

# VALUACIÓN DE ALTERNATIVAS EN PROYECTOS DE ENERGÍA

## Valuación en Proyectos

Revisados ya los conceptos tan importantes como el TMAR, TIR y el VPN, es necesario utilizar estas herramientas para evaluar proyectos y calcular las variables pertinentes al proyecto. En dos o más proyectos, (común en el área energética) se seleccionarán las opciones de acuerdo con la mejor alternativa con respecto al VPN, es destacable decir que en la evaluación de varios proyectos de forma simultánea no es recomendable utilizar el TIR como método de análisis.

### Ejemplo 1 “Cálculo de la TIR”

Se invierten \$500.00 con la expectativa de recibir \$80 al final de cada uno de los siguientes ocho años. ¿Cuál es la tasa interna de rendimiento de la inversión?

Se tienen los siguientes datos del problema:  $P = 500$ ,  $A = 80$ ,  $n = 8$ . Como la incógnita es  $i$ , se puede hacer la siguiente determinación, mediante las fórmulas:

$$P = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \quad \frac{500}{80} = (P/A, i, 8) = \left[ \frac{(1+i)^8 - 1}{i(1+i)^8} \right] = 6.25$$

Este tipo de problemas puede ser resuelto a través de tablas como las que se muestran en el Anexo 1 al 4 de este documento. En las

tablas busque, en la columna de (P/A), una  $n = 8$ , una  $i$  cuyo valor sea lo más cercano a 6.25. El valor de  $i$  es muy cercano a 6%, puesto que para  $i = 5\%$ , el factor de (P/A) = 6.463 y para  $i = 6\%$ , el factor (P/A) = 6.210.

Para encontrar un valor de  $i$  más exacto, se puede interpolar con los valores que se tienen. La fórmula de interpolación es la siguiente:

$$y \approx y_1 + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} (y_2 - y_1)$$

**Donde:**

$y$  = parámetro para calcular la  $i$  desconocida.

$y_1$  = valor inferior de la  $i$ , 5% en este problema.

$y_2$  = valor superior de la  $i$ , 6% en este problema.

$x_1$  = valor del factor que corresponde a  $y_1$ , esto es para 5% de interés corresponde un factor P/A = 6.463

$x_2$  = valor del factor que corresponde a  $y_2$ , esto es, para 6% de interés P/A es de 6.210

$x$  = valor del factor que corresponde a  $y$ , esto es P/A = 6.25

El cálculo será:

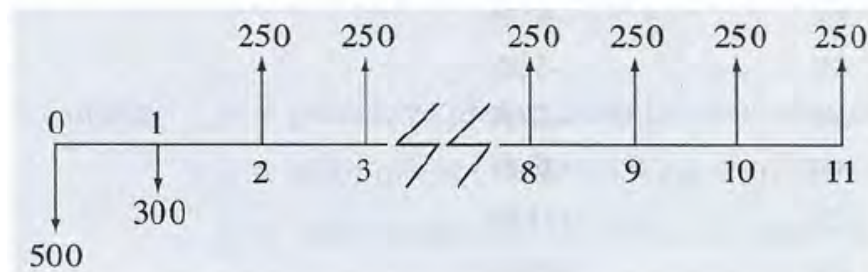
$$y \approx 5 + \frac{6.25 - 6.463}{6.21 - 6.463} (6 - 5) = 5.8418 \%$$

Si se cuenta con software computacional es posible encontrar  $i$  directamente de la ecuación original siendo aproximadamente  $i = 5.8372\%$ . Es muy importante hacer notar que no tiene ningún sentido expresar una TIR hasta centésimas. No se olvide que se trata de calcular o pronosticar una ganancia que se dará en el futuro, por lo que un cálculo demasiado exacto es exagerado. Por lo tanto, una respuesta aceptable al problema es simplemente **TIR = 5.8%**

### Ejemplo 2: Cálculo de la TIR en un proyecto petrolero

En un pozo petrolero se invirtieron \$500 millones durante el año cero en las pruebas de exploración y perforación. A lo largo del primer año, para dejar al pozo en condiciones de extracción normal, se invirtieron adicionalmente \$300 millones. Después de haber medido la presión del pozo, se espera que este produzca beneficios anuales de \$250 millones durante los siguientes 10 años. Determínese la tasa interna de rendimiento del pozo petrolero. El diagrama de flujo del problema se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Diagrama de flujo de capital del ejemplo 2.



La ecuación del cálculo de la TIR es:

$$0 = -500 - 300(P/F, i, 1) + 250(P/A, i, 10)(P/F, i, 1)$$

Recordemos que  $P/F = (1 + i)^{-n}$  y  $P/A = \frac{[(1+i)^n - 1]}{i(1+i)^n}$

**(Revisar Anexo 1a)**

En apariencia, esta ecuación tiene dos cambios de signo, por lo tanto, el polinomio deberá tener dos raíces. Sin embargo, al hacer el cálculo se puede observar que la ecuación es exponencial decreciente con límite en -\$500. Esto se debe a que cuando se eleva progresivamente el valor de  $i$ , la suma descontada de los beneficios anuales de \$250 cada vez tiende a hacerse menor, y cuando  $i = \infty$ , esa suma, que incluye al flujo del primer año que es -\$300, se hará cero, por lo que el límite es -\$500. Los cálculos se expresan a continuación (ver Tabla 2). Podemos encontrar que el valor más cercano para calcular la TIR es cuando  $VPN \approx 0$  y eso sucede en  $i \approx 24.138 \sim 24.1\%$

**Tabla 2.** Flujos de capital del ejemplo 2 con VPN y su respectivo interés.

$i$	VPN	$i$	VPN
0.05	1 052.1	0.70	-467.4
0.10	623.7	1.00	-525.1
0.15	330.1	110%	-535
0.20	123.4	120%	-542
<b>0.240138</b>	<b>0.0006</b>	130%	-547
0.25	-25.9	200%	-558
0.30	-136.2	300%	-554
0.35	-219.4	400%	-548
0.40	-283.29	500%	-512
0.45	-333.1	600%	-537
0.50	-372.4	1 000%	-525
0.55	-403.9	2 000%	-514
0.60	-429.4	5 000%	-506
0.65	-450.2		

## Anexo 1a. Notación simplificada y tablas de factores.

Fórmula desarrollada	Notación simplificada
$F = P(1 + i)^n$	$(F/P, i, n)$
$P = \frac{F}{(1+i)^n}$	$(P/F, i, n)$
$P = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$	$(P/A, i, n)$
$A = P \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$	$(A/P, i, n)$
$F = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i} \right]$	$(F/A, i, n)$
$A = F \left[ \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right]$	$(A/F, i, n)$
$P = \frac{G}{i} \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i} - n \right] \left[ \frac{1}{(1+i)^n} \right]$	$(P/G, i, n)$
$F = \frac{G}{i} \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i} - n \right]$	$(F/G, i, n)$

## Anexo 1b.

**TABLA A2.6** Factores de interés discreto capitalizado al 5.0%

n	(F/P, i, n)	(P/F, i, n)	(F/A, i, n)	(A/F, i, n)	(P/A, i, n)	(A/P, i, n)	(P/G, i, n)
1	1.0500	0.9524	1.0000	1.0000	0.9524	1.0500	0.0000
2	1.1025	0.9070	2.0500	0.4878	1.8594	0.5378	0.9070
3	1.1576	0.8638	3.1525	0.3172	2.7232	0.3672	2.6347
4	1.2155	0.8227	4.3101	0.2320	3.5460	0.2820	5.1028
5	1.2763	0.7835	5.5256	0.1810	4.3295	0.2310	6.2369
6	1.3401	0.7462	6.8019	0.1470	5.0757	0.1970	11.9680
7	1.4071	0.7107	8.1420	0.1228	5.7864	0.1728	16.2321
8	1.4775	0.6768	9.5491	0.1047	6.4632	0.1547	20.9699
9	1.5513	0.6446	11.0266	0.0907	7.1078	0.1407	26.1268
10	1.6289	0.6139	12.5779	0.0795	7.7217	0.1295	31.6520
11	1.7103	0.5847	14.2068	0.0704	8.3064	0.1204	37.4988
12	1.7959	0.5568	15.9171	0.0628	8.8633	0.1128	43.6240
13	1.8856	0.5303	17.7130	0.0565	9.3936	0.1065	49.9879
14	1.9799	0.5051	19.5986	0.0510	9.8986	0.1010	56.5538
15	2.0789	0.4810	21.5786	0.0463	10.3797	0.0963	63.2880

## Anexo 2.

16	2.1829	0.4581	23.6575	0.0423	10.8378	0.0923	70.1597
17	2.2920	0.4363	25.8404	0.0387	11.2741	0.0887	77.1404
18	2.4066	0.4155	28.1324	0.0355	11.6896	0.0855	84.2043
19	2.5269	0.3957	30.5390	0.0327	12.0853	0.0827	91.3275
20	2.6533	0.3769	33.0659	0.0302	12.4622	0.0802	98.4884
21	2.7860	0.3589	35.7192	0.0280	12.8212	0.0780	105.6672
22	2.9253	0.3418	38.5052	0.0260	13.1630	0.0760	112.8461
23	3.0715	0.3256	41.4305	0.0241	13.4886	0.0741	120.0086
24	3.2251	0.3101	44.5020	0.0225	13.7986	0.0725	127.1402
25	3.3864	0.2953	47.7271	0.0210	14.0939	0.0710	134.2275
26	3.5557	0.2812	51.1134	0.0196	14.3752	0.0696	141.2585
27	3.7335	0.2678	54.6691	0.0183	14.6430	0.0683	148.2225
28	3.9201	0.2551	58.4026	0.0171	14.8981	0.0671	155.1101
29	4.1161	0.2429	62.3227	1.0160	15.1411	0.0660	161.9126
30	4.3219	0.2314	66.4388	0.0151	15.3724	0.0651	168.6225
35	5.5160	0.1813	90.3203	0.0111	16.3742	0.0611	200.5806
40	7.0400	0.1420	120.7997	0.0083	17.1591	0.0583	229.5451
45	8.9850	0.1113	159.7001	0.0063	17.7741	0.0563	255.3145
50	11.4674	0.0872	209.3479	0.0048	18.2559	0.0548	277.9147
55	14.6356	0.0683	272.7125	0.0037	18.6335	0.0537	297.5104
60	18.6792	0.0535	353.5836	0.0028	18.9293	0.0528	314.3431
70	30.4264	0.0329	588.5283	0.0017	19.3427	0.0517	340.8409
80	49.5614	0.0202	971.2283	0.0010	19.5965	0.0510	359.6460

## Anexo 3.

**TABLA A2.7** Factores de interés discreto capitalizado a 6.0%

$n$	$(F/P, i, n)$	$(P/F, i, n)$	$(F/A, i, n)$	$(A/F, i, n)$	$(P/A, i, n)$	$(A/P, i, n)$	$(P/G, i, n)$
1	1.0600	0.9434	1.0000	1.0000	0.9434	1.0600	0.0000
2	1.1236	0.8900	2.0600	0.4854	1.8334	0.5454	0.8900
3	1.1910	0.8396	3.1836	0.3141	2.6730	0.3741	2.5692
4	1.2625	0.7921	4.3746	0.2286	3.4651	0.2886	4.9455
5	1.3382	0.7473	5.6371	0.1774	4.2124	0.2374	7.9345
6	1.4185	0.7050	6.9753	0.1434	4.9173	0.2034	11.4593
7	1.5036	0.6651	8.3938	0.1191	5.5824	0.1791	15.4497
8	1.5938	0.6274	9.8975	0.1010	6.2098	0.1610	19.8416
9	1.6895	0.5919	11.4913	0.0870	6.8017	0.1470	24.5768
10	1.7908	0.5584	13.1808	0.0759	7.3601	0.1359	29.6023
11	1.8983	0.5268	14.9716	0.0668	7.8869	0.1268	34.8702
12	2.0122	0.4970	16.8699	0.0593	8.3838	0.1193	40.3368
13	2.1329	0.4688	18.8821	0.0530	8.8527	0.1130	45.9629
14	2.2609	0.4423	21.0151	0.0476	9.2950	0.1076	51.7128
15	2.3966	0.4173	23.2760	0.0430	9.7122	0.1030	57.5545
16	2.5404	0.3936	25.6725	0.0390	10.1059	0.0990	63.4592
17	2.6928	0.3714	28.2129	0.0354	10.4773	0.0954	69.4011
18	2.8543	0.3503	30.9056	0.0324	10.8276	0.0924	75.3569
19	3.0256	0.3305	33.7600	0.0296	11.1581	0.0896	81.3061
20	3.2071	0.3118	36.7856	0.0272	11.4699	0.0872	87.2304

#### Anexo 4.

21	3.3996	0.2942	39.9927	0.0250	11.7641	0.0850	93.1135
22	3.6035	0.2775	43.3923	0.0230	12.0416	0.0830	98.9411
23	3.8197	0.2618	46.9958	0.0213	12.3034	0.0813	104.7007
24	4.0489	0.2470	50.8156	0.0197	12.5504	0.0797	110.3812
25	4.2919	0.2330	54.8645	0.0182	12.7834	0.0782	115.9731
26	4.5494	0.2198	59.1564	0.0169	13.0032	0.0769	121.4684
27	4.8223	0.2074	63.7058	0.0157	13.2105	0.0757	126.8600
28	5.1117	0.1956	68.5281	0.0146	13.4062	0.0746	132.1420
29	5.4184	0.1846	73.6398	0.0136	13.5907	0.0736	137.3096
30	5.7435	0.1741	79.0582	0.0126	13.7648	0.0726	142.3588
35	7.6861	0.1301	111.4348	0.0090	14.4982	0.0690	165.7427
40	10.2857	0.0972	154.7619	0.0065	15.0463	0.0665	185.9566
45	13.7646	0.0727	212.7435	0.0047	15.4558	0.0647	203.1096
50	18.4201	0.0543	290.3358	0.0034	15.7619	0.0634	217.4574
55	24.6503	0.0406	394.1719	0.0025	15.9905	0.0625	229.3222
60	32.9877	0.0303	533.1280	0.0019	16.1614	0.0619	239.0428
70	59.0759	0.0169	967.9318	0.0010	16.3845	0.0610	253.3271
80	105.7959	0.0095	1746.5991	0.0006	16.5091	0.0606	262.5493
90	189.4644	0.0053	3141.0735	0.0003	16.5787	0.0603	268.3946
100	339.3021	0.0029	5638.3647	0.0002	16.6175	0.0602	272.0471

#### **Referencias:**

- Baca Urbina, G. (2007). Fundamentos de ingeniería económica (R. A. del Bosque-Alayón (ed.); Cuarta Edición). McGraw-Hill.*
- Baca Urbina, G. (2013). Evaluación de proyectos. In M. Á. T. Castellanos & M. I. R. Martínez (Eds.), (Séptima Edición). McGraw-Hill.*