Formulación y Evaluación de Proyectos
Módulo 9.3 – Ingeniería Económica

Profesor: Rubén Darío Uribe Rodríguez (ruburibe@udec.cl)

Ciudad Universitaria, noviembre de 2020

Módulo 9.3

- Métodos de análisis económicos
  - Análisis del valor anual
  - Análisis de préstamos
- Inflación
- Criterio de la TIR
- Periodo de recuperación
- IVAN

Ecuaciones importantes

$$F = P(F/P\,, i\%, n) = P(1+i)^n$$

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

$$F = A(F/A, i\%, n) = A\left[\frac{(1+i)^n - 1}{i}\right]$$

$$i_a = \left(1 + \frac{r}{m}\right)^m - 1$$

Métodos de análisis económico: Valor anual

Análisis del Valor Anual

- VA: es el Valor Anual Uniforme Equivalente de todos los ingresos y desembolsos estimados durante un ciclo de vida.

$$VA = P(A/P\,, i\%, n)$$

$$VA = F(A/F\,, i\%, n)$$

- El VA se calcula exclusivamente para un ciclo de vida, no siendo necesario ocupar un MCM, como en el caso de VP y VF.

Supuestos

- Si dos o más alternativas tienen vidas diferentes, entonces sólo se necesita evaluar el VA para cualquier ciclo dado.
- El valor anual de un ciclo es el mismo que el valor anual de los otros ciclos (por suposición).

Suposición de Repetición

- A partir de alternativas con vidas diferentes. Las suposiciones son:
    1. Los servicios proporcionados se necesitan para siempre.
    2. El primer ciclo de flujos de efectivo se repite en ciclos sucesivos.
    3. Todos los flujos de efectivo tendrán los mismos valores estimados en cada ciclo de vida.

Nota: El tercer supuesto puede ser no realista en la mayoría de los problemas industriales reales

Ventajas y usos del valor anual

- Es una técnica popular de análisis.
- Es fácil de entender, los resultados se informan en $/periodo.
- Es popular entre algunos gerentes que tienden a pensar en términos de “$/año” o “$/mes”
- Elimina el problema del MCM asociado con el método del valor presente.
- Sólo se evalúa un ciclo de vida de un proyecto.

Terminología

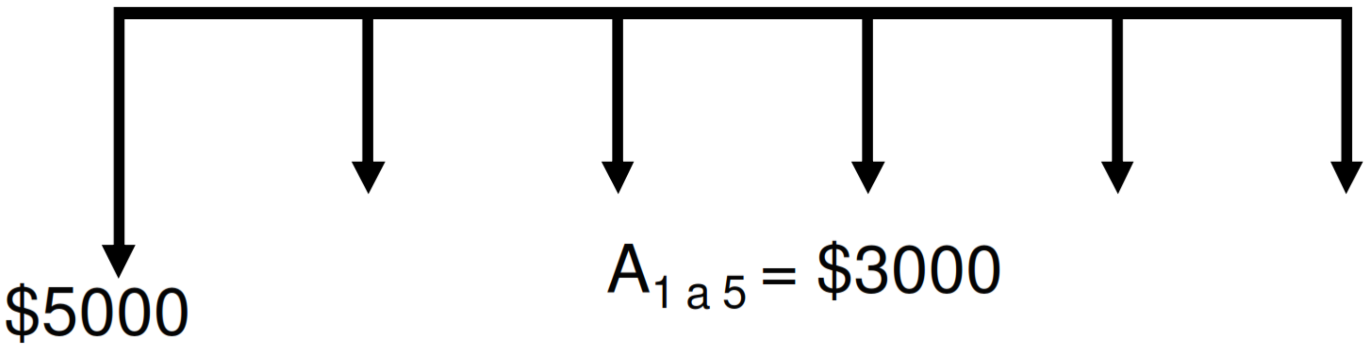
- Los siguientes términos son sinónimos:
- VAUE: Valor anual uniforme equivalente
- VAE: Valor anual equivalente
- CAE: Costo anual equivalente
- A: Anualidad (esto no implica que la periodicidad sea anual!)

Evaluando alternativas usando el VA

- Una alternativa
  - Si $VA \geq 0$, la alternativa se justifica económicamente.
  - Si $VA < 0$, la alternativa (de ingreso) no es económicamente justificable, ya que la inversión inicial P no es recuperada en los n años de vida útil del proyecto a la tasa de interés requerida de $i\%$ por año
- Dos o más alternativas
  - **Proyectos excluyentes**: Seleccionar la alternativa con el mayor VA (numérico, no en valor absoluto). Esto es equivalente a escoger la alternativa con el menor VA de los costos o más alto VA de los ingresos netos.
  - **Proyectos independientes**: Seleccionar todos aquellos con $VA > 0$ a la tasa de interés requerida, si no existen restricciones presupuestarias.
- Si el supuesto de repetibilidad de los flujos de caja no es válido, aplique un **periodo de estudio** de n años (justificando esa elección del n) y realice el análisis con este n en todos los cálculos.

Ejemplo 1

- Considere un proyecto con un costo anual de operación de \$3000 y una inversión de \$5000 requerida cada 5 años. i = 10%.

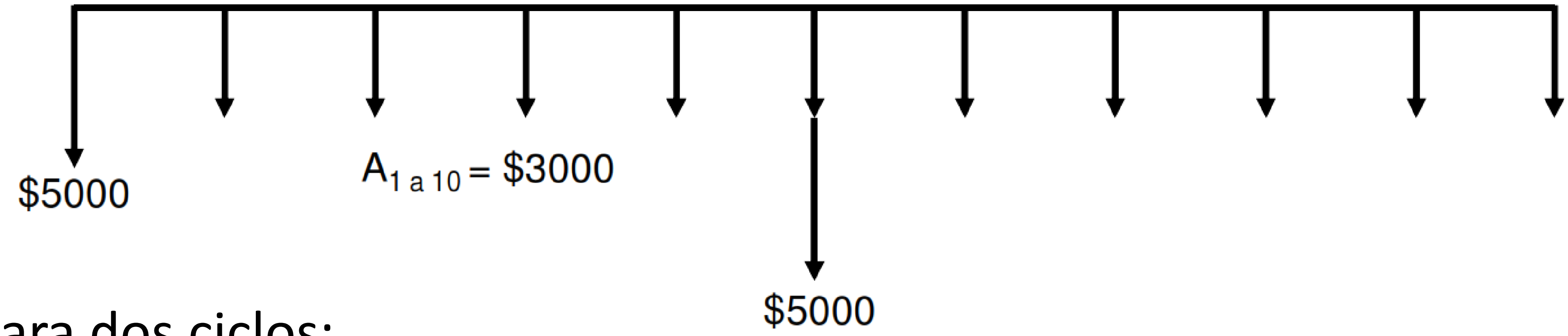


- Para un ciclo

$$CAE = 3000 + 5000\,(A/P\,,10\%,5) = \$4319/año$$

Ejemplo 1

- Supongamos que se repite el ciclo.



- Para dos ciclos:

$$CAE = 3000 + 5000(A/P, 10\%, 10) + 5000(P/F, 10\%, 5)(A/P, 10\%, 10)$$

$$CAE = \$4319/año$$

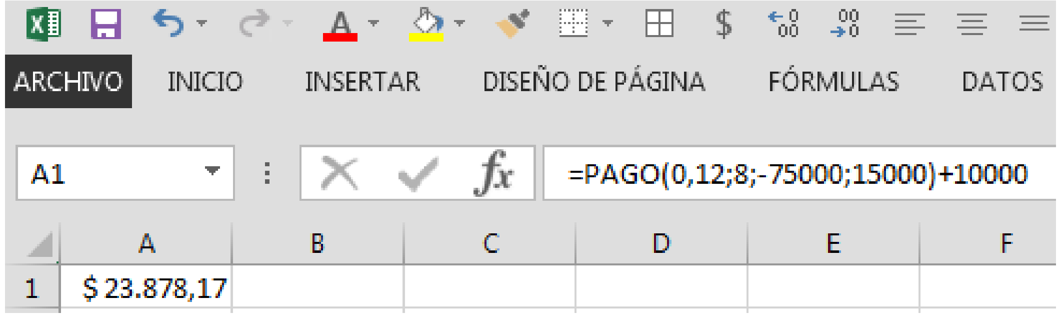
Se obtiene el mismo resultado!

Ejemplo 2

- Un proyecto tiene una inversión de $75.000, costos de operación y mantenimiento de $10.000 durante cada año de sus 8 años de vida, y un valor de salvamento de $15.000.
- Cuál es el costo anual uniforme equivalente si la tasa de descuento es 12%?
- Solución:

$$CAUE = 75.000(A/P, 12\%, 8) + 10.000 - 15.000(A/F, 12\%, 8) = \$23.878$$

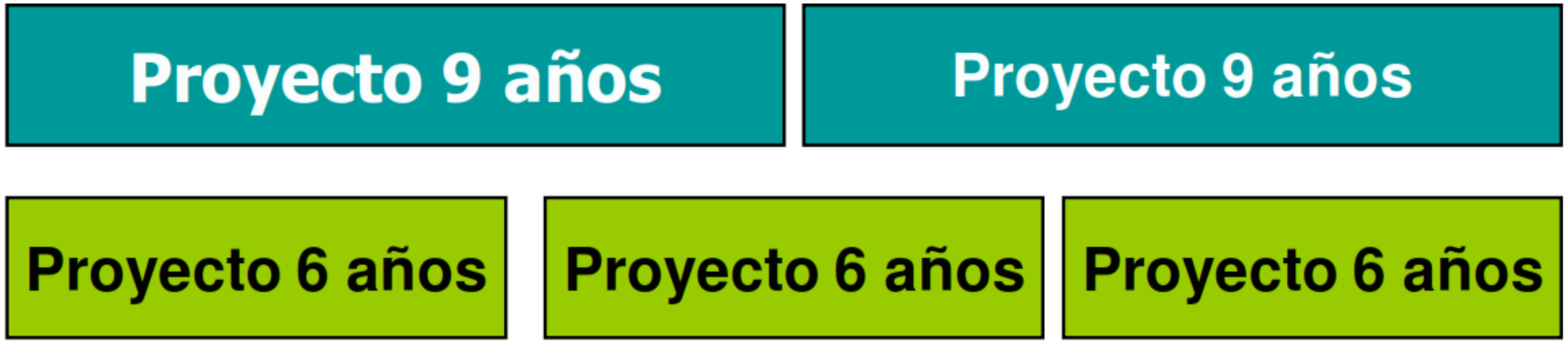
- Con Excel:



Ojo con el signo en la fórmula!

Análisis del VP vs. Análisis del VA

- Con dos alternativas de proyectos mutuamente excluyente con 6 y 9 años de vida cada uno.
- En un análisis de VP, se necesitaría un periodo de estudio de 18 años.



  - ❖ 3 ciclos de vida del proyecto de 6 años
  - ❖ 2 ciclos de vida del proyecto de 9 años

- En este caso realizar un análisis de VP involucra mucho esfuerzo de cálculo.

Análisis del VP vs. Análisis del VA

- Si los patrones de flujos de caja son asumidos iguales para los futuros ciclos de los proyectos de 6 y 9 años, entonces para el método de Valor Anual.

Proyecto A: 6 años

Encuentre el VA de cualquier ciclo de 6 años

Proyecto B: 9 años

Encuentre el VA de cualquier ciclo de 9 años

Compare el VA_A por 6 años con el VA_B por 9 años para seleccionar la mejor alternativa.

Problema para realizar en la clase

- La siguiente tabla muestra dos alternativas de inversión, seleccione la mejor si la tasa de descuento es de 14% anual, compuesto semanal.
- Suponga que 1 año tiene 52 semanas.

	Máquina A	Máquina B
Inversión	26.000	36.000
Costo mantención, $/año	800	300
Costo mano de obra, $/año	11.000	7.000
Otros costos, $/año	0	2.600
Valor de salvamento	2.000	3.000
Vida útil (años)	6	10

Solución: Tasa de interés efectiva

- Primero que todo, debemos trabajar con una tasa de interés anual.
- Encontremos la tasa de interés efectiva semanal:

$$i_{semanal,efectiva} = \frac{14\%}{52} = 0{,}26923\%$$

- Ahora debemos encontrar una tasa de interés efectiva anual:

$$\left(i_{semanal,efectiva} + 1\right)^{52} = \left(i_{anual,efectiva} + 1\right)$$

$$i_{anual,efectiva} = \left(i_{semanal,efectiva} + 1\right)^{52} - 1$$

$$i_{anual,efectiva} = (0{,}26923\% + 1)^{52} - 1$$

$$i_{anual,efectiva} = 15\%$$

Solución: Usando fórmulas

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

$$F = A(F/A, i\%, n) = A\left[\frac{(1+i)^n - 1}{i}\right]$$

- Máquina A:

$$CAUE_A = 26000(A/P, 15\%, 6) + 800 + 11000 - 2000(A/F, 15\%, 6)$$

$$CAUE_A = 26000 \cdot \left[\frac{0{,}15 \cdot (1+0{,}15)^6}{(1+0{,}15)^6 - 1}\right] + 11800 - 2000 \cdot \left[\frac{0{,}15}{(1+0{,}15)^6 - 1}\right]$$

$$CAUE_A = \$18.441{,}69.-$$

- Máquina B:

$$CAUE_B = 36000(A/P, 15\%, 10) + 9900 - 3000(A/F, 15\%, 10)$$

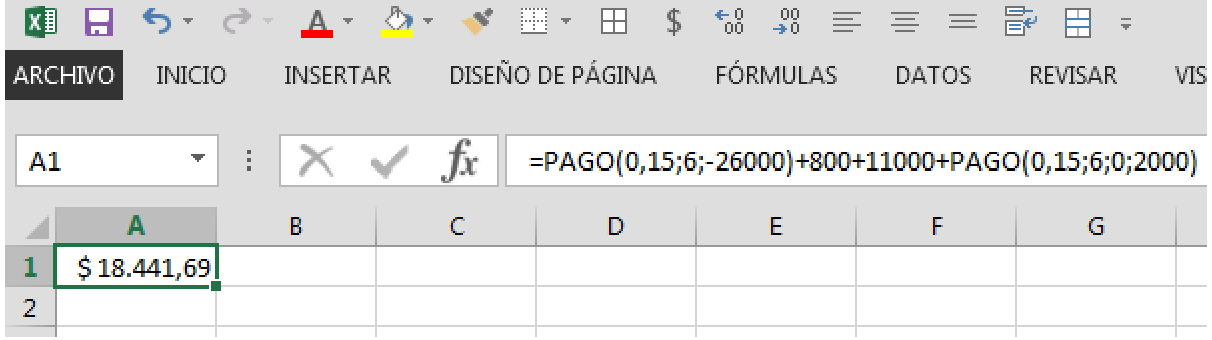
$$CAUE_B = \$16.925{,}32.-$$

Solución: Usando Excel

- Formula:

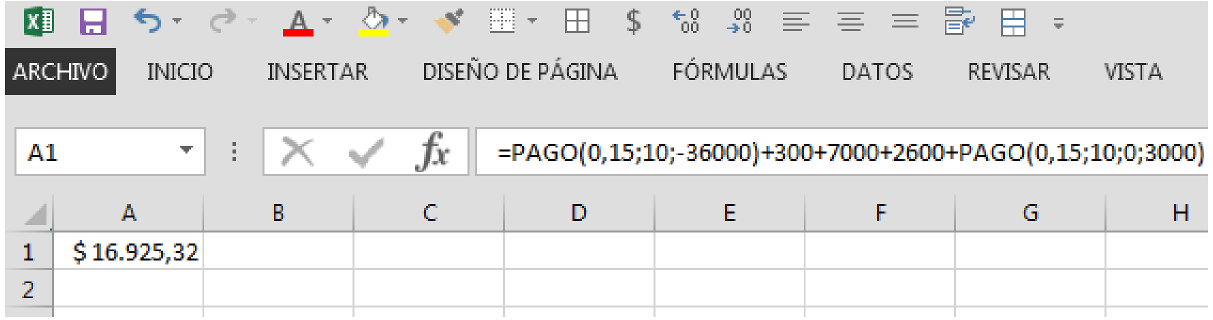
PAGO(tasa;nper;va;vf)

- Máquina A:



Ojo con el signo en las fórmulas!

- Máquina B



VA de una inversión permanente

- La evaluación de proyectos del sector público, como control de inundaciones, canales de riego, puentes, presas, autopistas, vías férreas, plantas hidroeléctricas y otros proyectos de gran escala, exigen la comparación de alternativas con vidas de tal duración que pueden considerarse infinitas en términos del análisis económico.
- Si una inversión no tiene un ciclo de vida finito (o una vida estimada muy larga) es llamada una inversión permanente o perpetua.
- Al valor presente de una inversión que tiene una vida muy larga se le denomina costo capitalizado (CC).

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

- El VA es realmente la cantidad de intereses que P hubiese ganado cada año, para siempre.

Análisis de préstamos

Análisis de Préstamos

- Relacionado con el cálculo de anualidades (mensualidades) o cuotas, es posible definir que parte de la cuota pagada se destina efectivamente a amortizar la deuda y que parte al pago de intereses.
- Ejemplo:
  - Suponga que se contrae un préstamo de $1.500.000 por 12 meses a través de un crédito de consumo con una tasa de interés de 3,7% mensual.
  - Para simplificar los valores no incluyen los correspondientes impuestos y otros gastos asociados a este tipo de créditos (gastos notariales, seguros, etc.).

Análisis de préstamos

- Utilizando la fórmula que calcula anualidades dado un valor presente tenemos:

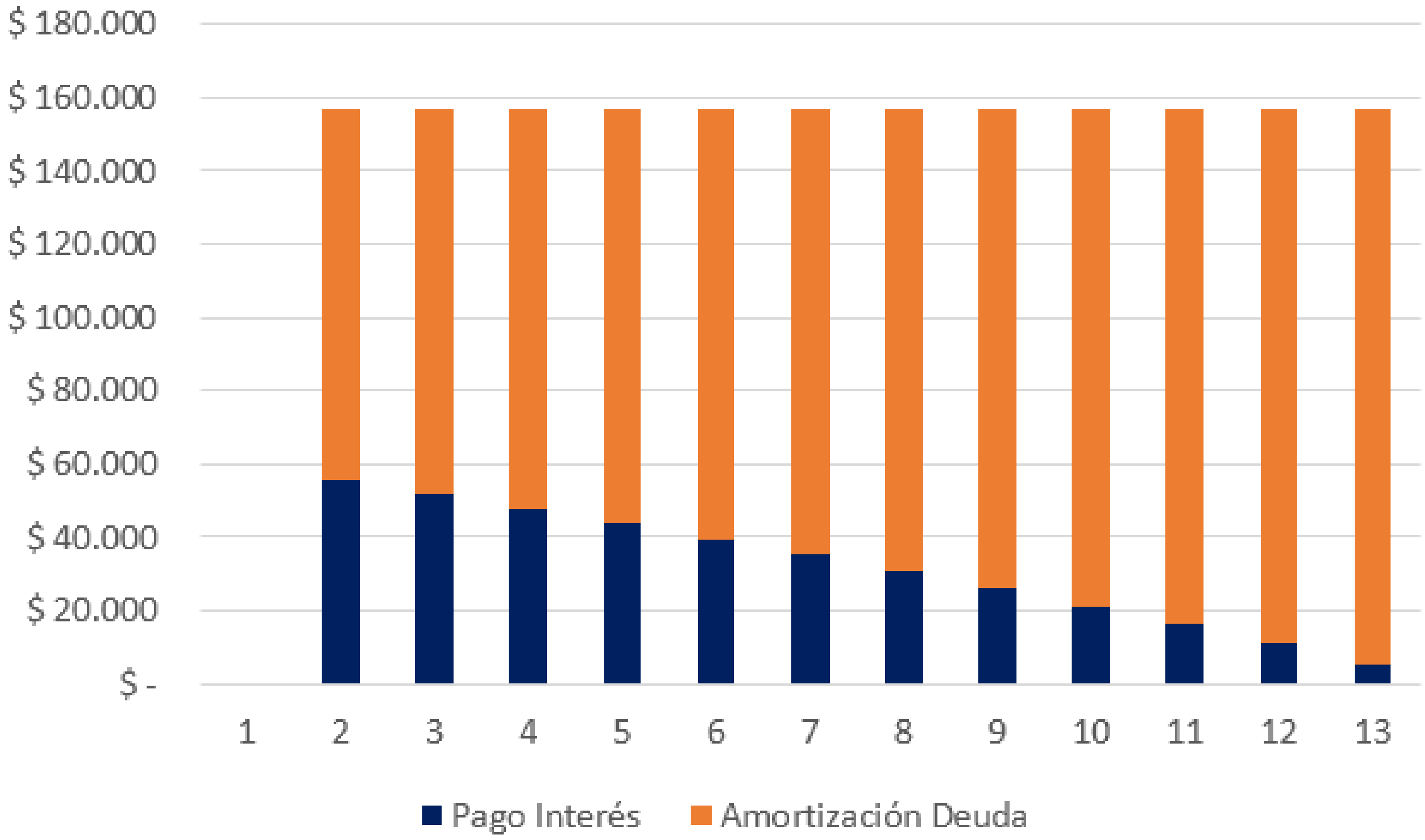
$$A = P\left[\frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}\right] = 157.059$$

Análisis de préstamos

Mes	Cuota (Pago)	Pago Interés	Amortización Deuda	Saldo Final
0				$ 1.500.000
1	$ 157.059	$ 55.500	$ 101.559	$ 1.398.441
2	$ 157.059	$ 51.742	$ 105.316	$ 1.293.125
3	$ 157.059	$ 47.846	$ 109.213	$ 1.183.912
4	$ 157.059	$ 43.805	$ 113.254	$ 1.070.658
5	$ 157.059	$ 39.614	$ 117.444	$ 953.214
6	$ 157.059	$ 35.269	$ 121.790	$ 831.425
7	$ 157.059	$ 30.763	$ 126.296	$ 705.129
8	$ 157.059	$ 26.090	$ 130.969	$ 574.160
9	$ 157.059	$ 21.244	$ 135.815	$ 438.345
10	$ 157.059	$ 16.219	$ 140.840	$ 297.506
11	$ 157.059	$ 11.008	$ 146.051	$ 151.455
12	$ 157.059	$ 5.604	$ 151.455	-$ 0

Análisis de préstamos

- A continuación vemos la gráfica de pago de intereses y amortización:



Análisis de préstamos: Ejemplo más complejo

- Usted pide un préstamo en el Banco X por un monto de $1 millón con un plazo de 12 meses y una tasa de interés de 2% mensual. Suponga que el Banco le da la flexibilidad de no pagar tres cuotas y usted escoge no pagar la 3, 5 y 11. ¿Cuál es el pago de interés, amortización y saldo del préstamo al final de cada período?
- Solución:
  - Utilizando la fórmula que calcula anualidades dado un valor presente tenemos:

$$A = P\left[\frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}\right] = 94.560$$

Error!

Análisis de préstamos

- ¿Por qué es un error?... Construyamos la tabla de pagos.

Mes	Cuota (Pago)	Pago Interés	Amortización Deuda	Saldo Final
0				$ 1.000.000
1	$ 94.560	$ 20.000	$ 74.560	$ 925.440
2	$ 94.560	$ 18.509	$ 76.051	$ 849.390
3	$ -	$ 16.988	-$ 16.988	$ 866.377
4	$ 94.560	$ 17.328	$ 77.232	$ 789.145
5	$ -	$ 15.783	-$ 15.783	$ 804.928
6	$ 94.560	$ 16.099	$ 78.461	$ 726.467
7	$ 94.560	$ 14.529	$ 80.030	$ 646.437
8	$ 94.560	$ 12.929	$ 81.631	$ 564.806
9	$ 94.560	$ 11.296	$ 83.263	$ 481.543
10	$ 94.560	$ 9.631	$ 84.929	$ 396.614
11	$ -	$ 7.932	-$ 7.932	$ 404.546
12	$ 94.560	$ 8.091	$ 86.469	$ 318.078

El saldo no es $0!

Análisis de préstamos

- En este caso, suponiendo que el banco no sabe en cuáles periodos usted no pagará las tres cuotas, entonces se debe ir recalculando la cuota a pagar.
- La cuota calculada para los meses 1 y 2 está correcta.
- Pero en el mes 3 solo se acumularán intereses sobre el saldo adeudado. Por lo tanto se debe recalcular la cuota para los siguientes escenarios tomando como referencia la deuda a finales del mes 3.

Mes	Cuota (Pago)	Pago Interés	Amortización Deuda	Saldo Final
0				$ 1.000.000
1	$ 94.560	$ 20.000	$ 74.560	$ 925.440
2	$ 94.560	$ 18.509	$ 76.051	$ 849.390
3	$ -	$ 16.988	-$ 16.988	$ 866.377

Análisis de préstamos

- Utilizando la fórmula que calcula anualidades dado un valor presente tenemos que la nueva cuota a partir del mes 4 será:

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

$$A = 866.377 \cdot \left[\frac{0{,}02 \cdot (1+0{,}02)^9}{(1+0{,}02)^9 - 1}\right]$$

$$A = 106.145$$

Análisis de préstamos

- Nueva tabla de pago de préstamos

Mes	Cuota (Pago)	Pago Interés	Amortización Deuda	Saldo Final
0				$ 1.000.000
1	$ 94.560	$ 20.000	$ 74.560	$ 925.440
2	$ 94.560	$ 18.509	$ 76.051	$ 849.390
3	$ -	$ 16.988	-$ 16.988	$ 866.377
4	$ 106.145	$ 17.328	$ 88.817	$ 777.560
5	$ -	$ 15.551	-$ 15.551	$ 793.112
6	$ 106.145	$ 15.862	$ 90.282	$ 702.829
7	$ 106.145	$ 14.057	$ 92.088	$ 610.741
8	$ 106.145	$ 12.215	$ 93.930	$ 516.811
9	$ 106.145	$ 10.336	$ 95.808	$ 421.003
10	$ 106.145	$ 8.420	$ 97.725	$ 323.278
11	$ -	$ 6.466	-$ 6.466	$ 329.744
12	$ 106.145	$ 6.595	$ 99.550	$ 230.194

El saldo no es $0!

Análisis de préstamos

- Se deberá iterar cada vez que existe un mes en que no se pague parte de la deuda. Y así, la tabla final de pagos queda:

Mes	Cuota (Pago)	Pago Interés	Amortización Deuda	Saldo Final
0				$ 1.000.000
1	$ 94.560	$ 20.000	$ 74.560	$ 925.440
2	$ 94.560	$ 18.509	$ 76.051	$ 849.390
3	$ -	$ 16.988	-$ 16.988	$ 866.377
4	$ 106.145	$ 17.328	$ 88.817	$ 777.560
5	$ -	$ 15.551	-$ 15.551	$ 793.112
6	$ 122.545	$ 15.862	$ 106.683	$ 686.429
7	$ 122.545	$ 13.729	$ 108.817	$ 577.612
8	$ 122.545	$ 11.552	$ 110.993	$ 466.619
9	$ 122.545	$ 9.332	$ 113.213	$ 353.406
10	$ 122.545	$ 7.068	$ 115.477	$ 237.929
11	$ -	$ 4.759	-$ 4.759	$ 242.688
12	$ 247.541	$ 4.854	$ 242.688	$ -

Solo se cargan intereses en los meses 3, 5 y 11

El saldo sí es $0!

Inflación

Inflación

- La inflación es un aumento generalizado en el nivel de precios de la economía.
- Se mide mediante la variación del índice de precios del consumidor IPC por el INE.
- Es una pérdida del poder adquisitivo ya que con más alta inflación se requiere de más dinero para comprar la misma cantidad de bienes y servicios.
- **Tasa de interés real** o libre de inflación: Con esta tasa se genera el interés cuando se retira el efecto de los cambios (inflación) en el valor de la moneda. Por tanto, la tasa de interés real presenta una ganancia real en el poder de compra
- **En todo el análisis previo del curso, los indicadores fueron calculados asumiendo que todos los flujos estaban en pesos reales.**

Inflación

- Sea n el número de periodos de tiempo entre t entonces,

$$Pesos\ futuros\ = Pesos\ de\ hoy\ \cdot (1+t)^n$$

- Pesos en el periodo t se denominan:
  - **Precios de hoy**, pesos a precios constantes o precios reales
- Pesos en el periodo t se denominan:
  - Pesos futuros, pesos a precios corrientes o **precios en t**

Inflación

- La ecuación que relaciona a la tasa de interés nominal, la inflación y la tasa de interés real es:

$$(1 + i_{nominal}) = (1 + i_{real})(1 + t)$$

- Reescribiendo, podemos llegar a la ecuación de Fisher:

$$(1 + i_{nominal}) = (1 + i_{real})(1 + t)$$

$$1 + i_{nominal} = 1 + t + i_{real} + t \cdot i_{real}$$

$$\boldsymbol{i_{nominal} = t + i_{real} + t \cdot i_{real}}$$

Ejemplo 1

$$\boxed{(1 + i_{nominal}) = (1 + i_{real})(1 + t)}$$

- Obtenga la tasa de interés real, dada una tasa de interés nominal del 10% anual, si la inflación es del 4% anual:

$$i_{real} = \frac{1 + i_{nominal}}{1 + t} - 1$$

$$i_{real} = \frac{1 + 0{,}1}{1 + 0{,}04} - 1 = 5{,}77\%$$

- Una inflación de 4% anual ha reducido la tasa de interés real a 5,77% por año.

Ejemplo 2

- Usted deposita $10.000.000 en moneda del año 0 (hoy) en un Banco que ofrece una tasa de interés nominal de un 10% anual, con el fin de retirar durante los próximos 5 años una cantidad constante anual S **en moneda del año 0**. Sin embargo, transcurridos 2 años, rumores de corrupción en los ejecutivos del banco lo preocupan a usted, por lo que justo después de realizar el segundo retiro S, decide hacer otro retiro adicional (ST) por la totalidad de los fondos restantes de ese momento. Considerando una tasa de inflación constante igual a 4% anual, responda:

$$(1 + i_{nominal}) = (1 + i_{real})(1 + t)$$

Ejemplo 2

a) Calcule cuánto debería ser el monto anual S en el horizonte de 5 años

Solución:

Primero que todo obtener la tasa de interés real:

$$i_{real} = \frac{1 + i_{nominal}}{1 + t} - 1 = \frac{1{,}10}{1{,}04} - 1 = 5{,}769\%$$

Luego,

$$10.000.000 = S \cdot (P/A, 5{,}769\%, 5)$$

$$S = \$2.359.080$$

$$Pesos\ futuros\ = Pesos\ de\ hoy\ \cdot (1+t)^n$$

Ejemplo 2

b) Calcule el monto ST **en moneda del año 0** (en el momento que ocurre el retiro)

Solución:

Lo que quedaría en la cuenta, después de retirar las dos cuotas, es:

$$ST = 2.359.080 \cdot (P/A, 5{,}769\%, 3)$$

$$ST = \$6.332.870.-$$

c) Calcule ST **en moneda del año 2**

Inflación

Solución:

$$ST = 6.332.870 \cdot (1+0{,}04)^2 = \$6.849.632$$

Criterio de la TIR

Definición de la TIR

- La definición básica de la TIR es la tasa de interés capaz de hacer que el saldo de inversión al final del proyecto sea exactamente igual a cero.
- Es la una única tasa de rendimiento por periodo, con la cual la totalidad de los **beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos**.
- Los cálculos de la TIR son más difíciles
- Pero es un método popular entre los gerentes de finanzas
- La TIR se usa internamente a menudo en las empresas

Interpretación de un valor de tasa de retorno

- En los problemas de tasa de retorno se busca una tasa de interés desconocida ($i*$) que satisface lo siguiente:

$$VAN(i*) = 0$$

- Esto significa que la tasa de interés $i*$, es un parámetro desconocido y debe ser resuelto o aproximado.

Método de Solución

- Recordemos que la ecuación del VAN es:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^{n} \frac{FC_t}{(1+i)^t}$$

I_0: inversión
FC_t: flujo de caja del periodo t
i: tasa de descuento

- Se establece la ecuación de la tasa de retorno:

$$VAN = 0$$

- Se seleccionan valores de i por ensayo y error hasta que se balancee la ecuación.

Rangos Válidos para la TIR

- Matemáticamente la TIR o i

$$-100\% < i^* \leq +\infty$$

- Una $i^* = -100\%$ señala una pérdida total del capital
- Uno puede obtener un valor negativo de i^* pero no menor que –100%
- Todos los valores sobre $i^* = 0\%$ indican un retorno positivo sobre la inversión.

La TIR usando el Valor Presente

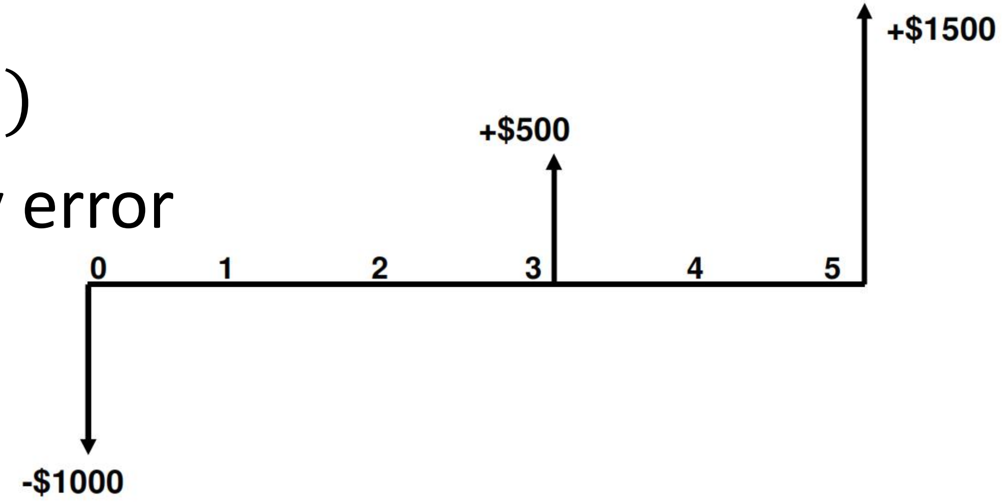
- Determinar la TIR para la mayoría de los flujos de efectivo es una tarea que se realiza por **ensayo y error**.
- La tasa de interés, $i*$, se desconoce.
- La solución generalmente es un trabajo de aproximación.
- Puede requerir enfoques de análisis numérico.

La TIR usando el Valor Presente

- ¿Cuál es la TIR de este proyecto?
- Planteando la ecuación del VAN se tiene que:

$$1000 = 500(P/F, i*, 3) + 1500(P/F, i*, 5)$$

- Esta expresión debe ser resuelta a prueba y error
  - Adivinar alguna tasa y probarla
  - Ajustar de acuerdo a los resultados
  - Volver a probar con la tasa ajustada



- En este caso $i*$ es aproximadamente 16,9% por periodo sobre los saldos no recuperados de la inversión

Ejemplo

- Escriba una expresión de valor presente, igualando a cero y resuelva para la tasa de interés que satisfaga la formulación.

$$1000 = 500(P/F, i*, 3) + 1500(P/F, i*, 5)$$

$$1000 = \frac{500}{(1 + i*)^3} + \frac{1500}{(1 + i*)^5}$$

- ¿Puede resolver esto directamente para el valor de $i*$? **No!**
- Recurra a las aproximaciones a través de ensayo y error.

Enfoque de ensayo y error

- Los procedimientos iterativos requieren una suposición inicial para $i*$.
- Se hace una primera suposición seria y se calcula el VAN resultante a la tasa supuesta.
- Si el VAN no es igual a cero, entonces se evalúa otro valor de $i*$, hasta que el VAN se aproxime a cero.
- Si el VAN no es igual a 0, entonces se evalúa otro valor $i*$.
- Un valor negativo del VAN indica generalmente que el valor $i*$ es muy alto.
- Un valor positivo del VAN sugiere que el valor $i*$ era demasiado bajo.

Criterio de la TIR

- La tasa mínima atractiva de rendimiento (TMAR) es una tasa de retorno razonable para evaluar y elegir una opción. Un proyecto no es económicamente viable a menos que se espere un rendimiento mayor a una TMAR.
- **Determine la tasa i ***
  - **Si i* ≥ TMAR, acepte el proyecto**
  - **Si i* < TMAR, rechace el proyecto.**

Métodos de hoja de cálculo

- Excel apoya el análisis de la TIR con dos funciones:
- **TASA(n,A,P,F)** puede usarse cuando se hace una inversión (P) en un tiempo $t = 0$, seguida de "n", flujos de efectivo iguales (A) de fin de periodo.
  - Éste es un caso especial sólo para anualidades.
- **TIR(flujo_año_0:flujo_año_n)**

La Función TIR en Excel

- Se utiliza cuando los flujos de caja varían periodo a periodo.
- Entradas: ingrese los valores de flujos de caja en celdas contiguas (incluyendo celdas con cantidades de $0 no dejándolas vacías).
- Ingrese la función TIR
  - =TIR(primera_celda:última_celda,estimar)
  - "estimar" es un valor de partida opcional que el evaluador siente que está en la "vecindad" del verdadero valor $i*$.
  - Si es omitido, Excel asume un valor inicial de 10%.

La Función TIR en Excel

- Microsoft Excel utiliza una técnica iterativa para el cálculo de TIR. Comenzando con el argumento estimar, TIR reitera el cálculo hasta que el resultado obtenido tenga una exactitud de 0,00001%.
- Si TIR no llega a un resultado después de 20 intentos, devuelve el valor de error #¡NUM!
- En la mayoría de los casos no necesita proporcionar el argumento estimar para el cálculo de TIR. Si se omite el argumento estimar, se supondrá que es 0,1 (10%).
- Si TIR devuelve el valor de error #¡NUM!, o si el valor no se aproxima a su estimación, realice un nuevo intento con un valor diferente de estimar.

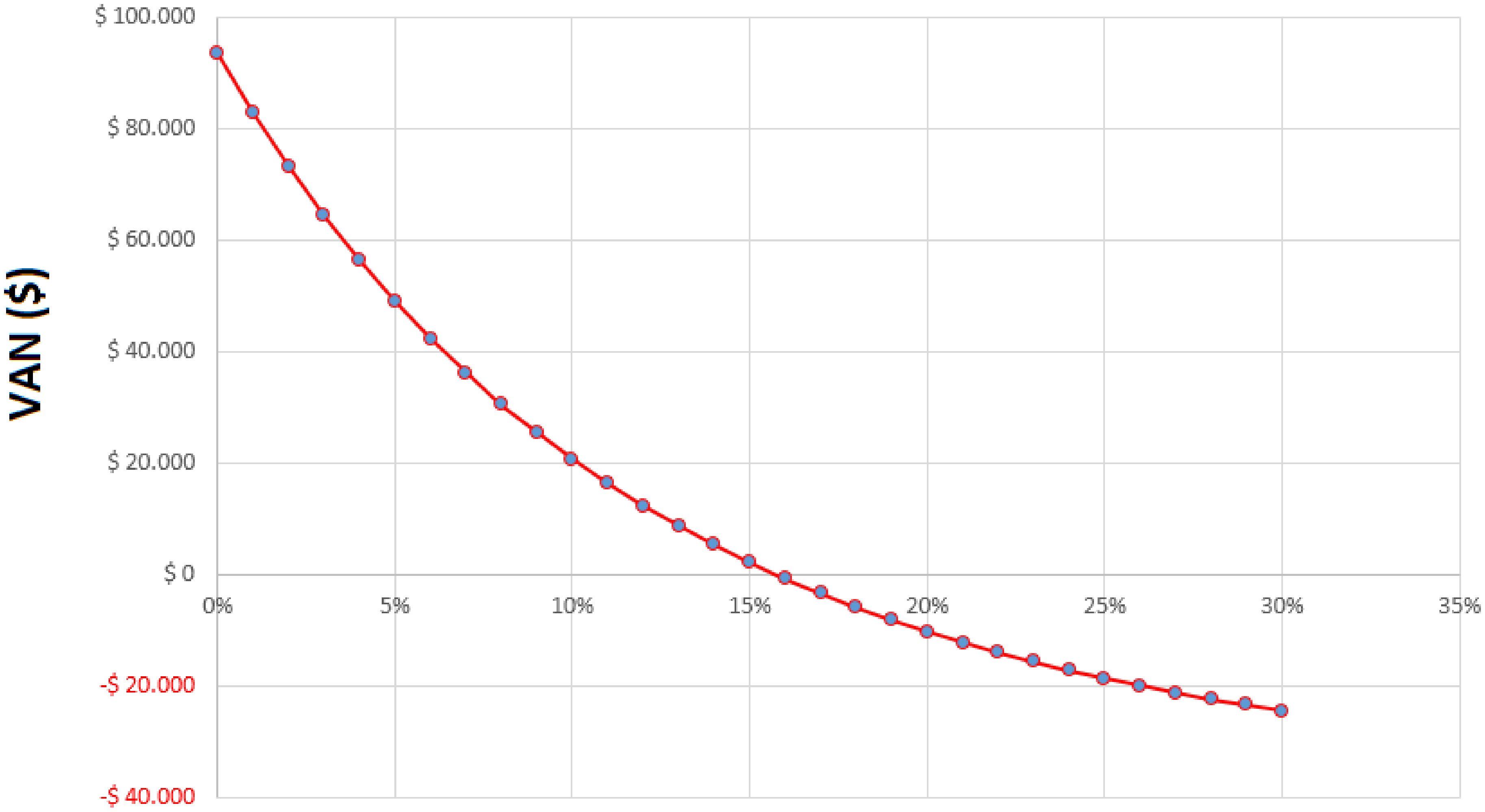
La Función TIR en Excel

TMAR	15%
Vida útil	12
Año	Flujo Efectivo
0	-$ 85.000
1	$ 17.000
2	$ 17.000
3	$ 17.000
4	$ 17.000
5	$ 17.000
6	$ 17.000
7	$ 17.000
8	$ 17.000
9	$ 17.000
10	$ 17.000
11	$ 17.000
12	$ 25.500
TIR	17,31%
VAN	$ 8.739

=TIR(B4:B16)

=VNA(B1;B5:B16)+B4

La Función TIR en Excel



Periodo de recuperación

- Uno de los criterios tradicionales de evaluación, bastante difundido, es el del **periodo de recuperación** (PR) de la inversión, también conocido como **payback**.
- El periodo de recuperación es el **número de periodos necesarios para recuperar la inversión inicial**.
- Este resultado se compara con el número de periodos aceptables por la empresa.

Errores comunes en Excel

- En la formula VNA(tasa;fc_1:fc_n), fc_1 es el flujo en el año 1, no en el año 0.
- En la formula VNA(tasa;fc_1:fc_n), si por ejemplo el flujo del año 3 es 0, entonces debe colocarse 0 en esa celda, y no dejarla vacía.
- Cuidado con los signos en las formulas.

IVAN

Índice de Valor Actual Neto (IVAN)

- Anteriormente hemos estudiado otros indicadores financieros:
  - VAN (o CAN/VAC), VAUE (o CAUE), Periodo de recuperación de capital.
- Cuando existen **restricciones** de recursos para poder implementar todos los proyectos que cumplieron con los requisitos de elegibilidad, se incorporan instrumentos complementarios, como el IVAN, para determinar la combinación óptima de proyectos que se seleccionarán.
- El IVAN calcula cuánto VAN aporta cada peso invertido en cada proyecto:

$$IVAN = \frac{VAN}{I_0}$$

Índice de Valor Actual Neto (IVAN)

- Una **ventaja** del IVAN es que permite evaluar cada proyecto con tasas de descuento distintas entre ellos, con la finalidad de que se considere la posibilidad cierta de que las inversiones tengan riesgos distintos.
- Una gran **debilidad** del IVAN es que entrega el resultado óptimo sólo cuando los proyectos seleccionados ocupan el 100% de los recursos disponibles.
- Cuando quedan recursos sobrantes, se puede dar el caso que abandonando uno de los proyectos elegidos se aumente la rentabilidad del conjunto seleccionado aceptando uno de menor IVAN.
- La solución óptima se puede obtener mediante la programación lineal.

Ejemplo

- Una empresa dispone de $8.000 para inversiones. Suponga que se tienen los siguientes flujos de caja de 8 proyectos **independientes**. Determine cuál es el conjunto de proyectos factibles de ser financiados y calcule su VAN. Considere una tasa de descuento del 10%.

	Periodo								
Proyectos	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
A	-2000	500	500	500	500	500	1000		
B	-5000	1000	1000	1000	1000	3500			
C	-1000	250	250	250	250	250	250	250	500
D	-7500	1500	1500	1500	1500	1500	5000		
E	-8000	1800	1800	1800	6750				
F	-1500	400	400	400	400	400	400	750	
G	-3500	750	750	750	750	750	750	750	1750
H	-5500	1100	1100	1100	1100	1100	4200		

Ejemplo: Solución

Proyectos	VAN	IVAN (%)	Lugar
A	$ 459,87	0,230	4°
B	$ 343,09	0,069	
C	$ 450,36	0,450	1°
D	$ 1.008,55	0,134	
E	$ 1.086,67	0,136	
F	$ 626,97	0,418	2°
G	$ 967,70	0,276	3°
H	$ 1.040,66	0,189	

- Por lo tanto, los proyectos a ser financiados son: C, F, G y A, que en conjunto requieren $8.000 de inversión. El VAN del conjunto es la suma de los VAN individuales, esto es, $2.504,90.

Lectura obligatoria

- Capítulo 7 y 8: Blank, L. & Tarquin A. (2006). *Ingeniería Económica* (6° ed.), México D.F.: Editorial McGraw-Hill Interamericana. ISBN: 970-10-5608-6.
- Capítulo 15: Sapag N. & Sapag R. (2008). *Preparación y Evaluación de Proyectos* (5ª ed.). Bogotá: Editorial McGraw Hill Interamericana. ISBN 10: 956-278-206-9, ISBN 13: 978-956-278-206-7.