

# EVALUACIÓN DE PROYECTOS

---

Fernando Cartes Mena

[fcartes@capablanca.cl](mailto:fcartes@capablanca.cl)



## ¿Por qué evaluar proyectos?

- La necesidad de evaluar la conveniencia de ejecutar un proyecto surge del concepto económico de "escasez". Un bien es escaso cuando la demanda que existe por él es mayor que la cantidad existente del bien.
- Bajo este escenario de escasez relativa de recursos, es imposible satisfacer todas las necesidades que existen; por lo tanto, debemos **priorizar** nuestras necesidades.
- La teoría económica supone que los consumidores y empresas buscan **maximizar su nivel de bienestar**. Esto implica que ejecutarán aquellas acciones (proyectos) que permitan alcanzar el mayor nivel de bienestar posible con los recursos que disponen.

## Ev. Privada v/s Ev. Social

- Evaluación Privada:
  - Evaluación desde el punto de vista de una persona o una empresa.
  - Su resultado dependerá del agente que realiza la evaluación; por lo tanto, pueden haber tantos resultados como agentes existan en la economía.
  - Existen dos tipos de evaluación privada:
    - Evaluación del proyecto puro (100% aporte propio).
    - Evaluación Financiera (incluye beneficios asociados a la fuente de financiamiento).

## Ev. Privada v/s Ev. Social

- Evaluación Social
  - Evaluación desde el punto de vista de la sociedad (país) en su conjunto. Por lo tanto, considera todos los costos y beneficios que un proyecto genera sobre los distintos agentes de la economía (considera los efectos directos, indirectos y las externalidades generadas por el proyecto)
  - El resultado de la evaluación es único.

## Proceso de Valoración de Beneficios y Costos

- Pasos a seguir para determinar los costos y beneficios de un proyecto
  - Identificación → Cuáles? (en palabras)
  - Cuantificación → Cuánto? (en unidades físicas)
  - Valoración → Cuánto Vale? (en unidades monetarias)

## Beneficios Relevantes para la Toma de Decisiones

- Identificación de beneficios para la toma de decisiones
  - Ingresos Monetarios
  - Ahorro de costos
  - Aumento del excedente del consumidor
  - Otros:
    - Revalorización de bienes
    - Reducción de riesgos
    - Impacto ambiental positivo
    - Mejor imagen
    - Seguridad nacional

## Costos Relevantes para la Toma de Decisiones

- Costos Reales v/s Costos Contables

Para evaluar proyectos se debe considerar los costos reales asociados a la ejecución y operación del proyecto y no los costos contables, pues estos cumplen otros fines, además de representar costos históricos.

Por ejemplo:

Depreciación, Valor de los activos, Provisiones.

## Costos Relevantes para la Toma de Decisiones

- Costos Evitables v/s Costos Sumergidos

Para la evaluación de un proyecto sólo se deben considerar aquellos costos que son afectados por la realización de un proyecto (costos evitables). Por ejemplo:

En la etapa de preinversión se debe considerar el costo del estudio de diseño (es un costo que se puede evitar si es que se decide no ejecutar el proyecto).

Sin embargo, una vez realizado el estudio de diseño la decisión de ejecutar el proyecto no debe incluir dichos costos, ya que ese costo no será alterado por la decisión de ejecutar o no el proyecto (es un costo sumergido).

## Costos Relevantes para la Toma de Decisiones

- Costo de Oportunidad v/s Costo Monetario

Para la toma de decisiones los costos relevantes a considerar corresponden a los costos de oportunidad de los recursos, impliquen o no éstos un desembolso efectivo de dinero.

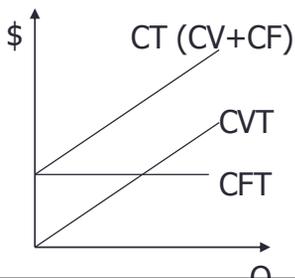
Ejemplo: Ud. Dispone de un terreno agrícola cuya producción le reporta beneficios netos actualizados de US\$10.000/ha. Ud. está analizando la posibilidad de urbanizarlo y vender parcelas. El costo de la infraestructura de urbanización es de \$15.000/ha y podría obtener un ingreso de US\$20.000/ha.

Le conviene lotear el terreno?

## Costos Relevantes para la Toma de Decisiones

### • Costos Fijos y Costos Variables

- Costos Fijos son aquellos cuyo monto es independiente de la cantidad producida, mientras que los costos variables dependen de la cantidad producida.
- La distinción de costos fijos y variables está asociado al período de tiempo que estemos analizando. En el corto plazo nos encontramos restringidos por la capacidad de planta existente; sin embargo, en el largo plazo todos los recursos son variables.
- Es conveniente identificar los costos fijos y los variables para analizar la posibilidad de cerrar o seguir produciendo.



## Costos Relevantes para la Toma de Decisiones

- Categorías de Costos

Inversión

Operación

Mantenimiento

## Costos Relevantes para la Toma de Decisiones

### • Categorías de Costos

**Inversión**

**Operación**

Mantenimiento

Estudios de preinversión y diseño de ingeniería.  
Terrenos  
Instalación faenas  
Obras Civiles  
Maquinaria y equipos  
Permisos, patentes, impuestos.  
Supervisión y asesoramiento  
Costos financieros  
Utilidades  
Reposiciones  
Capital de trabajo  
Capacitación  
Seguros e imprevistos

## Costos Relevantes para la Toma de Decisiones

- Categorías de Costos

**Inversión**

**Operación**

Mantenimiento



Sueldos y salarios  
Servicios Básicos (AP, electricidad, teléfono, etc.)  
Arriendos  
Materiales e insumos  
Combustibles  
Permisos, patentes  
Publicidad  
Costos financieros  
Seguros  
Impuestos

## Costos Relevantes para la Toma de Decisiones

- Categorías de Costos

Inversión

Operación

Mantenimiento



Mantenimiento de equipos, maquinarias y edificios  
Repuestos  
Reposición equipamiento menor  
Reparaciones periódica:  
    Pintura  
    Bacheo, resellado

## Costos Relevantes para la Toma de Decisiones

- Estimación de Costos
  - Costo de proyectos similares
  - Costos unitarios conocidos
  - Cotizaciones

## Construcción Flujo de Caja

- Flujo de caja (o flujo de tesorería o flujo de efectivo) es la diferencia entre los ingresos y egresos de caja que genera el proyecto.
  - Sólo el flujo de caja es relevante. No confundir con la utilidad financiera.
  - Un mismo proyecto puede tener flujos diferentes dependiendo del agente para quien se evalúa (empresa o accionista; inversionista nacional o extranjero)

## Construcción Flujo de Caja

- *Flujo de caja del proyecto puro:*  
Aquel que considera que el proyecto es financiado en un 100% con capital propio (aportes del dueño, de los socios o accionistas).
- *Flujo de caja del proyecto con deuda:*  
Aquel que considera que una fracción de la inversión se financia con deuda.
- *Flujos incrementales:*
  - Sólo interesan los ingresos y egresos marginales o incrementales
    - $F.C. \text{ del proyecto} = F.C. \text{ con proyecto} - F.C. \text{ sin proyecto}$

## Construcción Flujo de Caja

- *Horizonte de evaluación:*
  - Queda determinado por las características del proyecto (p.ej. Vida útil de los activos) y por las necesidades o intereses de los inversionistas. Si el horizonte es menor que la vida útil de los activos de inversión se debe considerar el valor residual de la inversión.
- *Momento en que ocurren los flujos:*
  - Los ingresos y egresos de caja pueden ocurrir mensualmente, diariamente o en forma continua. Por simplicidad se adopta la convención de considerar que ocurren en un instante: al final de cada año.
  - Año 0: momento en que ocurre la inversión y el financiamiento

## Construcción Flujo de Caja

- *Tratamiento de la inflación:*
  - Los flujos pueden expresarse en moneda nominal (\$) o moneda real (moneda de una misma fecha). Lo importante es la consistencia:
    - Flujos nominales y tasa de descuento nominal
    - Flujos reales y tasa de descuento real

## Construcción Flujo de Caja

- Flujo de Ingresos y Egresos de Caja (Flujo de Caja)

Es posible clasificar, para efectos expositivos, los ítemes del FC de un proyecto de la siguiente forma:

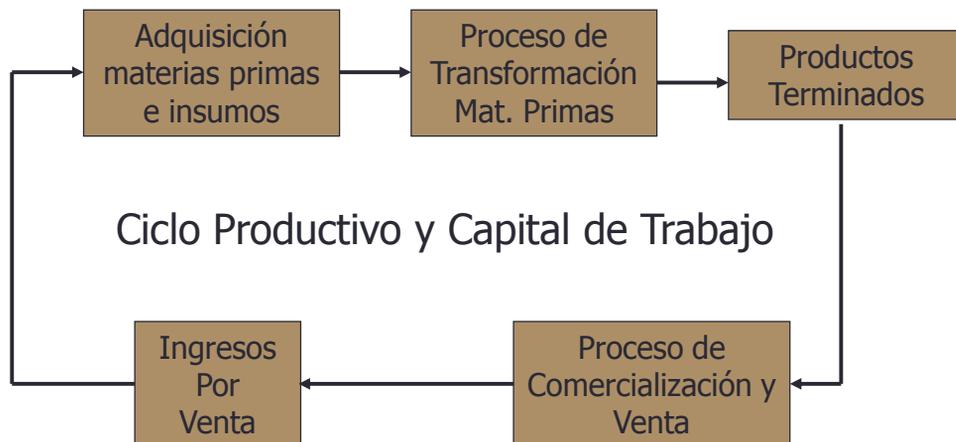
- Egresos Previos a la Puesta en Marcha
- Ingresos y egresos durante la operación del proyecto
- Ingresos provenientes de la liquidación o abandono del proyecto

## Construcción Flujo de Caja

- Egresos Previos a la puesta en marcha
  - Corresponden a las inversiones requeridas para poner en marcha el proyecto. Pueden agruparse en:
    - **Activos Fijos:** inversión en bienes tangibles que se utilizarán en el proceso de transformación de insumos o que sirvan de apoyo a la operación normal del proyecto.
    - **Activos Intangibles:** Inversión en servicios o derechos adquiridos necesarios para la puesta en marcha del proyecto (gastos organización y puesta en marcha, patentes, licencias, capacitación).
    - **Capital de Trabajo:** Conjunto de recursos necesarios para la operación normal del proyecto durante un ciclo productivo, dados una capacidad y tamaño determinado.

## Construcción Flujo de Caja

- Egresos Previos a la puesta en marcha (Capital de trabajo)



## Construcción Flujo de Caja

- Capital de Trabajo
  - El capital de trabajo tiene el carácter de una inversión permanente, que sólo se recupera cuando el proyecto deja de operar.
  - Si el proyecto considera aumentos en el nivel de operación, pueden requerirse adiciones al capital de trabajo.
  - Para calcular el monto de la inversión en capital de trabajo se utiliza, entre otros, el método del déficit acumulado máximo. Este método consiste en estimar los flujos de ingresos y egresos, mensuales y acumulados y el capital de trabajo corresponderá al mayor déficit de caja acumulado.

## Principios de Evaluación de Proyectos

- Ingresos y egresos durante la operación del proyecto
  - + Ingresos afectos a impuestos
  - Egresos afectos a impuestos
  - Gastos no desembolsables

---

  - = **Utilidad antes de impuesto**
  - Impuesto
  - = **Utilidad después de impuesto**

---

  - + Ajuste por gastos no desembolsables (p/ejemplo, depreciación)
  - Egresos no afectos a impuestos
  - + Beneficios no afectos a impuestos
  - = **Flujo de caja Neto**

---

## Principios de Evaluación de Proyectos

- Ingresos y egresos durante la operación del proyecto
  - **Depreciación:** En el flujo de caja de un proyecto sólo se considera el efecto tributario de la depreciación, ya que no representa un flujo de efectivo.

$$\text{Depreciación Lineal} = \frac{\text{Costo} - \text{Valor Residual}}{\text{Años de vida útil}}$$

## Principios de Evaluación de Proyectos

- Ingresos Provenientes de la Liquidación o Abandono del Proyecto
  - Al terminar el horizonte de evaluación se imputan ciertos beneficios derivados de la liquidación o abandono del proyecto. Por ejemplo, el valor de desecho de las inversiones realizadas y la recuperación del capital de trabajo.
  - Métodos para calcular el valor de desecho:
    - Método Contable
    - Método del valor comercial
    - Método económico o del valor presente de los beneficios futuros que puede generar el activo.

# Principios de Evaluación de Proyectos

## • Construcción del Flujo de Caja

	0	1	2	3	...	...	...	...	n
Ingresos afectos a impuesto									
-Egresos afectos a impuesto									
-Gastos no desembolsables									
Utilidad antes de impuesto									
-Impuesto									
Utilidad despues de impuesto									
+Ajuste por gastos no desembolsables									
-Egresos no afectos a impuesto									
+ beneficios no afectos a impuesto									
Inversión Activos Fijos									
Inversión Activos Intangibles									
Capital de Trabajo									
Valor de desecho									
Flujo de Caja Neto									

## INDICADORES

VALOR ACTUAL NETO = VAN = VPN = NPV

$$\begin{aligned}
 \text{VAN} &= \text{VP}_{\text{BENEFICIOS}} - \text{VP}_{\text{COSTOS}} \\
 &= \text{VP} (\text{Beneficios} - \text{Costos}) \\
 &= \sum_{t=0}^{t=n} \frac{B_t - C_t}{(1 + r)^t}
 \end{aligned}$$

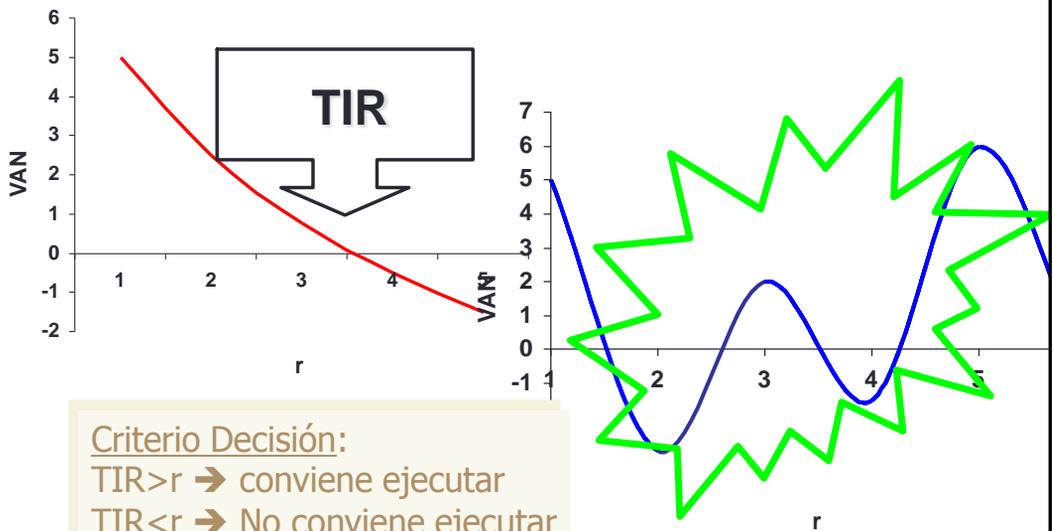
Si VAN > 0 → Conviene ejecutar el proyecto

Si VAN < 0 → No conviene ejecutar el proyecto

Si VAN = 0 → Indiferente

## INDICADORES

**TIR = IRR => Tasa (r) que hace VAN = 0**



Criterio Decisión:

TIR > r → conviene ejecutar

TIR < r → No conviene ejecutar

TIR = r → Indiferente

## INDICADORES

**COSTO ANUAL EQUIVALENTE = CAE**

$$CAE = VPC \frac{r (1 + r)^n}{(1 + r)^n - 1}$$

VPC = Valor Actual de los Costos



## INDICADORES

CAE por Beneficiario : CAE/B

$$\text{CAE/B} = \frac{\text{CAE}}{\text{N}^\circ \text{ de beneficiarios}}$$

Proyectos con diferentes:

- ✓ Número de Beneficiarios
- ✓ Vida Util



## Otros Indicadores

Razón Beneficio Costo : R B/C

Período de Recuperación de Capital :

$$t / I_0 - \Sigma(\text{Ingresos del Proyecto}) = 0$$

VAN del Año 1 : VAN1

Tasa de Rentabilidad Inmediata : TRI

$$VAN_1 = \frac{B_1 - (I_0 * r)}{(1 + r)}$$

$$TRI = \frac{B_1}{I_0}$$

## Evaluación de Proyectos bajo Incertidumbre



**Fernando Cartes Mena**

fcartes@capablanca.cl  
(562) 231-4363

## Introducción

- Un proyecto de inversión consiste en asignar recursos a una cierta actividad, partiendo en un tiempo próximo, para generar beneficios en el futuro.
- Hay pocas cosas que ocurrirán en el futuro sobre las cuales tenemos algún grado de seguridad o certidumbre.



## Conceptos

- **Riesgo:** hay riesgo si los eventos que sucederán en el futuro no son determinísticos, sino que existe un grado de incerteza acerca de los que sucederá. Este grado de incerteza es sólo parcial debido a la historia, la que nos permite conocer los resultados obtenidos anteriormente en alguna experiencia y nos sirve para estimar la probabilidad de que ocurra un evento específico sometido a iguales condiciones.
- **Incertidumbre:** existirá incertidumbre cuando las probabilidades de ocurrencia de un evento no están cuantificadas. Las fuentes básicas de la incertidumbre son cuando la información es incompleta, inexacta, sesgada, falsa o contradictoria.



## Causas del Riesgo e Incertidumbre

- Variabilidad en la economía en general (cambios en políticas macroeconómicas, recesiones externas, etc.)
- El desarrollo tecnológico
- Cambios legislativos
- Cambios en las preferencias de los consumidores
- La competencia
- Poco conocimiento del mercado:
  - Precios,
  - Demanda,
  - Plazos de adopción (penetración),
  - Costos de insumos.



## Niveles de Riesgo

- Riesgo País: Variabilidad del PGB
- Riesgo Sectorial: Variabilidad del PGB sectorial (del mercado objetivo y de insumos)
- Riesgo de una Inversión
  - **Apalancamiento Operativo**: Asociado a costos operacionales fijos (A mayores costos operacionales fijos mayor es el volumen de venta necesario para cubrir esos costos).
  - **Apalancamiento Financiero**: Asociado al nivel de endeudamiento (Riesgo de quiebra).



## ¿Proyectos riesgosos?

- Un proyecto es riesgoso cuando una o varias variables del flujo de caja son aleatorias en vez de determinísticas. En estos casos, los indicadores como el VPN o la TIR también son variables aleatorias.
- Típicamente son variables aleatorias o inciertas el precio, la unidades vendidas, los costos variables unitarios y los costos fijos del proyecto.
- Existen diversos enfoques para incorporar el riesgo en la evaluación de proyectos.



## ¿Cómo incorporar el riesgo en una inversión?

- Análisis Individual de una inversión
  - Análisis de sensibilidad y escenarios
  - Análisis probabilístico
  - Simulación
    - Value at Risk (VaR)
- Análisis de portfolio
  - Modelo CAPM



## Análisis de Sensibilidad

- Inversión evaluada en una situación base.
- Se determinan las variables mas significativas que afectan los indicadores de rentabilidad:
  - precios de venta
  - precios de insumos
  - costos de producción
  - costo de capital
  - volúmenes de venta
  - coeficientes tecnológicos
  - inversión

## Análisis de Sensibilidad

- Se busca evaluar la sensibilidad de los indicadores de rentabilidad ante variaciones de las variables significativas más inciertas:

Item	VAN	TIR
Situación Base		
Precio Venta* (1 - x%)		
Precio Insumos * (1 + y%)		
Ventas *(1 - z%)		
Costos Operación * (1 + W%)		
. . . . .		

## Análisis de Sensibilidad

- Si el impacto de una variable riesgosa en el VAN es importante, entonces el proyecto es RIESGOSO.
- El nivel de riesgo se determina en la medida que el VAN se hace negativo para valores probables de la variable.
- En este caso, se debe hacer una evaluación costo-beneficio de la pertinencia de comprar certidumbre.

# Análisis de Sensibilidad

- **Ventajas**
  - Fácil Aplicación
  - Fácil de Entender
- **Desventajas**
  - Sólo permite analizar variaciones de un parámetro a la vez.
  - No utiliza información como las distribuciones de probabilidad del parámetro a sensibilizar.
  - No entrega distribución de probabilidades de los indicadores de rentabilidad VAN y TIR.

## Análisis de Escenarios

- Esta técnica permite solventar el problema de unidimensionalidad del análisis de sensibilidad, definiendo escenarios para las distintas variables riesgosas que afectan la inversión.
- Cada escenario está determinado por los valores que supuestamente tomarían las variables riesgosas en estos. Habitualmente se definen tres escenarios : optimista, medio y pesimista.



# Simulación

Datos de entrada :

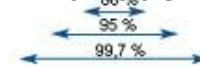
- Tasa descuento
- Tasa Impositiva
- Definición Probabilística de variables riesgosas
- Relación entre variables

Generador  
Variables  
Aleatorias

Criterios de  
Evaluación  
(VAN, TIR, etc.)

Modelo de  
Inversión

Distribución  
Probabilidades  
Indicadores



## Métodos Basados en Simulación

- La simulación se justifica especialmente en proyectos complejos que presentan no linealidad en sus flujos de caja.
- El procedimiento usual del VAN simple es:
  - Se especifica el modelo de flujo de caja, por ejemplo: Ingresos =  $p \times q$
  - se estima el valor esperado de las variables:  $E(p)$ ,  $E(q)$
  - Se incorporan estas estimaciones en el modelo de flujo de caja:  $E(I) = E(p) \times E(q)$
- Este supuesto no se cumple cuando existe una correlación entre las variables. En el cálculo de los ingresos, si la demanda es baja, la cantidad vendida será baja y probablemente también el precio. Por otro lado, si la demanda es alta, el precio será alto, y el proyecto podría ampliar su capacidad de producción para vender más.

## Métodos Basados en Simulación

- Con lo que el valor esperado de los ingresos será:

$$E(\text{Ingresos}) = E(p)E(q) + \text{Cov}(p,q) \neq E(p)E(q)$$

- Ejemplos de no linealidad en los flujos de caja:
  - Economías de escala
  - Correlación entre demanda y precio
  - Derechos contingentes: impuesto a la renta, opciones sobre activos
  - Flexibilidades operacionales: posibilidad de ampliar, de cerrar temporalmente, de abandonar, de diferir inversiones, etc.
- Se puede hablar de simulación estática (de Montecarlo o Hertz).

## Simulación Estática (o de Montecarlo)

- PASO 1: construir el modelo analítico que represente la situación real de toma de decisiones.

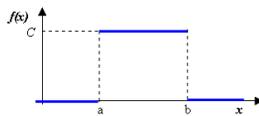


# Simulación Estática (o de Montecarlo)

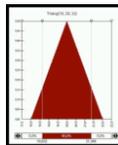
**PASO 2:** desarrollar una distribución de probabilidad de cada factor de incertidumbre presente en el modelo, a partir de datos subjetivos o históricos.

Distribución de probabilidades más usadas:

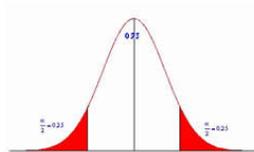
- Uniforme



- Triangular



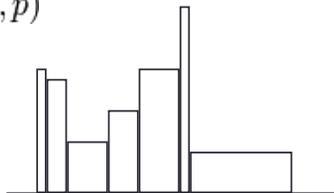
- Normal



- Binomial

$$X \sim B(n, p)$$

- “ad hoc”



## Simulación Estática (o de Montecarlo)

### PASO 3:

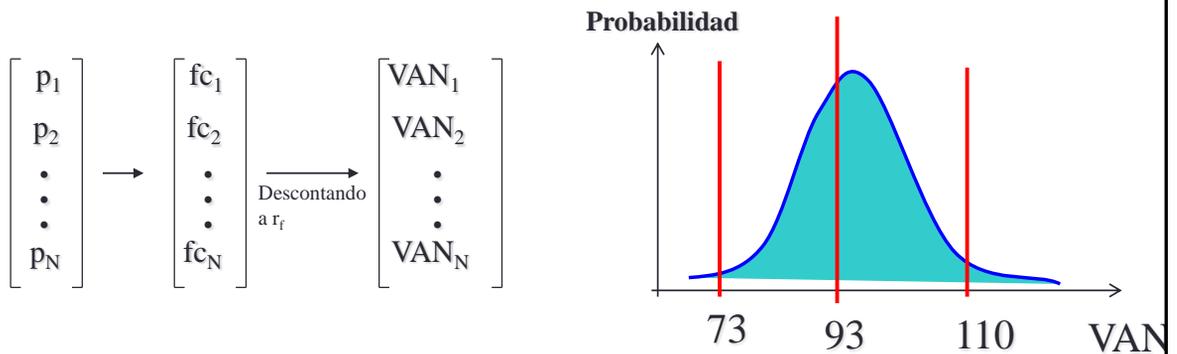
·Mediante la distribución de probabilidad de cada cifra incierta, se generan en forma aleatoria, resultados muestrales de ella. Estos se utilizan para obtener un resultado de salida del modelo. Al repetir muchas veces este proceso de muestreo se obtiene una distribución de frecuencias de salidas, por ejemplo el valor presente. Luego, la distribución de frecuencia resultante puede emplearse para obtener conclusiones probabilísticas del problema original.



## Simulación Estática (o de Montecarlo)

- Se modelan las distribuciones estadísticas de cada variable incierta y sus correlaciones. Se generan computacionalmente repetidos valores para cada variable.
- Con cada valor de la variable se calcula un valor para el flujo de caja, que se actualiza a la tasa libre de riesgo para evitar prejuzgar el riesgo.
- Se genera una distribución de valores presentes, en donde el valor del proyecto es la media, y el riesgo está dado por la dispersión de la distribución.
- El problema es que la dispersión es el riesgo total, que no considera posibilidades de diversificación.

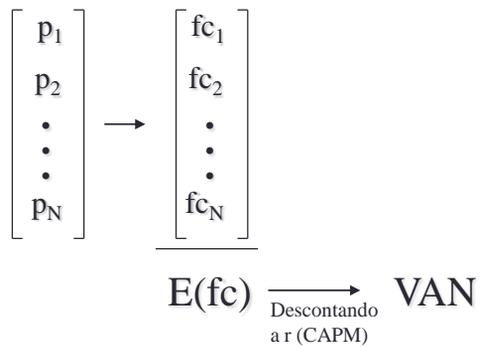
## Simulación Estática (o de Montecarlo)



## Simulación Estática Corregida

- Es un mejoramiento del método anterior, en que se considera las posibilidades de diversificación.
- Se generan repetidos valores de las variables inciertas, de acuerdo a sus distribuciones de probabilidades, lo que genera la distribución de los flujos de caja sin actualizar.
- Se calcula la media de la distribución de cada flujo de caja, la que se actualiza por una tasa ajustada por riesgo. Así se obtiene un solo valor para el VAN.
- El problema que se genera en este tipo de simulación es que se genera la variable (ej. precio) independientemente del precio del período anterior, lo que genera trayectorias inconsistentes.

## Simulación Estática Corregida



## Simulación Dinámica

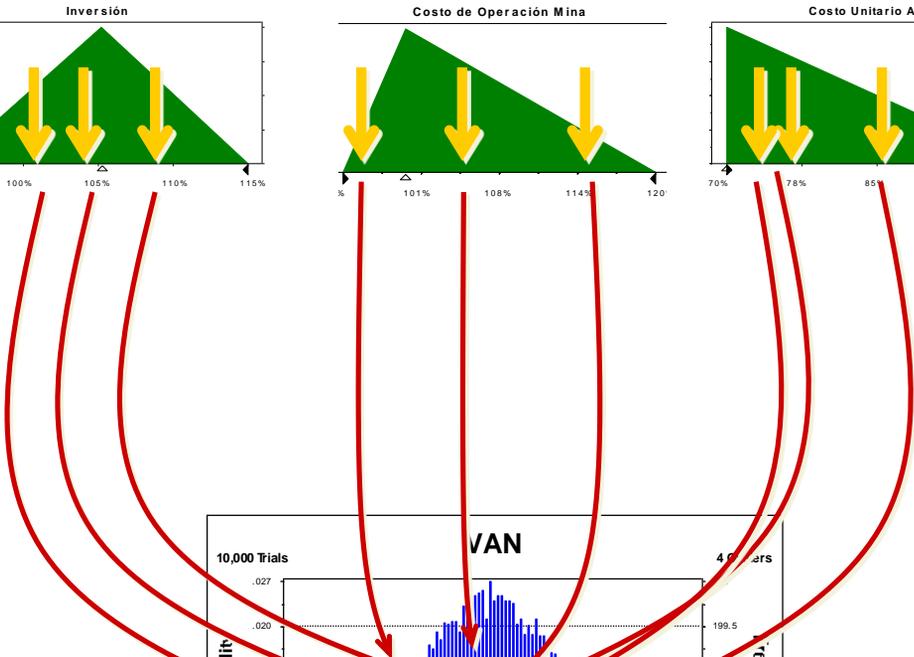
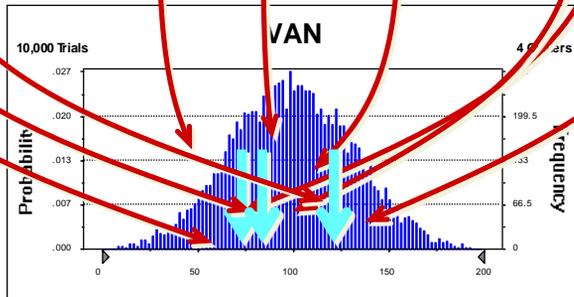
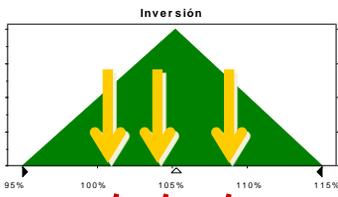
- Modela la relación intertemporal en las trayectorias de precios. Por ejemplo, el precio puede variar aleatoriamente en torno a una tendencia, con una cierta volatilidad.
- El modelo básico de generación de precios es:

$$p_t = p_{t-1} + \mu_t + z_t$$

en donde:

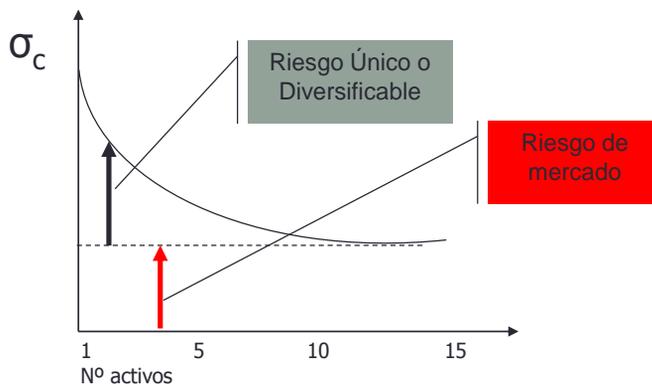
- $\mu_t$  = tendencia en el período t;
- $z_t$  = perturbación aleatoria en ese período.
- Genera trayectorias de precios consistentes.

# Modelo de Simulación



## Análisis de Portfolio

- El riesgo se evalúa mejor en un contexto de cartera, ya que los inversionistas no “ponen los huevos en una misma canasta” → Diversifican



Para una cartera bien diversificada sólo importa el riesgo de mercado.

Por lo tanto, la principal fuente de incertidumbre para un inversionista que diversifica es si el mercado sube o baja, arrastrando su cartera.

## Análisis de Portfolio

- Retorno esperado y varianza de una cartera: El caso de 2 activos

$$\bar{R}_p = w_a \times \bar{R}_a + w_b \times \bar{R}_b$$

$$\sigma_p = (w_a^2 \times \sigma_a^2 + w_b^2 \times \sigma_b^2 + 2 \times w_a \times w_b \times Cov_{ab})^{1/2}$$

La desv. estándar de la cartera depende de la correlación que existe entre los rendimientos de ambos activos.

$$Cov_{ab} = \rho_{ab} \times \sigma_a \times \sigma_b$$

$$\therefore \text{Si } \rho = -1 \text{ y } w_a = w_b \text{ y } \sigma_a = \sigma_b \rightarrow \sigma_p = 0$$

## Análisis de Portfolio

- Retorno esperado y varianza de una cartera: El caso de 2 activos
  - Al combinar valores individuales con valores en la cartera cambia el grado de riesgo
  - 3 factores reducen el riesgo de los valores en cartera en relación con el valor que tendría la desviación estándar de valores individuales considerados individualmente:
    - La correlación entre los rendimientos de los valores individuales
    - Número de valores que se encuentran en la cartera
    - Las proporciones o importancia de los valores individuales de la cartera en relación con las correlaciones que existen entre ellos.

## CAPM

- El CAPM o modelo de valoración de activos de capital (por **C**apital **A**ssets **P**ricing **M**odel) relaciona el nivel de retorno de un activo con el nivel de riesgo de ese activo.
- CAPM supone que los inversionistas son aversos al riesgo y que por lo tanto, ellos tomarán inversiones riesgosas sólo si los retornos esperados son mayores.

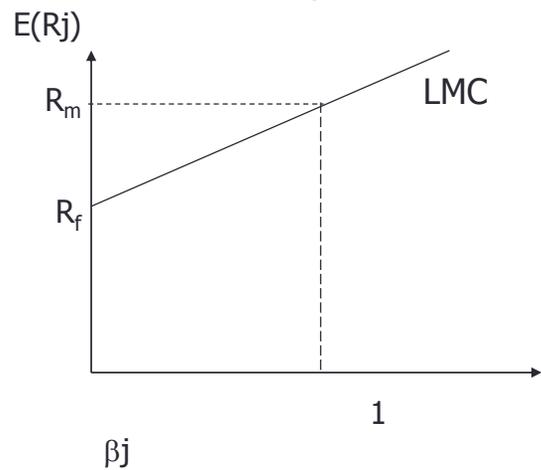


# CAPM

- La relación riesgo-retorno que establece el CAPM se expresa en la conducta del mercado de capitales.

$$\bar{R}_j = R_f + \beta_j \times (\bar{R}_m - R_f)$$

$$\beta_j = \frac{Cov(\bar{R}_j, \bar{R}_m)}{\sigma_m^2}$$



## Estructura de Capital y Costo de Capital de la Empresa

- Modigliani y Miller demostraron que la tasa de costo de capital de la empresa debe ser aquella que al realizar un nuevo proyecto de inversión al menos no reduzca el patrimonio de los accionistas.
- El WACC o Costo de Capital Promedio Ponderado (por **W**eighted **A**verage **C**apital **C**ost) representa el costo para la empresa de financiar la adquisición de sus activos con una parte de capital propio de los accionistas y otra porción por deuda.
- El WACC representa la tasa de rentabilidad mínima exigida a los activos de la empresa o a un nuevo proyecto del mismo nivel de riesgo.

## Estructura de Capital y Costo de Capital de la Empresa

- WACC sin impuestos a las empresas

$$WACC = r_{\text{capital propio}} \times \frac{\text{Capital Propio}}{\text{Deuda} + \text{capital propio}} + r_{\text{deuda}} \times \frac{\text{Deuda}}{\text{Deuda} + \text{capital propio}}$$

$$r_{\text{capital propio}} = r_{\text{activos}} + \frac{\text{Deuda}}{\text{capital propio}} \times (r_{\text{activos}} - r_{\text{deuda}})$$

∴ Si la empresa o proyecto no tiene deuda →  $r_{\text{activos}} = r_{\text{capital propio}}$

A medida que aumenta la deuda como proporción del capital propio aumenta el retorno esperado por los accionistas, ya que ahora soportan no sólo el riesgo del negocio sino que también el riesgo financiero (riesgo de quiebra por problemas de caja que impidan pagar la deuda)

## Estructura de Capital y Costo de Capital de la Empresa

- Hemos observado como los cambios en la estructura financiera afectan la rentabilidad esperada. Veamos ahora el efecto sobre beta.

$$\beta_{\text{activos}} = \beta_{\text{capital propio}} \times \frac{\text{Capital Propio}}{\text{Deuda} + \text{capital propio}} + \beta_{\text{deuda}} \times \frac{\text{Deuda}}{\text{Deuda} + \text{capital propio}}$$

$$\beta_{\text{deuda}} = 0 \Rightarrow \beta_{\text{activos}} = \beta_{\text{capital propio}} \times \frac{\text{Capital Propio}}{\text{Deuda} + \text{capital propio}}$$

## Estructura de Capital y Costo de Capital de la Empresa

- WACC con impuesto a las empresas

$$WACC = r_{\text{activos}} \times \left( 1 - T_c \times \frac{\text{Deuda} / \text{Capital Propio}}{1 + \text{Deuda} / \text{capital propio}} \right)$$

## Estructura de Capital y Costo de Capital de la Empresa

- Ejemplo:

$$\beta_{accionesA} = 1,73$$

$$R_m = 10,5\% \quad (IGPA)$$

$$R_f = 3,78\% \quad (\text{Bonos TGR 10 años})$$

$$R_{accionesA} = 0,0378 + 1,73 \times (0,105 - 0,0378) = 15,4\%$$

$$\text{Capital propio} = 897.000 \text{ millones (1380 millones de acciones} \times 650)$$

$$\text{Deuda} = 310.000 \text{ millones}$$

$$\beta_{activos} = 1,73 \times \frac{897.000}{310.000 + 897.000} = 1,29$$

$$E(R_A) = 0,0378 + 1,29 \times (0,105 - 0,0378) = 12,4\%$$