

# Evaluación de Proyectos Energía Renovable y Eficiencia Energética: Finanzas de Cambio Climático

MSC. Andrés Ríos

Msc. Renewable Energy and Sustainable Technologies Frankfurt School  
Certified Expert in Climate & Renewable Energy Finance Member of the  
European Energy Center (MEEC)

[andres.rios@arenergy.co](mailto:andres.rios@arenergy.co)

# Temas

1. Proyectos y decisiones
2. Tipos de Proyectos
3. Flujo de Caja (FC)
4. Periodo de Retorno de Inversión Simple (PRI)
5. Valor Presente (VP)
6. Tasa de Descuento
7. Periodo de Retorno de Inversión Descontado
8. Depreciación e Impuestos
9. Valor Presente Neto (VPN)
10. Retorno de Inversión (ROI)
11. Tasa Interna de Retorno (TIR)
12. Costo de Ciclo de Vida (LCC)
13. Costo Nivelado de la Electricidad (LCEO)

# Proyectos y Decisiones

- Tipos de proyectos y decisiones:
  - Es importante que el evaluador conozca tanto las interdependencias de los proyectos que se evalúan como la decisión que se tomará porque influirán en la elección del parámetro financiero más apropiado que se utilizará.
  - Los proyectos se pueden clasificar como:
    - Independientes
    - Interdependientes.
  - Los proyectos independientes son:
    - Aquellos en los que la decisión de proceder con uno no afecta los desempeños financieros de los demás. Se puede seleccionar cualquier cantidad de proyectos en consideración para inversión cuando haya suficientes fondos disponibles.
  - Los proyectos interdependientes son:
    - Aquellos en los que la decisión de aceptar / rechazar afecta los flujos de caja y el rendimiento financiero de los otros proyectos.
    - Hay 3 tipos de proyectos interdependientes.

# Tipos de Proyectos

- Tres tipos de proyectos interdependientes se describen a continuación:
  1. Proyectos mutuamente excluyentes son aquellos en los que la aceptación de un proyecto impide la aceptación de otros. Una razón es donde existen restricción físicas.
    - Por ejemplo, una empresa puede estar considerando invertir en un proyecto solar fotovoltaico en cubierta o está evaluando hacer uso la cubierta para un techo verde o antena de celular.
  2. Proyectos complementarios son aquellos en los que la aceptación de uno aumenta los flujos de caja netos en otro.
    - Por ejemplo, la remodelación de una cubierta de una planta con la inclinación y azimut ideal puede mejorar el rendimiento del sistema solar fotovoltaico.
    - Por ejemplo, el uso de paneles solares en cubierta puede disminuir el consumo de aire acondicionado.
  3. Proyectos previos o prerrequisitos son aquellos en los que la aceptación de un proyecto depende de la aceptación de otro.
    - Por ejemplo, el reforzamiento de una estructura es un requisito para la instalación de un sistema solar fotovoltaico en la cubierta.

# Tipos de decisiones

- Las decisiones consideradas durante la evaluación del proyecto incluyen:
  1. **Aceptar / Rechazar:** Donde uno o varios proyectos independientes están siendo considerados y se toma la decisión de proceder o no con cada proyecto individual.
    - Por ejemplo, una compañía de servicios de energía está considerando actualizar los motores de las bombas en su cartera de 15 edificios comerciales. En 10 sitios, el proyecto tiene beneficios financieros, y estos se aceptan para su implementación. Los cinco sitios restantes son rechazados.
  2. **Elegir entre Alternativas Mutuamente Excluyentes:** Cuando elige un proyecto entre varios, el inversionista debe maximizar los beneficios del proyecto individual.
    - Por ejemplo, cuando se consideran tres centrales eléctricas diferentes para el mismo sitio, cada una con diferentes escalas y resultados, se debe elegir el proyecto con el mayores beneficios.
  3. **Clasificación:** Elige el mejor subconjunto de un conjunto de proyectos independientes.
    - Por ejemplo, debido a limitaciones de capital, un desarrollador de parques solares fotovoltaicos desea identificar la cartera de sitios a desarrollar a partir de fondos de inversión limitados.

# Flujo de Caja

- Utilizado en la evaluación financiera de proyectos de energía.
- Los flujos de caja que se consideran en las evaluaciones financieras son las entradas y salidas que ocurren solo si el proyecto avanza.



# Flujo de Caja

- Ignorar los costos “hundidos”: Son costos en los que ya se ha incurrido; por lo tanto, no pueden ser recuperados. Los inversionistas son responsables por estos costos ya sea que el proyecto proceda o no; por lo tanto, no son costos adicionales y son irrelevantes para la evaluación financiera del proyecto.
  - Por ejemplo, si ya se ha realizado un estudio de viabilidad para un proyecto, entonces este costo no debe aparecer en el flujo de caja porque se ha incurrido. La decisión de inversión debe ser prospectiva y considerar solo costos futuros evitables.
- Incluya los costos de oportunidad: Este es el costo de la mejor alternativa perdida. Si no continúa con el proyecto, surgen costos alternativos en la forma de otro proyecto o como una alternativa de 'no hacer nada'.
  - Por ejemplo, una compañía de desarrollo de software que invierte en paneles fotovoltaicos (FV) para su edificio de oficinas puede considerar el retorno posible de la oportunidad perdida de invertir en un nuevo producto de software. Allí, el costo de oportunidad es el rendimiento que podría haberse obtenido invirtiendo en un producto de software en lugar del proyecto de energía.

# Flujo de Caja

- Considerar la sustitución de un recurso: El resultado de un proyecto puede provocar la pérdida de ingresos en otras partes de la organización debido a la sustitución de una forma de energía por otra.
  - Por ejemplo, debe incluirse el cambio de los inversores después de 10 años de instalar el proyecto.
  - Por ejemplo, empresas de servicios públicos con sistemas de gestión eficiente de la energía o solar fotovoltaico.
  - Pasar de mercado no regulado a mercado regulado.
- Costos superiores y Sobrecostos: Los costos netos deben usarse cuando corresponda.
  - Por ejemplo, si un diseñador está considerando hacer modificaciones en el punto de conexión del sistema solar fotovoltaico.



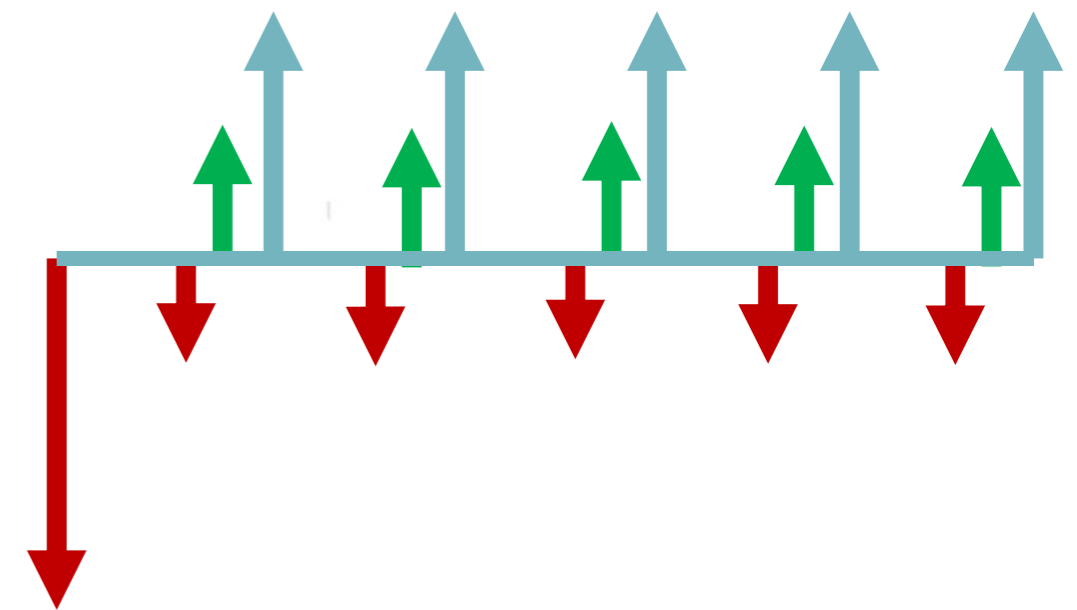
# Flujo de Caja

1. Los flujos de caja generalmente se agrupan en periodos de 1 año.
2. Los flujos pueden ocurrir al principio, a la mitad o al final del período, pero de acuerdo con la práctica común se adopta una práctica de fin de período.
3. Otra convención es que los costos de inversión iniciales se produzcan en el 'año 0', lo que representa una acumulación teórica 'de la noche a la mañana' de la inversión en energía.
4. Esta suposición es aceptable para proyectos pequeños y simples como la instalación de una caldera de gas, pero para proyectos grandes y complejos esta es una simplificación general que podría dar lugar a resultados erróneos porque el costo de inversión puede incurrir durante años o incluso décadas.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujos de caja de inversión (CAPEX)	(2,300.00)					
Total Entrada en Efectivo		1,456.75	1,456.75	1,456.75	1,456.75	1,456.75
Total Salida Efectivo		(1,121.46)	(1,121.46)	(1,121.46)	(1,121.46)	(1,121.46)
Flujo de Caja Neto	(2,300.00)	335.29	335.29	335.29	335.29	335.29

# Flujo de Caja

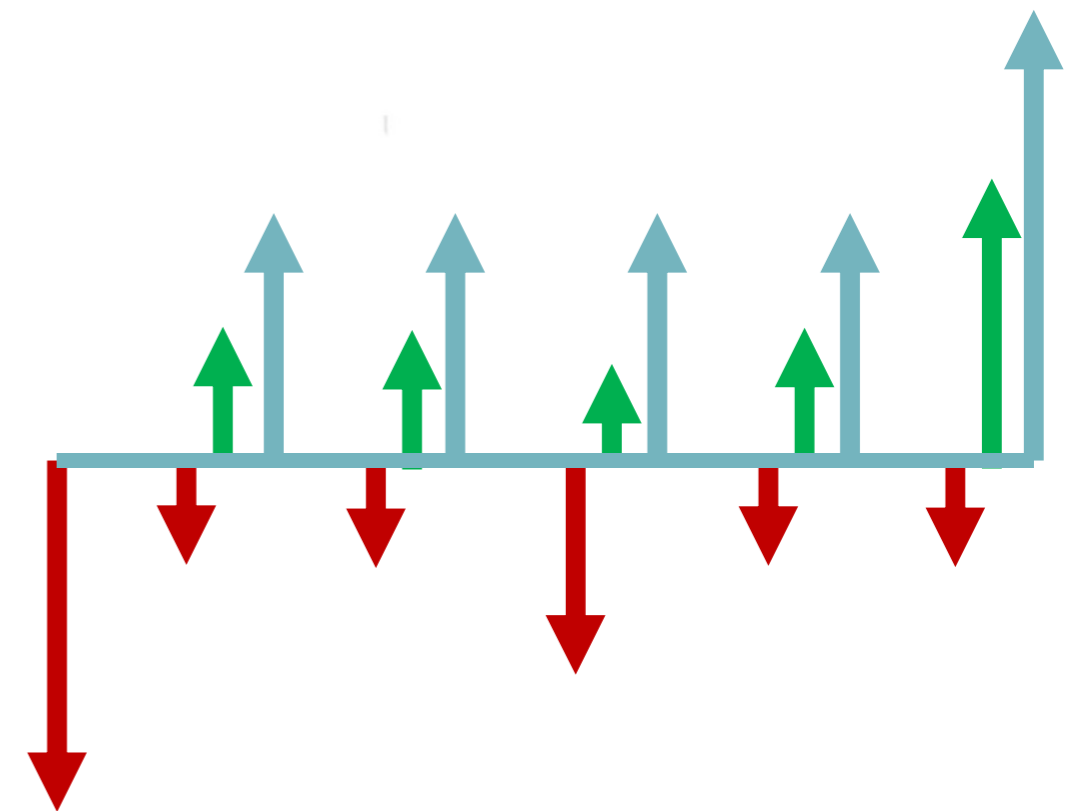
1. Los flujos de caja se pueden categorizar en tres grandes categorías en función de las principales actividades involucradas en un proyecto relacionado con la energía:
  1. Costo de Capital (CAPEX)
  2. Entradas de efectivo
  3. Salidas de efectivo
  
2. El primero se denomina a menudo el "costo de capital" "inversión inicial" del proyecto de Energía Renovable y Eficiencia Energética, mientras que los ingresos y egresos a menudo se denominan costos de "ingresos" y "operación" o "operación y mantenimiento", respectivamente.



	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujos de efectivo de inversión (CAPEX)	(2,300.00)					
Total Entrada en Efectivo		1,456.75	1,456.75	1,456.75	1,456.75	1,456.75
Total Salida Efectivo		(1,121.46)	(1,121.46)	(1,121.46)	(1,121.46)	(1,121.46)
Flujo de Caja Neto	(2,300.00)	335.29	335.29	335.29	335.29	335.29

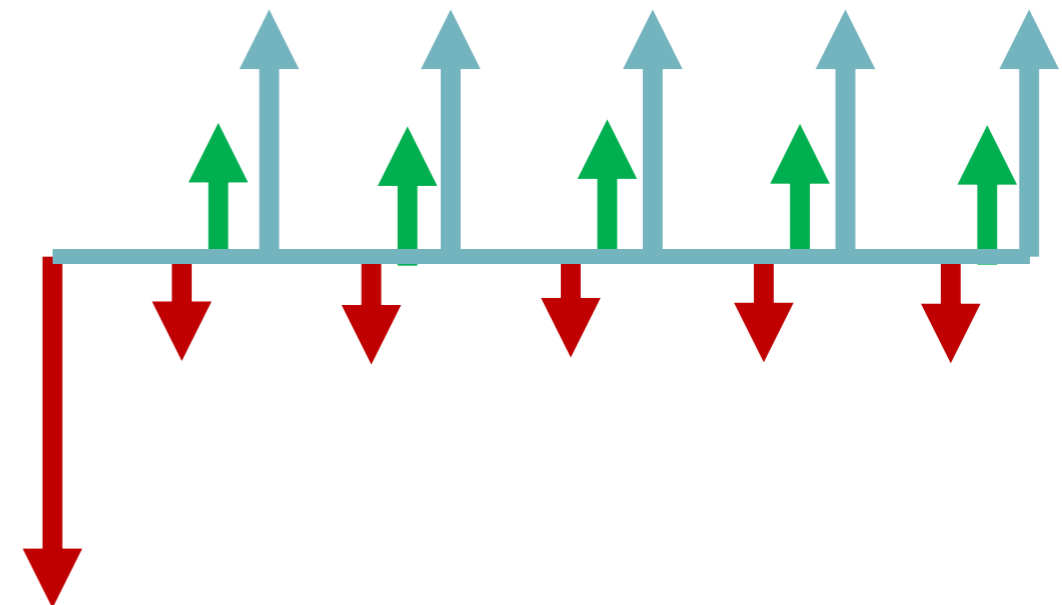
# Flujos de efectivo de inversión (CAPEX) "costo de capital"

1. En los proyectos de suministro y eficiencia energética, el costo de capital (CAPEX) generalmente son flujos de caja no repetitivos que resultan de la compra inicial de planta y equipo.
  - Típicamente, ocurren al comienzo de un proyecto cuando se debe comprar la planta y el equipo principal,
  - pero se pueden realizar inversiones importantes más adelante en el proyecto a medida que se agrega la capacidad o se implementan más fases del proyecto.
  - Las inversiones pueden ocurrir durante un año o varios años.
2. Muchos proyectos de energía tienen valores residuales al final de la vida útil debido a:
  - Los activos de la tierra (permisos de planificación valiosos y acceso a infraestructura de T&D)
  - Valor residual de la planta y el equipo.



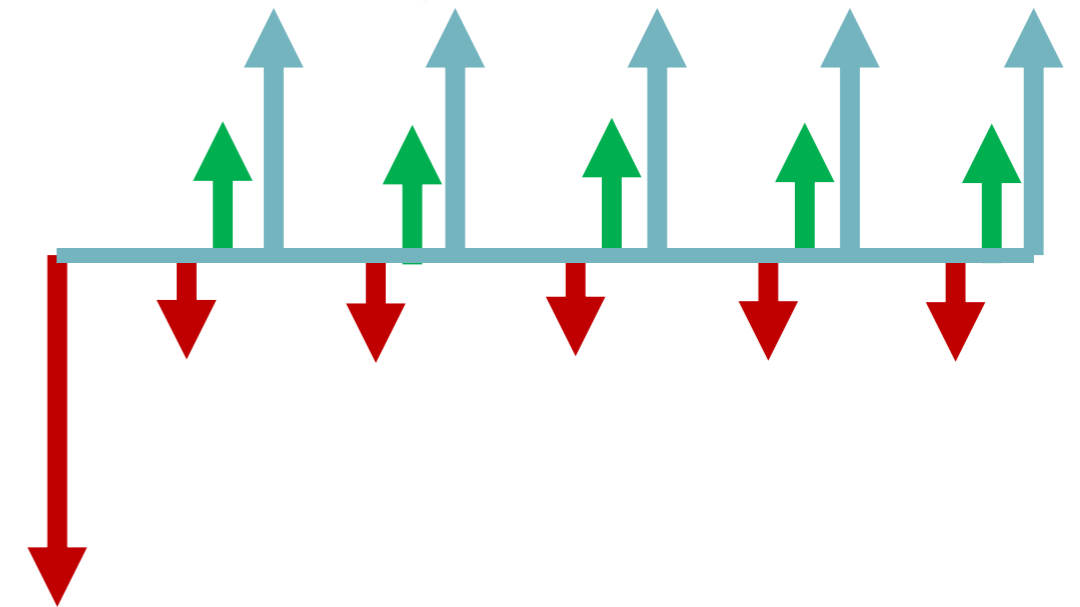
# Entrada o Ingreso de Efectivo

- Los ingresos o entrada de efectivo del proyecto de suministro y eficiencia de energía generalmente resultan de:
  1. Venta de energía (\$/kWh).
  2. Costos de energía evitados multiplicando la energía-calor-electricidad por la tarifa (\$).
  3. Ahorro en los costos operativos (\$).
- Por ejemplo, las entradas de efectivo para un sistema combinado de calor y electricidad incluirían:
  - El valor del gas o la electricidad desplazada (el producto de la cantidad de importaciones de electricidad evitadas y la tarifa eléctrica más el producto del gas de la caldera evitado y la tarifa del gas). El valor de cualquier electricidad exportada a la red.
- Por ejemplo, la instalación de un sistema solar fotovoltaico en un gran consumidor de energía.



# Salida de Efectivo

- Las salidas de efectivo son gastos recurrentes en efectivo que, en los proyectos relacionados con la energía, son típicamente costos de combustible, seguros, arriendos, personal y O&M.
- Sin embargo, para los proyectos de suministro de energía renovable y eficiencia energética, los costos de combustible normalmente están:
  - Ausentes porque la energía eólica, oceánica y solar son gratuitas.
  - Los proyectos que usan biocombustible, sin embargo, tienen costos de insumos energéticos.
  - Proyectos de cogeneración (CHP) hay un costo del energético.
- Los costos de mano de obra, materiales de reemplazo, renta y seguros también son salidas de efectivo importantes para todos los proyectos.



# Flujo de Caja – Ejercicio 1

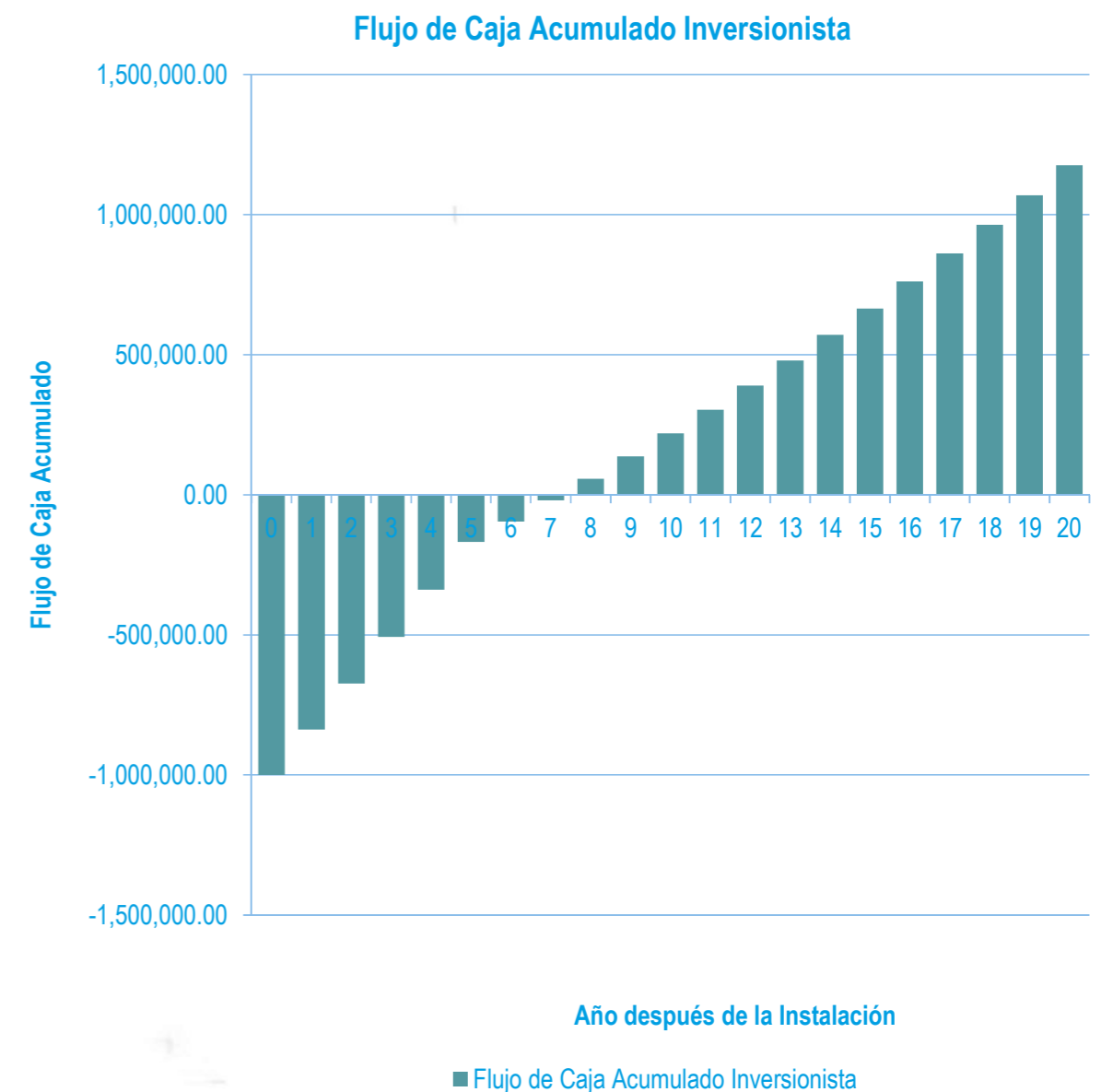
Ejemplo Clasificación de flujos de efectivo:

- Una gran oficina está considerando invertir en proyecto de energía solar fotovoltaica en la cubierta de sus instalaciones. Después de un análisis económico, se elige un sistema solar con potencia pico de 100kWp. El sistema tiene un costo de capital estimado (CAPEX) de 4.0 millones por kWp, un costo de Operación y Mantenimiento anual (OPEX) del 1% de CAPEX con incrementos del IPC (4% aproximadamente) y un seguro anual del 0.1% del CAPEX (con incrementos del IPC del 4% aproximadamente). El inversor sistema solar fotovoltaico debe ser reemplazado después del año 10 con un costo aproximado del 10% del CAPEX. Las simulaciones indican que el sistema funcionará con un Factor de Planta del 13.8% con una disminución del 1% de la generación anual. La tarifa para la electricidad de la red es de \$460/kWh con incrementos del IPP (3% aproximadamente) y no se espera exportar energía a la red. Anteriormente se había presentado una propuesta de alquiler de la cubierta por un costo de 800.000 mensual por 10 años con incrementos del IPC (4% aproximadamente) y aún no se ha descartado la propuesta. El ciclo de vida del proyecto es de 20 años.
- Clasifique estos flujos de efectivo durante la vida útil del proyecto.
  - CAPEX
  - OPEX anual (con incrementos del IPC)
  - Seguro anual (con incrementos del IPC)
  - Reemplazo del inversor (después de 10 años)
  - Ahorros del consumo de energía desplazada de la red.



# Periodo de Retorno de Inversión Simple (PRI)

- Es el tiempo requerido para recuperar una inversión de proyecto, generalmente expresada en años.
- Es probablemente la medida financiera más conocida y popular porque es muy fácil de calcular y comprender.
- Un proyecto se "paga por sí mismo" en un momento en el que los flujos de caja netos acumulados son iguales a los flujos de caja netos de inversión.
- El tiempo desde el inicio del proyecto para llegar a este punto se denomina "período de amortización".



# Periodo de Retorno de Inversión Simple (PRI)

- Para los proyectos que tienen flujos de caja operativos netos iguales (donde las entradas y salidas de efectivo anuales se mantienen estables), el PRI está dado por:

$$PRI = \frac{\textit{Costo de Capital}}{\textit{Total Entradas Anuales} - \textit{Total Salidas Anuales}}$$

- Nota:  $\textit{Total Entradas Anuales} - \textit{Total Salidas Anuales} > 0$
- $\textit{Total Entradas Anuales} - \textit{Total Salidas Anuales}$  es la Utilidad Neta o Flujo de Caja Operativo Neto.

# Periodo de Retorno de Inversión Simple (PRI) - Ejercicio 2

- Se proyecta que una granja fotovoltaica propuesta de 10 MW generará 15 GWh / año y costará 20 millones de euros para su construcción. Los inversores pueden beneficiarse de un arancel de “Feed-in Tariff” del gobierno a largo plazo de 150 € / MWh para todos los productos del sitio. Si los costos operativos anuales son de € 100,000, calcule el PRI proyectado para el proyecto.

$$PRI = \frac{\text{Costo de Capital}}{\text{Total Entradas Anuales} - \text{Total Salidas Anuales}}$$

# Periodo de Retorno de Inversión Simple (PRI) - Ejercicio 2

- Se proyecta que una granja fotovoltaica propuesta de 10 MW generará 15 GWh / año y costará 20 millones de euros para su construcción. Los inversores pueden beneficiarse de un arancel de “Feed-in Tariff” del gobierno a largo plazo de 150 € / MWh para todos los productos del sitio. Si los costos operativos anuales son de € 100,000, calcule el PRI proyectado para el proyecto.

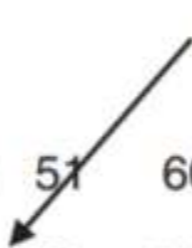
$$PRI = \frac{\text{€ } 20'000,000}{150 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} * 15,000 \frac{\text{MWh}}{\text{año}} - \text{€ } 100,000} = 9.3 \text{ años}$$

# Periodo de Retorno de Inversión Simple (PRI)

- Para los proyectos que tienen flujos de caja operativos netos variables (donde las entradas y salidas de efectivo anuales varían en el tiempo), el PRI se calcula con el Flujo de Caja Acumulado o con un promedio de las entradas y las salidas de efectivo anuales en los años de vida útil del proyecto.

	Year															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Incremental capital cost of biomass boiler system	(150)															
Annual incremental system savings		10	22	30	37	40	51	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Cumulative cash flows	(150)	(140)	(118)	(88)	(51)	(11)	<b>40</b>	100	160	220	280	340	400	460	520	580

Project pays back in year 6



# PRI – Ejercicio 3

- Una gran oficina está considerando invertir en proyecto de energía solar fotovoltaica en la cubierta de sus instalaciones. Después de un análisis económico, se elige un sistema solar con potencia pico de 100kWp. El sistema tiene un costo de capital estimado (CAPEX) de 4.0 millones por kWp, un costo de Operación y Mantenimiento anual (OPEX) del 1% de CAPEX con incrementos del IPC (4% aproximadamente) y un seguro anual del 0.1% del CAPEX (con incrementos del IPC del 4% aproximadamente). El inversor sistema solar fotovoltaico debe ser reemplazado después del año 10 con un costo aproximado del 10% del CAPEX. Las simulaciones indican que el sistema funcionará con un Factor de Planta del 13.8% con una disminución del 1% de la generación anual. La tarifa para la electricidad de la red es de \$460/kWh con incrementos del IPP (3% aproximadamente) y no se espera exportar energía a la red. Anteriormente se había presentado una propuesta de alquiler de la cubierta por un costo de 800.000 mensual por 10 años con incrementos del IPC (4% aproximadamente) y aún no se ha descartado la propuesta. El ciclo de vida del proyecto es de 20 años.
- Basado sólo en el CAPEX y los ahorros esperados por 20 años, calcule el Periodo de Retorno de Inversión Simple en años.



# Valor Presente (VP)

- En general, las personas y las empresas prefieren recibir efectivo hoy que en el futuro.
  - Por ejemplo, cuando se le da la opción, una persona preferiría recibir \$100.000 hoy en lugar de dentro de un año. Para que sea atractivo diferir la recepción de este dinero, uno podría tener que ofrecerle a la persona \$120.000 o más el próximo año en lugar de \$100.000 en la actualidad.
  - Por lo tanto, el recibo de \$100.000 en 1 año es menos valioso para ellos en comparación con su recibo hoy; vale hasta 83.330 ( $100/120$ ) en los términos de hoy.
  - Este es el valor presente del futuro flujo de caja de \$100.000, que es una función del flujo de caja futuro y una tasa de descuento anual.

# Valor Presente (VP)

- En general, el valor presente de un flujo de caja futuro está dado por:

$$F_{pv,n} = \frac{F_{fv,n}}{(1+r)^n}$$

$$DF_{n,r} = \frac{1}{(1+r)^n}$$

Donde

- $F_{pv,n}$  es el valor presente del flujo de caja futuro
- $F_{fv,n}$  dentro de  $n$  años
- $r$  es la tasa de descuento.
- $DF_{n,r}$  es el Discount Factor o Tasa de Descuento

# Valor Presente (VP)

- ¿Cuál es el valor presente de los flujos de caja de 20, 30 y 40 euros recibidos respectivamente en 1, 2 y 3 años utilizando una tasa de descuento del 10%? Primero calculamos el valor actual de 20 € recibidos en un año con una tasa de descuento del 10% (0.1) usando la ecuación:

$$F_{pv,n} = \frac{F_{fv,n}}{(1+r)^n}$$

Donde

- $F_{pv,n}$  es el valor presente del flujo de caja futuro
- $F_{fv,n}$  dentro de  $n$  años
- $r$  es la tasa de descuento.

# Valor Presente (VP)

- ¿Cuál es el valor presente de los flujos de caja de 20, 30 y 40 euros recibidos respectivamente en 1, 2 y 3 años utilizando una tasa de descuento del 10%? Primero calculamos el valor actual de 20 € recibidos en un año con una tasa de descuento del 10% (0.1) usando la ecuación:

$$F_{pv,n} = \frac{F_{fv,n}}{(1 + r)^n}$$

$$F_{r,2015} = \frac{20}{(1 + 0.10)^1} = €18.18$$

$$F_{r,2015} = \frac{30}{(1 + 0.10)^2} = €24.79$$

$$F_{r,2015} = \frac{40}{(1 + 0.10)^3} = €30.05$$

Donde

- $F_{pv,n}$  es el valor presente del flujo de caja futuro
- $F_{fv,n}$  dentro de  $n$  años
- $r$  es la tasa de descuento.

# Tasa de Descuento

- Los flujos de caja se pueden convertir a los valores actuales utilizando una tasa de descuento apropiada.
- Esta tasa es una medida del valor del dinero en el tiempo: la cantidad de rendimiento que se podría haber obtenido en la próxima oportunidad de inversión que se haya perdido.

*“rendimiento que se podría haber obtenido en la próxima oportunidad de inversión que se haya perdido”*

# Tasa de Descuento

- Las tasas de descuento pueden ser reales o nominales, que incluyen o excluyen, respectivamente, los efectos de la inflación.
- Es extremadamente importante que el analista sepa si se están utilizando flujos de caja reales o nominales. Nunca mezcle las tasas de descuento reales y los flujos de caja nominales y viceversa.
- Las tasas reales y nominales están relacionadas por:
$$(1 + dn) = (1 + dr)(1 + e)$$
- Donde  $dn$  y  $dr$  son las tasas de descuento nominal y real, respectivamente, y  $e$  es la tasa de inflación.



# Tasa de Descuento

- La compañía utiliza una tasa de descuento nominal del 12% para evaluar sus inversiones y se proyecta que la inflación sea del 2% anual durante el período de inversión. Calcule la tasa de descuento real.

$$(1 + dn) = (1 + dr)(1 + e)$$

$$dr = \frac{(1 + dn)}{(1 + e)} - 1$$

$$dr = \frac{(1 + 12\%)}{(1 + 2\%)} - 1 = 9.8\%$$

# Valor Presente – Ejercicio 4

- Una gran oficina está considerando invertir en proyecto de energía solar fotovoltaica en la cubierta de sus instalaciones. Después de un análisis económico, se elige un sistema solar con potencia pico de 100kWp. El sistema tiene un costo de capital estimado (CAPEX) de 4.0 millones por kWp, un costo de Operación y Mantenimiento anual (OPEX) del 1% de CAPEX con incrementos del IPC (4% aproximadamente) y un seguro anual del 0.1% del CAPEX (con incrementos del IPC del 4% aproximadamente). El inversor sistema solar fotovoltaico debe ser reemplazado después del año 10 con un costo aproximado del 10% del CAPEX. Las simulaciones indican que el sistema funcionará con un Factor de Planta del 13.8% con una disminución del 1% de la generación anual. La tarifa para la electricidad de la red es de \$460/kWh con incrementos del IPP (3% aproximadamente) y no se espera exportar energía a la red. Anteriormente se había presentado una propuesta de alquiler de la cubierta por un costo de 800.000 mensual por 10 años con incrementos del IPC (4% aproximadamente) y aún no se ha descartado la propuesta. El ciclo de vida del proyecto es de 20 años.
- Basado en el Flujo de Caja del Proyecto, halle los valores presentes considerando una tasas de descuento nominal del 8%.

# Periodo de Retorno de Inversión Descontado

- Es el tiempo requerido para recuperar una inversión de proyecto, generalmente expresada en años considerando el Valor Presente del dinero.
- Se calcula con el Flujo de Caja Acumulado.

# Periodo de Retorno de Inversión Descontado– Ejercicio 5

- Una gran oficina está considerando invertir en proyecto de energía solar fotovoltaica en la cubierta de sus instalaciones. Después de un análisis económico, se elige un sistema solar con potencia pico de 100kWp. El sistema tiene un costo de capital estimado (CAPEX) de 4.0 millones por kWp, un costo de Operación y Mantenimiento anual (OPEX) del 1% de CAPEX con incrementos del IPC (4% aproximadamente) y un seguro anual del 0.1% del CAPEX (con incrementos del IPC del 4% aproximadamente). El inversor sistema solar fotovoltaico debe ser reemplazado después del año 10 con un costo aproximado del 10% del CAPEX. Las simulaciones indican que el sistema funcionará con un Factor de Planta del 13.8% con una disminución del 1% de la generación anual. La tarifa para la electricidad de la red es de \$460/kWh con incrementos del IPP (3% aproximadamente) y no se espera exportar energía a la red. Anteriormente se había presentado una propuesta de alquiler de la cubierta por un costo de 800.000 mensual por 10 años con incrementos del IPC (4% aproximadamente) y aún no se ha descartado la propuesta. El ciclo de vida del proyecto es de 20 años.
- Basado en el Flujo de Caja del Proyecto, halle el periodo de retorno de inversion descontadode los valores presentes considerando una tasas de descuento nominal del 8%.

# Valor Presente Neto (VPN)

## Net Present Value (NPV)

- El Valor Presente Neto (también conocido como Valor Presente Actual - VAN) es el valor presente de los flujos de caja futuros descontados a una determinada tasa o tasa de descuento  $i$ .
- El VPN mide el valor económico de una inversión como la suma de todos los flujos de caja netos futuros descontados.
- Todas las entradas de efectivo futuras, las salidas de efectivo y los flujos de caja de inversión se descuentan en el año base utilizando una tasa de descuento apropiada y se suman.
- Para calcular el VPN, la tasa de descuento debe ser determinada.

# Valor Presente Neto (VPN) Net Present Value (NPV)

- Cuando:
  - $VPN > 0$  (positivo), el proyecto dará un rendimiento mayor que la tasa de descuento requerida y, por lo tanto, el proyecto es atractivo para el inversor; cuanto mayor es el VAN, más atractivo es el proyecto.
  - $VPN = 0$  (cero), el proyecto dará un rendimiento igual que la tasa de descuento requerida y, por lo tanto, el proyecto ni crea ni destruye valor.
  - $VPN < 0$  (negativo), entonces el proyecto no debe continuar porque no proporciona el mínimo requerido de retorno de inversión.



# Valor Presente Neto (VPN)

## Net Present Value (NPV)

- Sin embargo, en algunas situaciones, se aceptan proyectos con VPN negativos:
  - Proyectos obligatorios como los requeridos por la regulación;
  - Proyectos que proporcionan productos necesarios que son difíciles de valorar;
  - Proyectos que cumplen con los objetivos de política de una compañía tales como proyectos 'verdes' que forman parte de la estrategia ambiental de una compañía.



# Valor Presente Neto (VPN) Net Present Value (NPV)

- La formula del VPN es

$$\text{NPV} = \sum_{n=0}^N \frac{F_{n,n}}{(1+d)^n} = F_0 + \frac{F_1}{(1+d)^1} + \frac{F_2}{(1+d)^2} + \dots + \frac{F_N}{(1+d)^N}$$

- Donde
  - $F_{n,n}$  es el flujo neto de caja en el año  $n$ ,  $N$  es el período de análisis (generalmente la vida útil del proyecto) y  $d$  es la tasa de descuento anual.  $F_0$  es el costo de la inversión inicial.

# Valor Presente Neto (VPN)

## Net Present Value (NPV) – Ejercicio 6

- Una gran oficina está considerando invertir en proyecto de energía solar fotovoltaica en la cubierta de sus instalaciones. Después de un análisis económico, se elige un sistema solar con potencia pico de 100kWp. El sistema tiene un costo de capital estimado (CAPEX) de 4.0 millones por kWp, un costo de Operación y Mantenimiento anual (OPEX) del 1% de CAPEX con incrementos del IPC (4% aproximadamente) y un seguro anual del 0.1% del CAPEX (con incrementos del IPC del 4% aproximadamente). El inversor sistema solar fotovoltaico debe ser reemplazado después del año 10 con un costo aproximado del 10% del CAPEX. Las simulaciones indican que el sistema funcionará con un Factor de Planta del 13.8% con una disminución del 1% de la generación anual. La tarifa para la electricidad de la red es de \$460/kWh con incrementos del IPP (3% aproximadamente) y no se espera exportar energía a la red. Anteriormente se había presentado una propuesta de alquiler de la cubierta por un costo de 800.000 mensual por 10 años con incrementos del IPC (4% aproximadamente) y aún no se ha descartado la propuesta. El ciclo de vida del proyecto es de 20 años.
- Basado en el Flujo de Caja del Proyecto, halle el Valor Presente Neto de la Inversión considerando una tasas de descuento nominal del 8%.

# Depreciación

- Es posible reducir el costo de los equipos del flujo de caja del proyecto, como un “gasto”. Esto con el fin de reducir los impuestos pagados.
- No representa una salida de efectivo, por tal motivo debe volverse a sumar en las utilidades netas (utilidades después de impuestos) en el flujo de caja del proyecto.
- La depreciación es la disminución en el valor del activo a lo largo de su vida útil.
  - Una turbina eólica, por ejemplo, estará sujeta a desgaste durante su vida útil productiva, y su valor disminuirá en consecuencia hasta que pueda considerarse inútil al final de su vida operativa de 20 años más o menos.

# Depreciación

- Es considerada importante en la evaluación financiera de inversiones capitalmente intensivas, puede tener un alto impacto en los flujos de caja.
- El tratamiento de la depreciación en la contabilidad no siempre refleja realmente esta reducción en el valor de los activos.
  - Reglas específicas rigen la depreciación en la contabilidad, donde el valor de los activos puede reducirse anualmente en cantidades prescritas que pueden no coincidir con la vida útil de la tecnología.
- Estas reglas varían de un país a otro y se deben determinar como parte de cualquier proyecto de evaluación económica y se deben reflejar en los flujos de caja después de impuestos.

# Depreciación

- Existe una variedad de métodos de depreciación que se pueden dividir en dos grandes categorías: depreciación acelerada y lineal.
  - La línea recta o lineal es donde el valor en libros del activo disminuye a cero en cantidades iguales durante el período contable correspondiente.
  - La depreciación acelerada implica amortizar más activos en los primeros años que más tarde, aumentando así el valor del proyecto, ya que el aumento resultante en los flujos de caja netos antes en el proyecto tiene valores actuales más altos que sin los beneficios fiscales acelerados.
- La vida útil para fines de depreciación no es la esperanza de vida utilizada para estimar los flujos de caja; la primera está establecida por reglas contables y esta basada en la esperanza de vida esperada.

# Impuestos

- El impuesto de sociedades (también conocido como 'impuesto a las empresas') generalmente se aplica a las ganancias de la compañía a una tasa que generalmente oscila entre 10% y 30% dependiendo de la jurisdicción.
- La tasa de impuesto relevante debe tenerse en cuenta al calcular los flujos de caja después de impuestos.



# Depreciación e Impuestos– Ejercicio 7

- Una gran oficina está considerando invertir en proyecto de energía solar fotovoltaica en la cubierta de sus instalaciones. Después de un análisis económico, se elige un sistema solar con potencia pico de 100kWp. El sistema tiene un costo de capital estimado (CAPEX) de 4.0 millones por kWp, un costo de Operación y Mantenimiento anual (OPEX) del 1% de CAPEX con incrementos del IPC (4% aproximadamente) y un seguro anual del 0.1% del CAPEX (con incrementos del IPC del 4% aproximadamente). El inversor sistema solar fotovoltaico debe ser reemplazado después del año 10 con un costo aproximado del 10% del CAPEX. Las simulaciones indican que el sistema funcionará con un Factor de Planta del 13.8% con una disminución del 1% de la generación anual. La tarifa para la electricidad de la red es de \$460/kWh con incrementos del IPP (3% aproximadamente) y no se espera exportar energía a la red. Anteriormente se había presentado una propuesta de alquiler de la cubierta por un costo de 800.000 mensual por 10 años con incrementos del IPC (4% aproximadamente) y aún no se ha descartado la propuesta. El ciclo de vida del proyecto es de 20 años.
- Incluya la depreciación acelerada (5 años) en el flujo de caja del proyecto.
- Incluya la carga de impuestos en el flujo de caja del proyecto.
- Halle nuevamente el VPN del Proyecto considerando una tasas de descuento nominal del 8%.

# Retorno de Inversión

## Return of Investment (ROI)

- El ROI (Return of Investment) es la relación entre el ingreso anual después de impuestos y la inversión del proyecto.
- Existen varios enfoques diferentes, el más simple es dividir el flujo de caja operativo neto anual promedio entre los flujos de caja de inversión totales.

$$\text{RoI} = \left( \frac{F_{\text{no}}}{F_i} \right) \times 100$$

- Donde:
  - ROI es el retorno de la inversión,
  - Fno es el promedio recurrente sin descontar el flujo de caja operativo neto después de impuestos real (€)
  - Fi es el capital inicial inversión neta de cualquier subsidio de capital.

# Indice de Rendimiento

## Profitability Index (PI)

- Es la relación entre la sumatoria del flujo de caja operativo neto efectivo descontada, y el flujo de inversión.
- Se conoce como relación costo-beneficio. Y está dada por:

$$PI = \frac{PV(F_{no,n})}{PV(F_{i,n})} \quad PI = \frac{\sum_{n=0}^N F_{no,n}/(1+d)^n}{\sum_{n=0}^N F_{i,n}/(1+d)^n}$$

- Donde:
  - $F_{no,n}$  es el flujo de caja operativo neto en el año  $n$ ,
  - $F_{i,n}$  es el flujo de caja de inversión en el año  $n$
  - $N$  es el período de análisis y
  - $d$  es la tasa de descuento anual.

# Indice de Rendimiento Profitability Index (PI)

- Quando:
  - $PI > 1$  (mayor que la unidad) indica un proyecto deseable ya que el valor presente netos de los beneficios es mayor que los costos. Cuanto mayor sea el valor de PI por encima de 1, más atractivo será el proyecto.
  - $PI = 1$  (igual que la unidad) indica un proyecto que el valor presente netos de los beneficios es igual que los costos.
  - $PI < 1$  (menor que la unidad) indica un proyecto no deseable ya que el valor presente netos de los beneficios es menor que los costos. Cuanto menor sea el valor de PI por debajo de 1, menos atractivo será el proyecto.

# Indice de Rendimiento Profitability Index (PI)

- Sin embargo, en algunas situaciones, se aceptan proyectos con PI menores a 1:
  - Proyectos obligatorios como los requeridos por la regulación;
  - Proyectos que proporcionan productos necesarios que son difíciles de valorar;
  - Proyectos que cumplen con los objetivos de política de una compañía tales como proyectos 'verdes' que forman parte de la estrategia ambiental de una compañía.

# Indice de Rendimiento

## Profitability Index (PI) – Ejercicio 8

- Una gran oficina está considerando invertir en proyecto de energía solar fotovoltaica en la cubierta de sus instalaciones. Después de un análisis económico, se elige un sistema solar con potencia pico de 100kWp. El sistema tiene un costo de capital estimado (CAPEX) de 4.0 millones por kWp, un costo de Operación y Mantenimiento anual (OPEX) del 1% de CAPEX con incrementos del IPC (4% aproximadamente) y un seguro anual del 0.1% del CAPEX (con incrementos del IPC del 4% aproximadamente). El inversor sistema solar fotovoltaico debe ser reemplazado después del año 10 con un costo aproximado del 10% del CAPEX. Las simulaciones indican que el sistema funcionará con un Factor de Planta del 13.8% con una disminución del 1% de la generación anual. La tarifa para la electricidad de la red es de \$460/kWh con incrementos del IPP (3% aproximadamente) y no se espera exportar energía a la red. Anteriormente se había presentado una propuesta de alquiler de la cubierta por un costo de 800.000 mensual por 10 años con incrementos del IPC (4% aproximadamente) y aún no se ha descartado la propuesta. El ciclo de vida del proyecto es de 20 años.
- Halle el PI del Proyecto, considerando una tasas de descuento nominal del 8%.



# Tasa Interna de Retorno (TIR)

## Internal Return Ratio (IRR)

- La TIR es la tasa de descuento a la cual el VPN del proyecto es igual a cero.
- Es la suma de las entradas netas de efectivo descontadas equivale a la suma de las salidas netas de efectivo (incluidos los flujos de caja de inversión) a lo largo de la vida del proyecto.
- Esto se puede expresar como:

$$\sum_{n=0}^N \frac{F_{i,n}}{(1 + irr)^n} = \sum_{n=0}^N \frac{F_{o,n} + F_{c,n}}{(1 + irr)^n}$$

- La ecuación normalmente se en calculadora o excel.

# Tasa Interna de Retorno (TIR)

## Internal Return Ratio (IRR)

- La TIR es una forma conveniente de comparar los rendimientos de los proyectos con otros tipos de inversión:
  - Bonos y otras inversiones financieras.
- Es una medida popular entre los gerentes y los tomadores de decisiones.

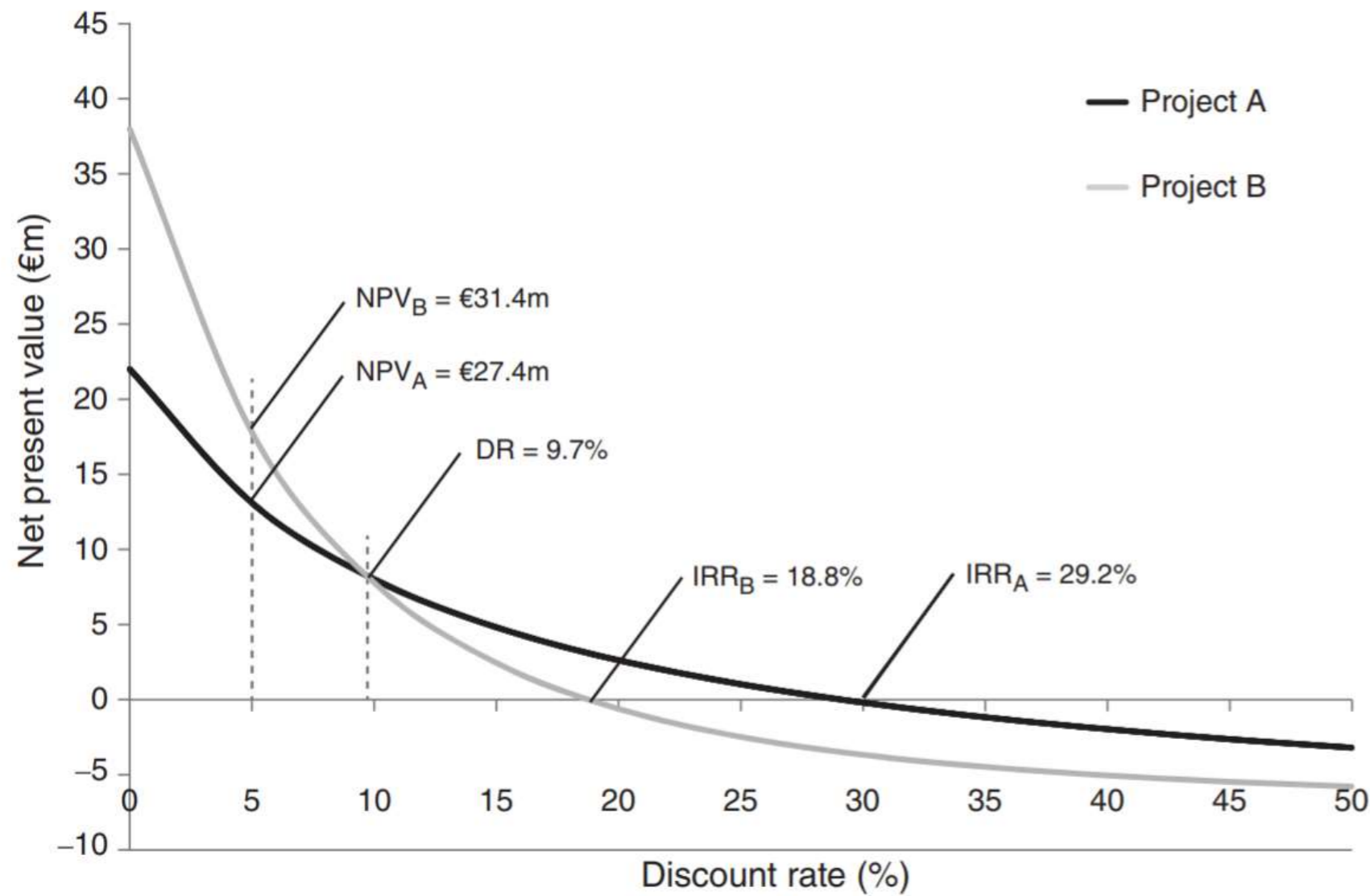
# Tasa Interna de Retorno (TIR)

## Internal Return Ratio (IRR)

- Tiene inconvenientes importantes:
  - No diferencia entre tamaños de inversión y, por lo tanto, no es apropiado para elegir entre proyectos mutuamente excluyentes de diferentes escalas de inversión.
    - Por ejemplo, un proyecto muy pequeño con una alta TIR puede ser favorecido en lugar de uno más grande con una TIR más baja, aunque esta última puede ser la forma más valiosa de invertir la suma disponible para los inversores.
  - Un segundo problema con la TIR es que un proyecto con la TIR más alta puede no proporcionar necesariamente el VPN más alto para el inversor.
  - La TIR y VPN supone que los flujos de caja adicionales generados por el proyecto se reinvierten a la misma tasa TIR a lo largo de su vida útil.

# Tasa Interna de Retorno (TIR)

## Internal Return Ratio (IRR)



Los perfiles de NPV para dos proyectos con diferentes perfiles de flujo de caja muestran cómo un proyecto con la mayor TIR puede no tener el VPN más alto.  
 NOTE QUE: Debajo de una tasa de retorno mínima aceptable de 9.7%, IRR selecciona el proyecto menos valioso.

# Tasa interna de Retorno – Ejercicio 9

- Una gran oficina está considerando invertir en proyecto de energía solar fotovoltaica en la cubierta de sus instalaciones. Después de un análisis económico, se elige un sistema solar con potencia pico de 100kWp. El sistema tiene un costo de capital estimado (CAPEX) de 4.0 millones por kWp, un costo de Operación y Mantenimiento anual (OPEX) del 1% de CAPEX con incrementos del IPC (4% aproximadamente) y un seguro anual del 0.1% del CAPEX (con incrementos del IPC del 4% aproximadamente). El inversor sistema solar fotovoltaico debe ser reemplazado después del año 10 con un costo aproximado del 10% del CAPEX. Las simulaciones indican que el sistema funcionará con un Factor de Planta del 13.8% con una disminución del 1% de la generación anual. La tarifa para la electricidad de la red es de \$460/kWh con incrementos del IPP (3% aproximadamente) y no se espera exportar energía a la red. Anteriormente se había presentado una propuesta de alquiler de la cubierta por un costo de 800.000 mensual por 10 años con incrementos del IPC (4% aproximadamente) y aún no se ha descartado la propuesta. El ciclo de vida del proyecto es de 20 años.
- Halle la TIR del Proyecto, considerando una tasas de descuento nominal del 8%.

# Costo del Ciclo de Vida

## Life Cycle Cost (LCC)

- Costo del ciclo de vida de un proyecto es la suma de todos los costos descontados a lo largo de su vida útil.
- Los costos incluyen salidas de efectivo relacionadas con inversión, combustible, operación, mantenimiento, gastos generales y otros costos de hacer negocios.
- Se incluyen los subsidios de capital y los valores residuales
- No considera (ignora) todas las entradas de efectivo recurrentes, como las ventas de energía y los costos de energía evitados.



# Costo del Ciclo de Vida

## Life Cycle Cost (LCC)

- Costo del ciclo de vida de un proyecto está dado por:

$$\text{LCC} = \frac{\sum_{n=0}^N (F_{c,n} + F_{o,n})}{(1 + d)^n}$$

- Donde:
  - LCC es el valor presente del costo del ciclo de vida
  - $F_{c,n}$  es el costo de inversión en el período  $n$
  - $F_{o,n}$  es la salida de efectivo en el período  $n$
  - $N$  es el número total de períodos y  $d$  es la tasa de descuento.

# Costo del Ciclo de Vida

## Life Cycle Cost (LCC) - Ejercicio 10

- Una gran oficina está considerando invertir en proyecto de energía solar fotovoltaica en la cubierta de sus instalaciones. Después de un análisis económico, se elige un sistema solar con potencia pico de 100kWp. El sistema tiene un costo de capital estimado (CAPEX) de 4.0 millones por kWp, un costo de Operación y Mantenimiento anual (OPEX) del 1% de CAPEX con incrementos del IPC (4% aproximadamente) y un seguro anual del 0.1% del CAPEX (con incrementos del IPC del 4% aproximadamente). El inversor sistema solar fotovoltaico debe ser reemplazado después del año 10 con un costo aproximado del 10% del CAPEX. Las simulaciones indican que el sistema funcionará con un Factor de Planta del 13.8% con una disminución del 1% de la generación anual. La tarifa para la electricidad de la red es de \$460/kWh con incrementos del IPP (3% aproximadamente) y no se espera exportar energía a la red. Anteriormente se había presentado una propuesta de alquiler de la cubierta por un costo de 800.000 mensual por 10 años con incrementos del IPC (4% aproximadamente) y aún no se ha descartado la propuesta. El ciclo de vida del proyecto es de 20 años.
- Halle el LCC del Proyecto considerando una tasas de descuento nominal del 8%.

# Costo Nivelado de la Electricidad

## Levelized Cost of Electricity (LCOE)

- El LCOE es el costo que, si se asigna por igual a cada unidad de energía producida (o ahorrada) por el sistema a lo largo de la vida útil del proyecto.
- Representa el valor presente de la tarifa de energía que se debe cargar durante la vida útil del proyecto para que la inversión tenga un VPN de 0.

$$LCC = \frac{\sum_{n=0}^N (E_n \times t)}{(1 + d)^n}$$

$$LCOE = \frac{LCC}{\sum_{n=1}^N [E_n / (1 + d)^n]}$$

- donde
  - $E_n$  es la energía vendida por el proyecto en el año  $n$
  - $t$  es la tarifa de venta de energía para cada unidad de energía

# Costo Nivelado de la Electricidad

## Levelized Cost of Electricity (LCOE)

- LCOE es útil para comparar los costos de energía de la unidad de diversas tecnologías de energía que operan a diferentes escalas y en diferentes períodos de tiempo.
- De esta manera, puede utilizarse para clasificar el atractivo de las inversiones en energía alternativa suponiendo que las entradas de efectivo de la energía producida por cada una son idénticas.

# Costo Nivelado de la Electricidad

## Levelized Cost of Electricity (LCOE)

- Sin embargo:
  - Una tecnología que produce más electricidad durante períodos más baratos y fuera de las horas pico no se puede comparar usando LCOE a una que produce la misma cantidad de electricidad en períodos pico más valiosos, ya que los ingresos serán diferentes en ambos casos.
  - LCOE no se puede usar para comparar diferentes formas (por ejemplo, calor y electricidad) de energía, ya que proporcionan diferentes beneficios.
  - LCOE no se puede usar para seleccionar entre alternativas mutuamente excluyentes porque no se consideran diferentes tamaños de inversión.

# Costo Nivelado de la Electricidad Levelized Cost of Electricity (LCOE) - Ejercicio 11

- Una gran oficina está considerando invertir en proyecto de energía solar fotovoltaica en la cubierta de sus instalaciones. Después de un análisis económico, se elige un sistema solar con potencia pico de 100kWp. El sistema tiene un costo de capital estimado (CAPEX) de 4.0 millones por kWp, un costo de Operación y Mantenimiento anual (OPEX) del 1% de CAPEX con incrementos del IPC (4% aproximadamente) y un seguro anual del 0.1% del CAPEX (con incrementos del IPC del 4% aproximadamente). El inversor sistema solar fotovoltaico debe ser reemplazado después del año 10 con un costo aproximado del 10% del CAPEX. Las simulaciones indican que el sistema funcionará con un Factor de Planta del 13.8% con una disminución del 1% de la generación anual. La tarifa para la electricidad de la red es de \$460/kWh con incrementos del IPP (3% aproximadamente) y no se espera exportar energía a la red. Anteriormente se había presentado una propuesta de alquiler de la cubierta por un costo de 800.000 mensual por 10 años con incrementos del IPC (4% aproximadamente) y aún no se ha descartado la propuesta. El ciclo de vida del proyecto es de 20 años.
- Halle el LCOE del Proyecto considerando una tasas de descuento nominal del 8%.



# ¡Muchas Gracias!