

Optimización de Proyectos

Loreto Tamblay
loreto.tamblay@sdgworld.net
Primavera 2008

Temas

- Estudiar como maximizar el aporte a la riqueza de un proyecto en particular, seleccionando las mejores alternativas posibles en términos de:
 - Tiempo de inicio del proyecto.
 - Tamaño de la inversión.
 - Momento de liquidación.
 - Reemplazo de maquinarias.
 - Localización.
 - Selección de proyectos en una cartera.

Momento optimo de inicio

- Puede ser que sea más rentable invertir en el futuro en un proyecto que hoy, principalmente por cambios en los flujos.
- Metodología: Comparar el proyecto de postergar el proyecto con la situación base que es no postergar.
 - Si delta VAN > 0 → postergo
 - Si delta VAN < 0 → lo realizo hoy

Momento optimo de inicio

- Inversión dura para siempre y los beneficios son función del tiempo calendario, independiente de cuando se construye el proyecto

$$VAN_0 = -I + \frac{F_1}{(1+r)} + \frac{F_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+r)^n} + \dots$$

$$VAN_1 = \frac{-I}{(1+r)} + \frac{F_2}{(1+r)^2} + \frac{F_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{F_n}{(1+r)^n} + \dots$$

$$\Delta VAN = VAN_1 - VAN_0$$

$$\Delta VAN = \frac{-I}{(1+r)} + I - \frac{F_1}{(1+r)} = \frac{r \cdot I - F_1}{(1+r)}$$

- si $\Delta VAN > 0$ → postergar, lo que ocurrirá hasta que $F_1 = r \cdot I$
 - Si $F_t < I \cdot r$ → Postergar a t+1
 - Si $F_t > I \cdot r$ → Invertir en t

Momento optimo de inicio

- Inversión con duración finita y los beneficios son función del tiempo calendario, independiente de cuando se construye el proyecto

$$VAN_0 = -I + \frac{F_1}{(1+r)} + \frac{F_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+r)^n}$$

$$VAN_1 = \frac{-I}{(1+r)} + \frac{F_2}{(1+r)^2} + \frac{F_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{F_{n+1}}{(1+r)^{n+1}}$$

$$\Delta VAN = VAN_1 - VAN_0$$

$$\Delta VAN = \frac{-I}{(1+r)} + I - \frac{F_1}{(1+r)} + \frac{F_{n+1}}{(1+r)^{n+1}} = \frac{r \cdot I - F_1}{(1+r)} + \frac{F_{n+1}}{(1+r)^{n+1}}$$

- Se debe calcular el ΔVAN para cada año.

Tamaño y momento y de liquidación

- Tamaño Optimo: Se aumenta la inversión siempre que el VAN marginal sea positivo.

$$\Delta VPN = \Delta I - \sum_{t=1}^n \frac{\Delta F_t}{(1+r)^t}$$

entonces el tamaño óptimo es

$$\Delta I = \sum_{t=1}^n \frac{\Delta F_t}{(1+r)^t}$$

- Momento optimo de liquidación: El n óptimo se alcanza cuando el delta VAN es cero.

$$F_n^{base} \geq F_n^{posterga} + \frac{F_{n+1}^{posterga}}{(1+r)}$$

Momento de liquidación

- Ejemplo:
- Se tiene MM\$100 para invertir en una plantación de árboles
 - Este monto cubre toda la inversión inicial que hay que efectuar.
 - La siguiente tabla muestra la tasa de crecimiento del valor del bosque para cada uno de los 12 años.
 - La rentabilidad de un negocio alternativo es 3.5% anual

Año	Tasa de Crecimiento	Año	Tasa de Crecimiento
1	6.0%	7	10.0%
2	6.5%	8	6.0%
3	7.5%	9	5.0%
4	13.0%	10	4.5%
5	12.0%	11	3.5%
6	11.0%	12	2.5%

Momento de liquidación

- Ejemplo
 - ¿Cuándo debe vender el bosque si este inversionista no desea permanecer para siempre en el negocio de árboles? ¿En cuanto aumenta su riqueza?
 - ¿Cuándo debe vender el bosque si el inversionista quiere quedarse para siempre en el negocio de árboles?
 - Otro inversionista ve que existe la posibilidad de comprar el bosque en cualquier año, por lo que está viendo la posibilidad de también invertir en este negocio. Si su costo de oportunidad es el mismo. ¿Cuándo debería comprar el bosque para obtener la mayor rentabilidad?

	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12
Tasa Crecimiento	6%	7%	8%	13%	12%	11%	10%	6%	5%	5%	4%	3%
Valor del Bosque	106	112.89	121.36	137.13	153.59	170.48	187.53	198.78	208.72	218.12	225.75	231.39
VPN	2.42	5.38	9.46	19.50	29.32	38.69	47.40	50.96	53.15	54.63	54.63	53.13
BAUE	2.50	2.83	3.38	5.31	6.49	7.26	7.75	7.41	6.99	6.57	6.07	5.50
TIR	6.0%	6.2%	6.7%	8.2%	9.0%	9.3%	9.4%	9.0%	8.5%	8.1%	7.7%	7.2%
TIR Mg	6.0%	6.5%	7.5%	13.0%	12.0%	11.0%	10.0%	6.0%	5.0%	4.5%	3.5%	2.5%

Momento de liquidación

- Ejemplo
 - ¿Cuándo debe vender el bosque si este inversionista no desea permanecer para siempre en el negocio de árboles? ¿En cuanto aumenta su riqueza? → MAX VPN
 - ¿Cuándo debe vender el bosque si el inversionista quiere quedarse para siempre en el negocio de árboles? → MAX BAUE
 - Otro inversionista ve que existe la posibilidad de comprar el bosque en cualquier año, por lo que está viendo la posibilidad de también invertir en este negocio. Si su costo de oportunidad es el mismo. ¿Cuándo debería comprar el bosque para obtener la mayor rentabilidad? → MAX TIR Mg

	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12
Tasa Crecimiento	6%	7%	8%	13%	12%	11%	10%	6%	5%	5%	4%	3%
Valor del Bosque	106	112.89	121.36	137.13	153.59	170.48	187.53	198.78	208.72	218.12	225.75	231.39
VPN	2.42	5.38	9.46	19.50	29.32	38.69	47.40	50.96	53.15	54.63	54.63	53.13
BAUE	2.50	2.83	3.38	5.31	6.49	7.26	7.75	7.41	6.99	6.57	6.07	5.50
TIR	6.0%	6.2%	6.7%	8.2%	9.0%	9.3%	9.4%	9.0%	8.5%	8.1%	7.7%	7.2%
TIR Mg	6.0%	6.5%	7.5%	13.0%	12.0%	11.0%	10.0%	6.0%	5.0%	4.5%	3.5%	2.5%

Momento optimo de reemplazo

- La idea es maximizar el BAUE (CAUE si los beneficios no dependen del ciclo de reemplazo)

$$N^* = n / \max_n \{BAUE_n\}$$

Decisiones de localización

- Se hace una evaluación de VAN marginales, respecto a una situación base. Los principales factores determinantes son:
 - Medios y costos de transporte.
 - Cercanía a puertos (frutas), aeropuertos (flores)
 - Disponibilidad y costo de la mano de obra.
 - Empresas de consultoría, maquilas en México.
 - Cercanía de proveedores y clientes.
 - Plantas de celulosa, madera, hierro, acero. Comercio en general.
 - Factores ambientales.
 - Planta Ralco, Contaminación, Planta Valdivia de Arauco.
 - Costos y disponibilidad de terrenos.
 - Bombas de bencina, barrios industriales.
 - Impuestos e incentivos legales.
 - Restricción anillo Vespucio, Zonas francas.

Cartera de proyectos

- Los proyectos pueden ser
 - Independientes: La ejecución de un proyecto no afecta en nada los flujos del otro.
 - Complementariamente dependientes: Cuando la ejecución de un proyecto afecta positivamente los flujos del otro.
 - Sustitutos: Cuando la ejecución de un proyecto afecta negativamente a otro
- Sin Restricción de capitales
 - Independientes: Realizar todos los proyectos con VAN positivo. Si sobra capital, invertirlo en su costo de oportunidad.
 - Mutuamente excluyentes (sustitutos perfectos): Elegir el de mayor VAN
 - Dependientes: Sean A y B dos proyectos dependientes. Depende del caso

Cartera de proyectos

- Caso 1: $VAN(A) > 0$ y B complementario
 - Si no se ejecuta B, entonces $VAN(A) = VAN(A/sB) > 0$
 - Como son complementarios B no altera la decisión de realizar A.
 - Si se ejecuta B, luego el $VAN(A)$ sube a $VAN(A/cB) > VAN(A/sB) > 0$
 - Para ver si se realiza B hay que analizar si $VAN(B) + VAN(A/cB) - VAN(A/sB) > 0$
- Caso 2: $VAN(A) > 0$ y B sustituto
 - Si B disminuye el $VAN(A)$ tal que $VAN(A/sB) > VAN(A/cB) > 0$, hay que sumar en B el efecto negativo (delta $VAN(A)$)
 - Si $VAN(B) - (VAN(A/cB) - VAN(A/sB)) < 0$ sólo se hace A y no B.
 - Si $VAN(B) - (VAN(A/cB) - VAN(A/sB)) > 0$, se hacen ambos
 - Si B es tan negativo para A que hace que $VAN(A)$ sea negativo, entonces se carga todo lo que se hubiera perdido en A.

Cartera de proyectos

- Caso 3: $VAN(A) < 0$ y B complementario
 - Si aumento de $VAN(A)$ no es suficiente y $VAN(A) < 0$ después de realizado B
 - Como A no se iba a realizar y no se va a realizar, es irrelevante.
 - Si el $VAN(A)$ sube tq' $VAN(A/cB) > 0$
 - Se suman a B sólo el nuevo VAN positivo que obtiene A, ya que la alternativa es no realizar el proyecto.

Cartera de proyectos

- Con Restricción de capitales
 - Para proyectos independientes hay que seleccionar las inversiones tales que su VPN **en conjunto** sea el máximo
- Sea la siguiente cartera de proyectos

$$\max \alpha_i VAN_i$$

s.a.

$$\sum_i \alpha_i I_i \leq \bar{I}$$

Periodo	0	1	2	VAN (10%)
A	-10	30	2	18,9
B	-3	5	20	18,1
C	-5	5	15	11,9

- Tenemos un capital restringido: 10
 - Si los proyectos son divisibles me conviene hacer el 20% de A, y el 100% de B y C.
 - Si los proyectos no son divisibles, hago B y C

Ejemplo

- Para $r=10\%$ y un presupuesto de MM\$ 1.000

	VAN	Inversión	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9 ...
A	\$ 4,55	-10	16								
B	\$ 16,39	-20	2	2	2	46					
C	\$ 67,76	-50	10	10	120	15					
D	\$ 0,91	-70	78								
E	\$ 63,64	-100			180						
F	\$ 48,37	-150	12	12	12	12	12	12	12	300	
G	\$ 13,40	-200	40	40	40	40	40	40	40	40	40 infinito
H	\$ 29,61	-250	-30	40	100	200	100				
I	\$ 134,18	-270	50	100	100	100	100	125			
J	\$ 233,88	-400	70	690							

Ejemplo

- Opción 1: ¿VAN? → J, G, I, C
- ¿Qué pasa con los 80 MM\$ que sobran?

Criterio 1

	VAN	Inversión Acumulada	VAN acum
J	\$ 233,88	\$ 400,00	\$ 233,88
G	\$ 200,00	\$ 600,00	\$ 433,88
I	\$ 134,18	\$ 870,00	\$ 568,07
C	\$ 67,76	\$ 920,00	\$ 635,83
E	\$ 63,64	\$ 1.020,00	\$ 699,46
F	\$ 48,37	\$ 1.170,00	\$ 747,84
H	\$ 29,61	\$ 1.420,00	\$ 777,45
B	\$ 16,39	\$ 1.440,00	\$ 793,84
A	\$ 4,55	\$ 1.450,00	\$ 798,38
D	\$ 0,91	\$ 1.520,00	\$ 799,29

- Divisibles:
Comprar 80% de E → VAN=686,7
- No Div: Invertir 80 al costo de oportunidad → VAN=635,8

Ejemplo

- Opción 2: ¿IVAN? → C, G, B, E, J
- ¿Qué pasa con los 230 MM\$ que sobran?

Criterio 2

	IVAN	Inversión Acumulada	VAN acum
C	\$ 1,36	\$ 50,00	\$ 67,76
G	\$ 1,00	\$ 250,00	\$ 267,76
B	\$ 0,82	\$ 270,00	\$ 284,15
E	\$ 0,64	\$ 370,00	\$ 347,79
J	\$ 0,58	\$ 770,00	\$ 581,67
I	\$ 0,50	\$ 1.040,00	\$ 715,85
A	\$ 0,45	\$ 1.050,00	\$ 720,40
F	\$ 0,32	\$ 1.200,00	\$ 768,77
H	\$ 0,12	\$ 1.450,00	\$ 798,38
D	\$ 0,01	\$ 1.520,00	\$ 799,29

- Divisibles:
Comprar 85,2% de I → VAN=696
- No Div: Invertir 230 al costo de oportunidad → VAN=581,67

- Cuando los proyectos son divisibles conviene usar el IVAN

Ejemplo

- Opción 3: Modelo lineal
- Si no puedo realizar mas de una vez el proyecto y son divisibles:

	Inversión efectiva	% VAN	Aporte VAN
A	-	0,0%	\$ 0,00
B	20,0	100,0%	\$ 16,39
C	50,0	100,0%	\$ 67,76
D	-	0,0%	\$ 0,00
E	100,0	100,0%	\$ 63,64
F	-	0,0%	\$ 0,00
G	200,0	100,0%	\$ 200,00
H	-	0,0%	\$ 0,00
I	230,0	85,2%	\$ 114,30
J	400,0	100,0%	\$ 233,88
Inversión total	1000		\$ 695,98 VAN
Remanente	0		
Inversión permitida	1000		

- Igual al resultado obtenido por IVAN

Ejemplo

- Opción 3: Modelo lineal
- Si puedo realizar más de una vez el proyecto (invertir más de 100% en cada uno) y son divisibles :

	Inversión efectiva	% VAN	Aporte VAN
A	-	0,0%	\$ 0,00
B	214,9	1074,3%	\$ 176,10
C	329,5	659,0%	\$ 446,51
D	-	0,0%	\$ 0,00
E	100,1	100,1%	\$ 63,73
F	-	0,0%	\$ 0,00
G	216,2	108,1%	\$ 216,17
H	-	0,0%	\$ 0,00
I	55,7	20,6%	\$ 27,67
J	83,7	20,9%	\$ 48,92
Inversión total	1000		\$ 979,10 VAN
Remanente	0		
Inversión permitida	1000		

Ejemplo

- Opción 3: Modelo lineal
- Si puedo realizar sólo una vez el proyecto y no son divisibles:

	Inversión efectiva	% VAN	Aporte VAN
A	10,0	100,0%	\$ 4,55
B	20,0	100,0%	\$ 16,39
C	50,0	100,0%	\$ 67,76
D	-	0,0%	\$ 0,00
E	-	0,0%	\$ 0,00
F	-	0,0%	\$ 0,00
G	200,0	100,0%	\$ 200,00
H	-	0,0%	\$ 0,00
I	270,0	100,0%	\$ 134,18
J	400,0	100,0%	\$ 233,88
Inversión total	950	950	\$ 656,76
Remanente	50		
Inversión permitida	1000		