

ECONOMÍA DE LA ENERGÍA: HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS DE LA POLÍTICA ENERGÉTICA

MARÍA FLORENCIA ZABALOY

Curso de posgrado
Facultad de Ingeniería
UDELAR 2023



FACULTAD DE
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO DE PROYECTOS EN ENERGÍA

CLASE 5

07/03/2023



FACULTAD DE
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

1. Introducción

Qué es un proyecto de inversión?

- ▷ Es una propuesta técnica y económica para resolver un problema de la sociedad utilizando los recursos humanos, materiales y tecnológicos disponibles, mediante un documento escrito que comprende una serie de estudios que permiten al inversionista saber si es viable su realización
- ▷ Bibliografía de base: Padilla, 2006 y Ortegón et al., 2005.

Etapas del proyecto



Evaluación privada de proyectos

- ▷ Determinar la **conveniencia** de emprender una inversión desde el punto de vista del inversor
- ▷ El fin es lograr una **rentabilidad económica financiera**, de tal modo que permita recuperar la inversión de capital puesta por la empresa o inversionistas en la ejecución del proyecto
- ▷ Consiste en un **análisis costo-beneficio** → comparar costos e inversiones vs beneficios que generará
- ▷ Análisis **ex-ante** → se realizan proyecciones basadas en supuestos
- ▷ Se necesita construir un **flujo de fondos**; muestra los beneficios, inversiones y costos que el proyecto va a generar de aquí hasta su finalización; y estimar cuánto valen hoy esos flujos futuros

2. Elementos básicos de matemática financiera

Interés

Es el valor del dinero en el tiempo. Es la renta que se paga por el uso de dinero ajeno o la renta que se gana por invertir dinero propio.

▷ **Costo de capital**

- Explícito → préstamo
- Implícito → fondos propios (interés que se deja de ganar: costo de oportunidad!)

▷ **Retribución al capital**

- Al factor productivo → todo capital requiere una retribución

Interés simple

- ▷ Supongamos que tenemos un capital de 500 \$ y se invierte a una tasa de interés del 10% anual (simple) en un período de 3 años

	Capital inicial	Intereses	Capital final del período
1	500	50	500
2	500	50	500
3	500	50	500

Total intereses	150
Capital inicial	500
Rentabilidad total	30%

Interés compuesto

- ▷ Supongamos que tenemos un capital de 500 \$ y se invierte a una tasa de interés del 10% anual (compuesto) en un período de 3 años

	Capital inicial	Intereses	Capital final del período
1	500	50	550
2	550	55	605
3	605	60,5	665,5

Total intereses	165,5
Capital inicial	500
Rentabilidad	33,1%

De ahora en más siempre vamos a hablar de interés compuesto

Tasa nominal y efectiva

Difieren cuando el período de capitalización no coincide con el período de la tasa de interés

Supongamos un préstamo de 1000 \$ y un período de 1 año.

Opciones:

1. Tasa nominal anual de 12% con capitalización anual
2. Tasa nominal anual de 11,8% con capitalización semestral

Caso 1

$$Deuda = 1000 + 1000 * 0,12 = \mathbf{1120}$$

Caso 2

$$Deuda_{t=1} = 1000 + 1000 * 0,059 = 1059$$
$$Deuda_{final} = 1059 + 1059 * 0,059 = \mathbf{1121,48}$$

Tasa nominal y efectiva

Tasas efectivas:

1. 12% (coincide con nominal)
2. $\frac{121,48}{1000} = 12,15\%$ (no coincide con nominal)

Fórmula cálculo tasa efectiva:

$$r_e = \left(1 + \frac{r_n}{m}\right)^m - 1$$

$$12.14\% = \left(1 + \frac{0.118}{2}\right)^2 - 1$$

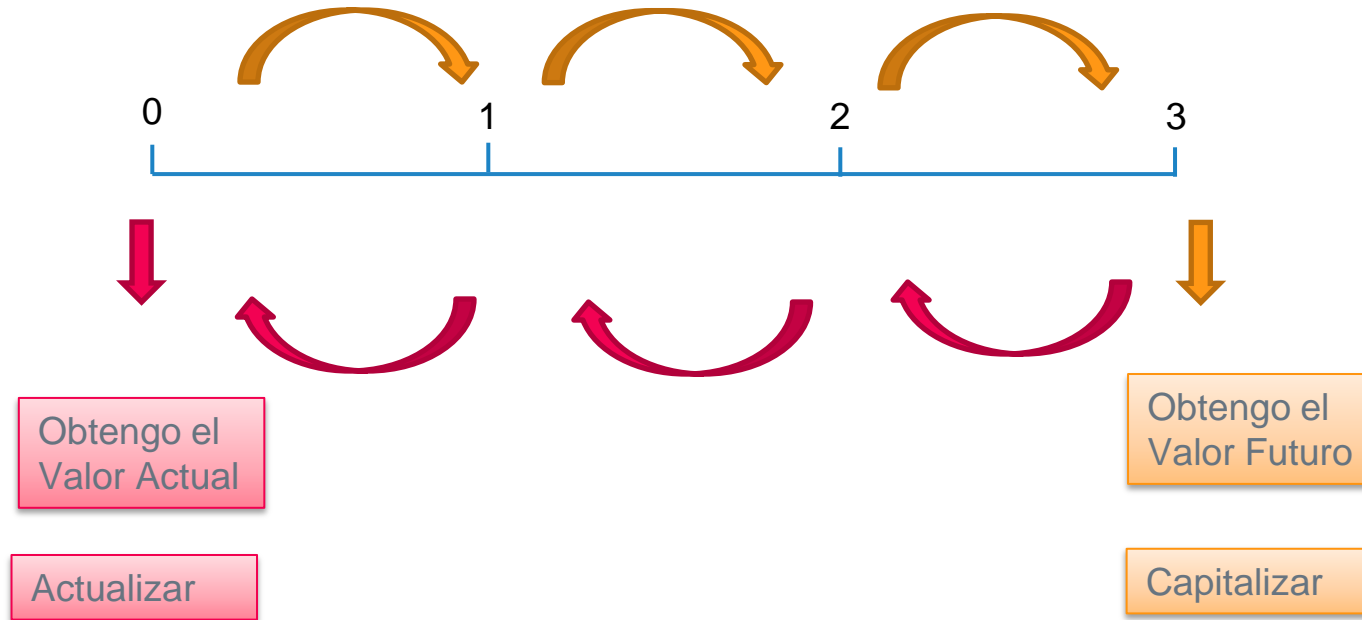
Donde,

r_e = tasa efectiva

r_n = tasa nominal

m = número de períodos de capitalización en el año

Valor actual y valor futuro



Valor futuro

Capitalización: proceso de agregar intereses a un capital, en un esquema de interés compuesto

Objetivo: conocer cuánto dinero tendremos al final del período

$$VF_n = C_0(1 + r)^n$$

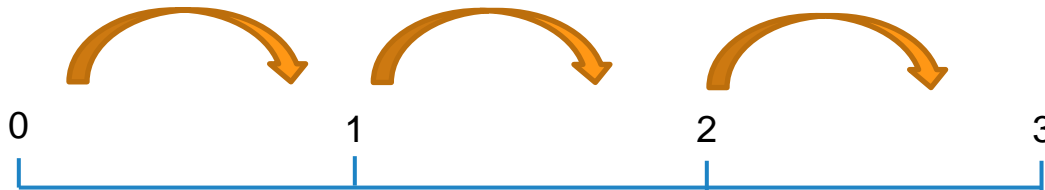
Donde,

VF_n = valor futuro

C_0 = capital inicial

r = tasa de interés

n = cantidad de períodos

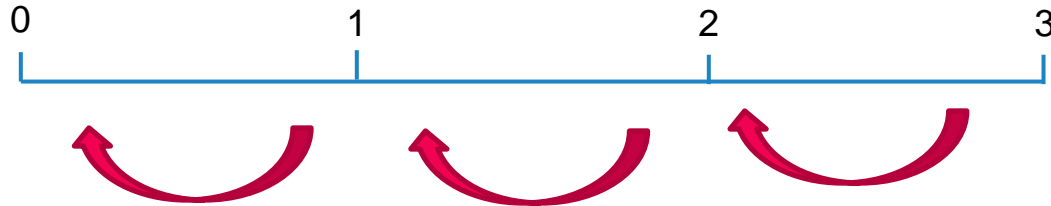


Valor actual

Actualización: se descuentan los intereses implícitos en el flujo

Objetivo: determinar cuánto vale el ingreso o egreso futuro expresado en moneda de hoy

$$VA_0 = \frac{VF_n}{(1 + r)^n}$$



Donde,

VF_n = valor futuro

VA_0 = valor actual

r = tasa de interés

n = cantidad de períodos

3. El flujo de fondos

Construcción del flujo de fondos

Identificar los ingresos, egresos o inversiones

Medirlos

Valorarlos en dinero

Ordenarlos en el tiempo

Compararlos, para determinar el ingreso o egreso neto

Inversión

Comprende la inversión inicial constituida por todos los activos fijos, tangibles e intangibles necesarios para operar

- ▷ Terrenos
- ▷ Construcciones
- ▷ Maquinarias y equipo
- ▷ Vehículos
- ▷ Muebles y herramientas, etc.

Incluye los gastos de instalación, montaje, puesta en marcha etc.

Ingresos y egresos

Proyección de los ingresos:

- ▷ De operación (ventas)
- ▷ No operativos (inversiones temporales)
- ▷ Ingresos de capital

Proyección de los egresos:

- ▷ De operación (normal funcionamiento)
- ▷ De inversión
- ▷ Otros (no habituales, pérdidas de capital, multas, etc.)

Tratamientos especiales

▷ Inflación

- Proyectar los costos y beneficios en moneda constante de un año (normalmente, el año base) → no considerar la inflación.
- Proyectar los costos y beneficios incluyendo la inflación

▷ Depreciación o amortización

- Es un procedimiento contable por el cual se busca reflejar la pérdida de valor que el uso y el paso del tiempo impone a los activos → No representa salida de fondos
- Solo se tiene en cuenta por el impacto sobre impuestos a las ganancias

▷ IVA

- Se puede incluir o no, pero si se incluye es tanto para el flujo de ingresos como de egresos

El flujo de fondos

La proyección de un flujo de fondo consiste en calcular:

+ INGRESOS
- EGRESOS
- INVERSIÓN
= FLUJO DE FONDOS

a lo largo del período analizado

El flujo de fondos

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
+ INGRESOS		100	100	150	150	150
- EGRESOS		60	60	80	80	80
- INVERSIÓN	100					
= FLUJO DE FONDOS	-100	40	40	70	70	70

Si quisiera saber el valor de este flujo de fondos hoy, qué debería hacer?

4. Indicadores financieros

Valor actual neto (VAN)

- ▷ Es la **suma actualizada** de los flujos netos de cada período
- ▷ La diferencia entre los ingresos y egresos (incluida como egreso la inversión) a valores actualizados o la diferencia entre los ingresos netos y la inversión inicial
- ▷ El VAN expresa en \$ del momento inicial, cuánto más rico será el inversor si hace el proyecto

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Flujo_t}{(1+r)^t} + I_0$$

La relación entre el VAN y la tasa de descuento es una relación inversa → un aumento de la tasa disminuye el valor actual neto

Donde,

$Flujo_t$ = flujo de ingresos menos costos

I_0 = inversión inicial

r = tasa de descuento

n = cantidad de períodos

Valor actual neto (VAN): interpretación

Valor	Significado	Decisión a tomar
$VAN > 0$	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto puede aceptarse
$VAN < 0$	La inversión produciría ganancias por debajo de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto debería rechazarse
$VAN = 0$	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas	Dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida (r), la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores

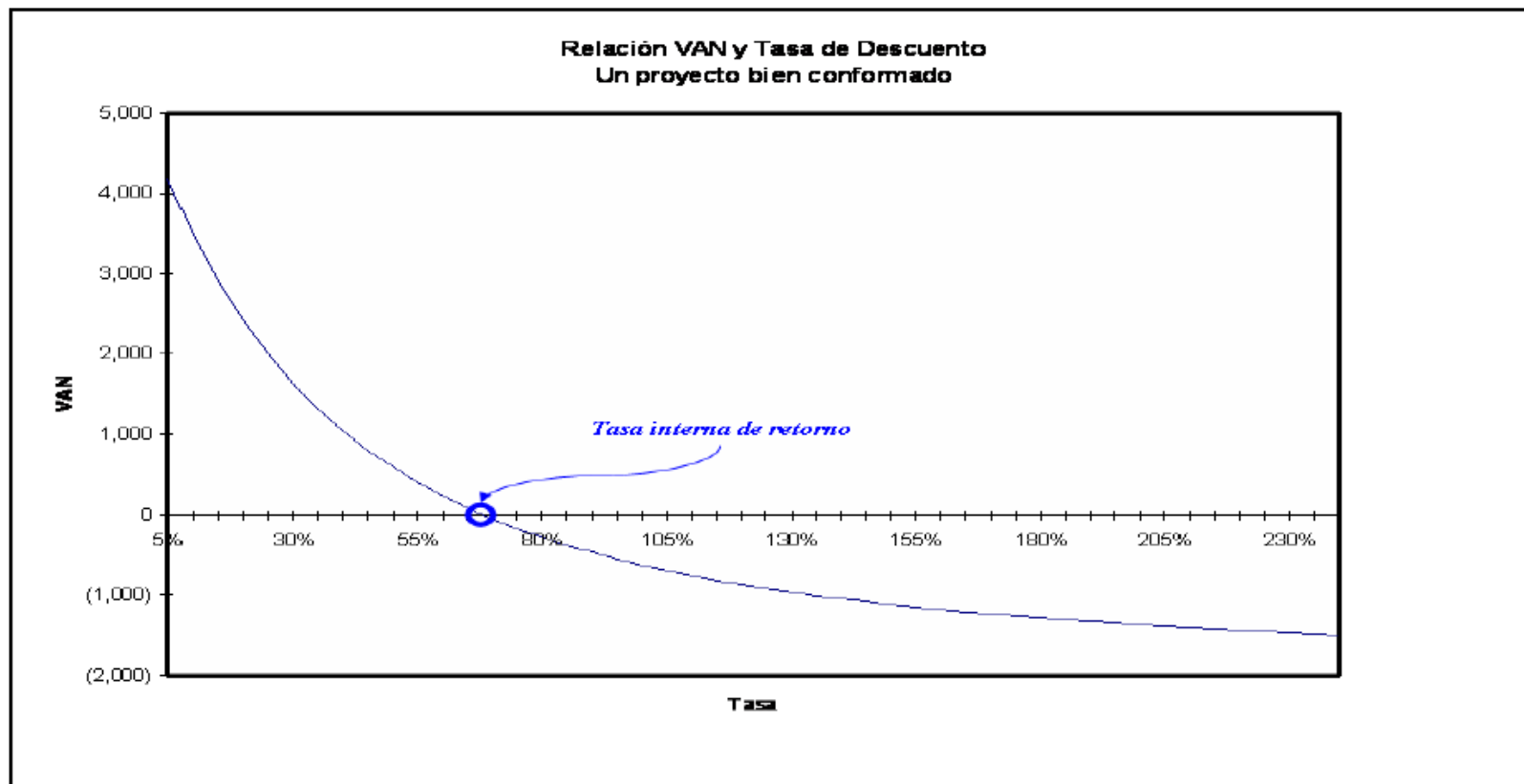
Fuente: Padilla, 2006

Tasa interna de retorno (TIR)

- ▷ La tasa de descuento que hace que el VAN del proyecto sea igual a cero
- ▷ Es la rentabilidad interna del proyecto
- ▷ La TIR se compara con la tasa de interés relevante, es decir, con la rentabilidad de la mejor alternativa de uso de los recursos que se emplean en el proyecto

$TIR > \text{Tasa de interés}$	Aceptar
$TIR < \text{Tasa de interés}$	Rechazar
$TIR = \text{Tasa de interés}$	Indiferencia

Relación entre VAN y TIR



Fuente: Ortegón et al., 2005

Tasa interna de retorno (TIR)

Ventajas:

- ▷ Resume mucha información relevante
- ▷ Es intuitiva

Desventajas:

- ▷ Es posible que aparezca más de una TIR: cuando un proyecto tenga flujos netos negativos intercalados con flujos netos positivos, puede tener tantas tasas internas de retorno como cambios de signo tenga el flujo

Comparación de proyectos

- ▷ Para comparar el VAN es necesario que los proyectos tengan la misma duración. Si no se cumple se debe realizar algún ajuste
- ▷ En proyectos mutuamente excluyentes: la TIR puede entrar en conflicto con el VAN, en esos casos conviene basar la decisión en el VAN.

Período de repago o recupero de la inversión (payback)

- ▷ Se mide el plazo de tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de una inversión recuperen su costo o inversión inicial

r= 10%	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
+ INGRESOS		100	100	150	150	150
- EGRESOS		60	60	80	80	80
- INVERSIÓN	100					
= FLUJO DE FONDOS	-100	40	40	70	70	70
Flujo actualizado	-100	36	33	53	48	43
Flujo acumulado	-100	-64	-31	22	77	113

5. Ejemplos

Proyecto de generación distribuida fotovoltaica

Veamos un ejemplo muy simplificado

Le conviene a un hogar instalar paneles solares para autoconsumo?

1. Identificar inversión, ingresos y egresos

- Inversión: costo de los paneles, más costo de instalación
- Egresos: costos de mantenimiento
- Ingresos: Cómo los medirían?

Se pueden medir como el ahorro económico que tendrán por la disminución de su consumo de energía eléctrica proveniente de la red

Proyecto de generación distribuida fotovoltaica

2. Medición

- Determinar la potencia a instalar
- Determinar la eficiencia de generación
- Determinar horas de radiación solar promedio

3. Valoración (en \$)

- Precio de los paneles
- Costo de instalación
- Costo de mantenimiento
- Precio de la energía eléctrica (actual y proyectado)

4. Ordenar en el tiempo

- La inversión será en el momento 0 y el proyecto durará 10 años

Proyecto de generación distribuida fotovoltaica

5. Comparar y determinar el ingreso neto

Tenemos que armar el flujo de fondos

Vayamos a excel!

Proyecto de eficiencia energética

Veamos otro ejemplo muy simplificado

Le conviene a un hogar instalar luminarias eficientes (LED)?

1. Identificar inversión, ingresos y egresos

- Inversión: costo de las lámparas
- Egresos: costos de mantenimiento → depende, pero en este caso por los supuestos no habría
- Ingresos: Cómo los medirían?

Se pueden medir como el ahorro económico que tendrán por la disminución de su consumo de energía eléctrica por el ahorro energético

Proyecto de eficiencia energética

2. Medición

- Determinar la potencia de las luminarias y la cantidad de luminarias LED a instalar
- Determinar el tipo de luminarias reemplazadas (bajo consumo, halógenas, etc.) y la eficacia luminosa de cada una
- Determinar horas de uso promedio al año

3. Valoración (en \$)

- Precio de las lámparas
- Precio de la energía eléctrica (actual y proyectado)

4. Ordenar en el tiempo

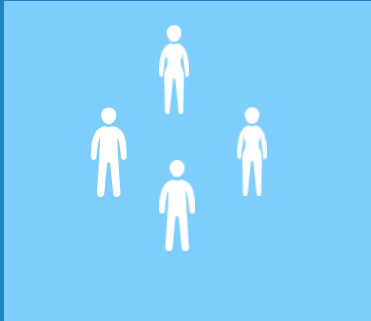
- La inversión será en el momento 0 y el proyecto durará 10 años

Proyecto de eficiencia energética

5. Comparar y determinar el ingreso neto

Tenemos que armar el flujo de fondos

Vayamos a excel!



Actividad en clase

Actividad: Modelo de Seguro de Ahorro de Energía (ESI)

- ▷ Leer las páginas 12 a 19 del informe [Seguro de ahorro de energía: Avances y oportunidades para el financiamiento de proyectos de eficiencia energética y generación distribuida en pequeñas y medianas empresas en Chile](#) del BID.
- ▷ Mirar el [video ESI Chile](#)

Debatir sobre estas preguntas:

1. En qué consiste el modelo? (funcionamiento)
2. Por qué se buscar promover estos esquemas de financiamiento?
3. En la práctica, qué problemas de implementación podrían surgir en la región de América Latina?

6. Otras aplicaciones

Curvas MACC

- ▷ Curva de costos marginales de abatimiento (MACC)
- ▷ Permite comparar los costos y potencial de reducción de emisiones de GEI de distintas medidas de mitigación.
- ▷ Los ejes de la curva combinan el costo de abatimiento de las medidas y su impacto relativo en la reducción de las emisiones de GEI.
- ▷ La reducción mide de manera contrafactual, respecto del escenario BAU (business-as-usual) → fundamental contar con buenos escenarios (Clerc et al., 2013)

Curvas MACC

- ▷ El costo de abatimiento se mide a través del costo anualizado o costo anual equivalente (CAE) de las diferentes medidas:

$$CAE = VPN \cdot FRC$$

$$FRC = \left[\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right]$$

Donde,

CAE: Costo anual equivalente.

FRC: Factor de recuperación del capital.

VPN: Valor presente neto de todos los costos del proyecto.

r: Tasa de descuento.

n: Numero de períodos del proyecto, o vida útil del activo.

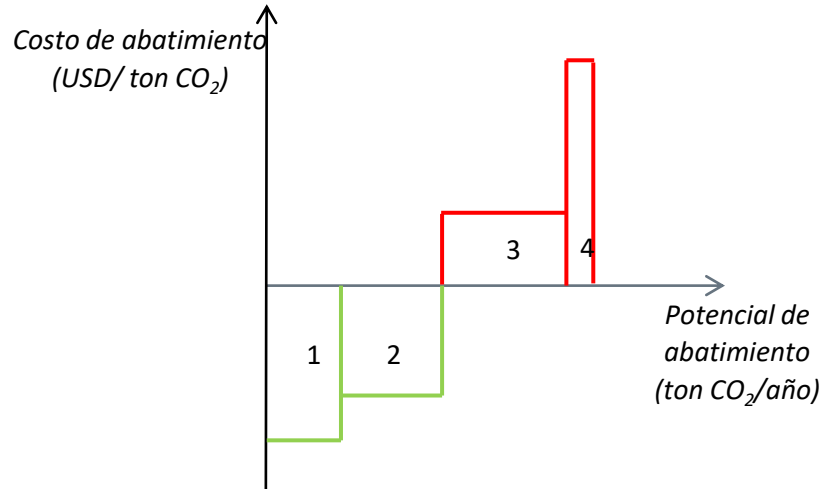
Curvas MACC

- ▷ El costo de abatimiento se calcula como la diferencia entre el costo de reducir una tonelada de CO₂, si se desarrolla una opción de mitigación, versus el escenario BAU

$$\text{Costo de abatimiento} = \frac{CAE_{opcion} - CAE_{BAU}}{Emisiones_{opcion} - Emisiones_{BAU}} [\$/tCO_2]$$

Curvas MACC

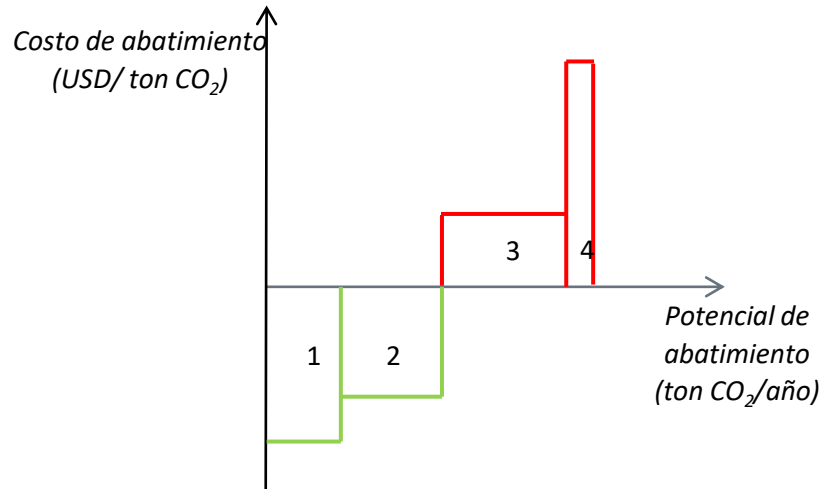
Eje Y → representa el costo de abatimiento, el cual se expresa como dólares estadounidenses por toneladas de CO₂.



Eje X → representa el potencial de abatimiento, es decir, la cantidad de toneladas de emisiones de CO₂ que la medida bajo análisis puede evitar por año.

Curvas MACC

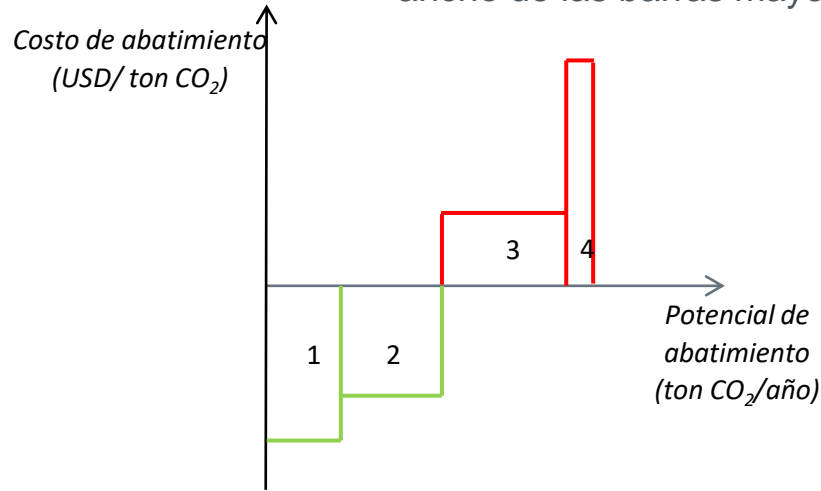
Medidas cuyas barras están por encima del eje X **no son costo-efectivas**, ya que el costo de abatimiento toma un valor positivo → **costos mayores** que beneficios



Medidas cuyas barras se encuentran por debajo del eje X son **costo-efectivas**, ya que el costo de abatimiento es negativo → **beneficios mayores** que costos

Curvas MACC

El ancho de las barras nos indica el potencial de abatimiento, es decir, cuán efectivas son las medidas para reducir las emisiones de CO₂ → Cuanto mayor sea el ancho de las barras mayor será dicho potencial



Al multiplicar el Costo de abatimiento por tonelada de CO₂ por el Potencial de abatimiento anual (base por altura en cada barra) se obtiene el costo total de implementar la medida (área de la barra).



Reflexiones finales

Reflexiones finales

- ▷ Cuando analizamos proyectos de inversión tenemos que tener saber que el **valor de los flujos monetarios** a lo largo del tiempo varía
- ▷ Por eso necesitamos conocer conceptos básicos de **matemática financiera**, para evaluar dichos flujos en un momento de tiempo y facilitar la toma de decisiones
- ▷ Lo que vimos hoy es lo **básico** dentro de esta área → el objetivo es que tengan las herramientas para consultar la bibliografía especializada o trabajar en un equipo interdisciplinario en la evaluación de un proyecto de energía
- ▷ Como todo análisis en Economía los resultados dependen fuertemente de los **supuestos**
- ▷ Hay que encontrar un **balance** entre la **representatividad** de los supuestos y la **operatividad** de la herramienta (poder realizar las estimaciones)

Referencias incluidas en la presentación

- Clerc, J., Díaz, M., & Campos, B., (2013). Desarrollo de una metodología para la construcción de curvas de abatimiento de emisiones de GEI incorporando la incertidumbre asociada a las principales variables de mitigación. Nota técnica del BID (Departamento de Investigación y Economista Jefe), 541. Disponible en: <https://publications.iadb.org/es/publicacion/15398/desarrollo-de-una-metodologia-para-la-construccion-de-curvas-de-abatimiento-de>
- Ortegón, E., Pacheco, J. F., & Roura, H. (2005). Metodología general de identificación, preparación y evaluación de proyectos de inversión pública. Cepal. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5608/S056394_es.pdf;j
- Padilla, M. C. (2011). Formulación y evaluación de proyectos. IICA Biblioteca Venezuela. Disponible en: <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1206/1/C%C3%B3rdoba-evaluaci%C3%B3n%20de%20proyectos%20de%20ed.pdf>

Muchas gracias!

florenciazabaloy@gmail.com