Matemática del Dinero y

Técnicas de Estudio Económico

Sr. G. Moumoulidis (OTE)

UNION INTERNATIONALE DES TELECOMMUNICATIONS
INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION
UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

Matemática del Dinero y

Técnicas de Estudio Económico

Contenido

1. Matemática del Dinero

1.1 *Introducción*

El dinero puede usarse para ganar más dinero. Este puede ponerse en una cuenta de ahorro bancario, donde ganará intereses. La matemática del dinero se basa en el hecho de que el dinero trabaja y, por tanto, tiene poder de ganancia potencial.

Este poder de ganancia del dinero puede ser visto también como el costo de su uso. El término *interés* se usa comúnmente para expresar la tasa del poder de ganancia del dinero.

El dinero tiene poder de ganancia porque trabaja sobre un período de tiempo. Antes que la recuperación real de la inversión del dinero pueda realizarse, debe pasar tiempo. El concepto total del poder de ganancia del dinero puede verse, por tanto, como el valor de tiempo del dinero. Un analista debe poder aplicar este concepto cuando estima los costos de las vías alternativas para cumplir una meta de negocios particular. Con frecuencia los gastos estimados para planes alternativos podrán ocurrir en cantidades variables y en tiempos variables.

1.2 *Dinero y Tiempo*

Si una cantidad A se coloca en un banco que paga una tasa de interés i por año, ésta crece a: $A(1+i)$ al final de un año. Entonces, la cantidad A de hoy, a un interés i, es equivalente a $A(1+i)$ dentro de un año. El depósito inicial y el interés ganado tienen poder de ganancia, porque el interés es *compuesto*. Esto significa que éste se calcula sobre el capital más el interés acumulado. Cuando el segundo año comienza, la cantidad en el banco es $A(1+i)$ y ganará $iA(1+i)$ al final del segundo año. La cantidad original A tendrá, entonces, un valor de $A(1+i)^2$. Consecuentemente, basándonos en el razonamiento anterior, el costo de usar el dinero se asocia con el tiempo y no puede considerarse independientemente de él.

1.3 *Diagramas de flujo de caja*

El diagrama del flujo de caja es simplemente una línea horizontal marcada para representar períodos de tiempo. Las flechas hacia arriba generalmente representan ingresos en efectivo y las que están hacia abajo representan flujos de gastos. En la Figura 1 se graficará un préstamo bancario a pagarse en cuatro partes

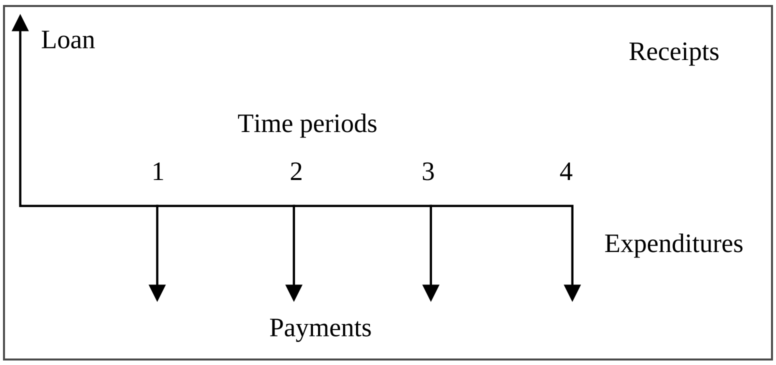


Figura 1

1.4 *Derivación y aplicaciones de los factores del valor tiempo*

1.4.1 *El valor futuro de una cantidad presente (F/P)*

El valor futuro de una cantidad presente es la suma que una cantidad actual de dinero acumulará al final de un período específico de tiempo, a una tasa de interés dada, en cada período de interés compuesto. El valor futuro de una cantidad actual P se puede evaluar como sigue:

Valor futuro al final del primer año

$$(F)_1 = p + p \cdot i = p(1+i)$$

Valor futuro al final del segundo año

$$(F)_2 = p(1+i)+ip\cdot(1+i) = p(1+i)^2$$

Valor futuro al final del *N*-ésimo año

$$(F)_N = P(1+i)^N$$

El factor del valor tiempo (*F/P)*, la relación de la cantidad futura con la cantidad presente, se expresa entonces así:

$$\left(F / P\right)_N^i = (1+i)^N \qquad \textbf{1}$$

Ejemplo 1:

Encontrar el valor futuro de 100 unidades monetarias (Monetary units, mu) dentro de diez años, a una tasa de interés del 10 % .

Solución:

Tenemos:

$$F = P\cdot(F / P)_0^{0\%} = P(1+0.1)^0$$

$$F = 100(1.1)^0 = 259.4\,MU$$

1.4.2 *El valor presente de una cantidad futura (P/F)*

El valor presente de una cantidad futura es la cantidad de dinero al principio de un período específico de tiempo, a una tasa de interés dada. En la sección anterior encontramos que:

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

que se convierte en

$$P = F / (1+i)^N = P(1+i)^{-N}$$

El *factor del valor-tiempo* para el valor presente de una cantidad futura se expresa entonces como sigue:

$$(P / F)_N^{i\%} = 1/(1+i)^N \qquad \textbf{2}$$

1.4.3 *El valor futuro de una anualidad (F/A)*

Una anualidad *A* es simplemente una serie de pagos periódicos iguales para un número específico de períodos. Para los pagos que ocurren al principio de cada período tenemos el siguiente diagrama (Figura 2):

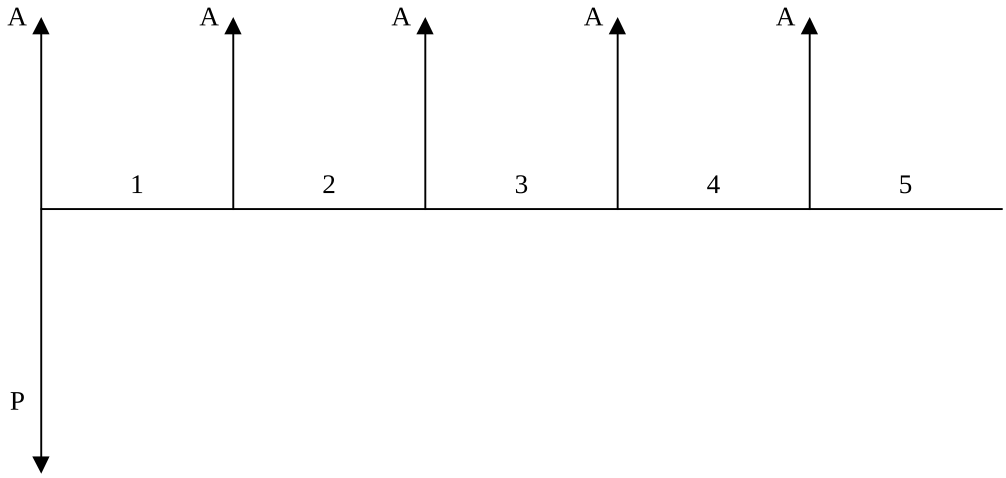


Figura 2

Las flechas hacia arriba, *A,* representan pagos iguales y la flecha hacia abajo, *P,* representa el valor actual de la anualidad (la serie de pagos periódicos iguales).

Un caso usado con frecuencia es cuando los pagos tienen lugar al final del período. En la Figura 3 se muestra un diagrama para el período final de una anualidad:

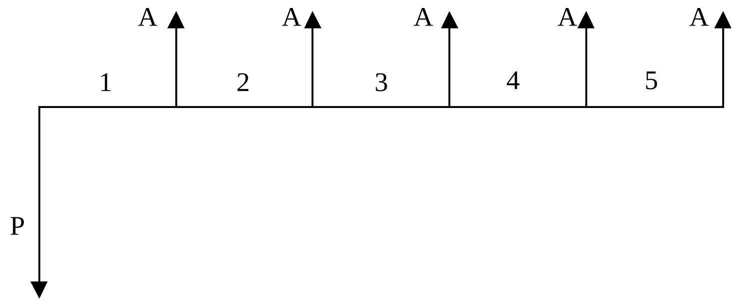


Figura 3

El valor actual, *P,* de un final de período sobre *N* años está dado por:

$$P = A \cdot \frac{(1+i)^N - 1}{i(1+i)^N} \qquad \textbf{3}$$

El factor del valor tiempo para el valor actual de una anualidad es:

$$\left(P / A\right)_N^{i\%} = \frac{(1+i)^N - 1}{i(1+i)^N} \qquad \textbf{3 a}$$

Ejemplo 2:

Encontrar el valor actual de una anualidad de 100 MU a una tasa de interés del 8 % , al final de 10 años.

Solución:

Tenemos:

$$\left(P / A\right)_{10}^{8\%} = \frac{(1+0.08)^{10} - 1}{0.08(1+0.08)^{10}} = \frac{2.159 - 1}{0.08 \cdot 2.159} = 6.71$$

El valor actual es:

$$P = A \cdot 6.71 = 100 \cdot 6.71 = 671 MU$$

1.4.3.a La anualidad, *A,* de una cantidad actual.

La anualidad, *A*, de una cantidad actual, es la cantidad anual que se puede retirar por un número específico de períodos. Si resolvemos (3) respecto a *A*, tenemos:

$$A = P \cdot \frac{i(1+i)}{(1+i) \quad -1} \qquad \textbf{4}$$

Esto da la anualidad de una cantidad presente. El factor del valor tiempo es

$$\left(A / P\right)^{\%} = \frac{i(1+i)}{(1+i) \quad -1} \qquad \textbf{4 a}$$

<u>*Ejemplo 3*</u>:

Determinar la anualidad sobre un período de 10 años, el cual es equivalente a un valor actual de 671 *MU,* a un interés del 8% .

<u>*Solución*</u>:

La ecuación (4) es

$$A = 671 \cdot \frac{0.08(1+0.08)^{10}}{(1+0.08)^{10} - 1} = 671 \cdot 0.149 = 100\,MU$$

1.4.4 *El valor futuro de una anualidad (F/A)*

El valor futuro de una anualidad para un período de tiempo dado, es la suma al final del tiempo específico del valor futuro de todos los pagos, a una tasa de interés dada.

La ecuación general es:

$$F = A \cdot \frac{(1+i)^N - 1}{i} \qquad \textbf{5}$$

El factor del valor tiempo para el valor futuro de una anualidad se expresa entonces como:

$$\left(F / A\right)_N^{i\%} = \frac{(1+i)^N - 1}{i} \qquad \textbf{5 a}$$

<u>*Ejemplo 4*</u>:

Encontrar el valor futuro de una anualidad de 100 *MU* , al 8% de interés, al final de 10 años.

<u>*Solución*</u>:

Usando la ecuación 5, tenemos:

$$F = A \frac{(1+i)^N - 1}{i} = 100 \cdot \frac{(1+0.08)^{10} - 1}{0.08} = 1448.6\,MU$$

La anualidad de una cantidad futura (*A/F*) es la cantidad *A* que, si se separa cada año, se acumulará hasta una suma conocida al final de un período específico de tiempo, a una tasa de interés dada.

Resolviendo la ecuación (5) respecto de *A*, obtenemos:

$$A = F\frac{i}{(1+i)^N - 1} \qquad \mathbf{6}$$

la cual provee la anualidad requerida.

El factor del valor tiempo es entonces como sigue:

$$(A/F)_N = \frac{i}{(1+i)^N - 1} \qquad \mathbf{6\ a}$$

1.5 *Tasas efectiva y nominal de interés-continuo compuesto*

Hasta ahora hemos trabajado con la derivación de fórmulas de interés compuesto periódicamente, con períodos finales de pago. Sin embargo, los pagos no siempre ocurren anualmente y el interés se puede componer en muchos intervalos diferentes.

Asuma que una cantidad *A* es compuesta cada 6 meses a una tasa de interés nominal *r* por año. Calculamos el valor futuro de la unidad monetaria *A* al final del primer año.

Al final del primer período de seis meses, tenemos

$$A(1+r/2)$$

y al final del segundo período de seis meses

$$A\cdot(1+r/2)^2$$

si la cantidad *A* es compuesta trimestralmente, al final del primer año tenemos:

$$A(1+r/4)^4$$

Eventualmente si el cómputo del interés compuesto ocurre cada *M* veces en un año, al final del año obtenemos:

$$A(1+r/M)^M$$

La tasa efectiva *i* por período se asocia con la nominal a través de la relación:

$$(1+i) = (1+r/M)^M \qquad \mathbf{7}$$

La relación (7) provee la conversión de tasas.

Ejemplo 5:

Qué tasa anual efectiva corresponde a una tasa nominal anual de 8% , con interés compuesto que se computa mensualmente?

Solución

Aquí tenemos $r = 8\ \%$ y $M = 12$, y consecuentemente:

$$1+i = \left(1+\frac{0.08}{12}\right)^{12} = 1.083 \Rightarrow$$

$$i = 8.3\%$$

Ejemplo 6:

Si la tasa efectiva es del 8%, cuál es la tasa nominal del interés computado mensualmente?

Solución

Si tenemos $i = 8\%$ y $M = 12$ resolviendo (7) para r, obtenemos:

$$(1+i) = (1+r/M)^M \Rightarrow$$

$$1+0.08 = (1+r/12)^{12} \Rightarrow$$

$$\sqrt[12]{1.08} = 1+r/12 \Rightarrow$$

$$r = 12\left[\sqrt[12]{1.08} - 1\right] = 0.0772 \Rightarrow$$

$$r = 7.72\%$$

Si dejamos que M aumente al infinito, la relación (7) al límite se convierte en:

$$1+i = e^r \qquad \textbf{7 a}$$

donde r corresponde a la tasa nominal para interés *continuo compuesto*, y se llama, *fuerza del interés*.

1.6 *Aplicaciones del interés continuo compuesto*

El interés continuo compuesto se usa ampliamente en estudios económicos de ingeniería. Este facilita en extremo la operación. Así, las sumas de términos discretos se convierten en integrales, que son fácilmente evaluadas. Los términos $(1+i)$ se transforman en e y el término i en r.

Generalmente en el flujo de caja de las administraciones de telecomunicaciones, tanto las entradas por ingresos como las salidas por gastos, son continuas.

El valor actual de la anualidad, ilustrado en la Figura 4, se evalúa al añadir el valor actual de cada costo anual individual.

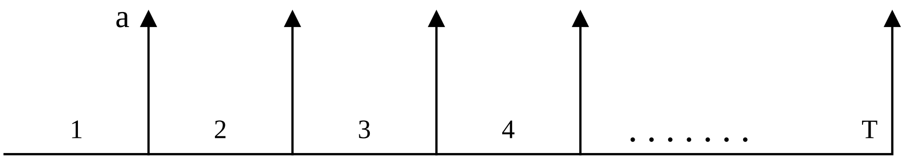


Figura 4

$$PW = \sum_{t=1}^{T} a(1+i)^{-t} \qquad \textbf{8}$$

En el caso del interés continuo compuesto, los costos discretos se convierten en continuos, como se ilustra en la Figura 5.

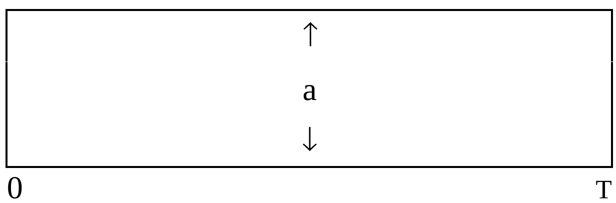


Figura 5

El valor actual de la anualidad continua está dado por :

$$PW = \int_{0}^{T} a \cdot e^{-rt} \; dt \qquad \textbf{9}$$

La semejanza entre las relaciones (8) y (9) es evidente. Si intercambiamos la suma por la integral y $(1+i)^{-t}$ por e^{-rt}, la primera fórmula se transforma en la otra.

La gran ventaja de la fórmula (9) respecto a la (8) es la facilidad con que una integral puede ser evaluada. Cuando el flujo de caja es una función del tiempo $a = a(t)$, la integral (9) se convierte en:

$$PW = \int_{0}^{T} a(t) \cdot e^{-rt} \; dt \qquad \textbf{10}$$

Este caso se encuentra frecuentemente en el sistema de ganancia de par (concentradores de línea, portadoras monocanal, abonados *MIC,* etc.) aplicaciones en plantas de bucle.

2. Técnicas de estudio económico

2.1 *Consideraciones generales*

Los métodos básicos de estudio económico son:

1) el método del valor actual
2) el método de las anualidades
3) el método de tasa de retorno.

La selección del método a emplearse en un estudio es más bien arbitraria y la facilidad del cálculo y la simplicidad de la presentación son factores que siempre hay que considerar cuando se toma la decisión. En los problemas de optimización de planificación de la red, el método más atractivo es la técnica del valor actual.

2.2 *Método del valor actual (Present worth, PW, method)*

El método preponderante en problemas de optimización es el método del valor actual. Este método se refiere a todos los sucesos económicos, tanto ingresos como gastos, en el mismo punto tiempo y los expresa en forma de una cifra. Cuando se comparan diferentes alternativas, las cuales proveen los mismos ingresos o ahorros de costos, es suficiente seleccionar la alternativa que tiene el menor valor actual de todos los gastos o costos anuales. Hay dos métodos del valor actual.

- el valor actual de gastos (present worth of expenditures, PWE); y,
- el valor actual del costo anual (present worth of annual cost (PWAC).

2.3 *Valor actual de gastos (PWE)*

El método de valor actual de gastos (PWE) es una medida de cuán atractiva es una alternativa desde el punto de vista de cuánto dinero debe gastar una administración en tomar cada alternativa.

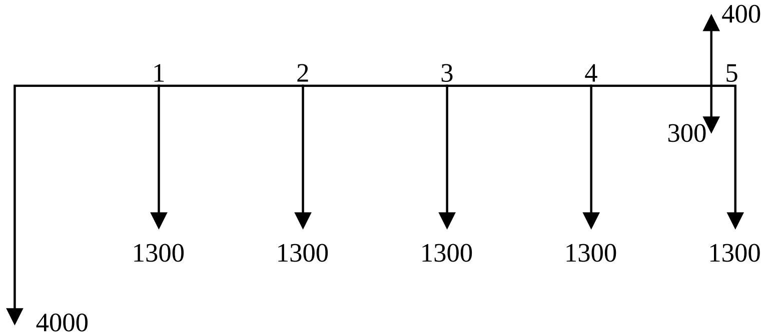
Encontrando el PWE de cada alternativa, seleccionamos aquélla con el valor más bajo, siempre que cada una de las alternativas provea el mismo servicio a los abonados. El método del PWE no requiere ningún estimado de ingresos; sin embargo, si se anticipa una diferencia de ganancias debido a una diferencia en el servicio, entonces tales ingresos anticipados deben considerarse con el fin de mantener la comparación.

Ejemplo 7

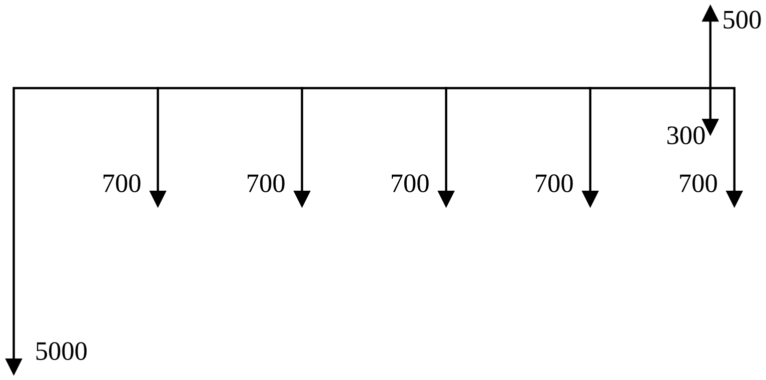
Asúmanse dos alternativas para las cuales tenemos la siguiente tabla:

Alternativa	A	B
Costo inicial	4000 mu	5000 mu
Recuperación bruta	400	500
Costo de remoción	300	300
Costo de operación y de mantenimiento por año	1300	700
Vida útil	5 años	5 años
Tasa de interés	10 %	

Queremos encontrar cuál alternativa es la más atractiva en lo que a gastos concierne. Una buena medida es organizar para cada alternativa el diagrama de flujo de caja. En la Figura 5 (a, b), se ilustran los flujos de caja.



Alternativa A
Figura 5-a



Alternativa B
Figura 5-b

La flecha de recuperación señala hacia arriba ya que es un ingreso.

Cálculos del PWE .

Alternativa A:

- PWE de operación y mantenimiento =

$$1300 \cdot \frac{(1+0.1)^5 - 1}{0.1(1+0.1)^5} = 4.928\ MU$$

- PWE de la recuperación neta (net salvage) =

$$-(400-300)(P/F)_5^{10\%} = -100/(1+0.1)^5 = -62\ MU$$

PWE del costo inicial = *4000 MU*

PWE total = *4000 + 4928 - 62 = 8866 MU*

Alternativa B:

- PWE de operación y mantenimiento =

$$700 \cdot (P/A)_5^{10\%} = 700 \cdot \frac{(1+i)^N - 1}{i(1+i)^N} = 700 \cdot \frac{(1+0.1)^5 - 1}{0.1(1+0.1)^5} = 2654\ MU$$

- PWE de la recuperación neta =

$$-(500-300)(P/F)_5^{10\%} = -124$$

- PWE del costo inicial = *5000 MU*

PWE total = *5000 + 2654 - 124 = 7530 MU*

Comparando el PWE de cada alternativa, escogemos la alternativa *B,* ya que tiene el menor PWE.

2.4 *Valor actual del costo anual (PWAC)*

El método del valor actual de los costos anuales (PWAC) es esencialmente el mismo método que el del valor actual de gastos (PWE), excepto que los costos de capital se convierten a costos anuales equivalentes (annual costs, AC) antes que su valor haya sido hallado. Los costos de operación deben tratarse como se espera que ocurran. En muchos casos, los resultados de un análisis PWAC serán exactamente iguales a los de un análisis PWE, porque el valor actual de la anualidad, que es equivalente a un gasto, es el gasto mismo. Por tanto, si el valor actual de los costos anuales se halla sobre un período igual a la vida de la planta, el PWE es igual al PWAC. De cualquier número de alternativas mutuamente excluyentes para realizar un trabajo específico, escoja como alternativa más económica aquélla con el más bajo PWAC del costo del dinero.

El PWAC es muy popular y la razón es que trabajando con costos anuales se puede simplificar el tratamiento de colocaciones y retiros de equipo no coincidentes.

Muchos estudios no terminan al mismo tiempo. Es decir, la expectativa de vida de cierta planta difiere de un plan a otro. El método PWAC es el más ventajoso en tales estudios.

2.5 *Método de las anualidades*

Con este método, los costos iniciales de capital se convierten a costos anuales equivalentes. Luego los ingresos anuales constantes y/o los costos de operación se restan y/o suman a los costos de capital anual. Se asume que el valor residual es cero.

La aplicación del método de las anualidades está limitada por los supuestos y condiciones siguientes:

- Todas las inversiones se tienen que hacer a un mismo tiempo, al principio del período de cálculo;

- Los gastos de operación y los ingresos se deben mantener constantes durante el período de cálculo;

- El valor residual es cero.

Estas dificultades se pueden evitar usando el método del valor actual. Se determinan los costos para cada rubro de la planta y después se convierten a valores presentes.

Ejemplo 8

Consideremos una ruta en la que se está experimentando crecimiento y cuya capacidad existente está agotada. Cualquiera de las siguientes alternativas puede ser apropiada:

- Colocar un nuevo cable.

- Colocar uno o más sistemas de ganancia de par como solución permanente, usando los pares existentes como enlaces.

- Colocar temporalmente uno o más sistemas de ganancia de par, usando los pares de cable existentes como enlaces. Cuando estos sistemas estén agotados, retirarlos y colocar un cable nuevo.

La primera alternativa es la clásica solución “todo cable”. La segunda alternativa es usualmente llamada una solución de “ganancia de par permanente”, ya que la solución de ganancia de par no se remueve. La última alternativa se llama solución de “ganancia de par temporal”, en la cual se difiere la instalación del cable de relevo, pero una vez que éste se coloca, los sistemas de ganancia de par se retiran. Un estudio completo de este problema es algo complicado. Vamos a circunscribirnos a la tercera alternativa en su forma simplificada.

El costo total anual de colocar un cable nuevo para satisfacer la demanda en cierta ruta es de *3500 MU*. El costo total anual para instalar un sistema de ganancia de par es de *1200 MU/año,* pero cada año tenemos que instalar otro sistema de ganancia de par para satisfacer la demanda. La tasa de interés es del 10%.

El flujo de caja para cada caso se ilustra en la Figura 6 (a y-b). El tamaño de las flechas en el caso (a) (cable enterrado) es constante, lo cual significa que la inversión total se realizó en el tiempo cero. Contrariamente al cable enterrado, los costos anuales para la alternativa de ganancia de par crece linealmente por el hecho que cada año hay que instalar un sistema más para cubrir el crecimiento de la demanda. Ver la Figura 6.

Observando el flujo de caja, podemos concluir fácilmente que una alternativa es ventajosa siempre que sus costos anuales permanezcan más bajos que los otros.

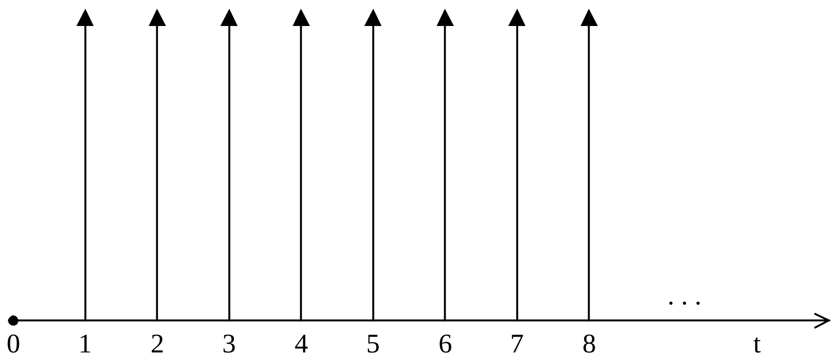


Figura 6 (a)
Flujo de caja para un cable enterrado

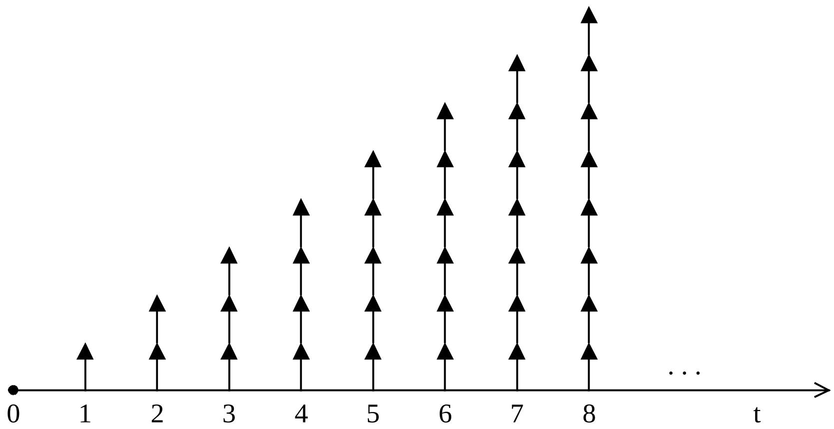


Figura 6 (b)
Flujo de caja para pgs (sistema de ganancia de par)

El flujo de caja del cable enterrado es constante en el tiempo:

$$a_c = 3500\,MU\ /\ año$$

Mientras que para la alternativa del sistema de ganancia de par, los costos anuales son una función lineal del tiempo:

$$a_p = 1200 \cdot t$$

donde *t* es el punto de tiempo en el que se considera el costo anual.

El tiempo de equilibrio se determina cuando se ponen en ecuación los dos costos anuales .

$$1200 \cdot t = 3500 \Rightarrow t = 3500\,/\,1200 = 2.92 \approx 3 años$$

En otras palabras ahorramos dinero si diferimos por 3 años la colocación del cable enterrado, usando sistemas de ganancia de par durante ese período. El valor actual de los ahorros obtenidos es:

$$PW\ de\ ahorros = (3500 - 1200)/(1+i) + (3500 - 2400)/(1+i)^2 = 2091 + 909 = 3000\ MU$$

Aunque el problema total se vio de una manera simplificada, su importancia es de gran valor. La aplicación apropiada de sistemas de ganancia de par en rutas donde las facilidades existentes se han agotado, puede diferir la colocación de los cables enterrados, los cuales necesitan una inversión inicial considerable. En la mayoría de los casos no se dispone de estas inversiones.

3. Vida útil

Un parámetro importante que debe considerarse en una valorización es la *vida útil* de la planta. La vida útil se define como el período durante el cual la planta existe en la red [1]. Los siguientes factores se deben considerar cuando se estima la vida útil remanente de una planta :

- la edad física de la planta;
- la vida económica de la planta (por ejemplo, la introducción de una tecnología nueva puede hacer económico el reemplazar la planta existente).
- la legislación, los requerimientos para una mejor calidad de servicio, etc., que necesitan reemplazo.

La estimación de la vida útil de la planta constituye siempre un proceso de pronóstico, particularmente donde las predicciones de la tecnología pueden tener una fuerte influencia. En la Tabla 2-1 se presentan el promedio de vida útil de servicio, el costo de operación y mantenimiento, como un porcentaje del costo de provisión recomendado para propósitos de planificación de redes.

No.	Planta	Tiempo de vida en años (Aproximado)	Costo de mantenimiento + operación como un porcentaje del costo de provisión
1	Postes	25	1,5
2	Alambrado	15	1,5
3	Cables aéreos	10-20	2,0-5,0
4	Central telefónica	20	5,0
5	Equipo de transmisión	20	5,0
6	Planta de energía	20	5,0
7	Cables enterrados	40	1,0
8	Gabinetes	20	1,5
9	Ductos	60	1,0
10	Túneles	70	1,0
11	Edificios	60	2,0-5,0

Tabla 2-1
Promedio de vida útil, costo de mantenimiento y operación

Estas cifras tienen como propósito servir de guía en la estimación de la vida de la planta para estudios económicos, los cuales sin embargo deben basarse tanto como sea posible en las circunstancias de cada caso en particular.

4. Factor del valor presente

Cuando se hace cálculo de costos, algunas veces es conveniente expresar los costos totales del esquema en términos de sus costos de provisión, incluyendo las adiciones apropiadas para cubrir los costos de reposición, mantenimiento y operación. Esto se puede obtener multiplicando los costos de la primera provisión por el siguiente factor de valor actual:

$$\mu = 1 + \frac{1-s}{(1+i)^T - 1} + \frac{u}{i} \qquad \mathbf{11}$$

donde:

T es la vida útil de la planta
s es el valor de desecho de la planta en retiro (reducido por los costos de desmantelamiento) en relación a los costos de provisión
u es el costo anual de operación y mantenimiento en relación a los costos de provisión
i es la tasa de interés (expresada en decimales).

En esta expresión, el primer término es proporcional a los costos de provisión, el segundo a los costos netos de reposición (por un período de tiempo infinito) y el tercero a los costos de mantenimiento y operación (por un período infinito de tiempo).

En la mayoría de los casos, el valor de desecho de una planta retirada es casi absorbido por los costos de desmantelamiento, de tal forma que $s = 0$.

Asumiendo que $s = 0$, el factor del valor presente se puede volver a escribir:

$$\mu = \frac{(1+i)^T}{(1+i)^T - 1} + \frac{u}{r} \qquad \mathbf{11\ a}$$

Los costos totales anuales de una esquema se pueden obtener de los costos de provisión, al multiplicarlos por el factor del valor presente, y por la tasa de interés *i*.

$$a = c \cdot \mu \cdot i$$

c es el costo de provisión
a es el costo anual
μ es el factor del valor presente
i es la tasa de interés

Ejemplo 9:

Calcular el factor del valor presente (present value factor, pvf) para:

A. Cable enterrado:

- Vida útil $T = 40$ *años*
- El valor de desecho es absorbido por los costos de desmantelamiento $s = 0$
- Costo anual de operación + mantenimiento = 2 %
- Tasa de interés = 10 %

Tenemos por factor del valor presente (pvf):

$$\mu = 1 + \frac{1-s}{(1+i)^T - 1} + \frac{u}{i} = 1 + \frac{1-0}{(1+0.1)^{40} - 1} + \frac{0.02}{0.1} = 1.223$$

B. Sistema de transmisión MIC (PCM)

- Vida útil $T = 15$ *años*
- Valor de deshecho $s = 0$
- Costo anual de operación + mantenimiento = 5 %
- Tasa de interés = 10 %

Tenemos:

$$\mu = 1 + \frac{1-0}{(1+0.1)^{15}-1} + \frac{0.05}{0.1} = 1.815$$

<u>*Ejemplo 10*</u>:

Podemos proveer de facilidades a los abonados adoptando una de las siguientes alternativas:

Alternativa A

- Vida útil $T = 40$ *años*
- Costo de provisión $C = 2500\ MU$
- Costo de operación + mantenimiento $u = 2\ \%$
- Valor de deshecho $s = 0$

o

Alternativa B

- Vida útil $T = 15$ *años*
- Costo de provisión $C = 1800\ MU$
- Costo de mantenimiento + operación $u = 5\ \%$
- Valor de deshecho $s = 0$
- Tasa de interés i $= 10\ \%$

Queremos hallar la alternativa más económica.

Factor del valor presente para la alternativa A

$$\mu_A = 1 + \frac{1}{(1+0.1)^{40}-1} + \frac{0.02}{0.1} = 1.223$$

Valor actual de gastos para la alternativa A

$$PW_A = \mu_A \cdot c_A = 1.223 \cdot 2500 = 3057.5\,MU$$

Factor del valor presente para la alternativa B

$$\mu_B = 1 + \frac{1}{(1+0.1)^{15}-1} + \frac{0.05}{0.1} = 1.815$$

Valor actual de gastos para la alternativa B

$$PW_B = \mu_B \cdot c_B = 1.815 \cdot 1.800 = 3.267\ MU$$

La alternativa A es más económica.

5. Referencias

1. Planeamiento de la red local UIT/CCITT
2. Planeamiento de la red general, UIT/CCITT
3. AT&T, Economía de Ingeniería, tercera Edición, Mc Graw Hill, 1977.