] \right] (1{,}054)^{-1} \right\}$$

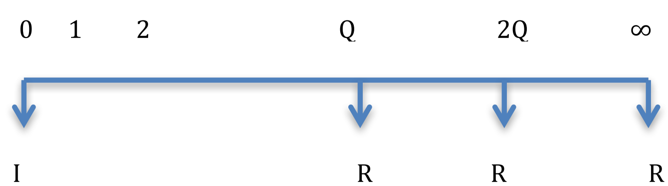
$$VPN = -5.000.000 - 1.423.149.91 + 6.980.341.83$$

$$VPN = 557.191{,}92$$

En la alternativa A, el VPN es negativo ($-267.688,49) y en la B es positivo ($557.191,92), entonces la empresa debe seleccionar la alternativa B, ya que como se dijo en el inicio de este aparte, si el VPN>0 el proyecto puede realizarse, pues la rentabilidad del flujo de caja es mayor que la rentabilidad obtenida en el mercado a la tasa de interés de oportunidad.

Costo capitalizado

Cuando el proyecto que se va realizar tiene una duración infinita o en caso de que la maquinaria, el equipo o las edificaciones deban ser reemplazados periódicamente, se utiliza el valor presente conocido como costo capitalizado (CK), cuyo gráfico general es:



Dónde:
I= inversión inicial.
R= Valor de la reposición.

Si el valor de la reposición es diferente al costo inicial, el costo capitalizado se calcula así:

A tasa efectiva

$$CK = I + \frac{R}{i}\left[\frac{1}{\frac{(1+i)^{n}-1}{i}}\right]$$

A tasa nominal

$$CK = I + \frac{R}{\frac{j}{m}}\left[\frac{1}{\frac{\left(1+\frac{j}{m}\right)^{nxm}-1}{j/m}}\right]$$

Si el valor de la reposición es igual al costo inicial, el costo capitalizado se calcula así:

A tasa efectiva

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

A tasa nominal

$$CK = +\frac{I}{\frac{j}{m}}\left[\frac{1}{\frac{1-\left(1+\frac{j}{m}\right)^{-nxm}}{j/m}}\right]$$

Ejemplo:

La empresa Alpina S.A. requiere una máquina para el tratamiento de la leche, cuyo costo inicial es de $30.000.000. Si la máquina debe ser reemplazada cada 4 años por el 85% del valor inicial a una tasa de interés del 7% efectiva anual, ¿de qué cantidad debe disponer la empresa para comprarla y reponerla cada vez que sea necesario?

I=$30.000.000
R= $25.500.000(30.000.000x0,85)
n= 4años
i= 7%EA.

Este es un típico caso de costo capitalizado con I≠R con tasa efectiva. Por tanto. el resultado es:

$$CK = I + \frac{R}{i}\left[\frac{1}{\frac{1-(1+i)^{-n}}{i}}\right]$$

$$CK = 30.000.000 + \frac{25.500.000}{0,07}\left[\frac{1}{\frac{1,07^{4}-1}{0,07}}\right]$$

$$CK = 30.000.000 + [364.285.714,3x0,2252281167]$$

$$CK = 30.0000.000 + 82.057.385.36$$

$$CK = 112.047.385.4$$

Es decir, para comprar la máquina y reponerla cada vez que sea necesario, Alpina S.A. requiere contar hoy con $112.047.385,40.

Ejemplo:

Si en el problema anterior, el valor de reposición es igual al inicial y la tasa de interés es del 7% con capitalización semestral, ¿cuál será esa cantidad?

I = $30.000.000
R= $30.000.000
n= 4años
j= 7%CCS
m= 2

En este caso, como I=R entonces el costo capitalizado a tasa nominal es:

$$CK = \frac{I}{\frac{j}{m}}\left[\frac{1}{\frac{1-\left(1+\frac{j}{m}\right)^{-nxm}}{j/m}}\right] CK = \frac{30.000.000}{0{,}07/2}\left[\frac{1}{\frac{1-\left(0{,}07/2\right)^{-4x2}}{0{,}07/2}}\right]$$

$$CK = \frac{30.000.000}{0{,}035}\left[\frac{1}{\frac{1-1{,}035^{-8}}{0{,}035}}\right] CK = 857.142.857.10x0{,}1454766465$$

$$CK = 124.694.268.5$$

Si el valor de reposición es igual al costo inicial y la tasa es con capitalización semestral, la cantidad con la cual debe contar la empresa es de $124.694.268,50.

6.2 Tasa Interna de Retorno TIR

El cálculo de la Tasa Interna de Retorno implica restar al valor presente de los ingresos, el valor presente de los egresos a una tasa de interés tal, que el resultado sea igual a 0, es decir:

VA(I) - VA(E) = 0

Para lograrlo, debe partirse con la tasa de interés del mercado y, de acuerdo con el resultado, se sube o baja la tasa de interés hasta lograr el valor igual a cero. A continuación se verá la forma de calcular la tasa interna de retorno para:

1. Un proyecto único.
2. Para alternativas múltiples.

Cálculo de la tasa interna de retorno para un proyecto único

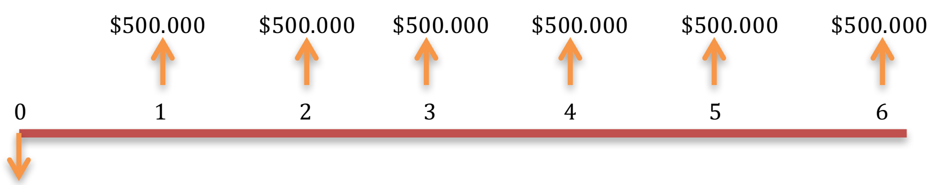
El procedimiento utilizado para calcular la tasa interna de retorno de un proyecto único es:

1. Dibujar el diagrama de flujo.
2. Establecer la ecuación de la tasa de retorno en forma tal que VA(i)-VA(E).
3. Que se va dando valores a la tasa de interés (i o j/m), en forma tal que llegue al valor 0.

Ejemplo:

Si se invierten hoy $2.000.000 con la esperanza de tener ingresos anuales de $500.000 durante 6 años y al final del sexto año un ingreso final de $1.000.000, ¿qué tasa de retorno da la inversión?

El diagrama de este problema es:



E= $2.000.000
I = $500.000 de 1 al 6 + $1.000.000
N= 6 años

En este sentido, la ecuación de la TIR es:

$$0 = -2.000.000 + 500.000\left[\frac{1-(1+i)^{-6}}{i}\right] + 1.000.000(1+i)^{-6}$$

Al reemplazar i por el 10% se tiene:

$$0 = -2.000.000 + 500.000\left[\frac{1-1.10^{-6}}{0{,}10}\right] + 1.000.000x1{,}10^{-6}$$

$$-2.000.000 + 2.177.630.35 + 564.473{,}93$$

$$0 = 742.104{,}28$$

Como no da 0, se sube la tasa de interés a 15% y se tiene:

$$0 = -2.000.000 + 500.000\left[\frac{1-1{,}15^{-6}}{0{,}15}\right] + 1.000.000(1{,}15)^{-6}$$

$$-2.000.000 + 1.892.241{,}34 + 432.327.59$$

$$0 = 324.568{,}93$$

Como todavía no se llega a cero, se sube la tasa al 18% luego:

$$0 = -2.000.000 + 500.000\left[\frac{1-1.18^{-6}}{0,18}\right] + 1.000.000x1,18^{-6}$$
$$-2.000.000 + 1.748.801,28 + 370.431,54$$
$$0 = 119.232,82$$

Se sube nuevamente la tasa al 20% y se obtiene:

$$0 = -2.000.000 + 500.000\left[\frac{1-1.20^{-6}}{0,20}\right] + 1.000.000x1,20^{-6}$$
$$-2.000.000 + 1.662.755,06 + 334.897,98$$
$$0 = -2.346,93$$

Ya que este dio negativo, se baja la tasa a 19,96%, entonces:

$$0 = -2.000.000 + 500.000\left[\frac{1-1.20^{-6}}{0,20}\right] + 1.000.000x1,20^{-6}$$
$$-2.000.000 + 1.664.407,43 + 335.568.55$$
$$0 = -24,01$$

Dado que el valor se acerca a 0, se puede concluir que la tasa de retorno es del 19,96% anual.

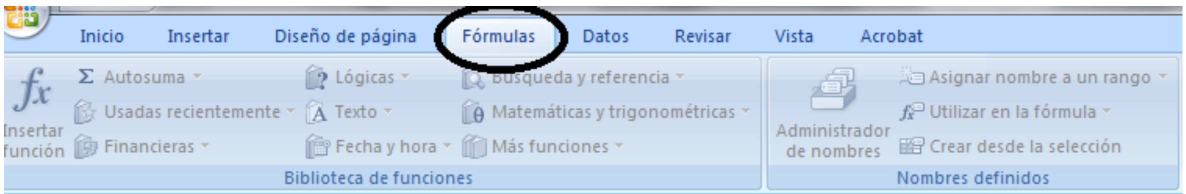
Hoy día la Tasa Interna de Retorno se calcula utilizando el Excel, así:

1. Se crea la tabla y se calcula el flujo neto:

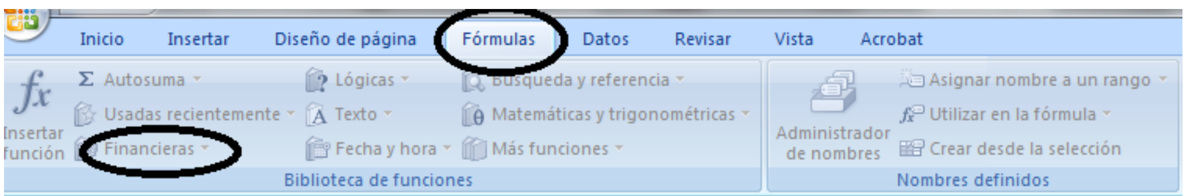
Período	Egresos	Ingresos	Flujo neto	
0	-2.000.000		C3+b3	-2000000
1		5000000	C4+B4	5000000
2		5000000	C5+B5	5000000
3		5000000	C6+B6	5000000
4		5000000	C7+B7	5000000
5		5000000	C8+B8	5000000
6		15000000	C9+B9	15000000

2. Se ubica el cursor en la celda en la cual se quiere obtener la TIR.

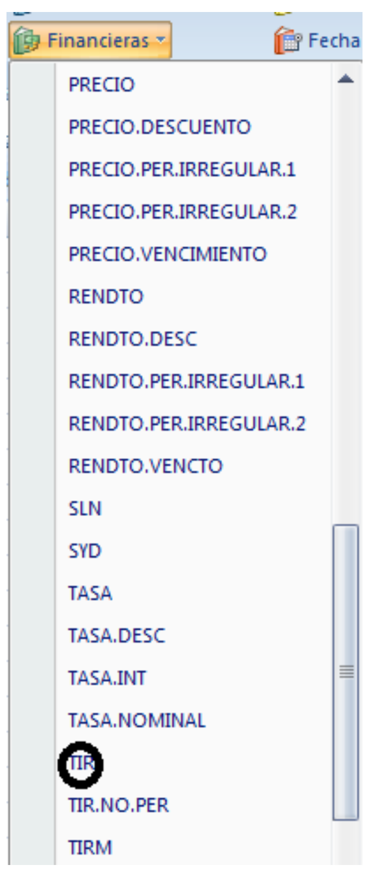
3. En la barra de Inicio se selecciona el icono “formulas”



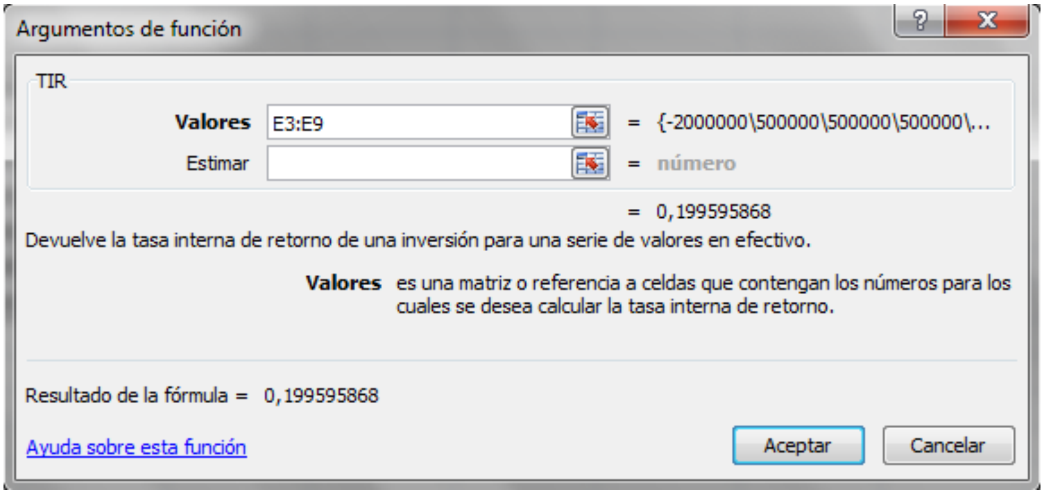
4. Luego el ícono Financieras:



5. Allí se selecciona TIR



Se despliega esta ventana



Como se ve, en valores va el rango de celdas del flujo neto y al dar Aceptar aparecerá la TIR, así:

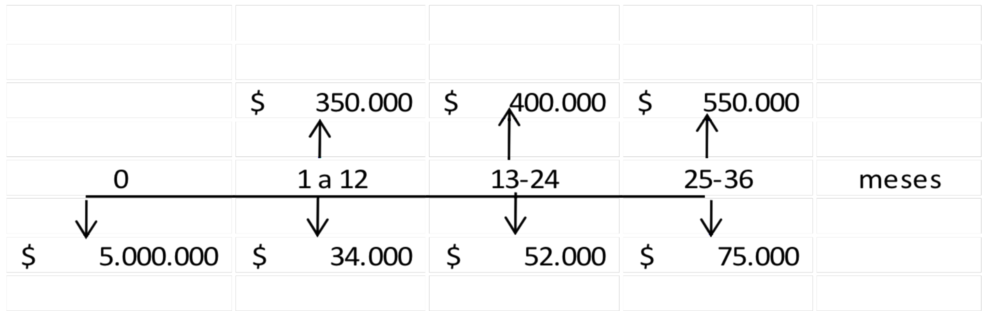
Período	Egresos	Ingresos	Flujo neto	
0	-2.000.000		C3+b3	-2000000
1		5000000	C4+B4	5000000
2		5000000	C5+B5	5000000
3		5000000	C6+B6	5000000
4		5000000	C7+B7	5000000
5		5000000	C8+B8	5000000
6		15000000	C9+B9	15000000

TIR= 19,90

Ejemplo:

Una pequeña empresa de productos comestibles compró una máquina de empaque con un costo inicial de $5.000.000, con unos costos mensuales de mantenimiento de $34.000 mensuales durante el primer año, de $52.000 mensuales en el segundo año y $75.000 mensuales en el tercer año, y espera obtener ingresos mensuales como consecuencia de la utilización de la máquina de $350.0000 mensuales por el primer año, $400.000 mensuales en el segundo y $550.000 en el tercero. ¿Cuál es la tasa de retorno esperada?

El diagrama de este caso es:



Por prueba y error se toma el 10% y el resultado es:

$$0=-5.000.000-34.000\left[\frac{1-(1{,}10)^{-12}}{0{,}10}\right]-\left\{52.000\left[\frac{1-(1{,}10)^{-12}}{0{,}10}\right](1{,}10)^{-12}\right\}$$
$$-\left\{75.000\left[\frac{1-(1{,}10)^{-12}}{0{,}10}\right](1{,}10)^{-24}\right\}+350.000\left[\frac{1-(1{,}10)^{-12}}{0{,}10}\right]$$
$$+\left\{400.000\left[\frac{1-(1{,}10)^{-12}}{0{,}10}\right](1{,}10)^{-12}\right\}+\left\{550.000\left[\frac{1-(1{,}10)^{-12}}{0{,}10}\right](1{,}10)^{-24}\right\}$$

$$0=-5.000.000-23.1665{,}52-112.894.71-51.882{,}31+2.384.792.14+868.420{,}88+380.470{,}28$$
$$0=-1.762.759$$

Dado que es negativo, se baja la tasa de interés al 6,0% y el resultado es:

$$0=-5.000.000-34.000\left[\frac{1-(1{,}06)^{-12}}{0{,}06}\right]-\left\{52.000\left[\frac{1-(1{,}06)^{-12}}{0{,}06}\right](1{,}06)^{-12}\right\}$$
$$-\left\{75.000\left[\frac{1-(1{,}06)^{-12}}{0{,}06}\right](1{,}06)^{-24}\right\}+350.000\left[\frac{1-(1{,}06)^{-12}}{0{,}06}\right]$$
$$+\left\{400.000\left[\frac{1-(1{,}06)^{-12}}{0{,}06}\right](1{,}06)^{-12}\right\}+\left\{550.000\left[\frac{1-(1{,}06)^{-12}}{0{,}06}\right](1{,}06)^{-24}\right\}$$
$$0=-5.000.000-285.050.69-216.658{,}71-155.297.22+2.934.345{,}38+1.666.605{,}44+1.138.846{,}28$$
$$=82.790$$

Como la diferencia es tan pequeña, se puede concluir que la tasa está entre el 6 y el 6,5%. Para corroborarlo se calcula utilizando Excel y el resultado es:

PERIODO	EGRESOS	INGRESOS	SALDO NETO	
0	-5000000		-5000000	
1	-34000	350000	316000	
2	-34000	350000	316000	
3	-34000	350000	316000	
4	-34000	350000	316000	
5	-34000	350000	316000	
6	-34000	350000	316000	TIR = 6,126%

7	-34000	350000	316000	
8	-34000	350000	316000	
9	-34000	350000	316000	
10	-34000	350000	316000	
11	-34000	350000	316000	
12	-34000	350000	316000	
13	-52000	400000	348000	
14	-52000	400000	348000	
15	-52000	400000	348000	
16	-52000	400000	348000	
17	-52000	400000	348000	
18	-52000	400000	348000	
19	-52000	400000	348000	
20	-52000	400000	348000	
21	-52000	400000	348000	
22	-52000	400000	348000	
23	-52000	400000	348000	
24	-52000	400000	348000	
25	-75000	550000	475000	
26	-75000	550000	475000	
27	-75000	550000	475000	
28	-75000	550000	475000	
29	-75000	550000	475000	
30	-75000	550000	475000	
31	-75000	550000	475000	
32	-75000	550000	475000	
33	-75000	550000	475000	
34	-75000	550000	475000	
35	-75000	550000	475000	
36	-75000	550000	475000	

6.3 Costo Anual Equivalente CAUE

El Costo Anual Uniforme Equivalente CAUE es otro método utilizado para la evaluación de alternativas, en especial, en el caso en que ellas tienen vida útil diferente. Aunque en el nombre aparece la palabra *anual*, el método puede ser utilizado en cualquier tipo de periodo de tiempo, es decir, mensual, semestral, cuatrimestral, etc. Igualmente la palabra *costo* debe ser entendida, no sólo haciendo referencia a los costos del proyecto sino al flujo de fondos del proyecto (ingresos – costos).

Los estudiosos de los diferentes métodos de evaluación de alternativas, reconocen al CAUE como el más sencillo de todos.

La elección de la alternativa se realiza tomando como la más favorable, aquella que tenga el menor CAUE.

En este aparte se verá cuál es el procedimiento utilizable para calcular el CAUE.

Cálculo del Costo Anual Equivalente para alternativas múltiples con vida útil diferente.

Como se dijo en la presentación del método, éste tiene su principal utilización cuando las alternativas de inversión tienen vidas útiles diferentes. La principal ventaja del método reside en que para hallar el valor uniforme por periodo de tiempo equivalente al valor presente del flujo de fondos de cada alternativa, no es necesario buscar el mínimo común múltiplo de las vidas útiles, ya que el valor encontrado es igual durante el ciclo de vida del proyecto.

Para hallar el costo anual equivalente CAUE se debe:

1. Elaborar el flujo de fondos de cada alternativa a evaluar.
2. Encontrar el flujo neto de fondos de cada alternativa.
3. Hallar el valor presente neto de la alternativa.
4. Convertir ese valor presente en una cuota periódica vencida partir de valor presente.

Ejemplo:

Una empresa embotelladora de gaseosas desea evaluar dos alternativas para la compra de una máquina que espera aumente su capacidad de embotellado. Si la tasa de interés que la empresa utiliza para evaluar sus alternativas es del 11% efectiva anual, ¿qué alternativa es más favorable?

CONCEPTO	FLUJO DE FONDOS	
	A	B
Costo inicial	-120000000	80000000
Costo de operación por período	1100000	13000000
Vida útil	5	10

La evaluación podría hacerse por VPN, sin embargo, al tener vidas útiles diferentes la mejor forma de hacerlo es a través del CAUE. Véase porque:

1. El flujo de fondos de cada alternativa es:

Período	Alternativas	
	A	B
0	-120000000	-80000000
1	-11000000	-1300000
2	-11000000	-1300000
3	-11000000	-1300000
4	-11000000	-1300000
5	-11000000	-1300000
6		-1300000
7		-1300000
8		-1300000
9		-1300000

2. Dado que no hay ingresos, no se requiere hallar el flujo neto.

3. El valor presente de cada alternativa es:

$$VPN_A = 12000000 + 110000\left[\frac{1-(1+0,11)^{-5}}{0,11}\right]$$

$$VPN_A = 16.065.486,72$$

$$VPN_B = 8000000 + 1300000\left[\frac{1-(1+0,11)^{-10}}{0,11}\right]$$

$$VPN_B = 15.656.001,61$$

4. Conversión del valor presente en una cuota anual uniforme equivalente.

$$CUAE_A = \frac{16.065.486,72}{\frac{1-1,11^{-5}}{0,11}}$$

$$CAUE_A = \frac{16.065.486,72}{3.695897018}$$

$$CAUE_A = 4.346.843,71$$

$$CAUE_B = \frac{15.656.001,61}{\frac{1-1,11^{-10}}{0,11}}$$

$$CAUE_B = \frac{15.656.001,61}{5.88923232011}$$

$$CAUE_B = 2.658.411,42$$

Cuando el costo anual de operación es uniforme, el CAUE se halla a partir de:

- Anualizar el costo inicial utilizando la fórmula de cálculo de la cuota periódica a partir del valor presente de anualidad vencida.
- Sumar el costo inicial anualizado al costo anual de operación.

En el ejemplo sería:

$$A_{ciA} = \frac{12.000.0000}{\frac{1+1.11^{-5}}{0,11}} = \frac{12.000.000}{3.695897018} = 3.246.843.71$$

$$CAUE_A = 3.246.843,71 + 1.110.000 = 4.346843.71$$

$$A_{ciB} = \frac{8.000.000}{\frac{1-1.11^{-10}}{0,11}} = \frac{8.000.000}{5.88923232011} = 1.358.411.35$$

$$CAUE_B = 1.348.411,42 + 1.300.000 = 2.658.411.42$$

Dado que el CAUE de la máquina B es menor que el de la A, la mejor alternativa es la máquina B.

Cuando las alternativas tienen valor de salvamento, el CAUE se puede calcular de tres formas diferentes que son:

1. El método de fondo de amortización de salvamento.
2. El método del valor presente de salvamento
3. El método de recuperación de capital más intereses.

El método de fondo de amortización de salvamento

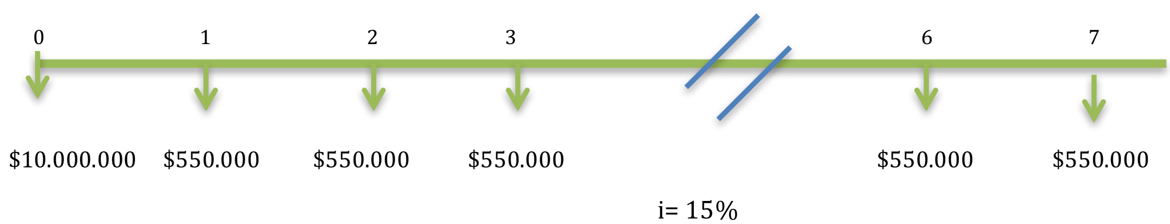
Es el método más sencillo de los utilizables. Para calcularlo se debe:

1. Elaborar el flujo de fondos de la alternativa.
2. Convertir en cuota periódica uniforme el costo inicial, a partir de la fórmula del cálculo de cuota periódica y a partir de valor presente de anualidad vencida.
3. Convertir en cuota periódica el valor de salvamento, a partir de la fórmula de cálculo de la cuota periódica de valor futuro de anualidad vencida.
4. Restar el valor de salvamento anualizado del costo inicial anualizado.
5. Sumar al resultado anterior el costo anual de operación de la alternativa.

Ejemplo:

Calcular el CAUE de una máquina que tiene un costo inicial de $10.000.000, unos costos anuales de operación de $550.000 y un valor de salvamento de $1.985.000 a los 7 años. La tasa de interés es del 15% anual.

El flujo de fondos del proyecto se muestra en el siguiente gráfico:



En este caso $CAUE = A_{CI} - A_{VS} + A_{CO}$

Dónde:

A_{CI}= Anualización del costo inicial.
A_{CO}= Costo anual de operación.
A_{VS}=Anualización del valor de salvamento.

Costo inicial = 10.000.000, luego:

$$A_{CI} = \frac{10.000.0000}{\frac{1+1.15^{-7}}{0,15}} = \frac{10.000.000}{4.160419734} = 2.403.603,63$$

Valor de salvamento = 1.985.000, luego:

$$A_{VS} = \frac{1.985.000}{\frac{1.15^{7}-1}{0,15}} = \frac{1.985.000}{11.0667992} = 179.365.32$$

$$CAUE = 2.403.603,63 - 179.365,32 + 550.000 = 2.774238,31$$

Método del valor presente de salvamento

En este método se debe:

1. Hallar el valor presente del valor de salvamento utilizando la fórmula de valor presente pago único.

2. Restar del costo inicial el valor presente del valor de salvamento.

3. Anualizar el resultado a partir de la fórmula del cálculo de la cuota periódica a partir de valor presente anualidad vencida.

4. Si los costos de operación anuales son uniformes sumarlos al resultado anterior, de lo contrario, primero hallarles el valor presente y luego anualizarlos para convertirlos en uniformes utilizando la fórmula del punto 3.

Ejemplo:

Resolver el ejemplo anterior utilizando el método de valor presente del valor de salvamento.

En este caso:

Costo inicial (CI) = $10.000.000
Costo operación anual (A_{CO})= $550.000
Valor de salvamento (VS)= $1.985.000
Tiempo= 7 años

Aplicando el método se tiene:

$$CAUE = \frac{\{CI - [VS(1+i)^{-n}]\}}{\frac{1-(1+i)^{-n}}{i}} + A_{CO}$$

$$CAUE = \frac{\{10.000.000 - [1.985.000 X 1{,}15^{-7}]\}}{\frac{1-1.15^{-7}}{0{,}15}} + 550.000$$

$$CAUE = \frac{[10.000.000 - 746.235.02]}{4.160419734} + 550.000$$

$$CAUE = \frac{9.253.764{,}98}{4.160419734} + 550.000$$

$$CAUE = 2.224.238.32 + 550.000$$

$$CAUE = 2.774.238.31$$

Método de la recuperación de capital más intereses

Cuando se desea utilizar este método se debe:

1. Restar el valor salvamento del costo inicial.
2. Anualizar el resultado a partir de la fórmula del cálculo de la cuota periódica a partir de valor presente anualidad vencida
3. Multiplicar el valor de salvamento por la tasa de interés y sumarla al resultado anterior.
4. Si los costos de operación anuales son uniformes sumarlos al resultado anterior, de lo contrario, primero hallarles el valor presente y luego anualizarlos para convertirlos en uniformes utilizando la fórmula del punto 3.

La fórmula general se expresa así:

$$CAUE = \frac{(CI - VS)}{\frac{1-(1+i)^{-n}}{i}} + VSxi + A_{CO}$$

Ejemplo:

Calcular el CAUE de una máquina que tiene un costo inicial de $10.000.000, unos costos anuales de operación de $550.000 y un valor de salvamento de $1.985.000 a los 7 años. La tasa de interés es del 15% anual. Resolver el ejemplo por el método de recuperación de capital más intereses.
En este caso:

Costo inicial (CI) = $10.000.000
Costo operación anual (A_{CO})= $550.000
Valor de salvamento (VS)= $1.985.000
Tiempo= 7 años

Aplicando el método se tiene:

$$CAUE = \frac{(CI - VS)}{\frac{1-(1+i)^{-n}}{i}} + VSxi + A_{CO}$$

$$CAUE = \frac{(10.000.000 - 1.985.000)}{\frac{1-1.15^{-7}}{0,15}} + 1985.000x0,15 + 550.000$$

$$CAUE = \frac{8.015.000}{4.160419734} + 297.750 + 550.000$$

$$CAUE = 1.026.488.31 + 297.750 + 550.000$$

$$CAUE = 2.774.238.31$$

Ejemplo:

El gerente de una planta de chatarrización de vehículos quiere modernizar el sistema de compactación. Para ello le han presentado estas propuestas:

	A	B	C
Costo inicial	$26.000.000	$36.000.000	$46.000.000
Costo anual de operación	$2.800.000	$2.200.000	$2.000.000
Costo anual de reparación	$350.000	$420.000	$285.000
Reparación cada 6 años		$5.000.000	
Reparación cada 7años	$4.000.000		
Reparación cada 10 años			$8.000.000.
Valor de salvamento	30% CI	22%CI	28%CI
Vida útil	21	24	30

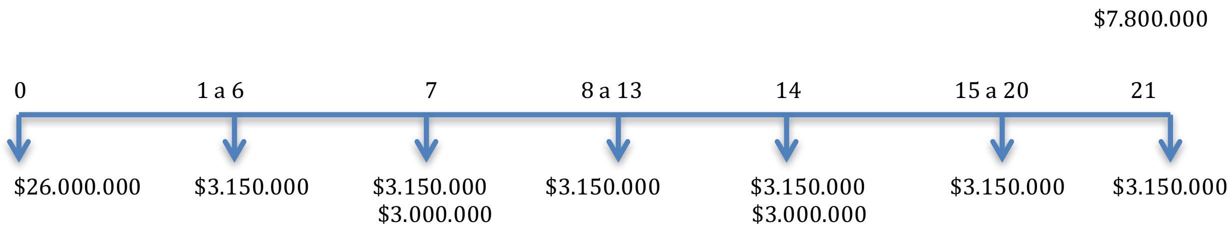
¿Cuál de las máquinas debe comprar suponiendo una tasa de interés del 14% anual?

Este es un problema de evaluación de alternativas múltiples con vidas útiles diferentes, por tanto, para evitar tener que hallar el mínimo común múltiplo y poderlo resolver por VPN o TIR, se utiliza el CAUE ya que tienen valor de salvamento, y a fin de ver la utilidad de los métodos antes vistos, cada una de las alternativas se evaluará por uno de ellos.

Alternativa A.

Esta alternativa se evaluará utilizando el método de CAUE por fondo de amortización de salvamento.

Gráficamente esta alternativa se ve así:



Siguiendo el procedimiento descrito en el método de CAUE por fondo de amortización de salvamento se tiene:

Costo inicial (CI) = $26.000.000
Costo anual de operación y reparación (A_{COR})=$ 2.800.000+$350.000=$3.150.000
Costo de reparación cada 7 años (CR)= $3.000.000
Valor de salvamento (VS) = $26.000.000x0,30= $7.800.000
Vida útil (n) = 21 años.
i= 14%

El CAUE será:

$$CAUE = \frac{26.000.000}{\frac{1-1{,}14^{-21}}{0{,}14}} - \frac{7.800.000}{\frac{1{,}14^{21}-1}{0{,}14}} + \frac{3.000.000X1{,}14^{-7}}{\frac{1-1{,}14^{-21}}{0{,}14}} + \frac{3.000.000X1{,}14^{-14}}{\frac{1-1{,}14^{-21}}{0{,}14}} + 3150.000$$

$$CAUE = \frac{26.000.000}{6.686956624} - \frac{7.800.000}{104.768174} + \frac{1.198.911{,}97}{6.686956624} + \frac{479.129.97}{6.686956624} + 3.150.000$$

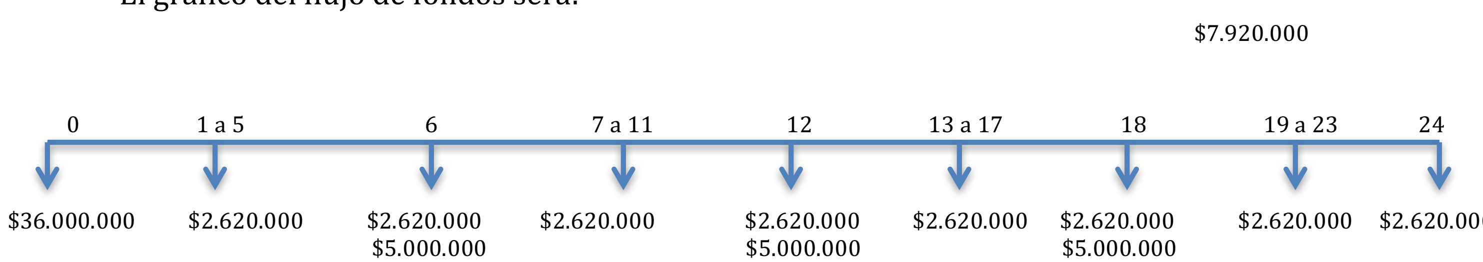
$$CAUE = 3.888.166.39 - 74.449.92 + 179.291.12 + 71.651.42 + 3.150.000$$

$$CAUE = 7.214.659.06$$

Alternativa B.

Esta alternativa se evaluará utilizando el método de CAUE por valor presente de salvamento.

El gráfico del flujo de fondos será:



Dónde:

Costo inicial (CI) = $36.000.000
Costo anual de operación y reparación (A_{COR}) = $2.200.000 + $420.000 = $2.620.000
Costo de reparación cada 6 años (CR)= $5.000.000
Valor de salvamento (VS) = $36.000.000x0,22= $7.920.000
Vida útil (n) = 24 años.
i= 14%

El CAUE resultante es:

$$CAUE = \frac{\{36.000.000 - [7.920.000X1{,}14^{-24}]\}}{\frac{1-1{,}14^{-24}}{0{,}14}} + \frac{5.000.000x1{,}14^{-6}}{\frac{1-1{,}14^{-24}}{0{,}14}} + \frac{5.000.000x1{,}14^{-12}}{\frac{1-1{,}14^{-24}}{0{,}14}} + \frac{5.000.000x1{,}14^{-18}}{\frac{1-1{,}14^{-24}}{0{,}14}} + 2.620.000$$

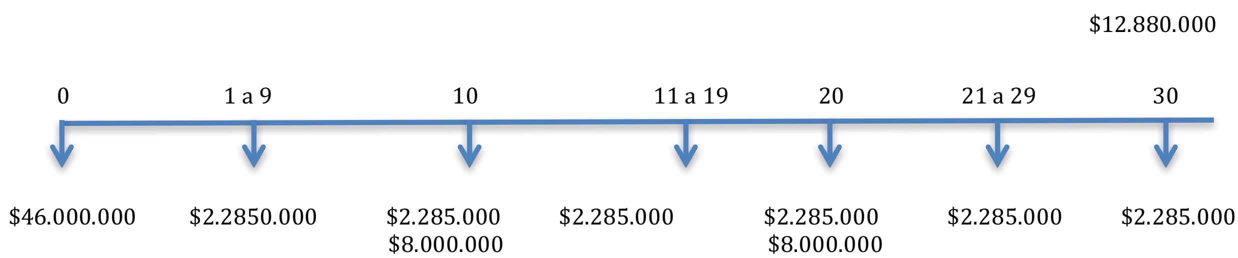
$$CAUE = \frac{[36.000.000 - 341.199.79]}{6.835137279} + \frac{2.277.932{,}74}{6.835137279} + \frac{1.037.795.51}{6.835137279} + \frac{472.805{,}67}{6.835137279} + 2.620.000$$

$$CAUE = 5.216.983{,}76 + 333.268{,}03 + 151.832{,}43 + 69.172{,}81 + 2.620.000$$

$$CAUE = 8.391.257{,}03$$

Alternativa C.
Utilizando el método de recuperación de capital más intereses se obtiene:

Gráficamente:



Dónde:

Costo inicial (CI) = $46.000.000
Costo anual de operación y reparación (A_{COR})= $2.000.000+$285.000=$2.285.000
Costo de reparación cada 6 años (CR)= $8.000.000
Valor de salvamento (VS) = $46.000.000x0,28= $12.880.000
Vida útil (n) = 30 años.
i= 14%

El CAUE resultado es:

$$CAUE = \frac{46.000.000 - 12.880.000}{\frac{1-1{,}14^{-30}}{0{,}14}} + \frac{8.000.000x1{,}14^{-10}}{\frac{1-1{,}14^{-30}}{0{,}14}} + \frac{8.000.000x1{,}14^{-20}}{\frac{1-1{,}14^{-30}}{0{,}14}} + 2.285.000$$

$$CAUE = \frac{33.120.000}{7.00266412} + \frac{2.157.950{,}48}{7.00266412} + \frac{582.093{,}78}{7.00266412} + 2.285.000$$

$$CAUE = 4.729.628{,}53 + 308.161{,}36 + 83.121{,}62 + 2.285.000$$

$$CAUE = 7.405.914{,}51$$

En resumen, los CAUE de las tres alternativas es:

	A	B	C
CAUE	$7.214.659,06	$8.931.257,03	$7.405.914,51

La máquina seleccionada es la A dado que su CAUE es el más bajo.

Al igual que el VPN y la TIR, el CAUE puede ser calculado utilizando Excel.

6.4 Relación Beneficio - Costo

El último método de evaluación de alternativas es el llamado relación Beneficio- Costo.

En este método es fundamental identificar claramente los beneficios y los costos. Igualmente, estos deben ser expresados en la misma unidad monetaria, es decir, a valor presente, a valor futuro o costo anual.

La expresión más utilizada de la relación Beneficio- Costo es B/C y su ecuación básica es: $B/C = \frac{B}{C}$, dónde:

B = Sumatoria de beneficios y/o ingresos actualizados.
C = Sumatoria de costos y/o egresos actualizados (tomados en valor absoluto).

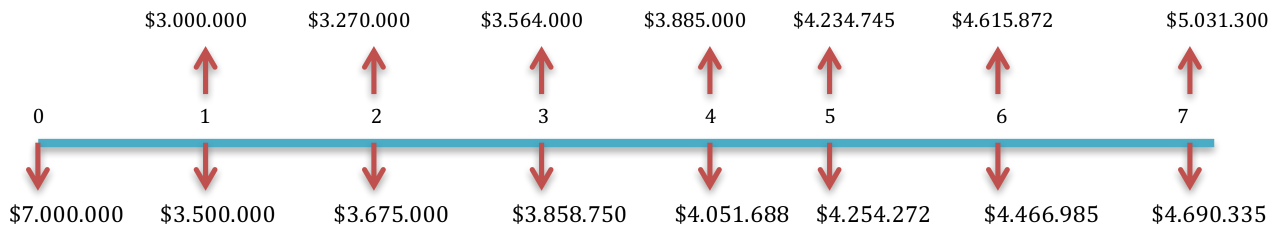
Un proyecto se considera viable si la relación B/C>1.

A continuación se presentan algunos ejemplos de cómo seleccionar una alternativa basada en B/C.

Ejemplo:

Una empresa de conservas alimenticias quiere evaluar la alternativa de ampliar su fábrica, la cual tiene un costo inicial de $7.000.000, unos costos de operación y mantenimiento de $3.500.000 el primer año y a partir del segundo se incrementan en un 5% anual. Los ingresos esperados por la ampliación se calculan en $3.000.000 en el primer año y a partir del segundo año que crezcan en un 9% anual. La vida útil del proyecto es de 7 años. Si la tasa de retorno esperada es del 12% anual y se utiliza la evaluación por la relación B/C, ¿debe llevarse a cabo el proyecto?

El flujo de fondos del proyecto visto gráficamente es:



Dónde:

Costos(C) =$7.000.000, $3.500.000, $3.675.000, $3.858.750, $4.051.688, $4.254.272, $4.466,985, $4.690.335.

Ingresos (B) =$3.000.000, $3.270.000, $3.564.300, $3.885.087, $4.234.745, $4.616.872, $5.013.300.

Se calcula el valor presente, tanto de los costos como de los ingresos, así:

$$VP_C = 67.000.000 + 3.5000.000x1{,}12^{-1} + 3.675.000x1{,}12^{-2} + 3.858.750x1.12^{-3} + 4.051.688x1{,}12^{-4}$$
$$+ 4.254.272x1{,}12^{-5} + 4.466.985x1{,}12^{-6} + 4.690.335x1{,}12^{-7}$$
$$VP_C = 67.000.000 + 3.125.000 + 2.929.687{,}5 + 2.746.582.031 + 2.574.929{,}97 + 2.413.988{,}18$$
$$+ 2.263.113{,}65 + 2.121.669{,}36$$
$$VP_C = 85.174.970.69$$

$$VP_B = 3.000.000x1{,}12^{-1} + 3.270.000x1{,}12^{-2} + 3.564.300x1.12^{-3} + 3.885.087x1{,}12^{-4}$$
$$+ 4.234.745x1{,}12^{-5} + 4.616.872x1{,}12^{-6} + 5.013.300x1{,}12^{-7}$$
$$VP_C = 2.678.571.43 + 2.606.823{,}98 + 2.536.998{,}34 + 2.469.043{,}03 + 2.402.908.04 + 2.339.051{,}04$$
$$+ 2.267.762{,}32$$
$$VP_B = 17.301.162.18$$

Se halla la relación B/C:

$$B/C = \frac{17.301.162.18}{85.174.970,36} = 0,2031$$

Dado que la relación B/C es menor que 1, la empresa no debe realizar la inversión.

Ejemplo:

Existen 3 alternativas para implementar un nuevo proceso de extracción de aceite de palma africana. Una empresa va a tomar la decisión con base en la relación B/C, con una tasa de interés del mercado del 9% anual. La vida útil de cada método es de 10 años.

	MÉTODO		
	B	A	C
Costo inicial	$ 25.000.000	$ 15.000.000	$ 48.000.000
Costos operativos y mantenimientos anuales	$ 9.000.000	$ 10.000.000	$ 13.000.000
Ingresos esperados anuales	$ 19.000.000	$ 15.000.000	$ 27.000.000

Lo primero que debe hacerse es ordenar las alternativas de menor a mayor costo inicial, luego calcular el B/C de cada alternativa y seleccionar cuya relación sea la mayor.

	MÉTODO		
	B	A	C
Costo inicial	$ 15.000.000	$ 25.000.000	$ 48.000.000
Costos operativos y mantenimientos anuales	$ 10.000.000	$ 9.000.000	$ 13.000.000
Ingresos esperados anuales	$ 15.000.000	$ 19.000.000	$ 27.000.000

Alternativa B

$$VP_C = 15.000.000 + 10.000.000\left[\frac{1-1{,}09^{-10}}{0{,}09}\right] = 79.176.577{,}01$$

$$VP_I = 15.000.000\left[\frac{1-1{,}09^{-10}}{0{,}09}\right] = 96.264.865{,}52$$

$$B/C = \frac{96.264.865.52}{79.176.577.01} = 1.22$$

Alternativa A

$$VP_C = 25.000.000 + 9.000.000\left[\frac{1-1{,}09^{-10}}{0{,}09}\right] = 82.758.919.31$$

$$VP_I = 19.000.000\left[\frac{1-1{,}09^{-10}}{0{,}09}\right] = 121.935.496.3$$

$$B/C = \frac{121.935.496{,}3}{82.758.919{,}31} = 1{,}47$$

Alternativa C

$$VP_C = 48.000.000 + 13.000.000\left[\frac{1-1{,}09^{-10}}{0{,}09}\right] = 131.429.550.1$$

$$VP_I = 27.000.000\left[\frac{1-1{,}09^{-10}}{0{,}09}\right] = 173.276.757{,}9$$

$$B/C = \frac{173.276.757.9}{131.429.449{,}1} = 1{,}32.$$

En resumen los resultados son:

MÉTODO			
	A	B	C
B/C	1,47	1,21	1.32

Dado que la relación B/C más alta se presenta en el del método A, este debe ser el que la empresa seleccione.

Resumen

Existen cuatro métodos para evaluar alternativas bien sean estas únicas, múltiples independientes o múltiples mutuamente excluyentes.

El Valor Presente Neto (VPN) consiste en sacar la diferencia entre el valor presente de los ingresos y el valor presente de los egresos de la alternativa a la tasa de interés definida por la empresa y durante el tiempo que esta dure.

El Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE) es cuando al evaluar alternativas, se encuentra que estas tienen vidas útiles diferentes. La mejor forma de realizar esta comparación es a través de la conversión de todos los ingresos y egresos de la alternativa en un costo anual uniforme equivalente. Si la alternativa tiene valor de salvamento, existen tres métodos para encontrarlo: el primero consiste en restar de la anualización del costo inicial la anualización del valor de salvamento y adicionar el costo anual de operación y/o mantenimiento; en el segundo método al costo inicial se le resta el valor presente del valor de salvamento para luego anualizarlo y sumarle el costo anual de operación y/o mantenimiento y el tercer método que requiere sustraer del valor inicial el valor de salvamento antes de ser anualizado y adicionado por el producto del valor de salvamento y la tasa de interés, adicionando, además, el costo anual de operación y/o mantenimiento.

En ocasiones la evaluación de alternativas requiere establecer el cociente entre sus ingresos y los costos a efectos de ver si los ingresos son mayores que los egresos, a esto se le llama la relación Beneficio – Costo. Para poder hallarla, es necesario identificar muy claramente cuáles son los ingresos y cuáles los costos; luego se deben convertir a la misma unidad monetaria, es decir, llevarlos a valor presente, a valor futuro o convertirlos en costos uniformes.

Bibliografía

- Álvarez, A. Matemáticas Financieras. Editorial Mc Graw Hill, Tercera edición.
- Aliaga, C. Y Aliaga, C. Matemáticas Financieras, un enfoque práctico. Editorial PRENTICE.
- Arboleda, B. (1982). Ingeniería Económica, métodos para el análisis de alternativas de inversión. Medellín, Colombia: Asidua.2ª edición. Capítulo 5.
- Baca, G. (2005). Ingeniería Económica. Bogotá, Colombia: Editorial Planeta, octava edición, Capítulo7,
- Blank L. y Tarquin A. (1991). Ingeniería Económica. McGraw-Hill. 3ª edición, capítulo 9 Bogotá.
- DeGarmo, J. (1998). Ingeniería Económica. México D.F : Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. 10ª edición. Capítulo 3.
- Díaz, A. Y Aguilera V. Matemáticas financieras. Editorial Mc Graw Hill, Tercera edición.
- García, J. Matemáticas financieras con ecuaciones de diferencia finita. Editorial Pearson.
- Gómez , A. Matemáticas Financieras. Editorial Universidad del Quindío.
- Portus , L. (2003). Matemáticas financieras, Editorial Mac Graw Hill.
- Vidaurri, M. Matemáticas Financieras. Editorial Thomson learning, segunda edición.