



ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS Y OBRAS.

PRÁCTICAS. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS DE INGENIERÍA

**ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DE
PROYECTOS Y OBRAS. PRÁCTICAS**

**EVALUACIÓN ECONÓMICA
DE PROYECTOS DE INGENIERÍA**

*Área de Proyectos de Ingeniería
Dpto. de Ingeniería Civil
Universidad de Granada
Noviembre de 2009*



Introducción

La importancia de la variable económica en la evaluación de proyectos de ingeniería. **Muchos no siguen adelante.**

Distinto si se trata de una **iniciativa pública** (carretera) que una **iniciativa privada** (parque de generación de energía renovable)

Costes y Beneficios Sociales (inversiones públicas). Hasta ahora al margen. Tendencia actual: **internalización de costes.**

¿Porqué incluimos el estudio económico en la viabilidad del proyecto? – **FTP** – **Financiación Terceras Personas – Comisión de Riesgos.**



Conceptos previos

Tasa de Descuento - i

La **tasa de descuento** es un coeficiente matemático por el que se afectan los valores actuales para obtener valores futuros y viceversa, según las expresiones que se verán más adelante. Está relacionada con los tipos de interés, con la inflación y con el periodo de evaluación considerado.

Por tanto, la tasa de descuento **depende del precio** con el que nos prestan el dinero los bancos (i_n) y **la inflación** (que en España normalmente se mide mediante el Índice de Precios al Consumo (ipc)).

$$i = \frac{i_n - ipc}{1 + ipc}$$

Puede interpretarse como el coste de oportunidad del proyecto respecto a otras posibilidad de inversión



Conceptos previos

Valor Futuro y Valor Actual

El capital disponible **en cada momento tiene un valor determinado**. Para conocer el valor del mismo dentro de un determinado tiempo es necesario calcular el valor futuro o viceversa, calcular un valor actual a partir de un valor futuro.

$$VF = VA \times (1 + i)^n$$

$$VA = VF \frac{1}{(1 + i)^n}$$

Valor Actual	100,00 €
n	10 años
i	4%
$(1+i)^n$	1,48
Valor Futuro	148,02 €

Valor Futuro	148,02 €
n	10 años
i	4%
$(1+i)^n$	1,48
Valor Actual	100,00 €



Indicadores Económicos

Relación Beneficio - Costo

La **Relación Beneficio – Costo (B/C)** es el cociente entre los beneficios totales del proyecto actualizados al año “o” y los costes totales del proyecto actualizados al año “o”.

La razón beneficio costo indica que un proyecto es rentable (**cociente mayor de la unidad**), pero no indica que proyecto es mejor entre varias alternativas.

$$R_{B/C} = \frac{\sum_{j=0}^n \frac{B_j}{(1+i)^j}}{\sum_{j=0}^n \frac{C_j}{(1+i)^j}}$$

Donde:

$R_{B/C}$ = Relación beneficio coste
 B_j = Beneficio en año “j”
 C_j = Coste en año “j”
 i = Tasa de Descuento
 n = Horizonte de Evaluación



Indicadores Económicos

Valor Actualizado Neto

El VAN es la **diferencia entre el valor actual de los flujos de caja netos que produce una inversión y el desembolso inicial requerido para llevarla a cabo**, y representa el aumento o disminución del valor de la empresa por realizar la inversión.

El VAN informa acerca del **valor absoluto de un proyecto en términos monetarios y en el momento actual**.

$$VAN = -I_{nv.} + \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+i)^j}$$

Donde:

F_j = Flujo Neto en el Período j
 I_{nv} = Inversión en el año "0"
 i = Tasa de Descuento
 n = Horizonte de Evaluación



Indicadores Económicos

Valor Actualizado Neto

Un proyecto es rentable para un inversionista si el VAN es mayor que cero.

- $VAN > 0 \Rightarrow$ Proyecto Rentable (realizarlo)
- $VAN < 0 \Rightarrow$ Proyecto NO Rentable (archivarlo)
- $VAN \approx 0 \Rightarrow$ Proyecto Indiferente

Es muy importante el momento en que se perciben los beneficios.

No tiene en cuenta la duración del proyecto (¡cuidado al comparar!).

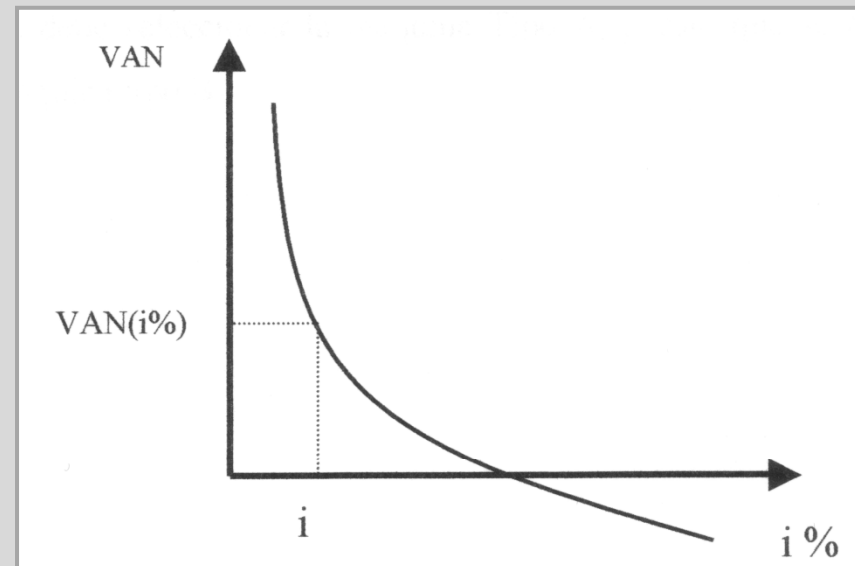


Indicadores Económicos

Valor Actualizado Neto

Un proyecto puede ser **evaluado a diferentes tasas de descuento**, y con ello obtenemos diferentes valores para el VAN.

Por lo tanto, **la rentabilidad depende de la tasa de interés o tasa de descuento utilizada** (tal y como se puede ver en la gráfica adjunta).





Indicadores Económicos

Tasa Interna de Retorno

La **Tasa Interna de Retorno** es la tasa de interés que hace iguales los ingresos de los flujos a los gastos del periodo en que se evalúa la inversión.

Corresponde al **rendimiento** (expresado en porcentaje), de una unidad de capital en una unidad de tiempo. Se calcula **a partir de la expresión del VAN**, igualando este a cero.

$$0 = -I_{inv} + \frac{F_1}{(1+TIR)^1} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n}$$

Donde:

- F_j = Flujo Neto en el Período j
- I_{inv} = Inversión en el año "0"
- TIR = Tasa Interna de Retorno (TIR)
- n = Horizonte de Evaluación



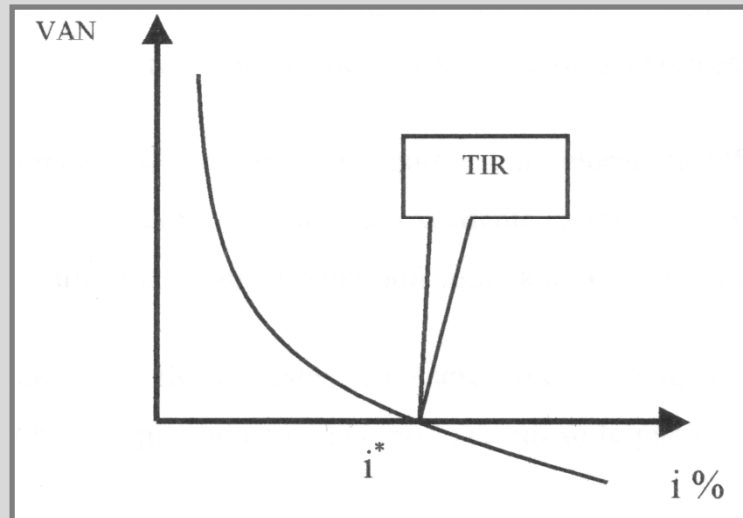
ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS Y OBRAS.

PRÁCTICAS. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS DE INGENIERÍA

Indicadores Económicos

Tasa Interna de Retorno

Gráficamente



Cuando SI se puede usar

Inversión inicial negativa

Existe un único cambio de signo en los flujos de caja.

El VAN es mayor que "0"



Indicadores Económicos

Tasa Interna de Retorno

Ventajas

Considera el valor del dinero en el tiempo.

Traslada los flujos de caja al año del proyecto para su consideración.

Muy intuitiva su comparación con el valor y/o precio del dinero

Inconvenientes

Necesidad de hipótesis de funcionamiento para los flujos de caja futuros

Dificultad de definir correctamente la tasa de descuento futura "i".

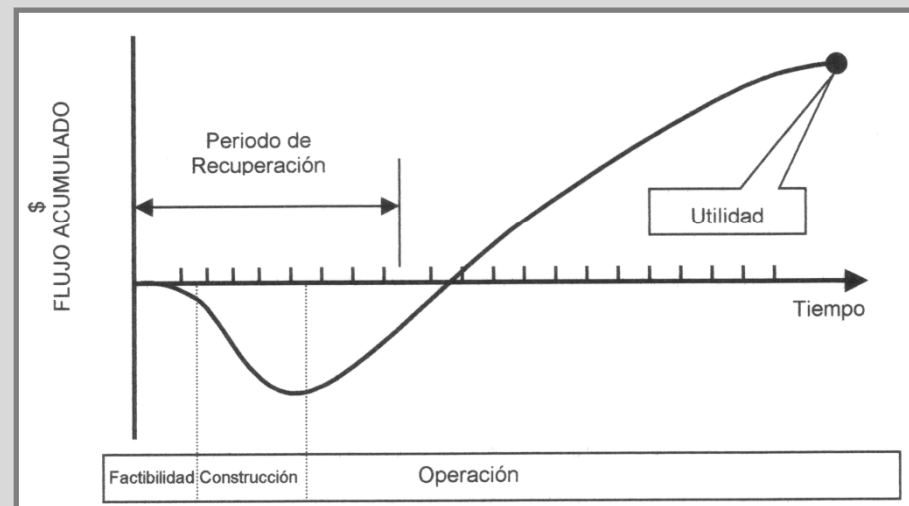


Indicadores Económicos

Periodo de Recuperación de la Inversión

El **Periodo de Recuperación de la Inversión** es el tiempo en años necesario para recuperar la inversión realizada. Se concreta el año en el que el flujo de caja acumulado es cero (cambia de negativo a positivo).

Se puede considerar el momento en el que el proyecto podría comenzar a arrojar **"dividendos para los accionistas"** porque hasta ese momento los beneficios generados han tenido que usarse para pagar pagos comprometidos y gastos operativos





Indicadores Económicos

Flujo Neto de Caja - Definición

El flujo neto de caja es un estado financiero en el cual se registran los ingresos y gastos generados en un periodo determinado.

Es decir que el flujo neto de caja es el **saldo entre los ingresos y gastos de un periodo determinado.**

$$FNC = I_{\text{ventas}} - G_{\text{operativos}} - C_{\text{financieros}} - A_{\text{contable}} - P_{\text{impuestos}} + D_{\text{act. fijos}}$$

Aunque en el cálculo que se acompaña se han considerado nulas, en el cálculo del FNC se descuentan al final también las llamadas **Necesidades Operativas de Fondos (NOF)** y **las inversiones en activos fijos** (compras posteriores a la primera inversión). Las NOF corresponden a la siguiente expresión:

$$NOF = \text{Caja} + \text{Clientes}_{\text{nocobrado}} + \text{Existencia}_{\text{Salmacen}} - \text{Proveedores}_{\text{nopadado}}$$



Indicadores Económicos

Proyecto - Ejemplo

Datos del Proyecto: Parque eólico 16 Mw

CARACTERIZACIÓN DEL PARQUE EÓLICO	
Modelo	MADE Serie 800 AE 59
Nº Aerogeneradores	20,00
Potencia Unitaria (Kw)	800,00
Potencia Total del Parque (Kw)	16.000,00
Horas viento equivalentes (h)	2.470,00
Producción anual (kwh)	39.520.000,00
Precio de venta Kwh – Año 0	0,06 €
Aumento del precio de venta	1,40%
Gastos Operativos anuales	320.000,00 €
Incremento costes anuales	2,00%



ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS Y OBRAS.

PRÁCTICAS. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS DE INGENIERÍA

Indicadores Económicos

Proyecto - Ejemplo

Costes previstos

COSTES TOTALES	
Coste aerogeneradores	12.600.000,00 €
Instalación eléctrica	1.150.000,00 €
Obra civil + Varios	1.650.000,00 €
Inversión inicial	15.400.000,00 €
Valor residual (simplificación)	0,00 €

PRECIOS ÍNDICE (€/Kw instalado)	
Coste aerogeneradores	787,50 €
Instalación eléctrica	71,88 €
Obra civil	103,13 €
Precio Índice Instalación	962,50 €



ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS Y OBRAS.

PRÁCTICAS. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS DE INGENIERÍA

Indicadores Económicos

Proyecto - Ejemplo

Financiación - Costes

NECESIDADES DE FINANCIACIÓN		
Inversión Total	100%	15.400.000,00 €
Recurso Propios	25%	3.850.000,00 €
Recursos Ajenos	75%	11.550.000,00 €

Se trata de un contrato privado a negociar, y por tanto dependerá de nuestra posición de fuerza para conseguir mejores condiciones.

CONDICIONES DEL PRÉSTAMO		OTROS ASPECTOS	
Principal	11.550.000,00 €	Cuota anual	
Duración (años)	10,00	Modelos aplicado: Italiano	
Tipo interés (%)	4,55%	1 año de carencia (de intereses y principal)	
Comisión apertura	0,75%		
Comisión cancelación total o parcial	0,00%	86.625,00 €	Estos costes se suman a los financieros del primer año
Gastos Tramitación		1.000,00 €	



ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS Y OBRAS.

PRÁCTICAS. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS DE INGENIERÍA

Indicadores Económicos

Proyecto - Ejemplo

Financiación - Costes

Amortización según **Modelo Italiano (el que vamos a utilizar)**. El pago de principal es constante a lo largo del préstamo.

CUADRO DE AMORTIZACIONES					
Año	Anualidad	C. Intereses	C. Amortización	Cap. Vivo	Cap. Amortizado
0				11.550.000,00 €	
1	1.680.525,00 €	525.525,00 €	1.155.000,00 €	10.395.000,00 €	1.155.000,00 €
2	1.627.972,50 €	472.972,50 €	1.155.000,00 €	9.240.000,00 €	2.310.000,00 €
3	1.575.420,00 €	420.420,00 €	1.155.000,00 €	8.085.000,00 €	3.465.000,00 €
4	1.522.867,50 €	367.867,50 €	1.155.000,00 €	6.930.000,00 €	4.620.000,00 €
5	1.470.315,00 €	315.315,00 €	1.155.000,00 €	5.775.000,00 €	5.775.000,00 €
6	1.417.762,50 €	262.762,50 €	1.155.000,00 €	4.620.000,00 €	6.930.000,00 €
7	1.365.210,00 €	210.210,00 €	1.155.000,00 €	3.465.000,00 €	8.085.000,00 €
8	1.312.657,50 €	157.657,50 €	1.155.000,00 €	2.310.000,00 €	9.240.000,00 €
9	1.260.105,00 €	105.105,00 €	1.155.000,00 €	1.155.000,00 €	10.395.000,00 €
10	1.207.552,50 €	52.552,50 €	1.155.000,00 €	- €	11.550.000,00 €



ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS Y OBRAS.

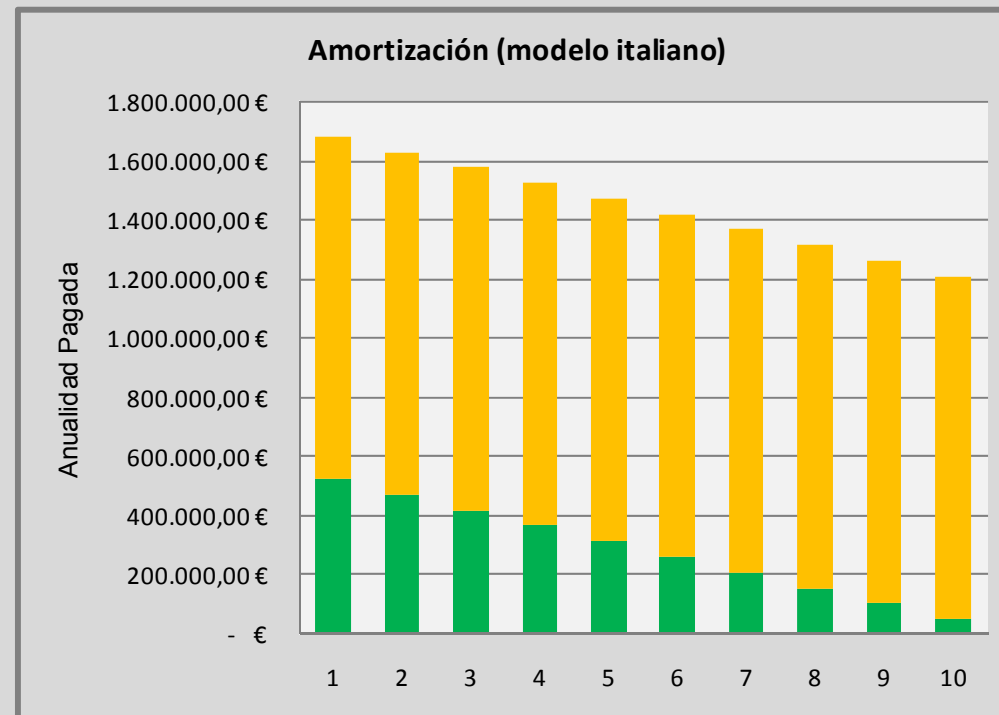
PRÁCTICAS. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS DE INGENIERÍA

Indicadores Económicos

Proyecto - Ejemplo

Financiación - Costes

Amortización según **Modelo Italiano** (el que vamos a utilizar). El pago de principal es constante a lo largo del préstamo.





ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS Y OBRAS.

PRÁCTICAS. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS DE INGENIERÍA

Indicadores Económicos

Proyecto - Ejemplo

Financiación - Costes

Amortización según **Modelo Francés** (otro ejemplo, pero no el utilizado en este caso). La cuota anual pagada es constante a lo largo de todo del préstamo.

CUADRO DE AMORTIZACIONES					
Año	Anualidad	C. Intereses	C. Amortización	Cap. Vivo	Cap. Amortizado
0				11.550.000,00 €	
1	1.463.266,03 €	525.525,00 €	937.741,03 €	10.612.258,97 €	937.741,03 €
2	1.463.266,03 €	482.857,78 €	980.408,25 €	9.631.850,72 €	1.918.149,28 €
3	1.463.266,03 €	438.249,21 €	1.025.016,82 €	8.606.833,89 €	2.943.166,11 €
4	1.463.266,03 €	391.610,94 €	1.071.655,09 €	7.535.178,80 €	4.014.821,20 €
5	1.463.266,03 €	342.850,64 €	1.120.415,40 €	6.414.763,41 €	5.135.236,59 €
6	1.463.266,03 €	291.871,74 €	1.171.394,30 €	5.243.369,11 €	6.306.630,89 €
7	1.463.266,03 €	238.573,29 €	1.224.692,74 €	4.018.676,37 €	7.531.323,63 €
8	1.463.266,03 €	182.849,77 €	1.280.416,26 €	2.738.260,12 €	8.811.739,88 €
9	1.463.266,03 €	124.590,84 €	1.338.675,20 €	1.399.584,92 €	10.150.415,08 €
10	1.463.266,03 €	63.681,11 €	1.399.584,92 €	0,00 €	11.550.000,00 €



ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS Y OBRAS.

PRÁCTICAS. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS DE INGENIERÍA

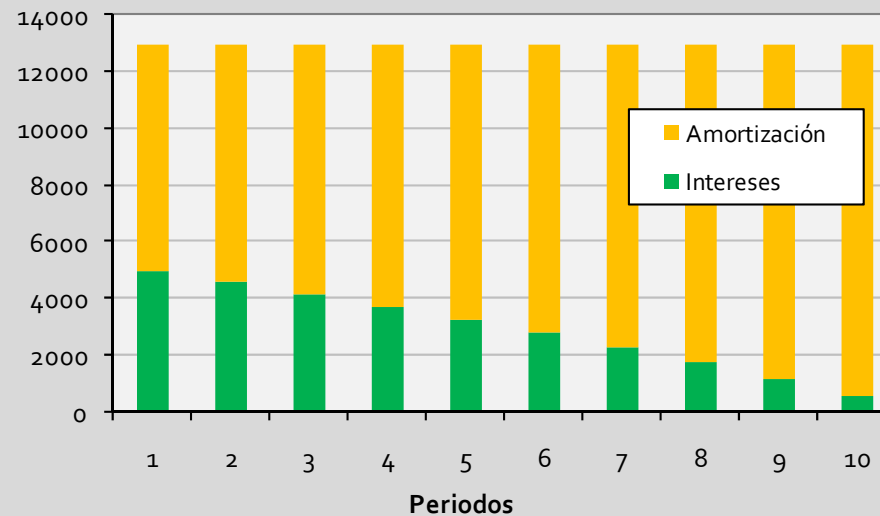
Indicadores Económicos

Proyecto - Ejemplo

Financiación - Costes

Amortización según **Modelo Francés** (otro ejemplo, pero no el utilizado en este caso). La cuota anual pagada es constante a lo largo de todo del préstamo.

Amortización Modelo Francés





Indicadores Económicos

Proyecto - Ejemplo

1

Ingresos - Ventas

Costes
Producción

Margen
Operativo



Ingresos
Euros
2.482.093,12 €
2.516.842,42 €
2.552.078,22 €
2.587.807,31 €
2.624.036,62 €
2.660.773,13 €
2.698.023,95 €
2.735.796,29 €
2.774.097,43 €
2.812.934,80 €
2.852.315,89 €
2.892.248,31 €
2.932.739,78 €
2.973.798,14 €
3.015.431,32 €
3.057.647,35 €
3.100.454,42 €
3.143.860,78 €
3.187.874,83 €
3.232.505,08 €



Gastos (inc. Gastos generales)
Euros
320.000,00 €
326.400,00 €
332.928,00 €
339.586,56 €
346.378,29 €
353.305,86 €
360.371,97 €
367.579,41 €
374.931,00 €
382.429,62 €
390.078,21 €
397.879,78 €
405.837,37 €
413.954,12 €
422.233,20 €
430.677,87 €
439.291,43 €
448.077,25 €
457.038,80 €
466.179,58 €



Margen Operativo Bruto
Euros
2.162.093,12 €
2.190.442,42 €
2.219.150,22 €
2.248.220,75 €
2.277.658,32 €
2.307.467,27 €
2.337.651,98 €
2.368.216,87 €
2.399.166,43 €
2.430.505,18 €
2.462.237,67 €
2.494.368,53 €
2.526.902,41 €
2.559.844,02 €
2.593.198,11 €
2.626.969,49 €
2.661.162,99 €
2.695.783,52 €
2.730.836,03 €
2.766.325,50 €



Indicadores Económicos

Proyecto - Ejemplo

3

Beneficios Antes de Impuestos

Impuestos

Beneficios Neto



Beneficio antes de Impuestos	
Euros	
320.609,79 €	
489.136,59 €	
570.396,88 €	
652.019,92 €	
734.009,99 €	
816.371,44 €	
899.108,64 €	
982.226,04 €	
1.065.728,10 €	
1.149.619,34 €	
1.233.904,34 €	
1.266.035,20 €	
2.444.402,41 €	
2.477.344,02 €	
2.510.698,11 €	
2.544.469,49 €	
2.578.662,99 €	
2.613.283,52 €	
2.648.336,03 €	
2.683.825,50 €	



Cuota Impuestos (35%)	
Euros	
112.213,43 €	
171.197,81 €	
199.638,91 €	
228.206,97 €	
256.903,50 €	
285.730,00 €	
314.688,03 €	
343.779,11 €	
373.004,83 €	
402.366,77 €	
431.866,52 €	
443.112,32 €	
855.540,84 €	
867.070,41 €	
878.744,34 €	
890.564,32 €	
902.532,05 €	
914.649,23 €	
926.917,61 €	
938.338,93 €	



Beneficio neto después impuestos	
Euros	
208.396,36 €	
317.938,78 €	
370.757,97 €	
423.812,95 €	
477.106,49 €	
530.641,43 €	
584.420,62 €	
638.446,93 €	
692.723,26 €	
747.252,57 €	
802.037,82 €	
822.922,88 €	
1.588.861,57 €	
1.610.273,61 €	
1.631.953,77 €	
1.653.905,17 €	
1.676.130,94 €	
1.698.634,29 €	
1.721.418,42 €	
1.744.486,58 €	



Indicadores Económicos

Proyecto - Ejemplo

4

Beneficios Neto



Depreciación de Activos



Flujo Neto de Caja



Beneficio neto después impuestos	
Euros	
208.396,36 €	
317.938,78 €	
370.757,97 €	
423.812,95 €	
477.106,49 €	
530.641,43 €	
584.420,62 €	
638.446,93 €	
692.723,26 €	
747.252,57 €	
802.037,82 €	
822.922,88 €	
1.588.861,57 €	
1.610.273,61 €	
1.631.953,77 €	
1.653.905,17 €	
1.676.130,94 €	
1.698.634,29 €	
1.721.418,42 €	
1.744.486,58 €	

Depreciación activos fijos	
Euros	
1.228.333,33 €	
1.228.333,33 €	
1.228.333,33 €	
1.228.333,33 €	
1.228.333,33 €	
1.228.333,33 €	
1.228.333,33 €	
1.228.333,33 €	
1.228.333,33 €	
1.228.333,33 €	
1.228.333,33 €	
1.228.333,33 €	
1.228.333,33 €	
82.500,00 €	
82.500,00 €	
82.500,00 €	
82.500,00 €	
82.500,00 €	
82.500,00 €	
82.500,00 €	
82.500,00 €	
82.500,00 €	
82.500,00 €	



Flujo Neto Caja	
Euros	
-154.000.000,00	
1.436.729,69 €	
1.546.272,12 €	
1.599.091,31 €	
1.652.146,28 €	
1.705.439,83 €	
1.758.974,77 €	
1.812.753,95 €	
1.866.780,26 €	
1.921.056,60 €	
1.975.585,91 €	
2.030.371,15 €	
2.051.256,21 €	
1.671.361,57 €	
1.692.773,61 €	
1.714.453,77 €	
1.736.405,17 €	
1.758.630,94 €	
1.781.134,29 €	
1.803.918,42 €	
1.826.986,58 €	



ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS Y OBRAS.

PRÁCTICAS. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS DE INGENIERÍA

Indicadores Económicos

Proyecto - Ejemplo

5

Flujo Neto de Caja



Actualización
 $(1/(1+i)^n)$



Flujo Neto de Caja Actualizado



Flujo Neto Caja	
Euros	
-	154.000.000,00
1.436.729,69	€
1.546.272,12	€
1.599.091,31	€
1.652.146,28	€
1.705.439,83	€
1.758.974,77	€
1.812.753,95	€
1.866.780,26	€
1.921.056,60	€
1.975.585,91	€
2.030.371,15	€
2.051.256,21	€
1.671.361,57	€
1.692.773,61	€
1.714.453,77	€
1.736.405,17	€
1.758.630,94	€
1.781.134,29	€
1.803.918,42	€
1.826.986,58	€



FNC Actualizado (cálculo del VAN)	
Euros	
-	15.400.000,00 €
1.381.470,86	€
1.429.615,49	€
1.421.586,35	€
1.412.261,57	€
1.401.747,22	€
1.390.143,31	€
1.377.544,02	€
1.364.038,05	€
1.349.708,88	€
1.334.635,05	€
1.318.890,39	€
1.281.208,58	€
1.003.776,45	€
977.534,58	€
951.975,32	€
927.080,91	€
902.834,08	€
879.217,97	€
856.216,21	€
833.812,82	€



Indicadores Económicos

Proyecto - Ejemplo

6

Resultado del Estudio de Viabilidad

TIR (%)	9,32%
Pay-Back	12 años
Interés para VAN	4,00%
VAN	8.395.298,12 €



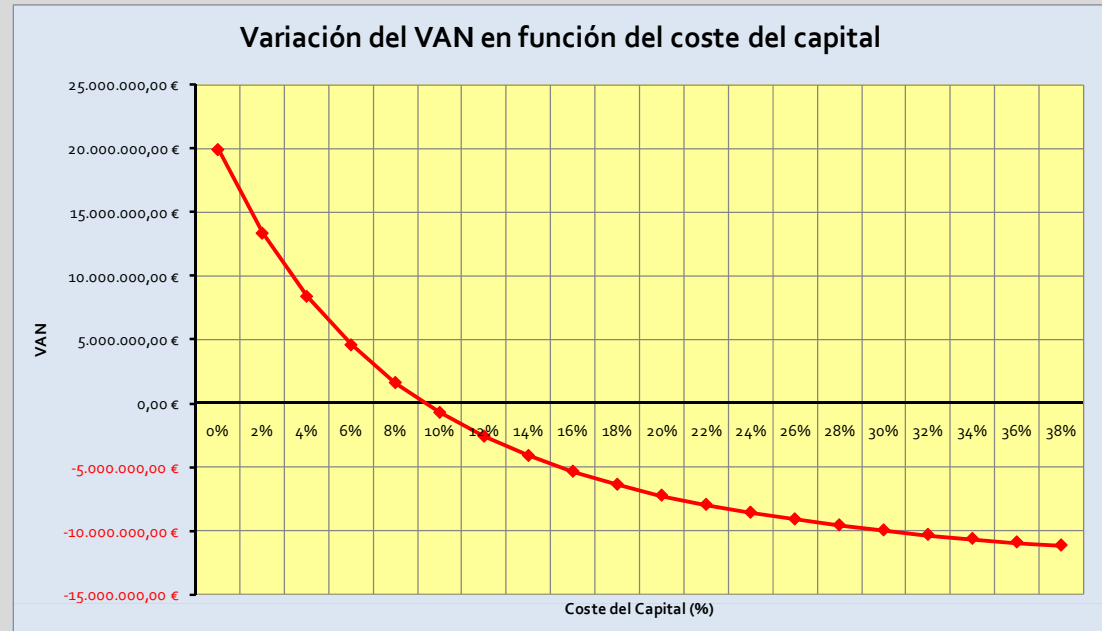
Indicadores Económicos

Proyecto - Ejemplo

6

Estudio de la variabilidad del VAN en función del interés considerado

Análisis del VAN en función del Interés considerado		
Interés Inicial		0%
Intervalos crecimiento		2%
	Coste Capital	VAN
Caso 1	0%	19.942.122,43 €
Caso 2	2%	13.368.900,16 €
Caso 3	4%	8.395.298,12 €
Caso 4	6%	4.577.525,01 €
Caso 5	8%	1.605.847,90 €
Caso 6	10%	-738.534,58 €
Caso 7	12%	-2.612.031,02 €
Caso 8	14%	-4.127.753,96 €
Caso 9	16%	-5.368.438,48 €
Caso 10	18%	-6.395.274,74 €
Caso 11	20%	-7.254.010,13 €
Caso 12	22%	-7.979.208,20 €
Caso 13	24%	-8.597.250,90 €
Caso 14	26%	-9.128.475,60 €
Caso 15	28%	-9.588.710,89 €
Caso 16	30%	-9.990.390,59 €
Caso 17	32%	-10.343.369,13 €
Caso 18	34%	-10.655.523,82 €
Caso 19	36%	-10.933.203,36 €
Caso 20	38%	-11.181.564,93 €





ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS Y OBRAS.

PRÁCTICAS. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS DE INGENIERÍA

**ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DE
PROYECTOS Y OBRAS. PRÁCTICAS**

**EVALUACIÓN ECONÓMICA
DE PROYECTOS DE INGENIERÍA**

*Área de Proyectos de Ingeniería
Dpto. de Ingeniería Civil
Universidad de Granada
Noviembre de 2009*