

75:12 ANÁLISIS NUMÉRICO I**FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES****TRABAJO PRACTICO N° 1**
*1er Cuatrimestre 2019***Cálculo de rentabilidad de proyecto de inversión de energía solar**

Preparado por: Ing. Diego Ezcurra

OBJETIVOS

- Experimentar con el uso de métodos iterativos para la resolución de ecuaciones no lineales.
- Verificar experimentalmente los resultados teóricos y las estimaciones empíricas respecto de la velocidad de convergencia del proceso iterativo.
- Experimentar sobre las condiciones de convergencia de los algoritmos usados.
- Experimentar la simulación de escenarios con los algoritmos desarrollados.

INTRODUCCIÓN

El análisis de rentabilidad de proyectos es una de las principales herramientas de la ingeniería para determinar la viabilidad de ejecución de un proyecto determinado.

Todo proyecto ingenieril comienza por una idea fruto de la identificación de una necesidad, ya sea para solucionar algún problema, mejorar la calidad de un producto/servicio o desarrollar un nuevo mercado.

Sea cual fuere el origen, todo proyecto debe atravesar una etapa de análisis de factibilidad económica en la cual se ponen a prueba las variables económicas del proyecto para determinar su rentabilidad esperada. En esta etapa se realizan proyecciones de inversiones, costos operativos y de mantenimiento, niveles de producción, ventas, ingresos, etc. que permitan proyectar el flujo de fondos que tendrá el proyecto en cada año durante su vida útil.

La premisa fundamental de los modelos de evaluación es que el dinero tiene distinto valor según el momento en que se tenga. No es lo mismo tener ingresos hoy que dentro de un año (existe una tasa de interés que representa el valor “tiempo” del dinero).

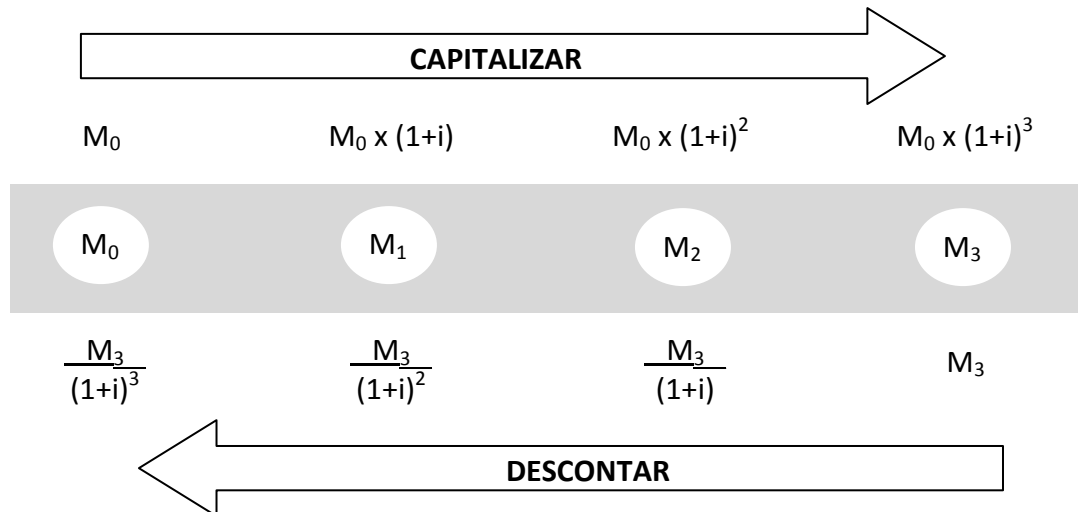
Por ejemplo, si invierto \$100 en un banco por un período de un año, al final del año mi cuenta tendrá \$100 más el interés generado por ese dinero. Esto se denomina “capitalizar”.

$$M_{\text{año}1} = M_{\text{año}0} \times (1+i), \text{ siendo } i \text{ la tasa de interés.}$$

De la misma manera, para saber cuánto vale hoy un ingreso dentro de un año tendré que “actualizar” o “descontar”:

$$M_{\text{año}0} = M_{\text{año}1} / (1+i)$$

Este mismo concepto se aplica para la cantidad de años que se desee analizar.



El modelo de evaluación utilizado propone actualizar el flujo de fondos futuro, trayendo el resultado de cada año al día de hoy para poder compararlo con la inversión que se requiere. La suma de los flujos de fondos de cada año actualizados se denomina VAN: Valor Actual Neto, y representa la cantidad de dinero que se obtendría con dicha inversión.

La ecuación del modelo correspondiente para analizar el flujo de fondos es la siguiente:

$$VAN = I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{FCF_n}{(1+i)^n} \quad (1)$$

Siendo:

- I_0 : Inversión necesaria en el año cero (valor negativo por ser un egreso)
- FCF_n : Flujo de caja del proyecto (Free Cashflow) en el año n
- i : Tasa de interés representativa
- N : vida útil del proyecto

Como se ve, el VAN es función de la tasa de interés, por lo que dicha tasa es un parámetro muy importante ya que determina la viabilidad de un proyecto.

En particular, existe una tasa que hace que el flujo de fondos actualizado sea igual a la inversión necesaria, es decir, $VAN = 0$. Dicha tasa se denomina TIR: Tasa Interna de Retorno, y representa la rentabilidad de dicho proyecto.

Por lo tanto, calcular la TIR de un proyecto de inversión es equivalente a encontrar la raíz de la ecuación que determina el VAN (ecuación 1).

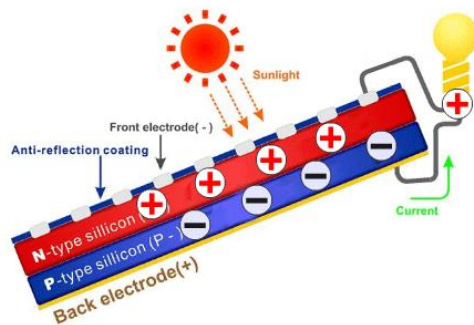
PLANTEO DEL PROBLEMA

El problema matemático consiste en calcular la Tasa Interna de Retorno de un proyecto de energía solar.

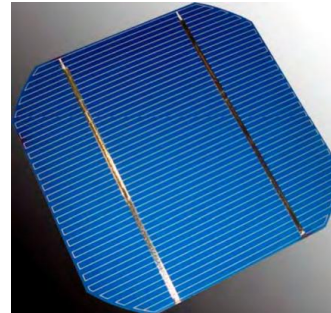
Argentina tiene el programa RenovAr, en el cual se licitan proyectos de generación de electricidad con fuentes renovables no convencionales (solar, eólica, biomasa e hidroeléctrica de baja potencia). En este marco, las empresas están obligadas a abastecer su demanda de electricidad con un 8% de energía renovable. Además, el objetivo de Argentina es lograr un 20% de energías renovables dentro de su matriz energética para el año 2025.

Para ello, las empresas pueden implementar proyectos propios de generación de energía renovable.

El proyecto planteado en el presente trabajo consiste en la instalación de paneles solares fotovoltaicos en una industria para autoabastecerse de energía eléctrica.



Efecto fotovoltaico



Celda fotovoltaica



Paneles fotovoltaicos



Instalación solar fotovoltaica en una industria

Se planea instalar 200 paneles fotovoltaicos de una capacidad de 150 Wp (Watt pico) cada uno, totalizando una capacidad de 30 kWp de potencia instalada.

La energía eléctrica que generen estos paneles será utilizada en la propia planta industrial, reduciendo por lo tanto la cantidad de electricidad que se compra de la red y la cantidad de potencia que se contrata y consume.

El flujo de fondos del proyecto consistirá en la inversión necesaria para comprar e instalar el sistema solar fotovoltaico, y los ahorros anuales futuros en la compra de electricidad de la red, considerando ahorros en energía consumida y ahorros en potencia.

Para calcular el flujo de fondos del proyecto se consideran las siguientes ecuaciones:

$$I_0 = Pot * CU \quad (2)$$

Siendo:

I_0 : Inversión inicial

Pot: Potencia a instalar

CU: Costo Unitario de la potencia a instalar

$$FCF_n = (Ahorros_n - Costos_n) * (1 - \alpha) \quad (3)$$

Siendo:

$Ahorros_n$: Ahorros por consumo de electricidad + ahorros por potencia en el año n

$Costos_n$: Costos de operación y mantenimiento del sistema fotovoltaico en el año n

α : impuesto a las ganancias

Nota: por simplicidad, no se consideran las amortizaciones en el flujo de fondos del proyecto

La determinación de los ahorros puede realizarse mediante la siguiente expresión:

$$Ahorros_n = \underbrace{Pot * 8.760 * FU * C_{ELEC}}_{\text{Ahorro de energía}} + \underbrace{Pot * 0,3 * C_{POT} * 12}_{\text{Ahorro de potencia}} \quad (4)$$

Siendo

FU: Factor de uso (fracción del tiempo que se aprovecha la potencia instalada)

C_{ELEC}: Costo de la electricidad consumida

C_{POT}: Costo de la potencia contratada y consumida

8.760 horas/año

0,3: Factor de reducción de potencia contratada

12: meses/año

Datos:

- CU: 1.200 usd/kWp instalado

- FU: 0,18*NP/100.000

- α: 30%

- C_{ELEC}: 3,2 \$/kWh

- C_{POT}: 610 \$/kW.mes

- Costos_n: 10.000 \$/año

- N: 20 años

- Tipo de cambio: 45 \$/usd

DESARROLLO DEL PRÁCTICO

1) Calcular la inversión requerida, los ahorros y el resultado del flujo de fondos para cada año. Mostrar los valores en la siguiente tabla:

	Año 0	Año 1	Año 2	...	Año N
Inversión		-	-	-	-
Ahorro energía	-				
Ahorro potencia	-				
Costos	-				
FCF					

2) Aplicar el método de bisección para calcular la TIR del proyecto. Para ello, encuentre un intervalo que contenga a la raíz buscada e itere hasta lograr una precisión de 5%. Exprese el resultado correctamente.

3) Aplicar el método de punto fijo para calcular la TIR del proyecto utilizando la función de iteración $g(x) = x - f(x)$ hasta alcanzar una precisión del 0,1%. Para ello, utilice como semilla, el valor encontrado mediante bisección. Exprese el resultado correctamente.

4) Evalúe experimentalmente las condiciones de convergencia del método anterior mediante pruebas con diferentes semillas. Reduzca el valor de la semilla hasta encontrar el límite inferior del intervalo de convergencia. Luego aumente el valor de la semilla hasta encontrar el límite superior del intervalo de convergencia. Muestre el intervalo de convergencia obtenido (si existe).

5) Repita los puntos 3) y 4) aplicando el método de la secante.

6) Calcule experimentalmente el orden de convergencia de cada método utilizando la siguiente expresión:

$$\frac{\|\mathcal{E}^{(k+1)}\|}{\|\mathcal{E}^{(k)}\|^P} = \lambda \quad \text{siendo } P: \text{orden de convergencia y } \lambda: \text{constante asintótica del error.}$$

Grafique en escala logarítmica los errores de cada iteración en función de los errores de la iteración anterior. Indique los valores obtenidos para cada método.

7) Calcule la TIR del proyecto utilizando el método de la secante para los siguientes escenarios:

- El costo unitario de la instalación fotovoltaica se reduce un 30%.
- Los proyectos solares quedan exentos del pago del impuesto a las ganancias ($\alpha=0$).
- El costo de la electricidad se duplica.
- La constante del Factor de Uso aumenta a 0,2 (mejora la eficiencia de los paneles)
- Los proyectos solares quedan exentos del pago del impuesto a las ganancias por los primeros 5 años.

Presente una tabla con los valores obtenidos para cada escenario, incluyendo lo obtenido en la situación original.

8) OPTATIVO:

Calcule la rentabilidad del proyecto si se implementa a nivel residencial, es decir, en un hogar. Para ello, considere lo siguiente:

- La potencia a instalar es de 1.000 Wp.
- Los ahorros provienen solamente del consumo de electricidad (no existe cargo por potencia)
- No aplica el impuesto a las ganancias
- Los costos de operación y mantenimiento son despreciables
- Investigue las tarifas residenciales existentes (ej. EDENOR, EDESUR, etc.), adopte un valor e indique a qué nivel de tarifa corresponde.

CONCLUSIONES

Presente sus conclusiones del trabajo práctico. En particular, comente sobre:

- La relación problema real - problema matemático - problema numérico;
- Los tipos de errores involucrados en la resolución del problema numérico y la importancia/efecto de cada uno;
- Convergencia y velocidad de convergencia según los métodos utilizados.
- Utilidad de los métodos numéricos para simular escenarios.