

Evaluación de Proyectos [CI4152-1]

Optimización de Proyectos – Momento Óptimo de Repetición, Decisiones de Localización y Selección en una Cartera de Proyectos.

Semestre de Primavera 2024.

Profesor de Cátedra: Diego Gutiérrez Alegría.

Repaso Clase Anterior

- Periodo Óptimo de Reemplazo.
- Tamaño Óptimo de la Inversión.
- Momento Óptimo de Liquidación.
- Diferencia en la conclusión del MOL en base a si un proyecto es o no repetible.

Repaso Clase Anterior

$t_d: 15\%, g = 5\%$

Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Demanda	0	8000	8400	8820	9261	9724,05	10210,2525	10720,7651	11256,8034	11819,6436	12410,6257
0	\$ -5.500	\$ 800	\$ 840	\$ 882	\$ 926	\$ 972	\$ 1.021	\$ 1.072	\$ 1.126	\$ 1.182	\$ 1.241
1	\$ -	\$ -5.500	\$ 840	\$ 882	\$ 926	\$ 972	\$ 1.021	\$ 1.072	\$ 1.126	\$ 1.182	\$ 1.241
2	\$ -	\$ -	\$ -5.500	\$ 882	\$ 926	\$ 972	\$ 1.021	\$ 1.072	\$ 1.126	\$ 1.182	\$ 1.241
3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -5.500	\$ 926	\$ 972	\$ 1.021	\$ 1.072	\$ 1.126	\$ 1.182	\$ 1.241
4	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -5.500	\$ 972	\$ 1.021	\$ 1.072	\$ 1.126	\$ 1.182	\$ 1.241
5	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -5.500	\$ 1.021	\$ 1.072	\$ 1.126	\$ 1.182	\$ 1.241

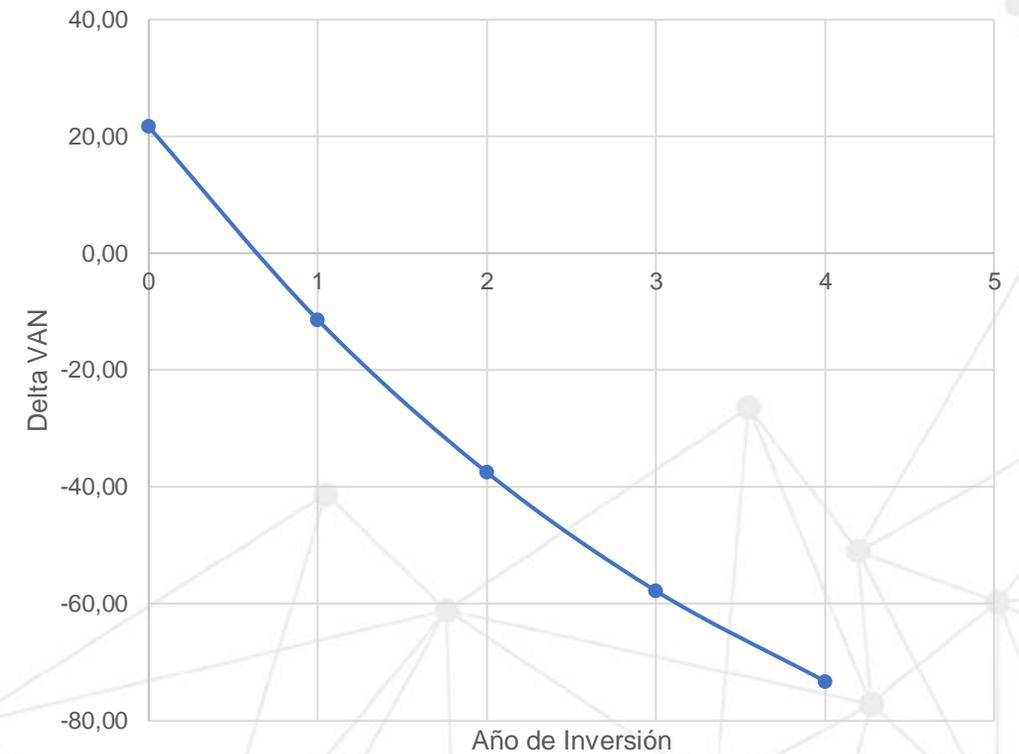
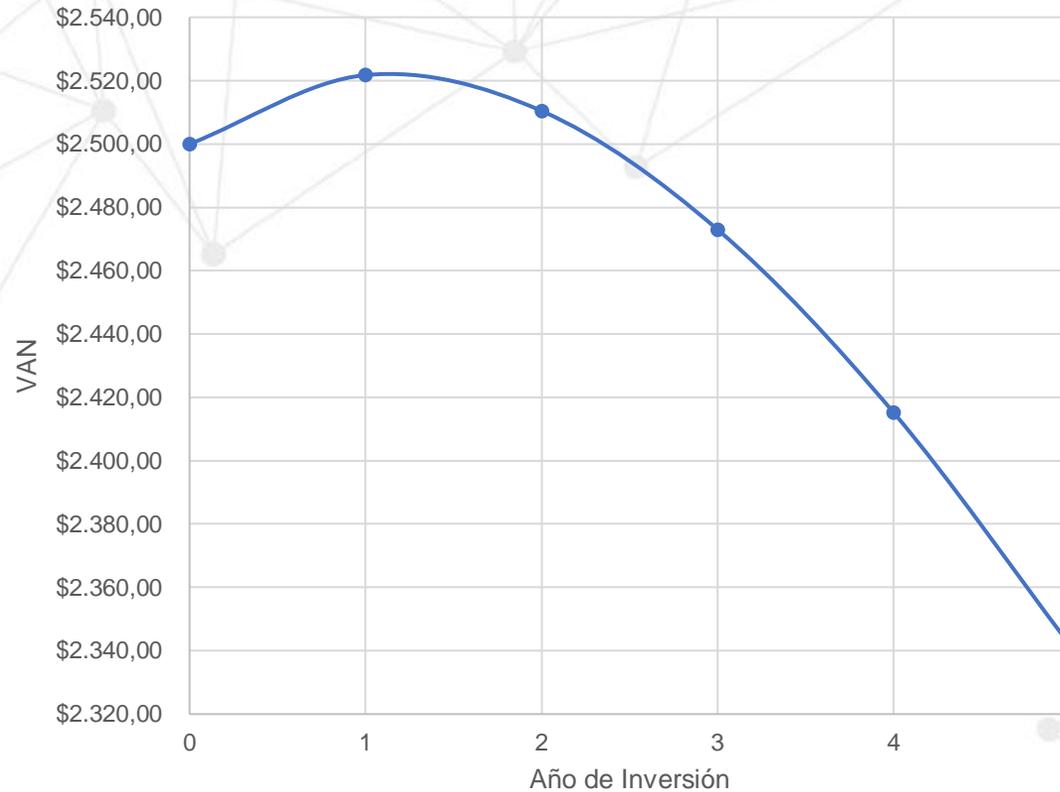
Año de Inicio	VAN
0	\$ 2.500,00
1	\$ 2.521,74
2	\$ 2.510,40
3	\$ 2.472,92
4	\$ 2.415,11
5	\$ 2.341,83

Año de Inicio	Delta VAN
0	\$ 21,74
1	\$ -11,34
2	\$ -37,48
3	\$ -57,80
4	\$ -73,29

Año de Inicio	TRI
0	14,55%
1	15,27%
2	16,04%
3	16,84%
4	17,68%
5	18,56%

←
Momento Óptimo de Inicio: Inversión en el año 1.

Repaso Clase Anterior



Ejemplos

Problema 1: Supongamos que la construcción de una carretera requiere una inversión de \$200, que existe una tasa de descuento del 10 %, que los beneficios dependen únicamente del tiempo, que la inversión dura permanentemente. Supongamos también que los beneficios anuales crecen a razón de \$1 por año indefinidamente, es decir, $F_1 = 1, F_2 = 2, \dots, F_k = k$.

¿Conviene invertir hoy o conviene aplazarlo para mañana?
¿Cuál es el Momento Óptimo de Inversión?

Ejemplos

Problema 2: Su compañía se presentará a una licitación para adjudicarse una concesión para construir y operar un tren rápido a la Quinta Región. El reglamento de concesión exige cobrar un precio por pasaje de no más de US\$ 8,5 y que el tren se mantenga operando durante mucho tiempo (infinito). No obstante, debido a la crisis se le permite a la empresa iniciar la operación del tren en cualquiera de los próximos 5 años, al cabo de los cuales si no es construido la concesión se pierde. Además, dado que el proyecto tiene importantes implicancias sociales, se encuentra exento de impuestos para todo el horizonte de planeación. El tren rápido posee costos de operación fijos por US\$ 100.000 anuales (los que permitirían su operación hasta infinito), mientras que los costos variables alcanzarían los US\$ 5 por pasajero. La demanda durante el primer año se ha estimado en 50.000 pasajeros. Debido al crecimiento poblacional y económico de la región, esta demanda crecerá en un 5% cada año, pudiendo el tren absolverla sin nuevas inversiones en el futuro. Si la inversión inicial requerida alcanza a US\$ 1.000.000 y la tasa de costo de oportunidad a un 10% anual, entonces:

¿Cuál es el máximo VAN privado del proyecto? Asuma que la inversión es constante y que los flujos son independientes del momento en que se construye el proyecto.

Ejemplos

Problema 3: Juanito fabrica y vende empanadas vegetarianas obteniendo un flujo de caja neto de \$1.000 por cada una. Su producción actual anual de empanadas asciende a las 60.000 por año. Juanito está estudiando la posibilidad de ampliar la fábrica de empanadas, para lo cual necesita invertir \$500.000.000 en hornos. Esta inversión le permitirá a Juanito obtener un flujo de caja neto anual adicional (con respecto a la situación sin proyecto) de \$75.000.000. Si invierte \$600.000.000 en hornos podrá obtener un flujo de caja neto anual adicional, con respecto a la situación sin proyecto, de \$87.000.000. El proveedor de hornos le comunica a Juanito que si a la inversión de \$600.000.000 en hornos le agrega una pieza adicional por \$100.000.000, podrá obtener un flujo de caja neto anual adicional, con respecto a la situación sin proyecto, de \$93.000.000.

Suponga que el horno no se deprecia. La tasa de descuento relevante es el 10% anual. ¿Cuál es el tamaño óptimo de producción de empanadas?

Ejemplos

Problema 4: Un Gerente de Operaciones le contrata con el fin de determinar cuál es el momento óptimo de reemplazo de una máquina. El costo de oportunidad relevante de la empresa es del 12% anual y su costo de inversión es de \$15.000. Las ventas y los costos de operación que genera la máquina dependiendo del paso de los años se detallan a continuación:

Año	Ventas (\$)	Costo de Operación (\$)
1	10.000	2.500
2	7.500	2.700
3	5.000	3.000
4	1.000	5.000
5	0	8.000

No considere impuesto a la renta y asuma que la compra de la máquina es un proyecto repetible en las mismas condiciones del ciclo original. El Valor Residual es siempre nulo.

Momento Óptimo de Repetición

Con respecto a un proyecto completo, para conocer cuánto es el VAN total al repetir dicho proyecto indefinidamente, y poder comparar diferentes periodos de reemplazo analizados:

Van de un ciclo cuyo horizonte es de N periodos:

$$VAN(N, 1) = -I + \sum_{i=1}^N \frac{F_i}{(1+r)^i}$$

Van de n ciclos:

$$VAN(N, n) = VAN(N, 1) + \frac{VAN(N, 1)}{(1+r)^N} + \dots + \frac{VAN(N, 1)}{(1+r)^{N \cdot n}}$$

$$VAN(N, n) = VAN(N, 1) \cdot \left(\frac{1 - \left(\frac{1}{(1+r)^N} \right)^{n+1}}{1 - \frac{1}{(1+r)^N}} \right)$$

Momento Óptimo de Repetición

Con respecto a un proyecto completo, para conocer cuánto es el VAN total al repetir dicho proyecto indefinidamente, y poder comparar diferentes periodos de reemplazo analizados:

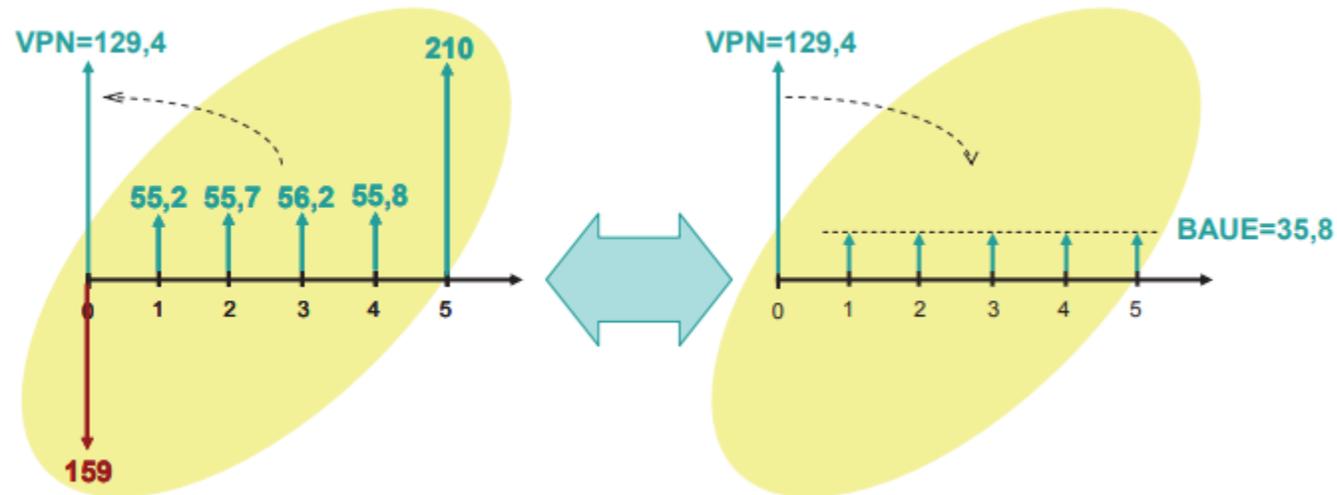
Van de N ciclos:

$$VAN(N, n) = VAN(N, 1) \cdot \left(\frac{1 - \left(\frac{1}{(1+r)^N} \right)^{n+1}}{1 - \frac{1}{(1+r)^N}} \right)$$

Van de infinitos ciclos:

$$VAN_{\infty} = \lim_{n \rightarrow \infty} VAN(N, n) = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(VAN(N, 1) \cdot \left(\frac{1 - \left(\frac{1}{(1+r)^N} \right)^{n+1}}{1 - \frac{1}{(1+r)^N}} \right) \right) = VAN(N, 1) \cdot \frac{(1+r)^N}{(1+r)^N - 1} = \frac{BAUE}{r}$$

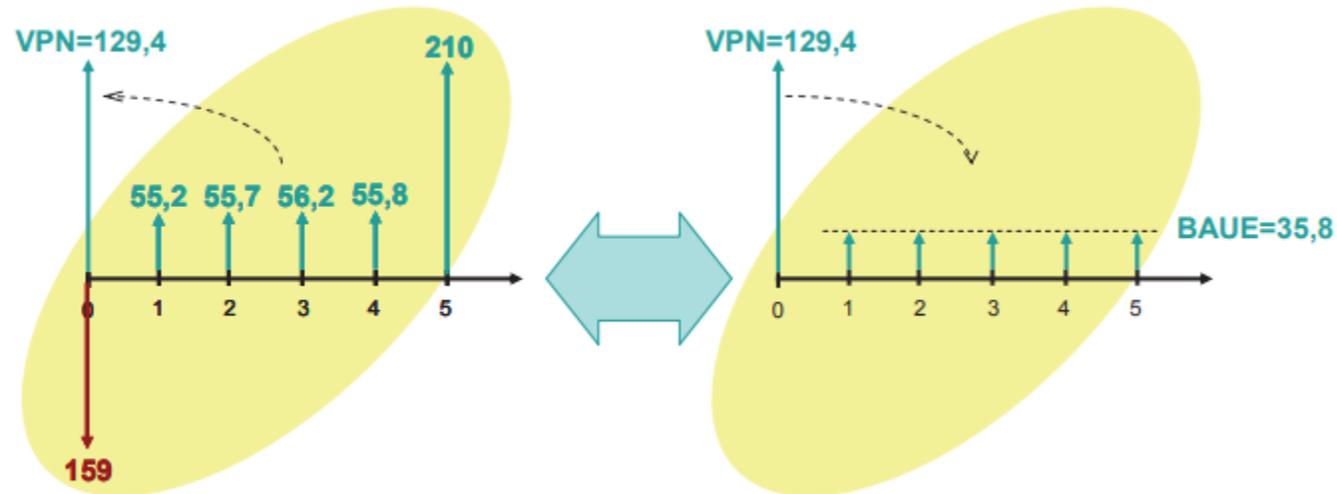
Momento Óptimo de Repetición



Considere tasa de descuento de 12% anual.

$$VAN(N = 5,1) = -159 + \frac{55,2}{1,12} + \frac{55,7}{1,12^2} + \frac{56,2}{1,12^3} + \frac{55,8}{1,12^4} + \frac{210}{1,12^5} = 129,4$$

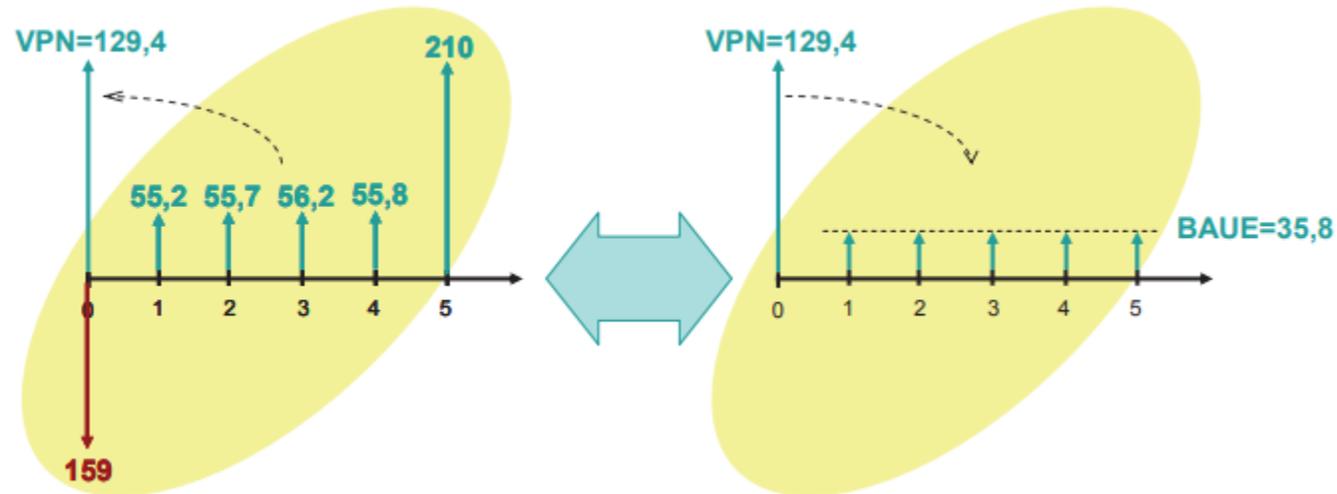
Momento Óptimo de Repetición



Considere tasa de descuento de 12% anual.

$$VAN_{\infty} = VAN(N, 1) \cdot \frac{(1+r)^N}{(1+r)^N - 1} = 129,4 \cdot \frac{(1+0,12)^5}{(1+0,12)^5 - 1} = 299,1$$

Momento Óptimo de Repetición



Considere tasa de descuento de 12% anual.

$$VAN_{\infty} = \frac{BAUE}{r} = 129,4 \cdot \frac{(1 + 0,12)^5 \cdot 0,12}{(1 + 0,12)^5 - 1} = \frac{35,892}{0,12} = 299,1$$

Y logramos el mismo resultado.

Momento Óptimo de Repetición

Luego, al ya saber cómo calcular el VAN infinito, se prueba con diferentes periodos de reemplazo analizados. La elección de diferentes periodos implica modificaciones en los flujos de caja (por ejemplo, en los VR), por lo que este cálculo se debe hacer para diferentes N , y así seleccionar el máximo. El N asociado al máximo será el Momento Óptimo de Repetición o cada cuánto se repetirá el proyecto de manera indefinida.

Decisiones de Localización

El VAN de un proyecto podría cambiar considerablemente dependiendo de la localización definida para el proyecto analizado.

Entre los aspectos a considerar, están:

- Medios y costos de transporte: Cercanía a puertos, aeropuertos, etc.
- Disponibilidad y costo de la mano de obra.
- Cercanía de proveedores y clientes.
- Factores ambientales y regulatorios.
- Costos y disponibilidad de terrenos (barrios industriales, bombas de bencina, etc.).
- Impuestos e incentivos legales (zonas francas y exención del pago de arancel aduanero, etc.).

Selección en una Cartera de Proyectos

Cartera de Proyectos: Conjunto de proyectos en los cuales es posible invertir, con o sin restricción de capital.

Los proyectos pueden ser:

- **Independientes:** La ejecución de un proyecto no afecta en nada los flujos del otro.
- **Complementarios:** La ejecución de un proyecto afecta positivamente los flujos del otro.
- **Sustitutos:** La ejecución de un proyecto afecta negativamente al otro.

Selección en una Cartera de Proyectos

Supuesto: No se tienen restricciones de capital. En base a eso, y dependiendo de la **naturaleza de los proyectos**, la estrategia de inversión en la cartera de proyectos puede cambiar.

- **Independientes:** La estrategia a seguir sería realizar todos los proyectos con VAN positivo y, si sobra capital, invertirlo en su costo de oportunidad.
- **Mutuamente excluyentes (sustitutos perfectos):** Elegir el proyecto de mayor VAN.
- **Dependientes:** Sean A y B dos proyectos dependientes, depende del caso:

Selección en una Cartera de Proyectos

Sean A y B dos proyectos dependientes:

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 $VAN(A/cB) > VAN(A/sB) > 0$.
- Pero B puede ser negativo, así que debemos asegurarnos de que $VAN(B) + (VAN(A/cB) - VAN(A/sB))$ sea mayor a cero. En ese caso, convienen ambos.

Selección en una Cartera de Proyectos

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 de ese 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.
- Los puntos anteriores aún consideran el VAN (A) como positivo. Si B es tan negativo para A que hace que VAN (A) sea negativo, siempre debemos considerar todo lo perdido en A.

Selección en una 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 realizar y no se va a realizar, es irrelevante.
- Si el $VAN(A)$ aumenta tal que $VAN(A/cB) > 0$, se suman a B sólo el nuevo VAN positivo que obtiene A (no el diferencial como en el caso anterior), ya que la alternativa es no realizar el proyecto (caso base considera a A como no rentable debido a su VAN negativo).

Selección en una Cartera de Proyectos

Selección de proyectos con restricción de capitales.

Para proyectos independientes hay que seleccionar las inversiones tales que su VAN en conjunto sea el máximo. Por ejemplo, elegimos los proyectos con mayor VAN (se ordenan de mayor a menor, con una restricción de capitales de 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	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							

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

Selección en una Cartera de Proyectos

Selección de proyectos con restricción de capitales.

Si los proyectos son divisibles, además se compra el 80% de E (VAN final = 686,7). Si no podemos dividir, se invierte en costo de oportunidad de, por ejemplo, 10%.

Finalmente, también se puede utilizar otro criterio, el IVAN. Se ordenan los proyectos de mayor a menor según IVAN. Así, se priorizan los proyectos que generan gran valor con una baja inversión.

$$IVAN = \frac{VAN}{I}$$

Selección en una Cartera de Proyectos

En este caso, si los proyectos son divisibles, compramos, además, el 85,2% de I (VAN Final de 696). Si no podemos dividir, se invierte en costo de oportunidad de, por ejemplo, 10%.

	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

Notar que el VAN resultante si los proyectos son divisibles, en este caso es mayor utilizando como criterio el IVAN en vez del VAN.

Próxima Clase

- Evaluación de Proyectos Bajo Incertidumbre
- Caso CVV – Contratos de Obras Públicas
- Análisis de Sensibilidad
- Análisis de Escenarios
- Ventajas y Desventajas de estos análisis



dic INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD DE CHILE



SECCIÓN INGENIERÍA CIVIL

