

# VI. Criterios de Evaluación de Inversiones

---

# Criterios de Evaluación de Inversiones

---

- Los criterios o indicadores de evaluación de inversiones son índices que nos ayudan a determinar si un proyecto es o no conveniente para un inversionista
- Permiten jerarquizar (ordenar) los proyectos de una cartera de inversión
- Permiten optimizar distintas decisiones relevantes del proyecto (ubicación, tecnología, momento óptimo para invertir o abandonar, etc.)
- Las variables necesarias son: los flujos de caja del proyecto ( $F_t$ ), la tasa de descuento o costo de oportunidad del capital ( $r$ ), y el horizonte de evaluación ( $n$ ).

# Costo de Oportunidad del Capital

- El costo de oportunidad del capital es la rentabilidad que entrega el mejor uso alternativo del capital.
- Supongamos que existen sólo dos inversiones posibles (con  $I = \$100$ ). La primera me entrega \$150 seguro, la segunda \$150 en valor esperado, pero tiene un rango de resultados posibles que va de \$50 a \$250. ¿Cuál es mejor?
- Los inversionistas son adversos al riesgo, por lo que exigen un "premio" o compensación por asumir un mayor riesgo.
- Luego, el costo de oportunidad relevante para una inversión, es la rentabilidad que ofrece el capital invertido en el mejor uso alternativo, para el mismo nivel de riesgo.

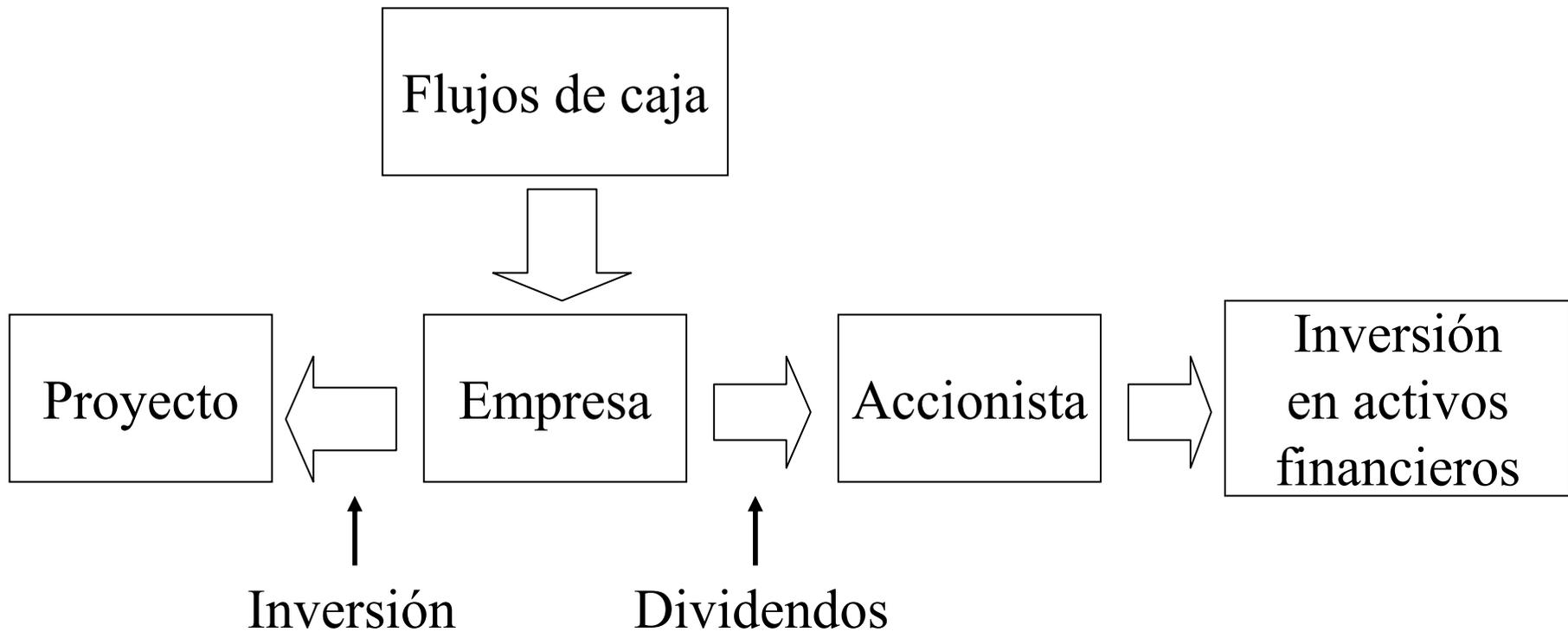
# Costo de Oportunidad del Capital

- Ejemplo: un depósito a plazo en el banco en UF tendrá un nivel de riesgo mucho menor que una inversión por el mismo monto en un proyecto de minería.
- Por lo tanto las rentabilidades exigidas por un inversionista en estas dos alternativas son distintas
- En definitiva, el mercado indica cuál es la rentabilidad exigible para cada nivel de riesgo. **Existe un precio del riesgo** determinado por el mercado.

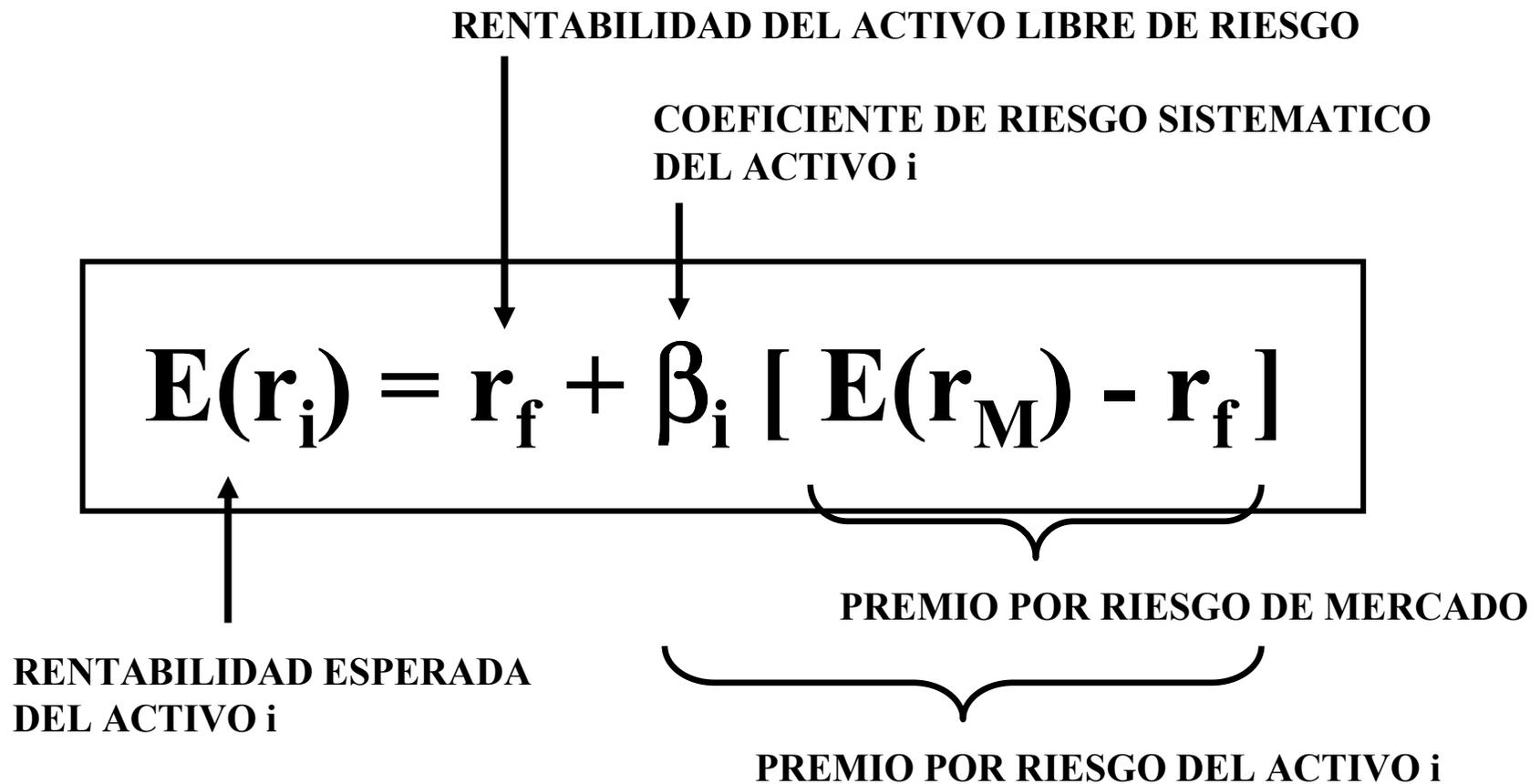
# Costo de Oportunidad del Capital

---

- ¿Por qué se exige la rentabilidad de mercado al proyecto?



# Modelo de Valoración de Activos de Capital (CAPM)



# Modelo de Valoración de Activos de Capital (CAPM)

---

- El Modelo de Valoración de Activos de Capital (Capital Asset Pricing Model, CAPM) indica que la rentabilidad esperada de un activo riesgoso es igual a la tasa libre de riesgo más un premio por riesgo.
- A mayor riesgo del activo, mayor es la rentabilidad exigida por el mercado.
- El riesgo relevante para un activo es su contribución al riesgo de la cartera de mercado. Este riesgo, denominado *riesgo sistemático* o *de mercado*, se mide a través del coeficiente *beta* del activo.
- El resto del riesgo del activo es eliminable mediante la diversificación, por lo que no se exige compensación.

# Criterios de Evaluación de Proyectos

---

- Período de recuperación del capital
- Rentabilidad contable media (RCM)
- Índice de rentabilidad (IR)
- Tasa interna de retorno (TIR)
- Valor actualizado neto (VAN)

# Período de recuperación del capital (Payback)

---

- Algunas empresas requieren que la inversión se recupere en un período determinado.
- El período de recuperación del capital se obtiene contando el número de períodos que toma igualar los flujos de caja acumulados con la inversión inicial.
- Si el período de recuperación de capital es menor que el máximo período definido por la empresa, entonces se acepta el proyecto

# Período de recuperación del capital (Payback)

---

$$I_0 \leq \sum_{t=1}^N FC_t$$

donde N: período de recuperación del capital

- Tiene la ventaja de ser un método muy simple, y tener una consideración básica del riesgo: a menor payback, menor riesgo

# Período de recuperación del capital (Payback)

---

- Sin embargo, una de las limitaciones más importantes de este método es que no se toman en cuenta los flujos de caja que tienen lugar después del período del payback
- No descuenta por tiempo ni por riesgo
- No hay un valor del proyecto
- No hay un ranking válido
- Debe ser usado sólo como un indicador secundario

# Período de recuperación del capital (Payback)

PROYECTO	FLUJOS DE CAJA				PERIODO DE RECUPERACION, AÑOS	VAN AL 10%
	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>		
A	- 2.000	+ 2.000	0	0	1	- 182
B	- 2.000	+ 1.000	+ 1.000	+ 5.000	2	3.492
C	- 2.000	0	+ 2.000	+ 5.000	2	3.409
D	- 2.000	+ 1.000	+ 1.000	+ 100.000	2	74.867

# Período de recuperación del capital (Payback)

---

- Un indicador mejorado es el período de recuperación del capital descontado:

$$I_0 = \sum_{t=1}^N FC_t / (1+r)^t$$

donde N: período de recuperación del capital

- Tiene la ventaja de considerar un descuento por tiempo y riesgo. Sin embargo, mantiene las principales deficiencias del PRC simple.

# Rentabilidad contable media (RCM)

---

- Se define como el cociente entre la utilidad contable promedio y el valor contable promedio de la inversión
- Problemas
  - No considera el valor del dinero en el tiempo (usa promedios)
  - Se basa en la contabilidad y no en el flujo de caja (sujeto a los criterios del contador)
  - ¿Con qué se compara la RCM?

# Rentabilidad contable media (RCM)

	C0	C1	C2	C3
Ingresos	0	12.000	10.000	8.000
Costos	0	-6.000	-5.000	-4.000
Depreciación	0	-3.000	-3.000	-3.000
UAI	0	3.000	2.000	1.000
Impuesto	0	-450	-300	-150
UDI	0	2.550	1.700	850
Depreciación	0	3.000	3.000	3.000
Inversión	-9.000	0	0	0
Flujo de Caja	-9.000	5.550	4.700	3.850
Utilidad Contable Media = $(2.550 + 1.700 + 850)/3 =$				1.700
Inversión Contable Media = $(9.000 + 6.000 + 3.000 + 0)/4 =$				4.500
RCM = $1.700/4500 =$				37,8%

# Índice de rentabilidad (IR)

---

- El método del índice de rentabilidad, también conocido como razón beneficio/costo, mide el valor presente de los beneficios por unidad de inversión

$$IR = \frac{\sum_{t=1}^N FC_t / (1+r)^t}{I_0}$$

- Se aceptan los proyectos con  $IR > 1$
- Si se utiliza correctamente, es equivalente al VAN
- Puede conducir a errores cuando estamos frente a proyectos excluyentes

# Indice de rentabilidad (IR)

---

PROYECTO	FLUJOS DE CAJA		IR	VAN AL 10%
	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>		
A	- 100	+ 200	1,82	+ 82
B	- 10.000	+ 15.000	1,36	+ 3.636

# Tasa interna de retorno (TIR)

---

- La TIR trata de medir la rentabilidad de un proyecto o activo. Representa la rentabilidad media intrínseca del proyecto.
- Se define la tasa interna de retorno como aquella que hace que el valor presente neto sea igual a cero

$$VAN = \sum_{t=0}^N FC_t / (1 + TIR)^t = 0$$

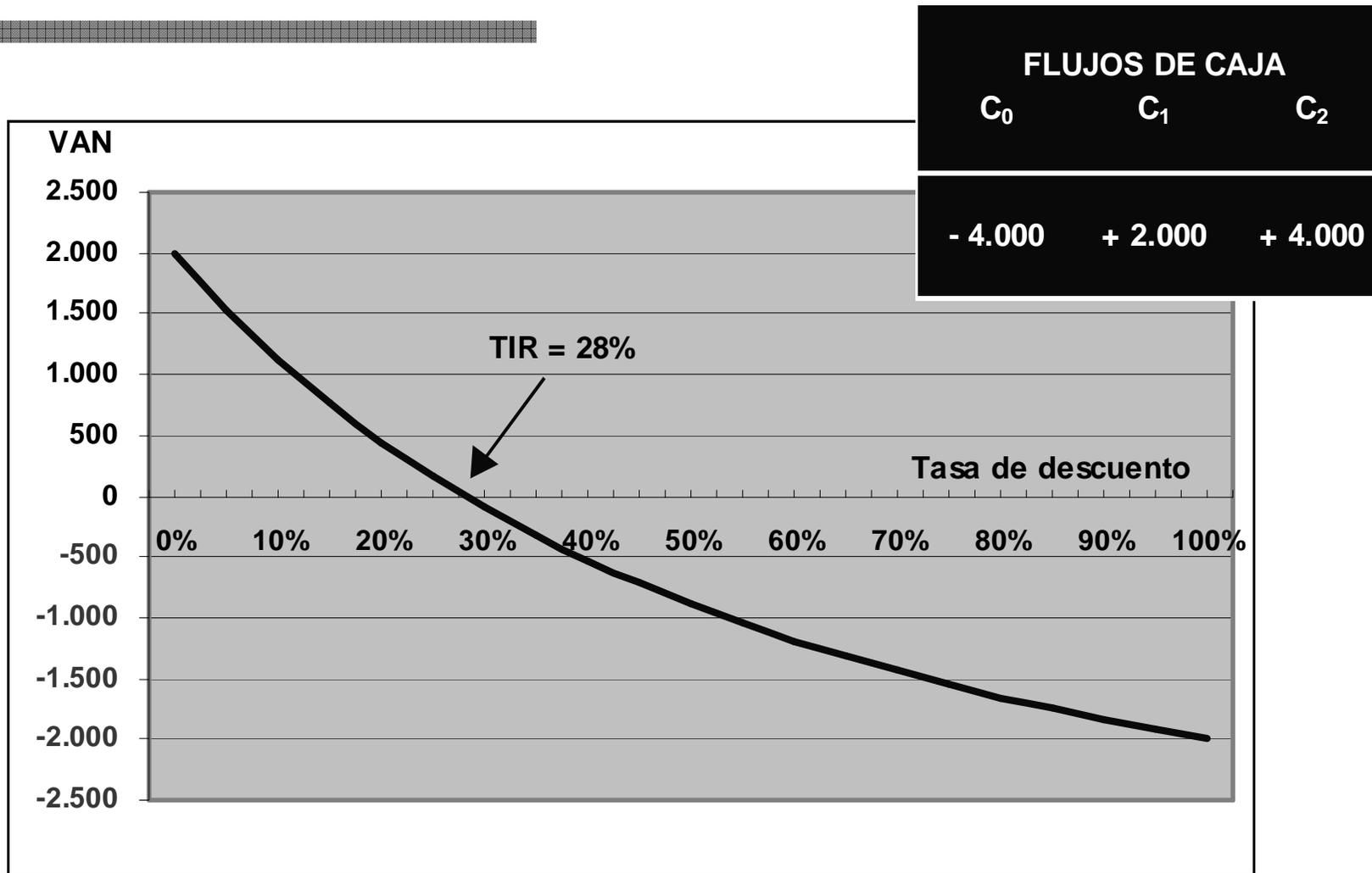
- La regla de decisión consiste en aceptar proyectos cuya TIR sea mayor que el costo de capital para activos del mismo nivel de riesgo:  $TIR > r$

# Tasa interna de retorno (TIR)

---

- No confundir la tasa interna de retorno con el costo de oportunidad del capital. La TIR es una medida de rentabilidad que depende del perfil de flujos de caja particulares del proyecto, mientras que el costo de capital es la rentabilidad ofrecida en el mercado de capitales por activos del mismo nivel de riesgo.
- La TIR entrega los mismos resultados que el VAN siempre que el VAN del proyecto sea una función monótonamente decreciente de la tasa de descuento.
- Ranking de proyectos: de TIR más alta a más baja, solamente si los proyectos tienen el mismo nivel de riesgo.

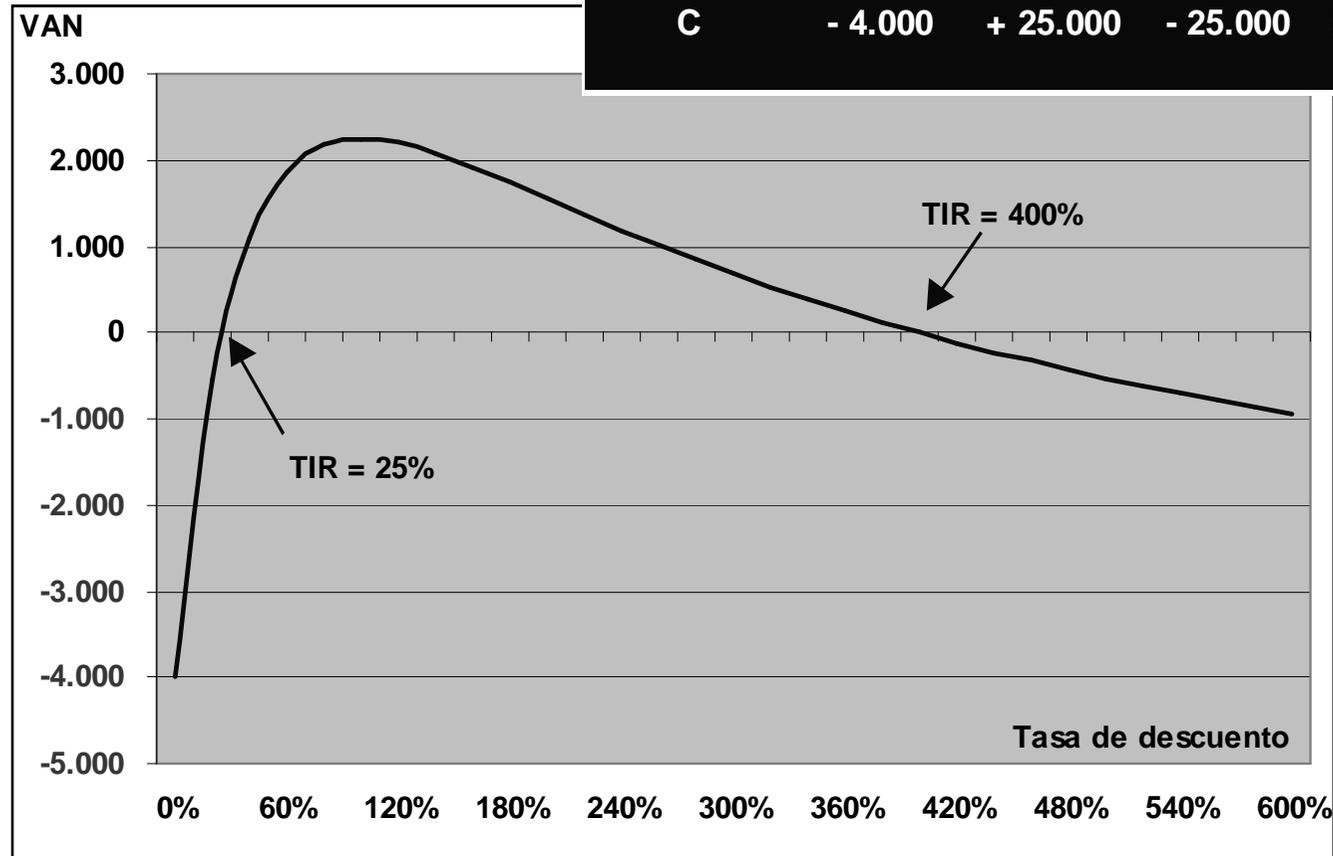
# Tasa interna de retorno (TIR)



# Problemas de la TIR

## ■ TIR múltiples

PROYECTO	FLUJOS DE CAJA			TIR	VAN AL 10%
	$C_0$	$C_1$	$C_2$		
C	- 4.000	+ 25.000	- 25.000	25 y 400%	-1.934



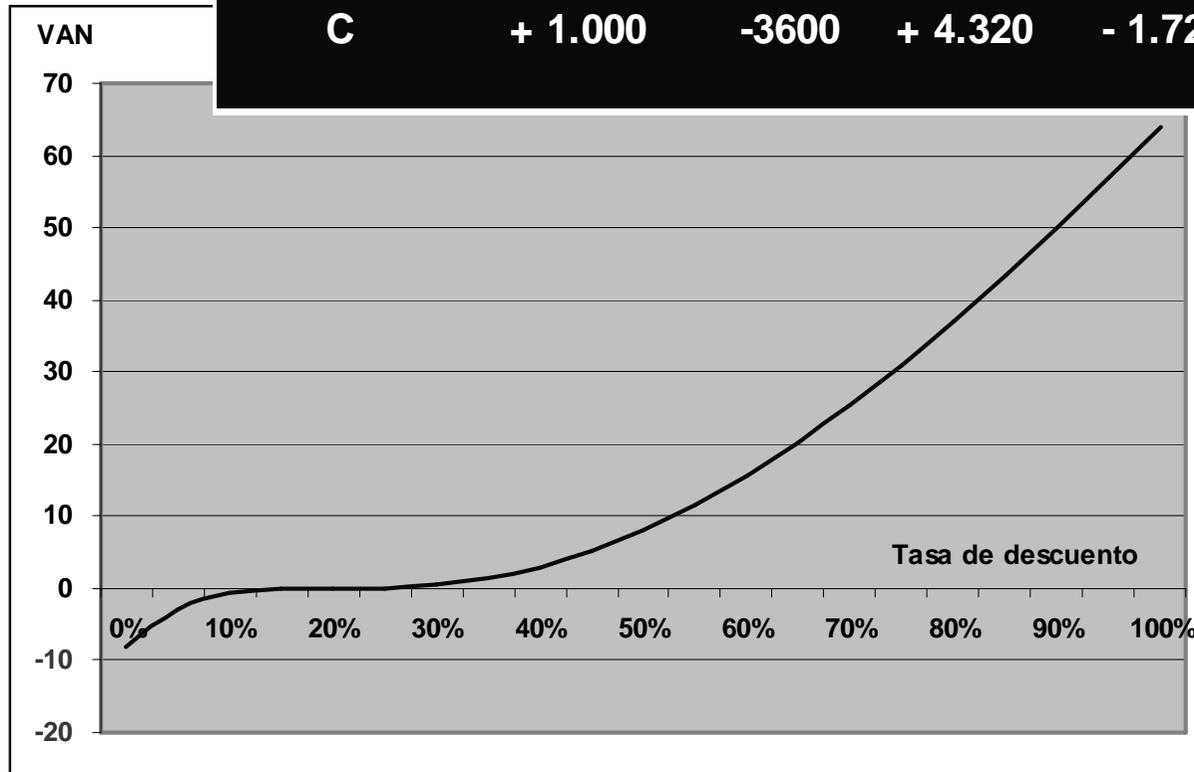
# Problemas de la TIR

- Prestar o endeudarse

PROYECTO	FLUJOS DE CAJA		TIR	VAN AL 10%
	$C_0$	$C_1$		
A	- 1.000	+ 1.500	50%	+ 364
B	+ 1.000	- 1.500	50%	- 364

# Problemas de la TIR

PROYECTO	FLUJOS DE CAJA				TIR	VAN AL 10%
	$C_0$	$C_1$	$C_2$	$C_3$		
C	+ 1.000	-3600	+ 4.320	- 1.728	20%	-0,75



# Problemas de la TIR

- Proyectos mutuamente excluyentes

Proyecto	C0	C1	TIR	VAN (10%)
D	-1.000	2.000	100%	818
E	-20.000	25.000	25%	2.727

- ¿Cuál proyecto es mejor? El proyecto E tiene mayor VAN y por tanto es mejor. Sin embargo, tiene menor TIR, lo que podría inducir a engaño.
- El problema es que la escala de las inversiones es distinta. Una forma de corregir este problema es calculando una TIR ajustada para el proyecto D:

$$TIR_{D\_ajustada} = \frac{1.000 * (1+1) + 19.000 * (1+0,1)}{20.000} - 1 = 14,5\%$$

# Problemas de la TIR

- Proyectos con distinta vida útil

- La TIR representa la rentabilidad promedio del proyecto. No es lo mismo tener una TIR de 20% para un proyecto de 3 años que para otro de 5 años.
- Consecuencia: La TIR no permite comparar proyectos con distinta vida útil, aún cuando la inversión sea la misma.

Proyecto	C0	C1	C2	C3	C4	C5	TIR	VAN (10%)
F	-1.000	2.000	0	0	0	0	100%	818
G	-1.000	600	600	600	600	600	53%	1.274

# Problemas de la TIR

- Una forma de corregir el problema anterior es calculando una TIR ajustada para el proyecto F. Para ello suponemos que se reinvierten los flujos de caja al 10% (costo de oportunidad) hasta el quinto año.

Proyecto	C0	C1	C2	C3	C4	C5	TIR	VAN (10%)
F Ajustado	-1.000	0	0	0	0	2.928	24%	818
G	-1.000	600	600	600	600	600	53%	1.274

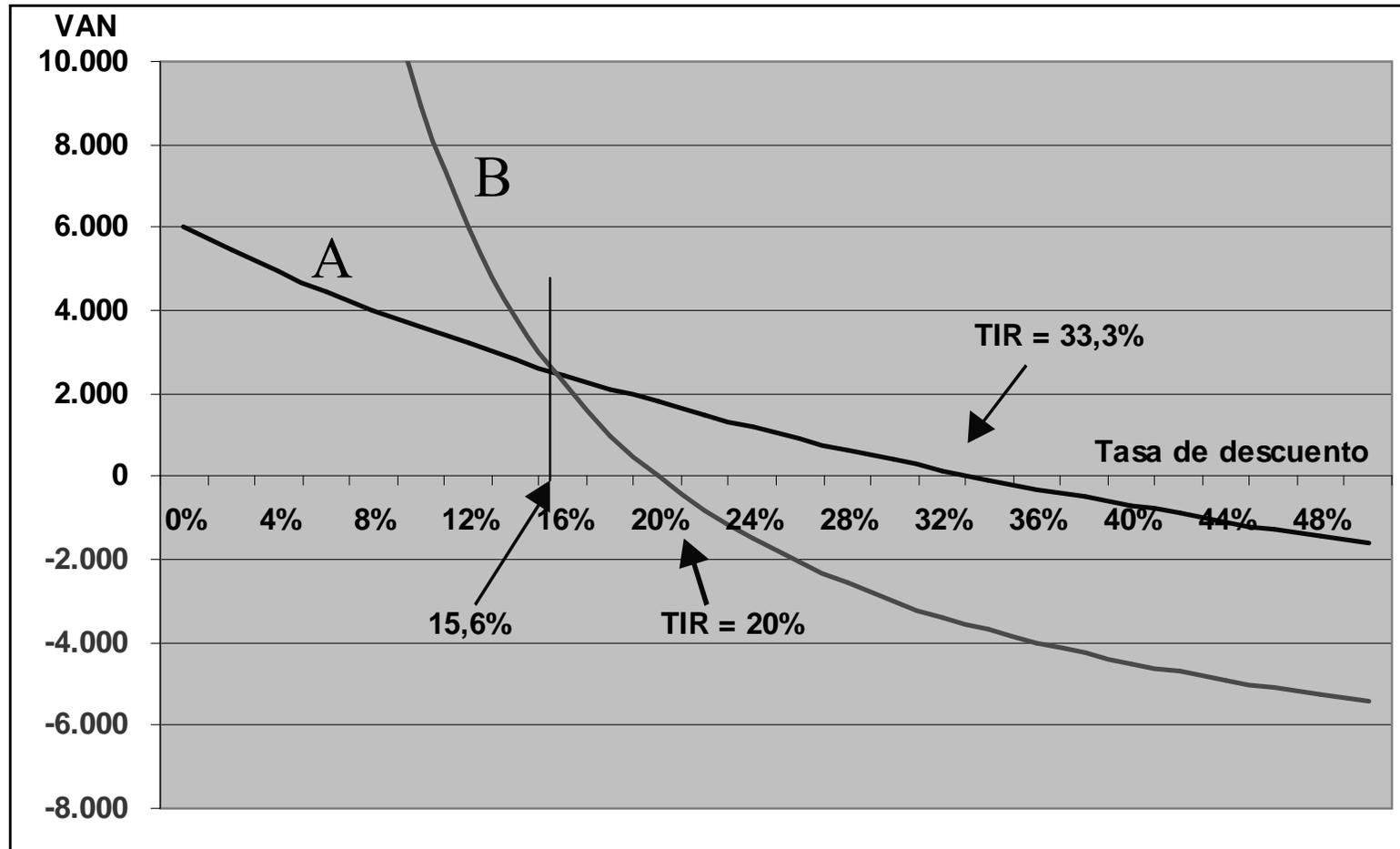
- Nótese que el VAN no cambia. El VAN no introduce sesgos cuando los proyectos tienen diferentes vidas útiles y son irrepetibles.

# Problemas de la TIR

- Perfil de los flujos de caja

PROYECTO	FLUJOS DE CAJA							TIR	VAN AL 10%
	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	ETC.		
A	- 9.000	+ 6.000	+ 5.000	+ 4.000	0	0	...	33%	+ 3.592
B	- 9.000	+ 1.800	+ 1.800	+ 1.800	+ 1.800	+ 1.800	...	20%	+ 9.000

# Problemas de la TIR



# Valor actualizado neto (VAN)

- El VAN mide el aporte económico de un proyecto a los inversionistas. Esto significa que refleja el aumento o disminución de la riqueza de los inversionistas al participar en los proyectos

$$VAN = \sum_{t=0}^N FC_t / (1+r)^t$$

- El VAN de un proyecto depende, en consecuencia, de la estimación de los flujos de caja y del costo de capital.
- Criterios de decisión:
  - VAN > 0 : conviene hacer el proyecto
  - VAN = 0 : indiferente
  - VAN < 0 : no conviene hacer el proyecto

# Valor actualizado neto (VAN)

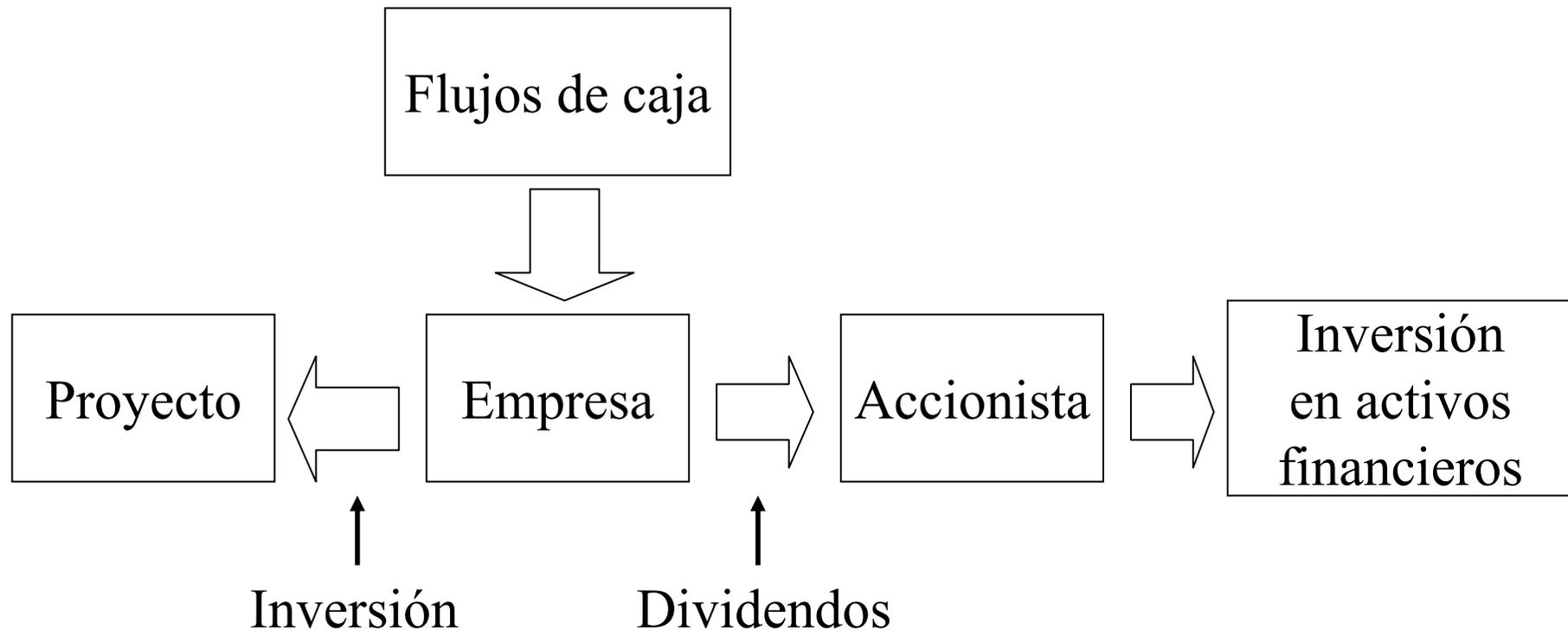
---

- En la fórmula se usa el valor esperado de los flujos de caja, y una tasa de descuento apropiada para el nivel de riesgo sistemático (de mercado) del proyecto (Ej. CAPM)
- Considera los factores tiempo y riesgo
- Cada proyecto tiene un valor; hay un criterio de aceptación
- Se puede hacer un ranking de proyectos
- Permite comparar proyectos de distinto nivel de riesgo

# Valor actualizado neto (VAN)

---

- ¿Por qué se exige la rentabilidad de mercado al proyecto?



# Indicadores para Proyectos Repetibles

---

- En ocasiones los inversionistas se ven enfrentados a proyectos que se pueden repetir periódica e indefinidamente. Es decir, al cabo de la vida útil del mismo es posible repetir la inversión y obtener los mismos flujos.
- El problema que surge es cómo proceder en la comparación de dos o más proyectos con diferentes vidas útiles, en donde al menos uno de ellos es repetible.
- Vamos a analizar tres indicadores, que son derivaciones del VPN.

# VAN compuesto (o al infinito)

---

- Supongamos que nos enfrentamos a un proyecto repetible que requiere una inversión  $F_0$  y que genera  $N$  flujos  $F_t$ .
- El VAN de efectuar por una vez este proyecto que dura  $N$  períodos es:

$$VAN(N, 1) = \sum_{t=0}^N FC_t / (1+r)^t$$

- Si queremos comparar este proyecto repetible con otro no repetible, o con uno repetible pero con distinta vida útil, debemos calcular el VAN de los flujos de los sucesivos proyectos, hasta el infinito.

# VAN compuesto (o al infinito)

- Una forma práctica de hacer esto es calcular el VAN de la corriente infinita de VANes, lo que denominaremos  $VAN(N, \infty)$ . Esto es lo mismo que calcular el valor de una anualidad por un monto  $VAN(N, 1)$  que se paga cada  $N$  años, hasta el infinito. Calculemos:

$$VAN(N, n) = VAN(N, 1) + \frac{VAN(N, 1)}{(1+r)^N} + \frac{VAN(N, 1)}{(1+r)^{2N}} + \dots + \frac{VAN(N, 1)}{(1+r)^{nN}}$$

- En orden a obtener una solución, hagamos:

$$U = \frac{1}{(1+r)^N}$$

# VAN compuesto (o al infinito)

---

- Luego, nuestro valor queda:

$$VAN(N, n) = VAN(N, 1) (1+U+U^2+U^3+ \dots +U^n)$$

- Multiplicando ambos lados por U queda:

$$U VAN(N, n) = VAN(N, 1) (U+ U^2+U^3+ \dots +U^{n+1})$$

- Al restar la segunda ecuación de la primera:

$$VAN(N, n) - U VAN(N, n) = VAN(N, 1) [1- U^{n+1}]$$

# VAN compuesto (o al infinito)

---

- Luego:

$$VAN(N, n) = VAN(N, 1) \frac{[1 - U^{n+1}]}{[1 - U]}$$

- Tomando el límite cuando n tiende a  $\infty$  :

$$\lim_{n \rightarrow \infty} VAN(N, n) = VAN(N, \infty) = \frac{VAN(N, 1)}{[1 - U]}$$

- Al reemplazar U y desarrollar:

$$VAN(N, \infty) = VAN(N, 1) \left[ \frac{(1+r)^N}{(1+r)^N - 1} \right]$$

# Beneficio Anual Uniforme Equivalente (BAUE)

---

- Una posibilidad para comparar proyectos repetibles de diferente vida útil, es recurrir al Factor de Recuperación del Capital y distribuir el VAN de cada proyecto con la tasa de costo de oportunidad del dinero en N cuotas iguales, siendo N el número de períodos de vida útil de cada proyecto.
- La cuota así determinada se denomina BAUE.
- El criterio es elegir el proyecto con mayor BAUE

$$\text{BAUE} = \text{VAN}(N, 1) \left[ \frac{r(1+r)^N}{(1+r)^N - 1} \right] = r \cdot \text{VAN}(N, \infty)$$

# Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE)

- En algunas ocasiones se presentan proyectos repetibles que producen los mismos ingresos y difieren entre sí sólo en los costos de inversión y operación, como podría ser por ejemplo el proyecto de reemplazar un equipo viejo por uno idéntico pero nuevo. En este caso conviene distribuir el valor presente de los costos en N cuotas iguales.
- La cuota así determinada se denomina CAUE.
- El criterio es elegir el proyecto con el menor CAUE.

$$CAUE = VAN_{\text{COSTOS}}(N, 1) \left[ \frac{r (1+r)^N}{(1+r)^N - 1} \right]$$

# Ejemplo:

- Considere los flujos de caja de los dos proyectos infinitamente repetibles a la misma escala:

Año	A	B
0	-10	-10
1	6	4
2	6	4
3		4,75

- Si el costo de oportunidad del capital es 10%, el VAN del proyecto A es 0,41 y el del B es 0,51.
- De acuerdo a lo anterior, ¿es mejor el proyecto B?

# Ejemplo:

- Observemos que el proyecto A se puede repetir más veces en un mismo período de tiempo que el proyecto B.
- Al aplicar la fórmula del VAN al infinito, al proyecto A:

$$VAN(2,\infty) = VAN(2, 1) \left[ \frac{(1+0,1)^2}{(1+0,1)^2 - 1} \right]$$

$$= 0,41 \left[ \frac{1,21}{0,21} \right] = 2,36$$

- Asimismo, al aplicar al proyecto B:

$$VAN(3,\infty) = 2,02$$

- Por lo tanto, el proyecto A incrementa más la riqueza que el proyecto B.

# Ejemplo:

---

- Asimismo, es posible aplicar en este ejemplo el BAUE.
- Recordemos que:

$$\text{BAUE} = r \cdot \text{VAN}(N, \infty)$$

- Por lo tanto:

$$\text{BAUE}_A = 0,1 \cdot 2,36 = 0,236 \text{ por año}$$

$$\text{BAUE}_B = 0,1 \cdot 2,02 = 0,202 \text{ por año}$$

- Entrega la misma conclusión que el método anterior.