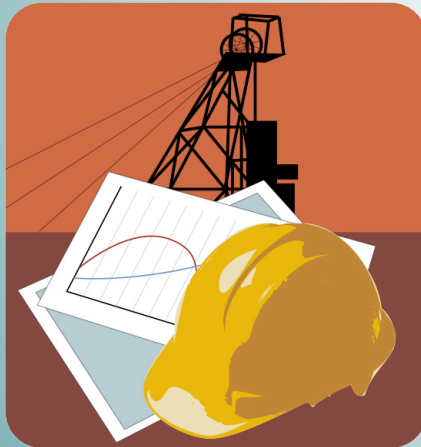


Proyectos Mineros y Energéticos

Tema 12. Concepto de proyecto como riesgo y su valoración.



Raúl Husillos Rodríguez

DPTO. DE TRANSPORTES Y
TECNOLOGÍA DE PROYECTOS Y
PROCESOS

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/)

IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO

❖ CONCEPTOS PREVIOS

Los métodos de estimación de la viabilidad de proyectos en Ingeniería, hemos visto que se han realizado bajo condiciones de **CERTEZA**, sobre las variables a las que esta sometido el mismo como son los **Costes** (fijos, variables, plazos de pago a proveedores, etc), **Ingresos** (dependen del precio de venta, número de unidades vendidas, plazos de cobro, impagados, etc.) e **interés** (dependiente de la política monetaria, inflación, etc.).

La forma más rigurosa de este tipo de estudios es mediante la **inclusión del riesgo** en nuestro análisis para analizarlo bajo la perspectiva de un **análisis probabilístico**, estimando la influencia sobre los estimadores de decisión **VAN, TIR**, así como estimar bajo el criterio de **maximizar la rentabilidad** de los proyectos de inversión en base a las restricciones impuestas por el **Riesgo**.

Escenarios en estudios de viabilidad:

1. Ambiente de riesgo.

2. Ambiente de incertidumbre.

IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO

❖ CONCEPTOS PREVIOS

Escenarios en estudios de viabilidad:

1. Ambiente de riesgo: Aquel en el que se conoce la función de distribución de probabilidad del **Flujo de Fondos (FC)** del proyecto.

2. Ambiente de incertidumbre. Es el escenario en el que no se conoce la función de distribución del **Flujo de Fondos (FC)**

Transformamos en ambiente de riesgo mediante:

- a) *Probabilidad Subjetiva*, que cuantifica el concepto cualitativo de verosimilitud del decisor, entre 0 y 1 basada en sus conocimientos, su experiencia, e incluso, su interés.
- b) *Criterios de previsión sujetos a error introducido por la incertidumbre*. Modelos a utilizar: la equiprobabilidad de Laplace, pesimista de Wold, etc. Y no hay consenso entre todos estos criterios, por ello es preferible utilizar el ambiente de riesgo.

IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO

❖ CONCEPTOS PREVIOS

Establecemos unos pre criterios de selección de Proyectos de carácter Inversionista (**PI**) en ambiente de riesgo:

- **Método de Corrección de Previsiones:** Mediante el cálculo, en ambiente de certeza de los estimadores clásicos de decisión, con variación de los valores a juicio del decisor y observando la variación de los mismos.
- **Método de Reducción a Equivalente de Certeza:** Ajuste de los estimadores en ambiente de certeza, mediante:
 - ✓ **Ajuste de la Tasa de Descuento:** Consiste en ajustar la tasa de descuento o interés de actualización, mediante la inclusión de una tasa denominada “Prima de Riesgo (**p**)”, la cual es un indicador de referencia respecto al interés de nuestro ambiente del proyecto con respecto al más ventajoso o seguro de invertir el capital, es un coste inflacionista, es decir un coste de oportunidad.

$$S = K + p$$
 ; siendo K interés inflacionista (interés nominal + Inflación (F))
 - ✓ **Ajuste de los Flujos de Caja:** Consiste en ajustar los FC, mediante un coeficiente $0 < \alpha_i < 1$, que varia inversamente proporcional al riesgo para cada periodo de la inversión.

$$FC'_t = \alpha_i \times FC_t$$

ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DEL RIESGO

❖ *MÉTODOS DE ANÁLISIS EN LAS DECISIONES EN PROYECTOS DE INVERSIÓN*

Los métodos más utilizados para analizar las decisiones en proyectos de inversión en situación de Riesgos, son:

- **Análisis de Sensibilidad:** Es una técnica que trata de medir la sensibilidad del resultado obtenido al aplicar los criterios de decisión (VAN, TIR) ante la variación de alguna de las magnitudes que definen el PI, dándonos así una idea del grado de confianza de dicho resultado.
- **Análisis del Valor Esperado:** Busca una media ponderada del valor económico del proyecto, según las variaciones que puedan presentarse y las probabilidades respectivas.
- **Análisis de Supervivencia:** Estima la probabilidad de permanencia del proyecto y de pérdida de capital invertido.
- **Análisis de Riesgo:** Mediante la aplicación de métodos de simulación aleatoria estima el valor económico del Riesgo.

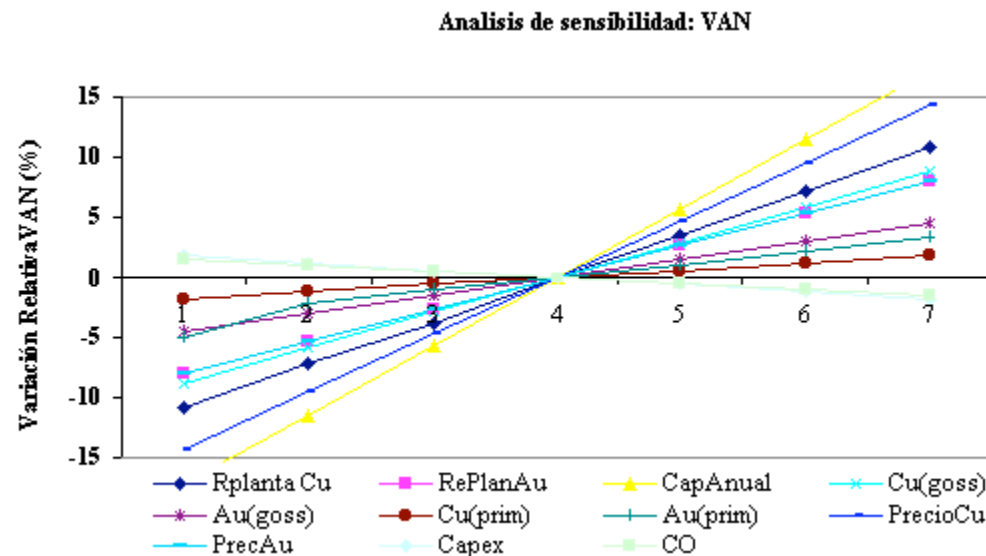
ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DEL RIESGO

❖ MÉTODOS DE ANÁLISIS EN LAS DECISIONES EN PROYECTOS DE INVERSIÓN

• Análisis de Sensibilidad:

a) Descripción del método:

La Sensibilidad de un proyecto se estudia mediante la obtención de una función que establezca la variabilidad que se produce en el estimador económico FC, en relación a las variaciones que sufren las variables del PI, en base a distintos estados naturales.



ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DEL RIESGO

❖ MÉTODOS DE ANÁLISIS EN LAS DECISIONES EN PROYECTOS DE INVERSIÓN

- **Análisis del Valor Esperado:**

a) Descripción del método:

Se fundamenta en el análisis probabilístico de los estimadores de toma de decisiones, mediante la cuantificación de los mismos por medio de su **Valor Esperado** (VE) o **Esperanza** (E) y la Varianza asociada al indicador principal FC , debido a que la función de distribución de una variable aleatoria queda determinada en función de la esperanza matemática y la varianza de la variable aleatoria.

- ✓ La Esperanza matemática o valor medio del VAN.
- ✓ La varianza, que se utiliza como medida del riesgo.

El Valor Esperado de la rentabilidad de un proyecto, es una medida del riesgo, y se fundamente en la estrategia Bayesiana (la de $>VE$), trata de maximizar la rentabilidad esperada de un proyecto y minimizar el riesgo, ya que los PI de mayor riesgo son los de mayor rentabilidad, así que lo que tendrá que hacer es maximizar la esperanza controlando que el riesgo no se dispare.

ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DEL RIESGO

❖ MÉTODOS DE ANÁLISIS EN LAS DECISIONES EN PROYECTOS DE INVERSIÓN

• Análisis del Valor Esperado:

a) Descripción del método:

Este modelo considera los flujos de caja como variables aleatorias, con su correspondiente función de distribución, donde las estimaciones previstas de los flujos se corresponden con la **Esperanza** matemática de dicha variable aleatoria, y con la **Varianza** de cada flujo (variable) tendremos una medida del riesgo.

✓ **Cálculo de la Esperanza matemática del VAN.** El **VAN** es una suma de flujos de caja descontados, donde el modelo los considera variables aleatorias y el **VAN** es, a su vez, una variable aleatoria, por lo que tendrá una función de distribución y por lo tanto para calcular la esperanza del **VAN**, necesitamos conocer la esperanza de cada flujo.

$$E(FC_t) = \sum_{r=1}^{r=h} FC_t^r \times P_t^r \Rightarrow r = 1, 2, 3, \dots, h / t = 1, 2, 3, \dots, n$$

Donde, P_t^r es la probabilidad asociada o de ocurrencia de FC_t^r , por lo tanto el estimador resultará:

$$E(VAN) = \sum_{t=1}^{t=n} \frac{E(FC_t)}{(1 + i_\phi)^t} - I_0$$

ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DEL RIESGO

❖ MÉTODOS DE ANÁLISIS EN LAS DECISIONES EN PROYECTOS DE INVERSIÓN

• Análisis del Valor Esperado:

a) Descripción del método:

✓ **Cálculo de la Esperanza matemática del VAN.**

$$E(VAN) = \sum_{t=1}^{t=n} \frac{E(FC_t)}{(1+i_\Phi)^t} - I_0$$

✓ **Cálculo de la Varianza del VAN.**

Determinar la varianza de cada flujo, la cual para una variable aleatoria viene dada por la media ponderada (P_t^r es el factor de ponderación) de las desviaciones cuadráticas de cada posible valor del flujo respecto a la esperanza.

Varianza de un FC:

La desviación típica de cada FC:

$$\sigma^2(FC_t) = \sum_{r=1}^{r=h} (FC_t^r \times E(FC_t))^2 \times P_t^r$$

$$\sigma(FC_t) = \sqrt{\sum_{r=1}^{r=h} (FC_t^r \times E(FC_t))^2 \times P_t^r}$$

Varianza del VAN:

Para flujos distintos $\sum_{t=1}^{t=n} FC_t = \sum_{t=1}^{t=m} FC_t' + \sum_{t=1}^{t=n-m} FC_t''$

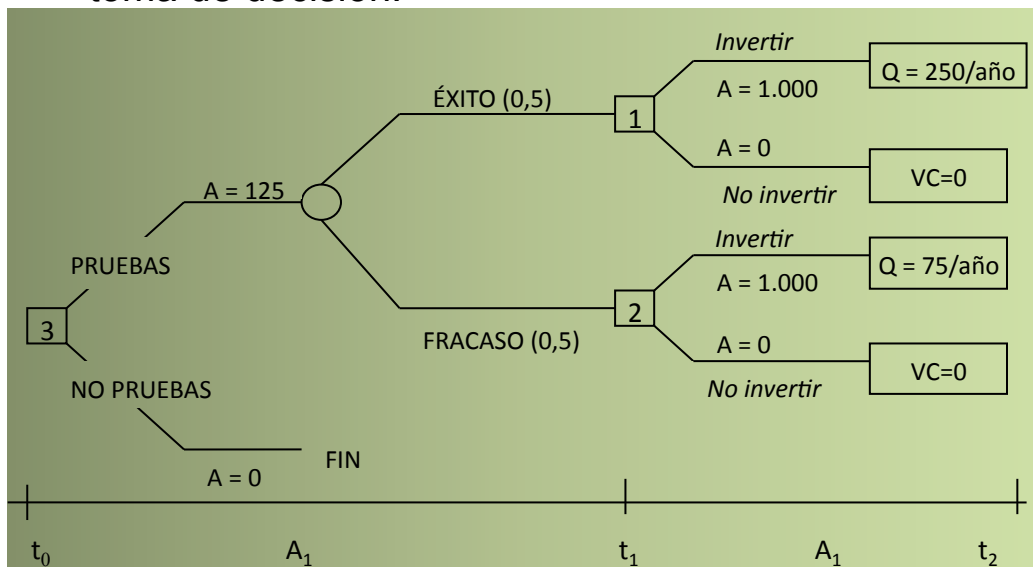
$$\sigma^2(VAN) = \left[\sigma(FC_0) + \frac{\sigma(FC_1)}{(1+k)^2} + \frac{\sigma(FC_2)}{(1+k)^4} + \frac{\sigma(FC_3)}{(1+k)^6} + \dots + \frac{\sigma(FC_n)}{(1+k)^{2n}} \right]^2$$

ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DEL RIESGO

❖ MÉTODOS DE ANÁLISIS EN LAS DECISIONES EN PROYECTOS DE INVERSIÓN

• Análisis del Valor Esperado:

b) Propuesta en el caso de decisiones secuenciales o condicionadas: Se da el caso de que un proyecto nos resulta un valor esperado del estimador **VAN**, positivo y a su vez la **TIR**, cubre la condición de ser superior a la RMA o coste de capital, pero no podemos valorar el caso de que existan decisiones que condicionen a otras, este es el caso de problemas de Decisiones de Inversión Secuenciales, resueltas mediante el método del árbol de decisión, el cual consiste en dotar de precisión a las 2 posibles acciones y establecer un recorrido de toma de decisión.



$$VC = -A + \frac{Q}{a)^k} = -A + Q \cdot \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{(1+K)^n - 1}{K(1+K)^n} = -A + \frac{Q}{K}$$

$$\text{Invertir: } VC_{t1} = -A + \frac{Q}{K} = -1.000 + \frac{250}{0,1} = 1.500$$

$$\text{No invertir: } VC_{t1} = 0$$

$$\text{Invertir: } VC_{t1} = -A + \frac{Q}{K} = -1.000 + \frac{75}{0,1} = -250$$

$$\text{No invertir: } VC_{t1} = 0$$

$$\text{Pruebas: } VC_{t0} = -125 + \frac{[(0,5 \times 1.500) + (0,5 \times 0)]}{1,1} = 556,8$$

$$\text{No pruebas: } VC_{t0} = 0$$

$$VC \text{ Pruebas} > VC \text{ no pruebas} \rightarrow 556,8 > 0$$

LLEVAR A CABO LAS PRUEBAS. Si tiene éxito, invertimos, y si fracasan, no invertimos

ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DEL RIESGO

❖ MÉTODOS DE ANÁLISIS EN LAS DECISIONES EN PROYECTOS DE INVERSIÓN

• Análisis de Supervivencia:

a) Descripción del método:

Este método se basa en que la condición necesaria del análisis de Valor Estimado en relación de que el carácter positivo del estimador **VAN**, **NO ASEGURA LA SATISFACCIÓN DE LA INVERSIÓN**, ya que no se expresa la imposibilidad de que se den pérdidas de tal forma que el Proyecto sea insolvente en una probabilidad baja, por lo tanto, el estudio de ese Riesgo determina la **Probabilidad de Supervivencia**, la cual se puede expresar de la forma:

✓ **Probabilidad de Supervivencia:** *Probabilidad de no perder todo el capital invertido en un conjunto de proyectos con probabilidades de éxito conocidas (gran aplicación en proyectos mineros, petroleros, etc).*

La probabilidad de éxito y fracaso, la obtenemos de la Ley o Distribución Binominal, de la forma

Donde: x= éxitos

n= intentos.

p= Probabilidad de éxitos.

q= Probabilidad de no éxitos.

$$P_{n,x} = \binom{n}{x} p^x q^{n-x} = \frac{n!}{x!(n-x)!} \times p^x \times (1-p)^{n-x}$$

ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DEL RIESGO

❖ MÉTODOS DE ANÁLISIS EN LAS DECISIONES EN PROYECTOS DE INVERSIÓN

- **Análisis de Riesgo:**

a) Descripción del método:

El estudio del Análisis de Riesgo, tiene por objeto establecer los resultados de evaluación económica en forma de Variables Aleatorias, conocidas las **Funciones de Distribución $F_x(X)$** .

Con el fin de obtener los indicadores económicos, de forma análoga a los obtenidos mediante formulación matemática, se recurre al **Muestreo Simulado (Random)**, mediante el uso del **Método de Montecarlo (Modelo de Hertz 1964-68)**, consistente en un muestreo artificial o simulado, ya que parte de generar números aleatorios que se van a transformar en observaciones, a través de un determinado proceso.

Este modelo se desarrolla en varias etapas:

1. **Formular el problema** (¿qué queremos conocer?).
2. **Establecer un modelo matemático para la resolución del problema.**
3. **Determinar las variables y factores.**
4. **Simulación y estudio probabilístico.**
5. **Análisis de los resultados.**
6. **Generación de nuevos bloques de números aleatorios y repetición del proceso.**

ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DEL RIESGO

❖ MÉTODOS DE ANÁLISIS EN LAS DECISIONES EN PROYECTOS DE INVERSIÓN

• Análisis de Riesgo:

a) Descripción del método:

1. Formular el problema (¿qué queremos conocer?).
2. Establecer un modelo matemático para la resolución del problema.
3. Determinar las variables y factores.

a) Las variables o factores de los que dependen las magnitudes determinantes del PI (I , FC , K), se pueden dividir en tres tipos:

- Factores de mercado: cuota de mercado de una empresa, tamaño del mercado, tasa de crecimiento, etc.
- Factores de inversión: tamaño de la inversión, tamaño del desembolso inicial (), vida útil del PI. Si existe valor residual (VR), etc.
- Factores de ingresos y costes: costes fijos, precio de venta, etc. (para los factores de ingresos y pagos necesitamos saber los plazos de cobro a clientes y de pago a proveedores)

b) Qué factores vienen dados en condiciones de certeza y cuáles no.

ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DEL RIESGO

❖ MÉTODOS DE ANÁLISIS EN LAS DECISIONES EN PROYECTOS DE INVERSIÓN

• Análisis de Riesgo:

a) Descripción del método:

1. Formular el problema (¿qué queremos conocer?).
2. Establecer un modelo matemático para la resolución del problema.
3. Determinar las variables y factores.
4. Simulación y estudio probabilístico.

a) Simulación de las variables aleatorias, si no las conocemos con certeza. Para ello, necesitamos información: **función de densidad**

- *Caso continuo:* si las variables aleatorias son continuas, la función de distribución la hallamos integrando la función de densidad o cuantía.

✓ Función de distribución: **$F(x)$**

✓ Función de densidad: **$f(x)$**

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(u) du$$

- *Caso discreto:* no se necesita representar la función de distribución. Basta conocer:

- ✓ Sucesión de probabilidades acumuladas.
- ✓ Los valores que la función de distribución asigna a esa variable en función de cómo sean esas probabilidades acumuladas.

Una vez que las simulamos, podemos calcular **I , FC y K** y vamos a poder calcular **VAN , TIR y $Pay Back$** , para cada simulación.

ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DEL RIESGO

❖ MÉTODOS DE ANÁLISIS EN LAS DECISIONES EN PROYECTOS DE INVERSIÓN

- **Análisis de Riesgo:**

a) Descripción del método:

1. **Formular el problema** (¿qué queremos conocer?).
2. **Establecer un modelo matemático para la resolución del problema.**
3. **Determinar las variables y factores.**
4. **Simulación y estudio probabilístico.**

b) Estudio probabilístico. Una vez caracterizados el **VAN, TIR y Pay Back**, con la desviación típica y la esperanza podré llevar a cabo el estudio probabilístico.

- *Si la distribución es normal, típico para pasarlo a una $N(0,1)$.*
- *Si no conocemos la distribución aplicamos el Teorema de Tchebycheff.*

Ejemplo: Sea X una v.a. con esperanza $E(x) = \mu$, sea c un numero real cualquiera y ϵ un numero real positivo.

Si existe la $E(x-c)^2$ entonces se verifica la desigualdad de Tchebycheff :

$$P(|x-c| > \epsilon) \leq E(x-c)^2 / \epsilon^2$$

ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DEL RIESGO

❖ MÉTODOS DE ANÁLISIS EN LAS DECISIONES EN PROYECTOS DE INVERSIÓN

- **Análisis de Riesgo:**

a) Descripción del método:

1. **Formular el problema** (¿qué queremos conocer?).
2. **Establecer un modelo matemático para la resolución del problema.**
3. **Determinar las variables y factores.** Comparación con resultados históricos conocidos.
4. **Simulación y estudio probabilístico.**
5. **Análisis de los resultados.** Comparación con resultados históricos conocidos.
6. **Generación de nuevos bloques de números aleatorios y repetición del proceso.**

El resultado del indicador de rentabilidad estudiado se representa bajo su **Función de Densidad de Probabilidad** $f_x(x)$ ó su **Función de Distribución** $F_x(x)$, utilizándose en el análisis de riesgos el **Perfil de Riesgo** $R_x(x)$, que es la probabilidad de que el indicador económico supere un valor genérico X, definido como:

$$R_x(x) = P(X > x) = 1 - P(X \leq x) = 1 - F_x(x)$$

ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DEL RIESGO

❖ MÉTODOS DE ANÁLISIS EN LAS DECISIONES EN PROYECTOS DE INVERSIÓN

• Análisis de Riesgo:

Como conclusión el Análisis de Riesgo permite medir en un Proyecto de Inversión los siguientes aspectos:

- Rentabilidad Esperada.
- Variabilidad de la Rentabilidad.
- Riesgo.

El perfil del riesgo despliega ante el decisor toda la información cuantitativa posible sobre el valor económico del Proyecto y su variabilidad, por lo que el objeto principal de la política inversionista es la del **Filtrado de Propuesta** estableciendo los criterios de decisión en el sentido de aceptar o rechazar un proyecto, debiendo en todo momento establecer un criterio de Rentabilidad y otro de riesgo, siendo las *normas básicas* de filtrado:

- TIR nominal con criterio de rentabilidad (FC neto después de impuestos y capitales propios).
- Se aceptarán si:
 1. $TIR \geq 14\%$
 2. Probabilidad de que $TIR > 18\%$ es $\Rightarrow 10\%$
 3. Probabilidad de que la $TIR > 7\%$, es $\Rightarrow 90\%$

ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DEL RIESGO

❖ MÉTODOS DE ANÁLISIS EN LAS DECISIONES EN PROYECTOS DE INVERSIÓN

• Análisis de Riesgo:

Una vez establecido el análisis preliminar debemos establecer la comparativa entre distintos proyectos mediante el empleo de la tasa **VAN**, mediante su valor esperado (μ) y su desviación típica (σ), con lo que podemos decir que considerando el **VAN** como v.a. normal $N(\sigma, \mu)$, donde al aplicar el cambio de variable $s=(x-\mu)/\sigma$, aplicando la distribución normal reducida resulta:

$$P(x < 0) = \int_{-\infty}^0 f_x(x) dx = \int_{-\infty}^{-\mu/\sigma} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{(-s^2/2)} ds = \Phi(-\mu / \sigma)$$

Si μ/σ , es constante representa que el ***lugar geométrico de los puntos de los Proyectos con igual VAN es una recta.***