

Estadística y Decisiones

UDLA – Agosto 2015

Expositor: Eduardo Herrera
eduardo@cydhem.com

Propósito

- El principal propósito de utilizar métodos estadísticos es asistir la toma de decisiones bajo incertidumbre
- Casos de fracaso: pronósticos de clima, bancarrota de grandes empresas, crisis del mercado de valores (la mayoría son casos de predicciones parcialmente estadísticas)
- La estadística es la herramienta más confiable para realizar pronósticos

Esquema

- Para analizar un problema es necesario recopilar datos (datos históricos observados o datos controlados por algún tipo de proceso)
- A través de los datos se plantean hipótesis, algunas de las cuales se pueden expresar en términos probabilísticos
- Teoría de probabilidades (TP): rama de las matemáticas puras que se puede aplicar a un amplio espectro de disciplinas

Esquema

- Aplicación de probabilidades: los elementos de una situación real se interpretan como conceptos abstractos de la TP
- Construcción de un modelo probabilista
- Experimento: cualquier proceso influenciado por el azar

Espacio muestral

- S : conjunto de todos los resultados (puntos muestrales) de un experimento
- Ejemplo 1: lanzamiento de dos dados
- Ejemplo 2: número de accidentes en una autopista
- Un mismo experimento puede ser expresado por diferentes espacios muestrales
- ¿Cómo escoger el espacio muestral?

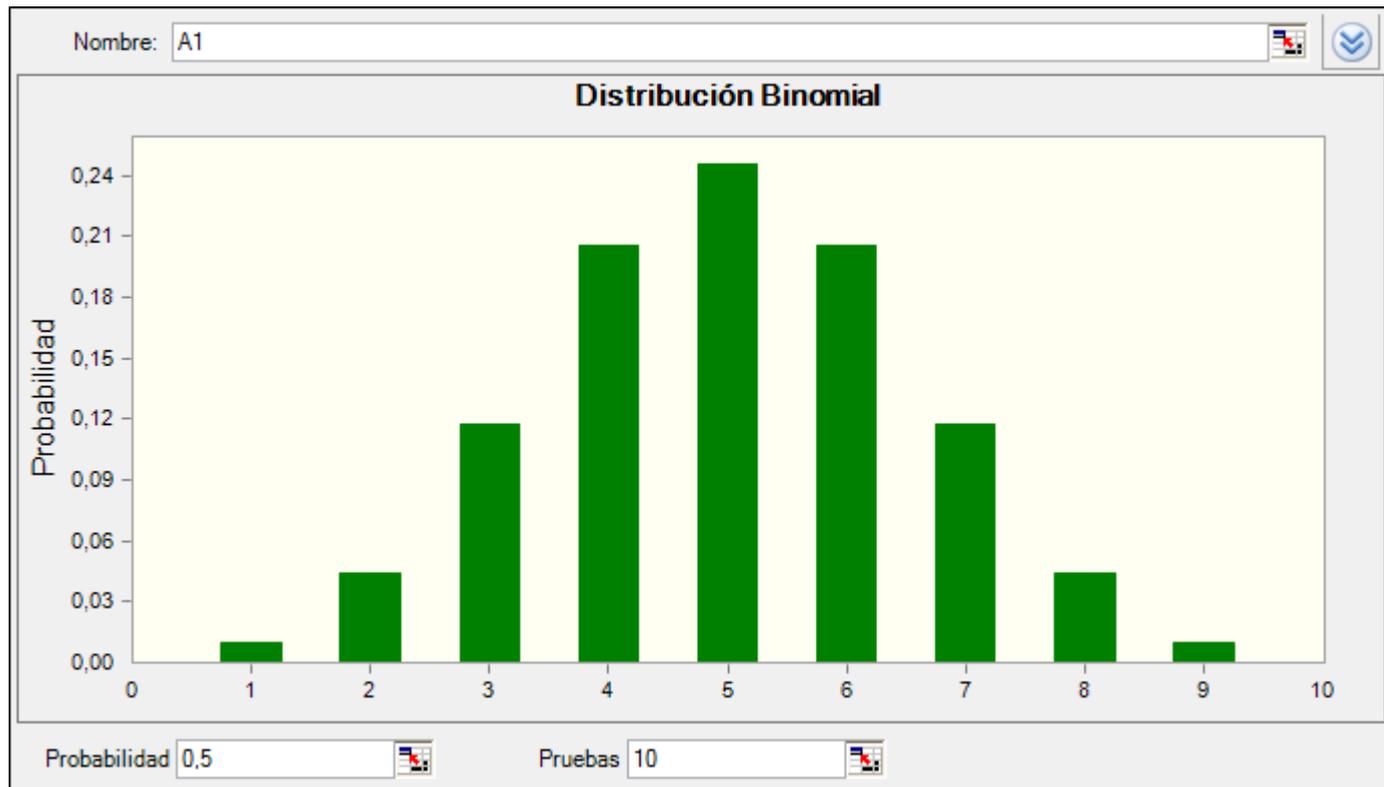
Espacio muestral

- Espacio muestral finito
- Espacio muestral infinito
- Evento: subconjunto del espacio muestral
- Ejemplo: habilidades requeridas para un trabajo (z no es observable, el resultado de una prueba $[x]$ es observable)
- Ejemplo: respuesta aleatorizada (alternativa a una pregunta directa)

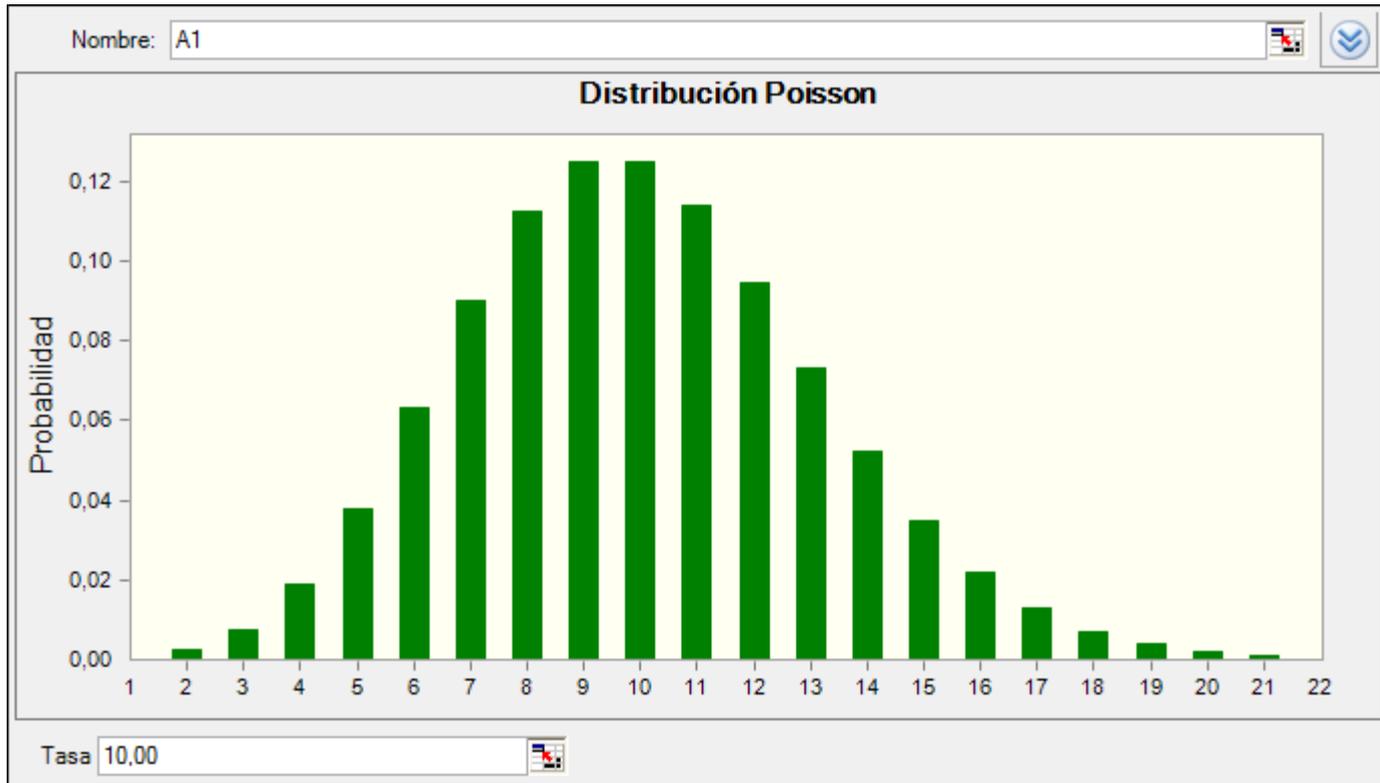
Distribuciones de probabilidad

- Distribución Bernoulli
- Distribución Binomial
- Distribución Binomial negativa
- Distribución de Poisson
- Distribución Uniforme
- Distribución Exponencial
- Distribución Gamma
- Distribución Normal

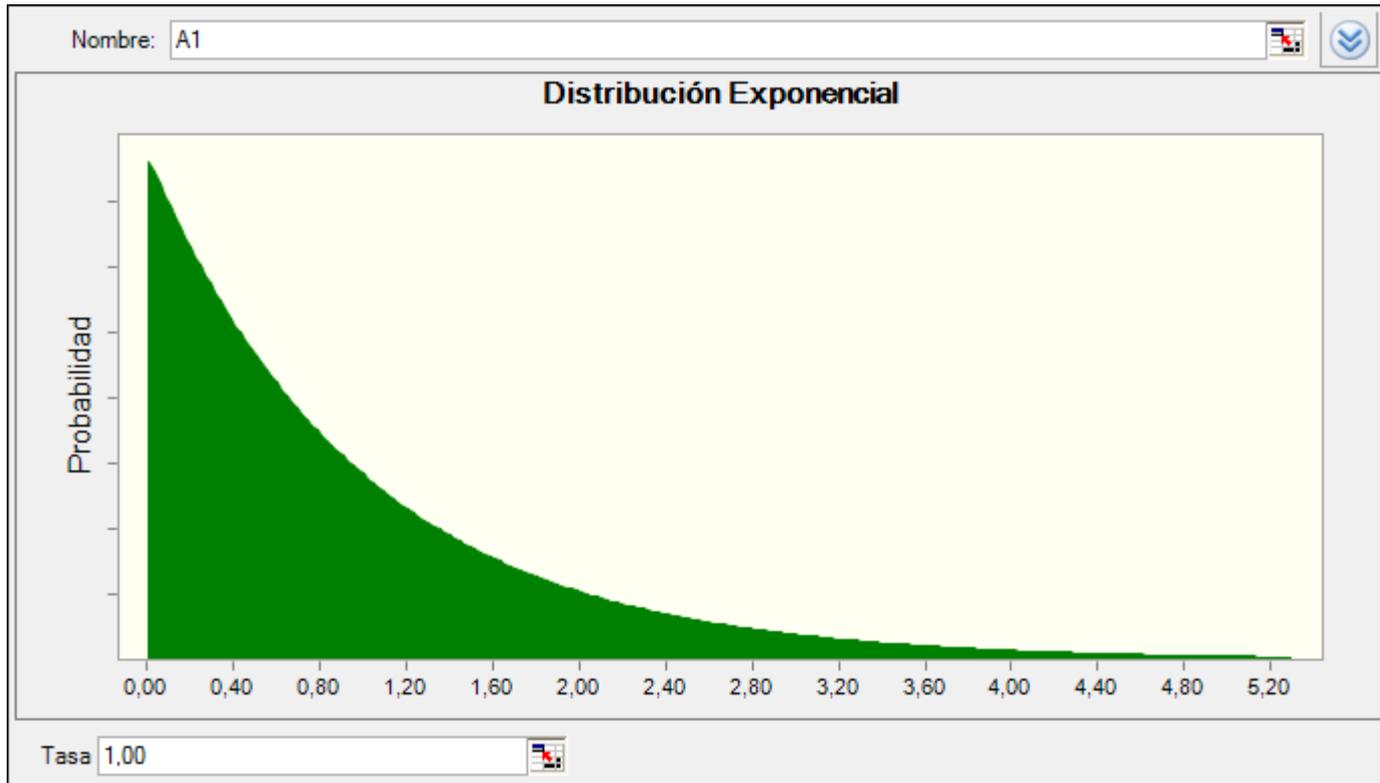
Distribución Binomial



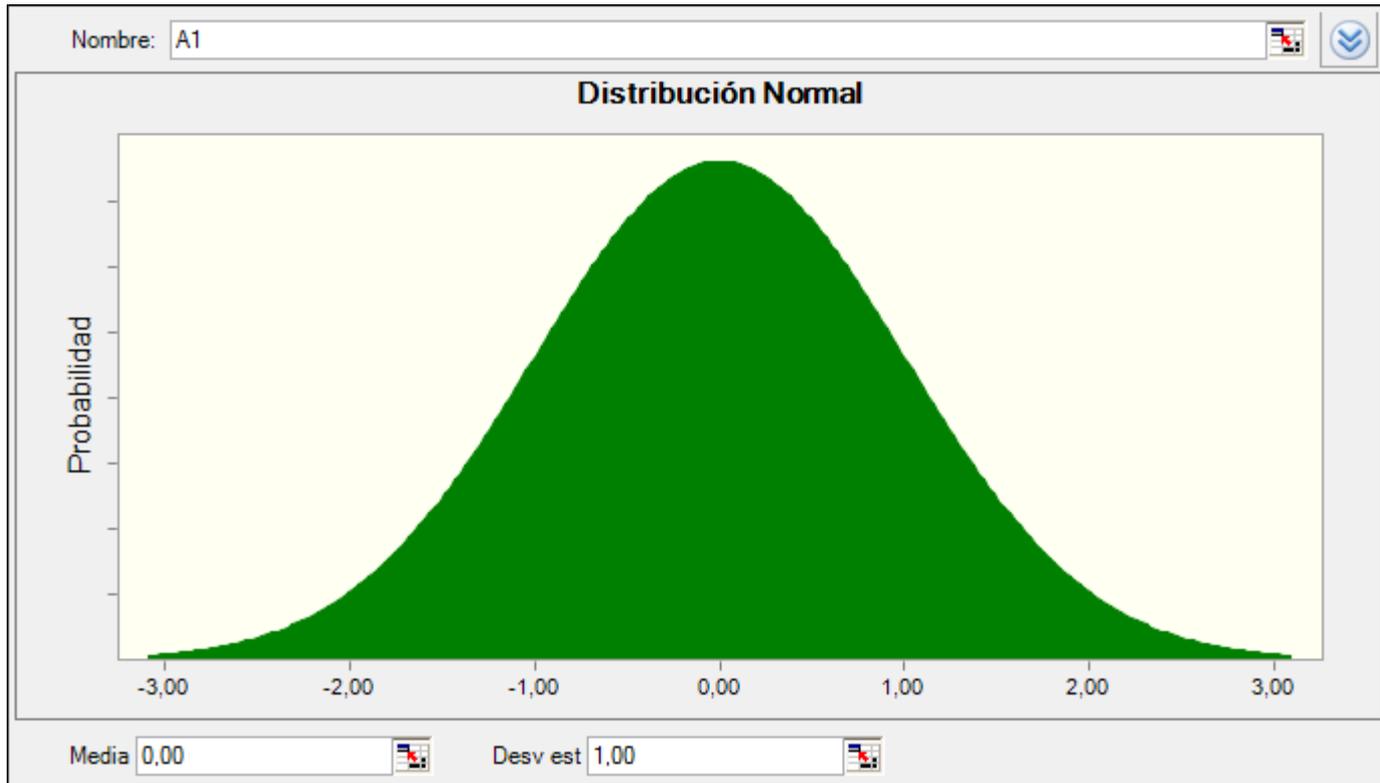
Distribución de Poisson



Distribución Exponencial



Distribución Normal



Modelos de simulación

1. ¿Qué es un modelo de simulación?
2. Supuestos probabilistas
3. Definición de supuestos
4. Definición de pronósticos
5. Preferencias de simulación
6. Experimentos de simulación
7. Escenarios probables
8. Probabilidad de éxito
9. Identificación de variables críticas

Modelos de simulación

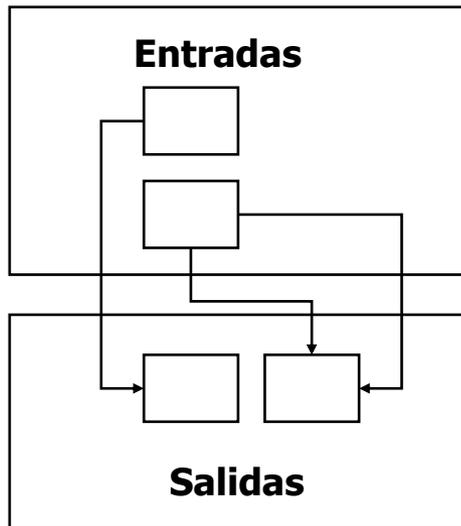
¿Qué es un modelo de simulación?

Un modelo construido en Excel (modelo determinista), se convierte en modelo de simulación con Crystal Ball, definiendo 2 tipos de variables:

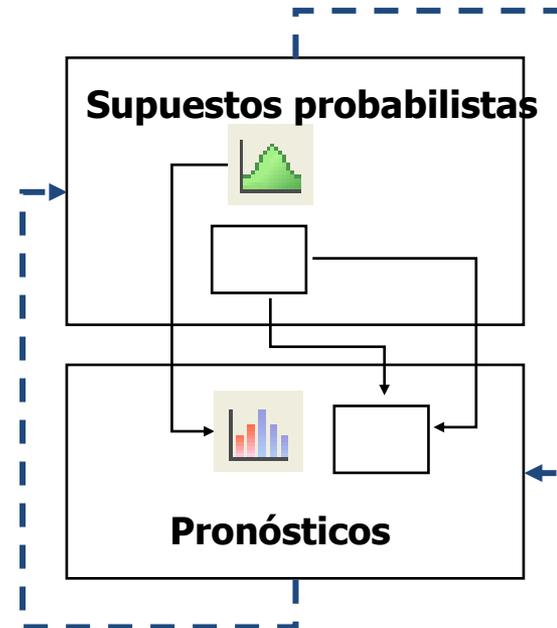
1. **Supuestos probabilistas** para las variables con incertidumbre
2. **Pronósticos** para las variables de salida cuyo impacto se requiere analizar

Modelos de simulación

¿Qué es un modelo de simulación?



**Modelo
Determinista**

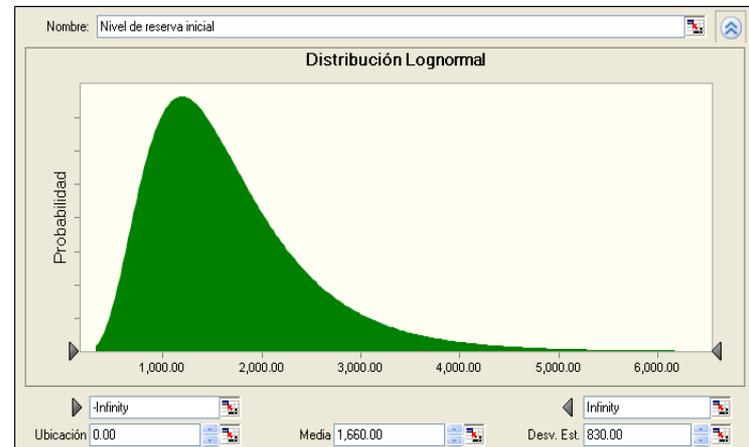
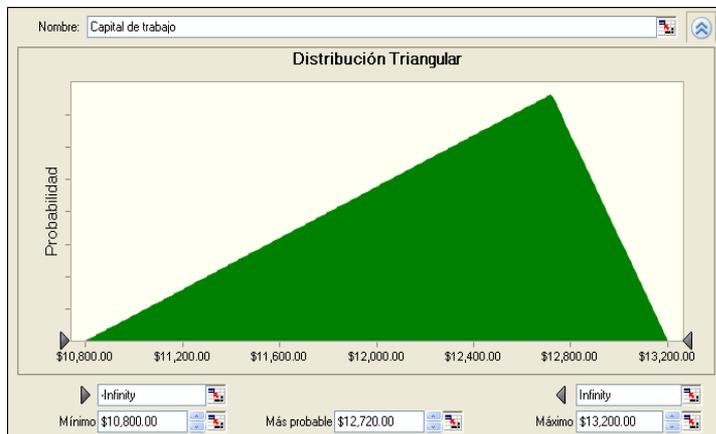


**Modelo de
Simulación**

Modelos de simulación

Supuestos probabilistas

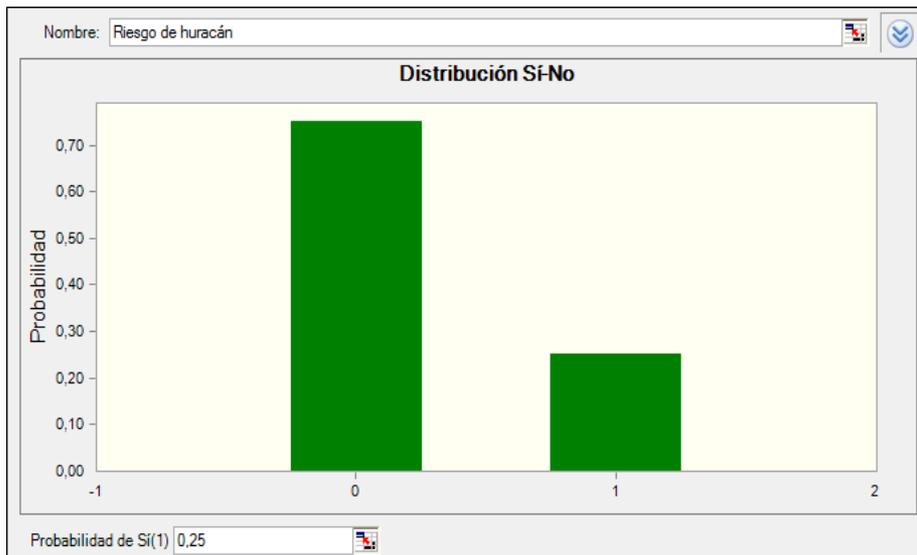
Las incertidumbres técnicas y económicas se representan mediante distribuciones de probabilidad



Modelos de simulación

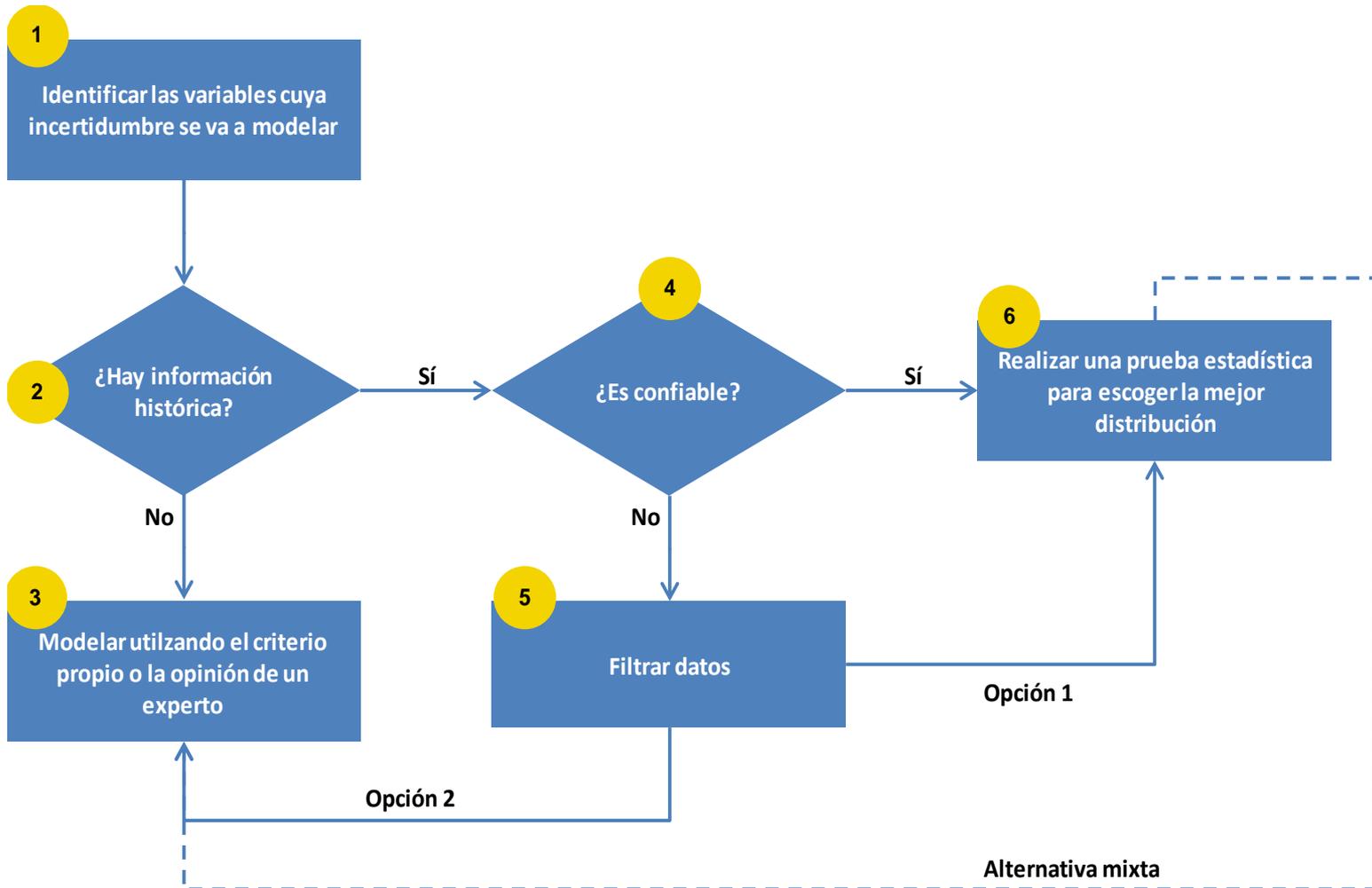
Supuestos probabilistas

La ocurrencia de un evento desfavorable se modela con la distribución de Bernoulli



Modelos de simulación

Definición de supuestos: ¿cómo hacerlo?



Modelos de simulación

Definición de supuestos: asignación de una distribución

Para asignar una distribución de probabilidad a una variable con incertidumbre:

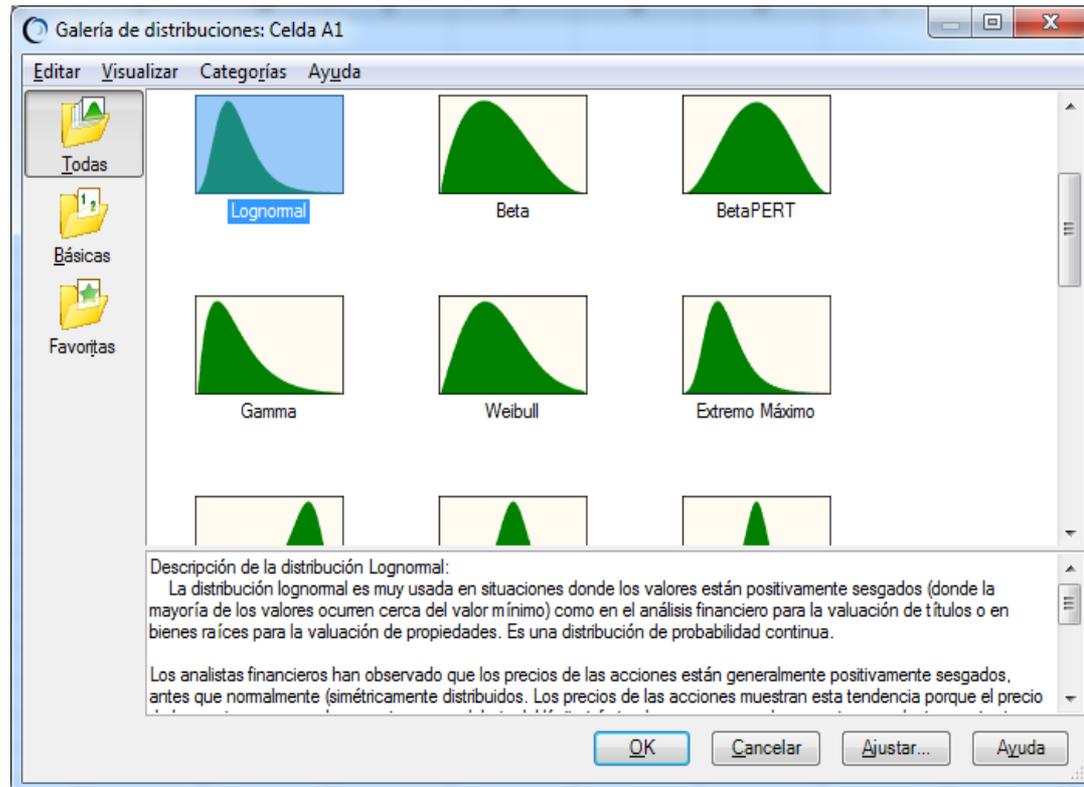


1. Seleccione la celda que contiene el valor de la variable.
2. Escoja **Definir supuesto** en el grupo **Definir** de **Crystal Ball**.

Modelos de simulación

Definición de supuestos: asignación de una distribución

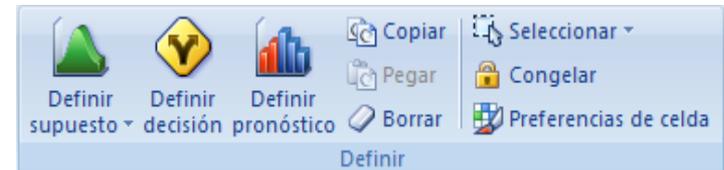
3. Elija la distribución de probabilidad apropiada en la **Galería de distribuciones**.



Modelos de simulación

Definición de supuestos: ajuste a una distribución

Se requiere de al menos 15 datos



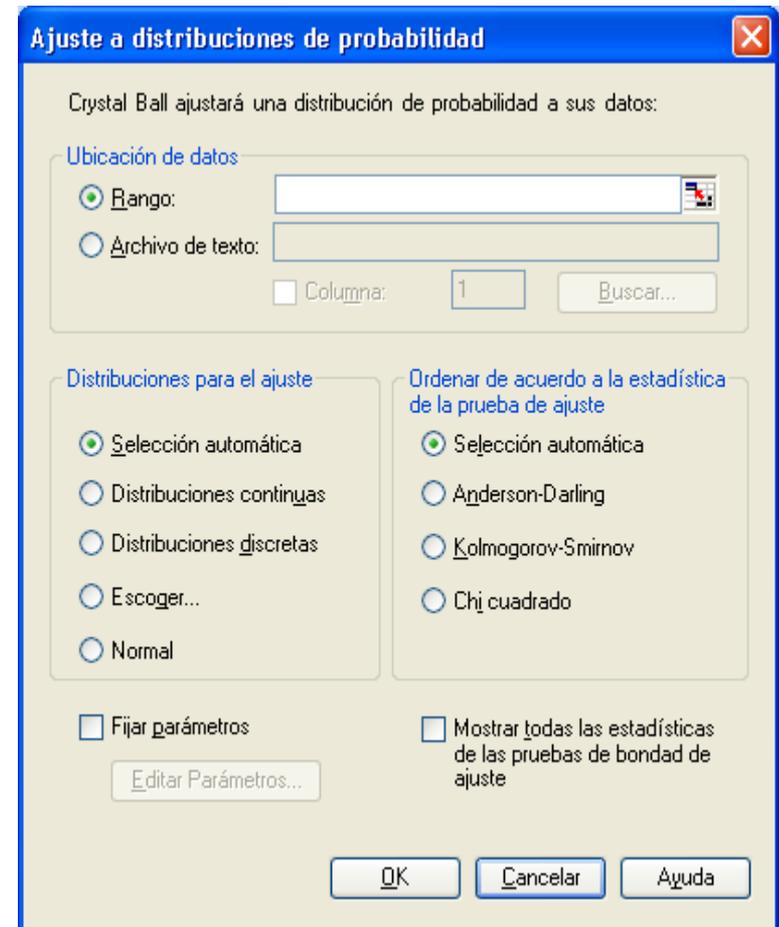
- Elegir la celda adecuada (no debe contener fórmulas)
- Escoger **Definir supuesto**
- En el cuadro **Galería de distribuciones**, seleccionar **Ajustar...**



Modelos de simulación

Definición de supuestos: ajuste a una distribución

- Definir la **Ubicación de datos**
- Escoger **Distribuciones para el ajuste**
- Elegir el método para **Ordenar de acuerdo a la estadística de la prueba de ajuste...**

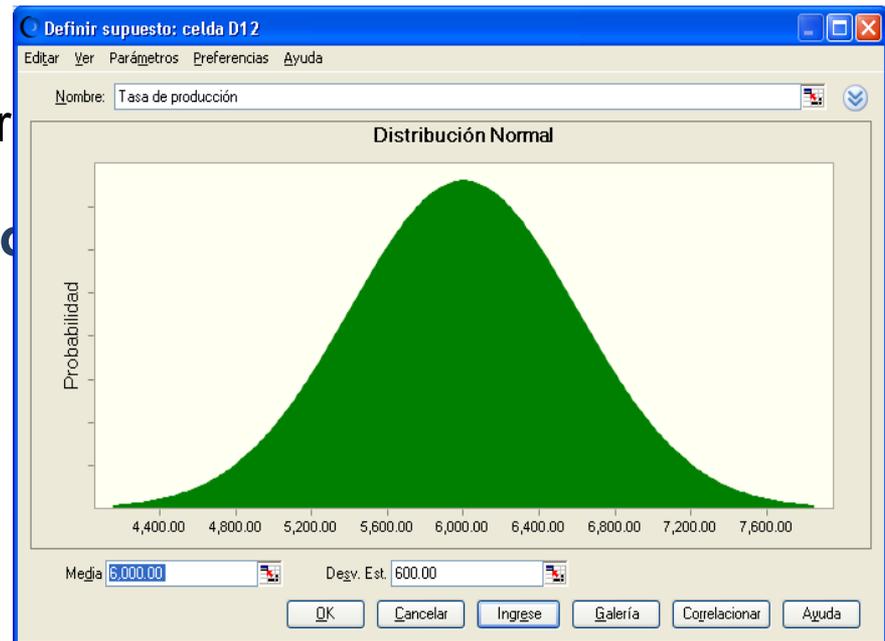


Modelos de simulación

Definición de supuestos: correlaciones

Se aplica para supuestos previamente definidos

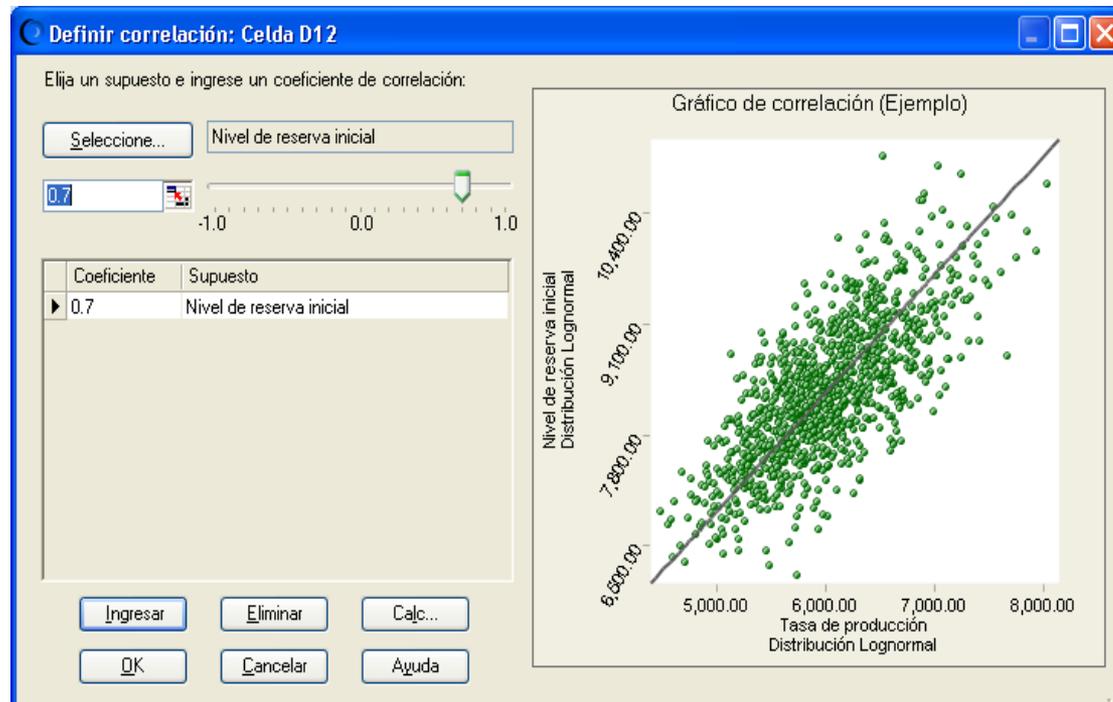
- Seleccionar uno de los supuestos a correlacionar
- Escoger **Definir supuesto**
- Clic en **Correlacionar**



Modelos de simulación

Correlaciones entre supuestos

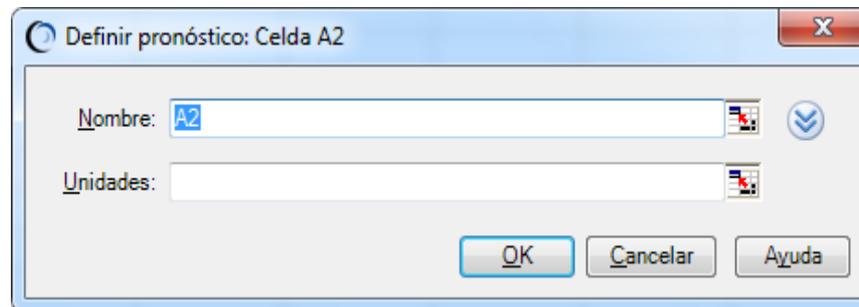
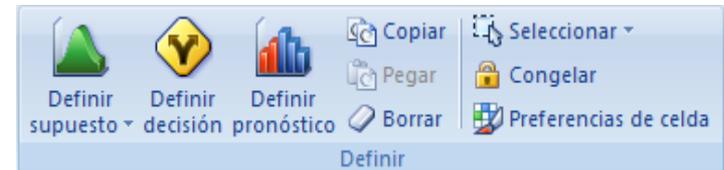
- Seleccionar el supuesto a ser correlacionado
- Definir el coeficiente de correlación (entre -1 y 1)



Modelos de simulación

Definición de pronósticos

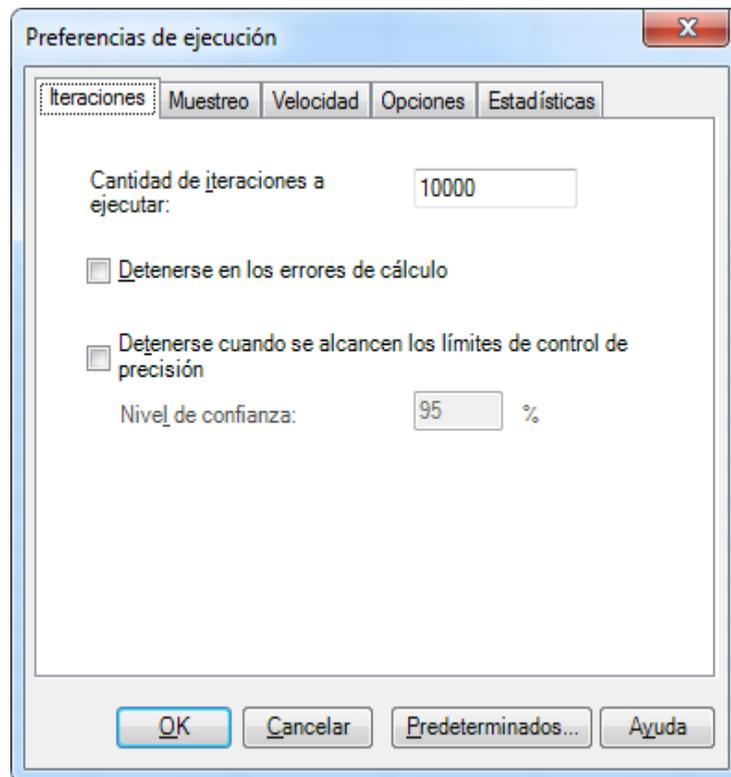
1. Seleccione la celda que contiene la fórmula de pronóstico
2. Elija **Definir pronóstico** en el grupo **Definir** de **Crystal Ball**



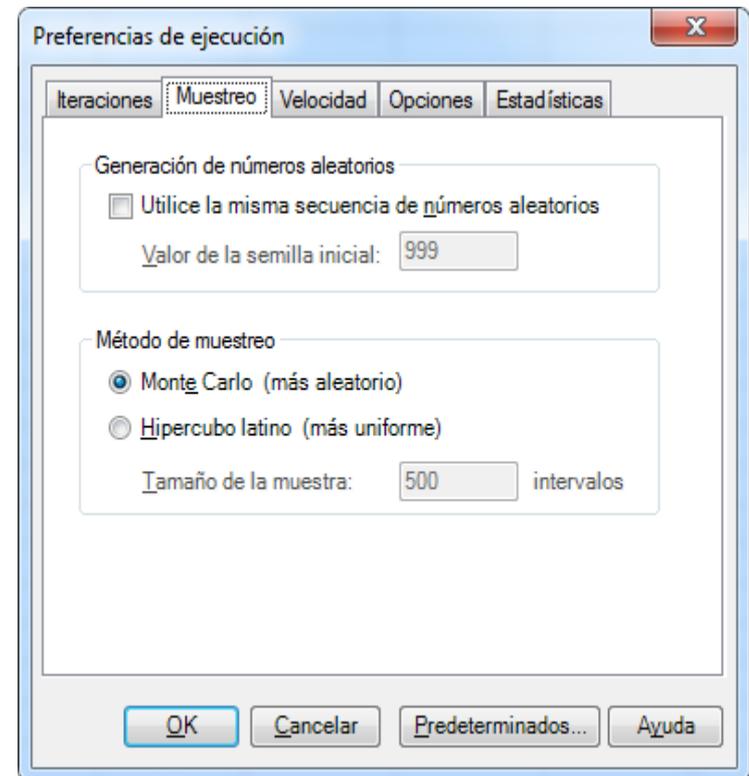
Modelos de simulación

Preferencias de simulación

Criterios para detener la simulación



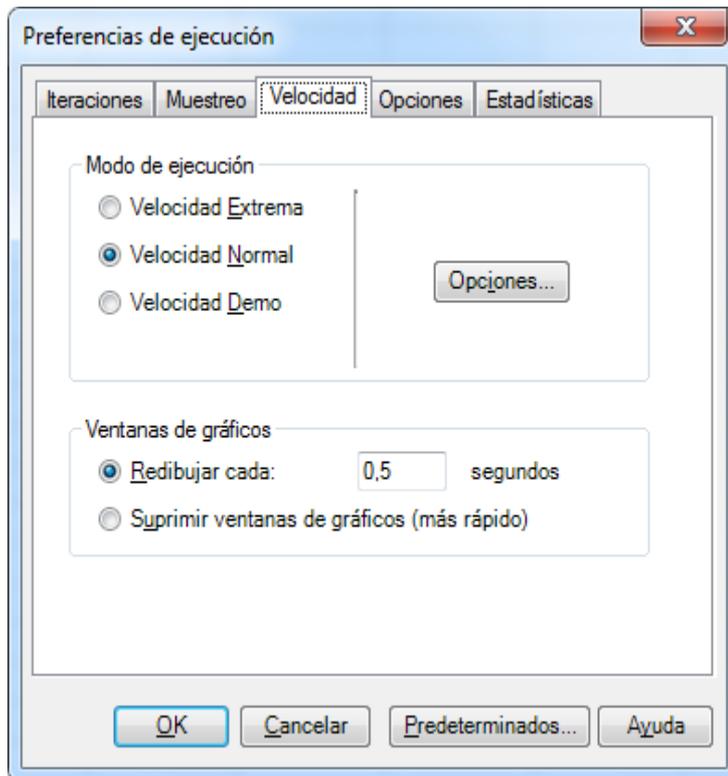
Muestreo



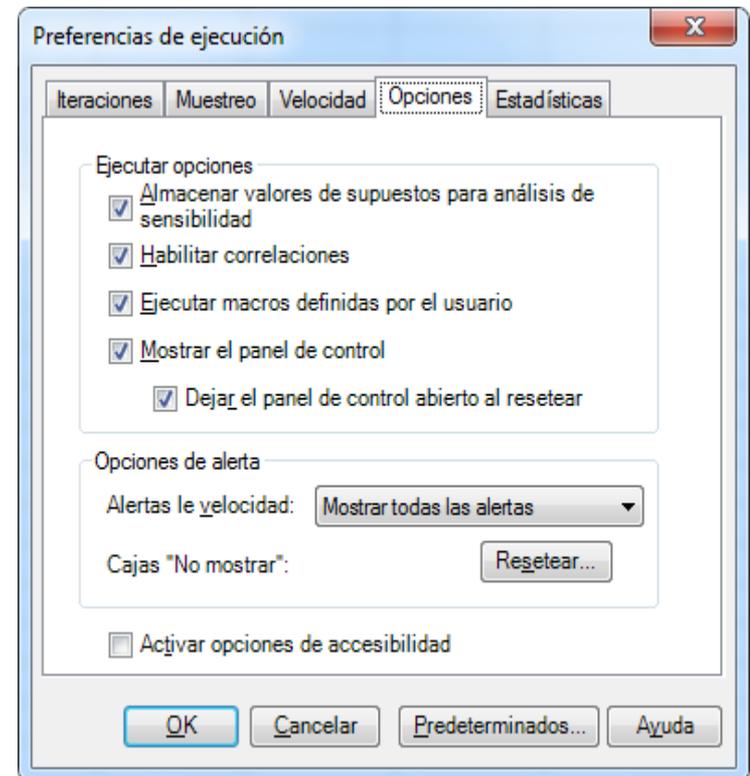
Modelos de simulación

Preferencias de simulación

Velocidad



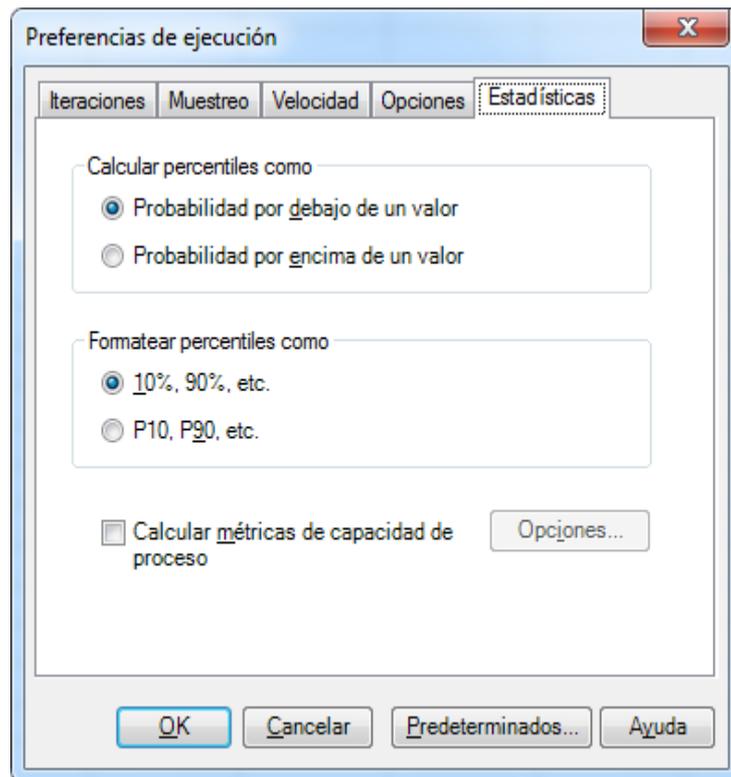
Opciones



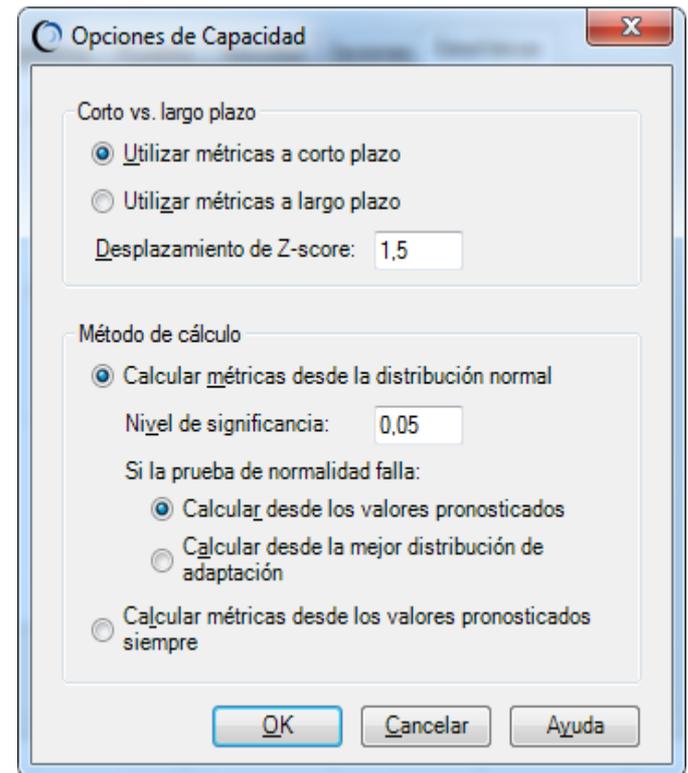
Modelos de simulación

Preferencias de simulación

Estadísticas



Métricas de capacidad

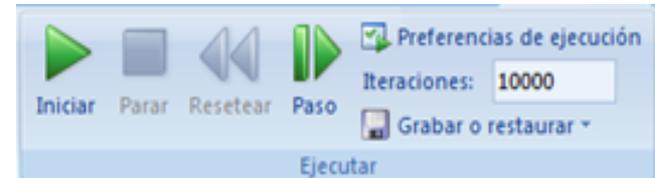


Modelos de simulación

Experimentos de simulación

Opciones

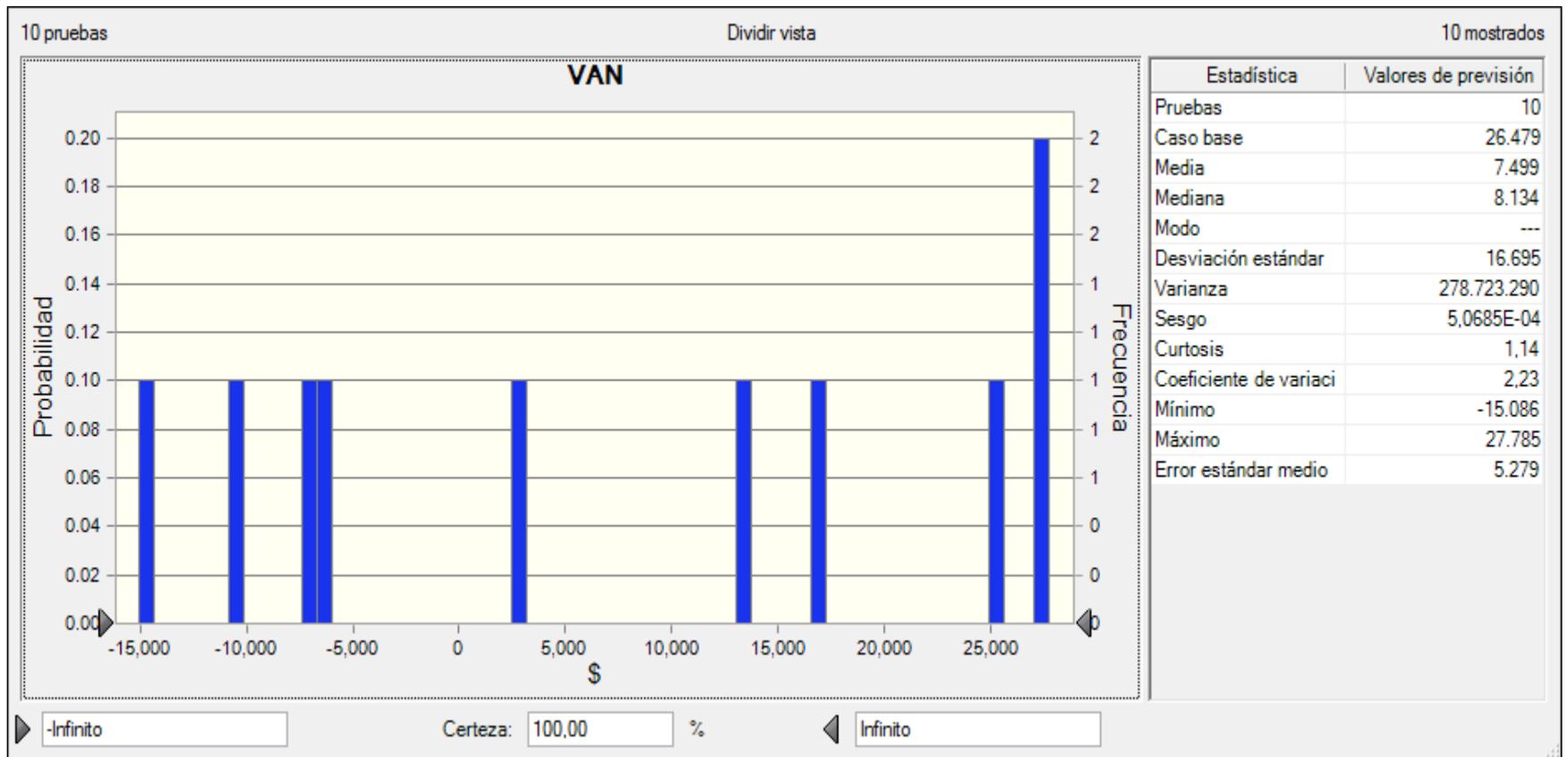
- Paso: genera un valor aleatorio por cada supuesto y recalcula la hoja electrónica → se utiliza con propósitos de validación
- Iniciar: genera automáticamente el número de escenarios establecido en Iteraciones
- Resetear: borra los resultados de un experimento de simulación
- Parar: detiene una simulación en curso



Modelos de simulación

Experimentos de simulación

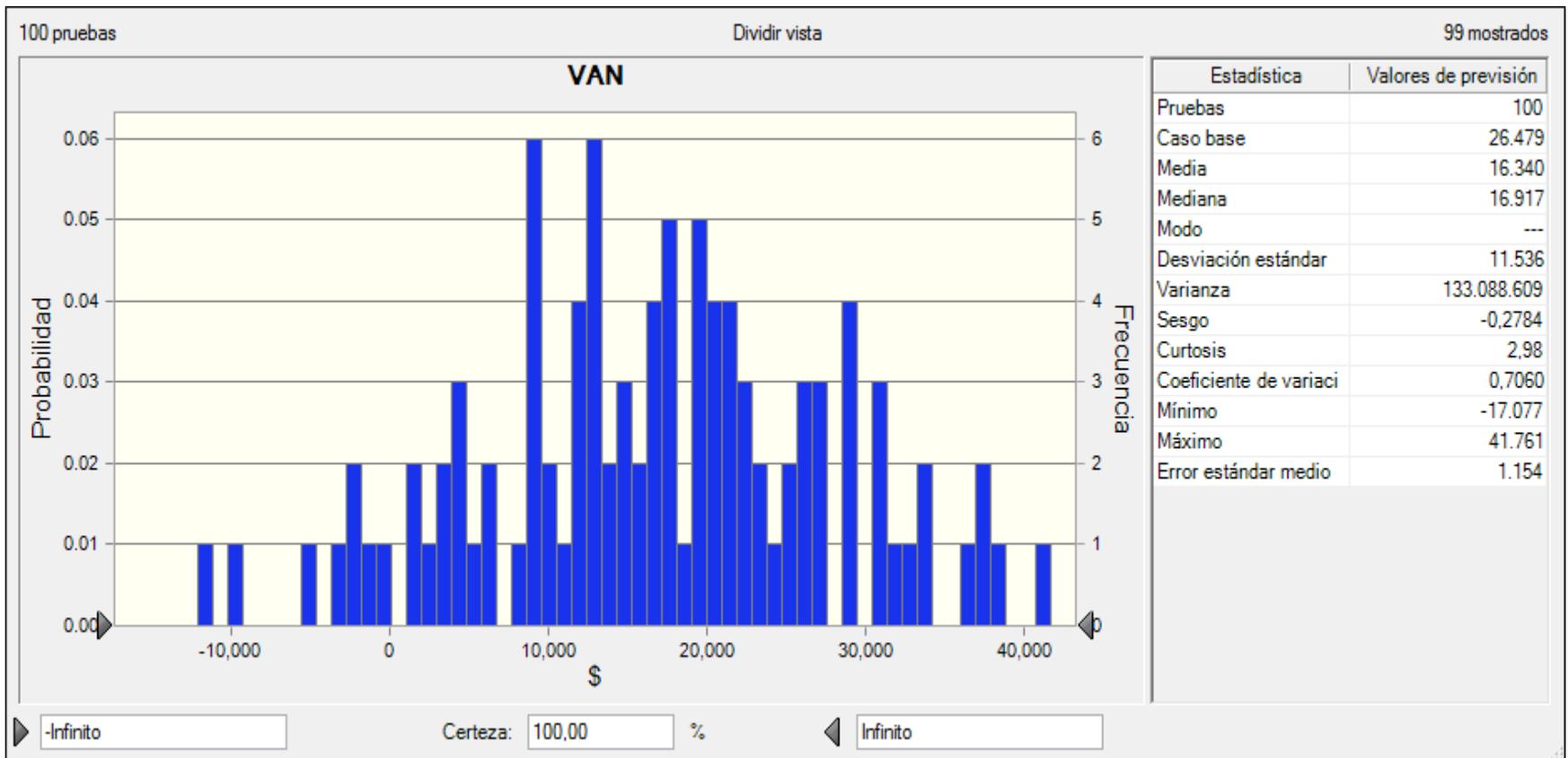
Simulación: 10 escenarios aleatorios



Modelos de simulación

Experimentos de simulación

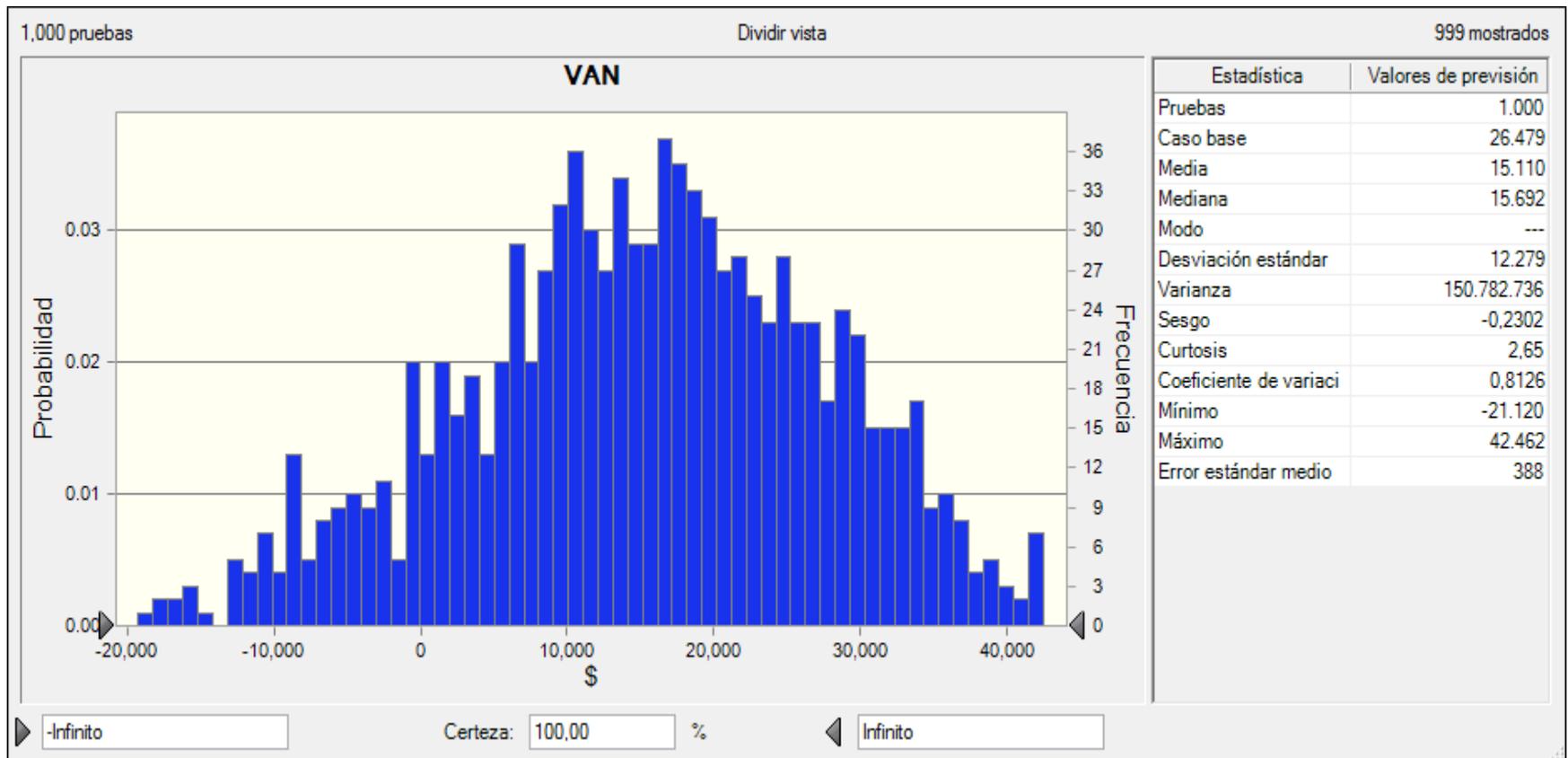
Simulación: 100 escenarios aleatorios



Modelos de simulación

Experimentos de simulación

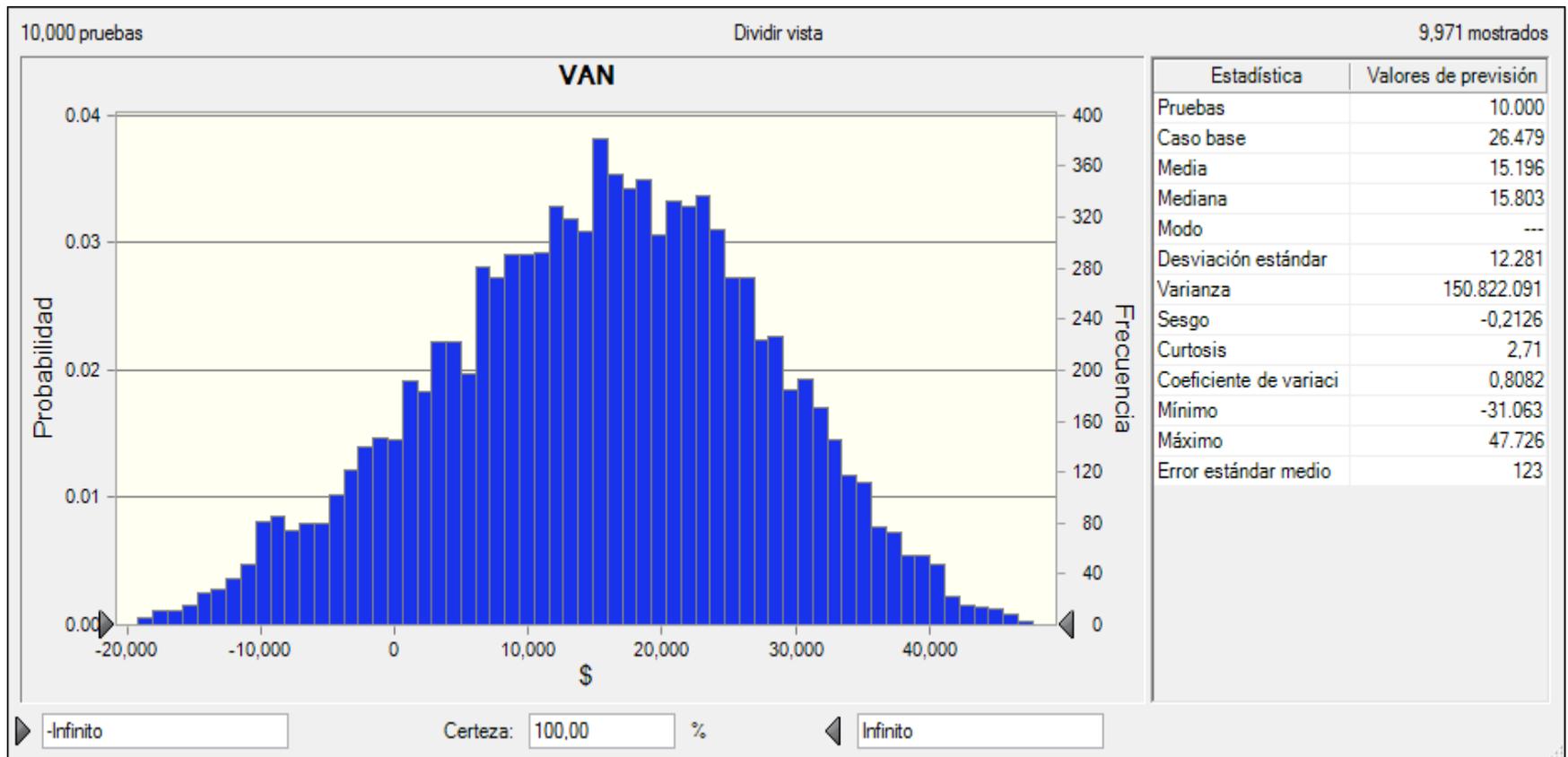
Simulación: 1.000 escenarios aleatorios



Modelos de simulación

Experimentos de simulación

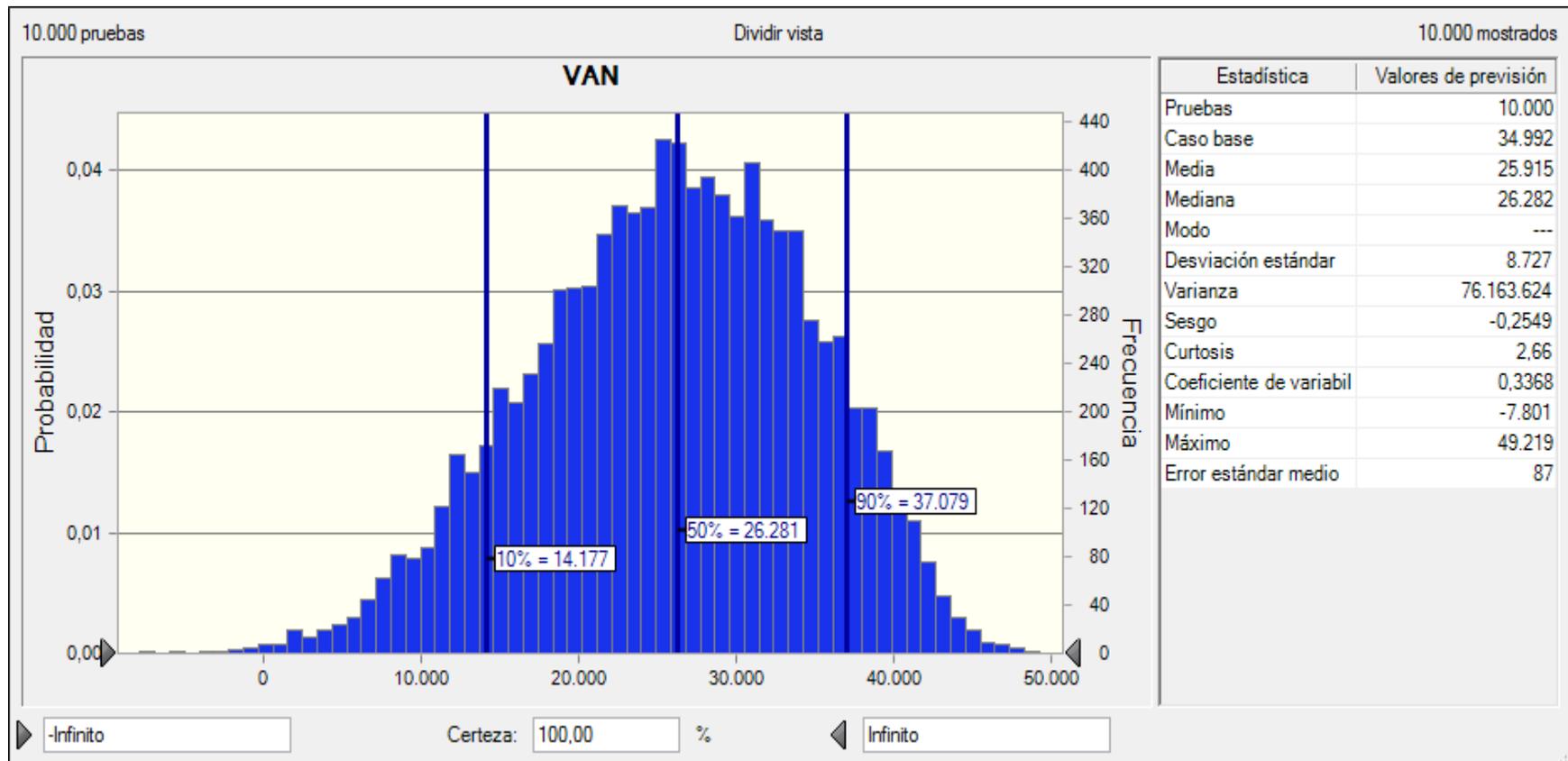
Simulación: 10.000 escenarios aleatorios



Modelos de simulación

Experimentos de simulación

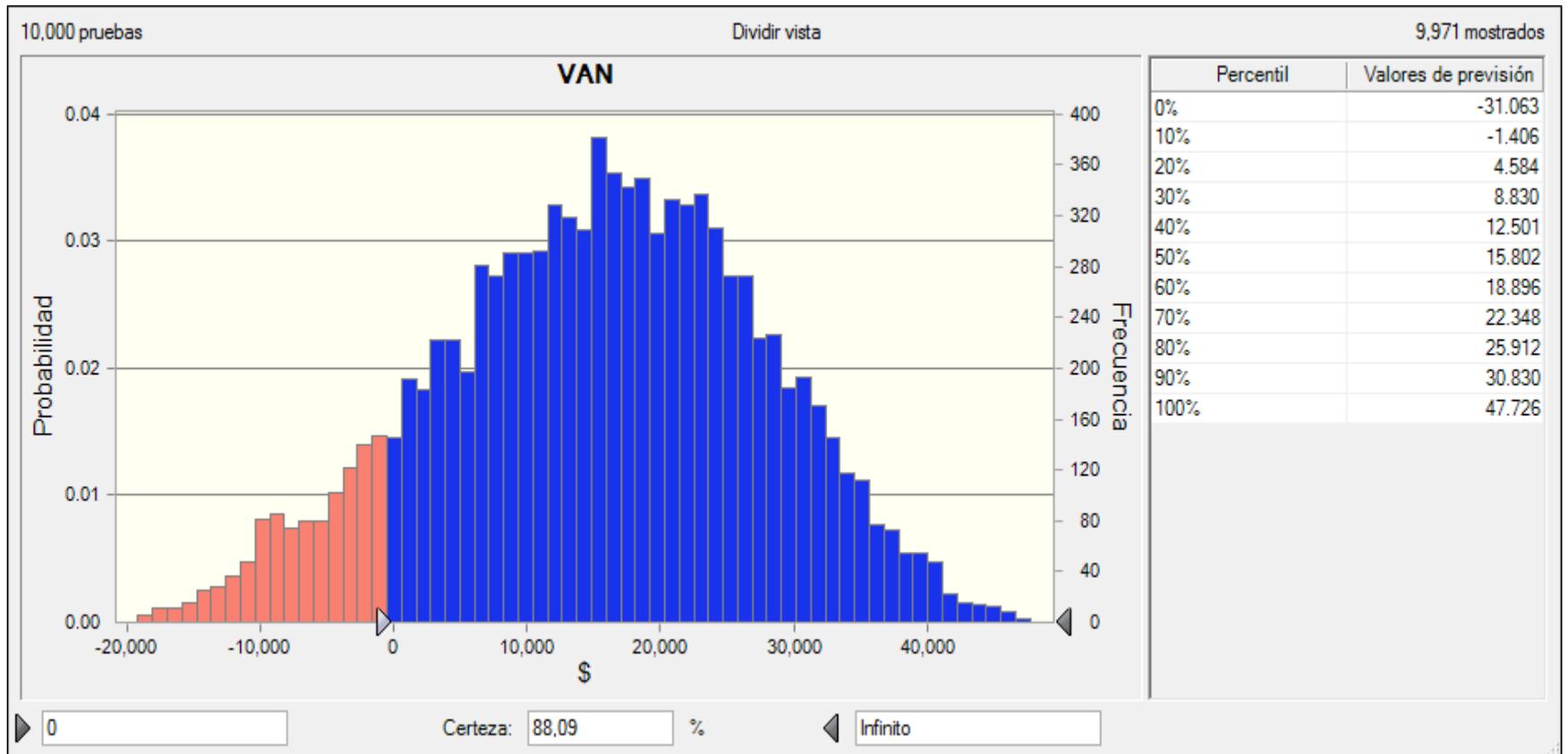
Escenarios probables



Modelos de simulación

Experimentos de simulación

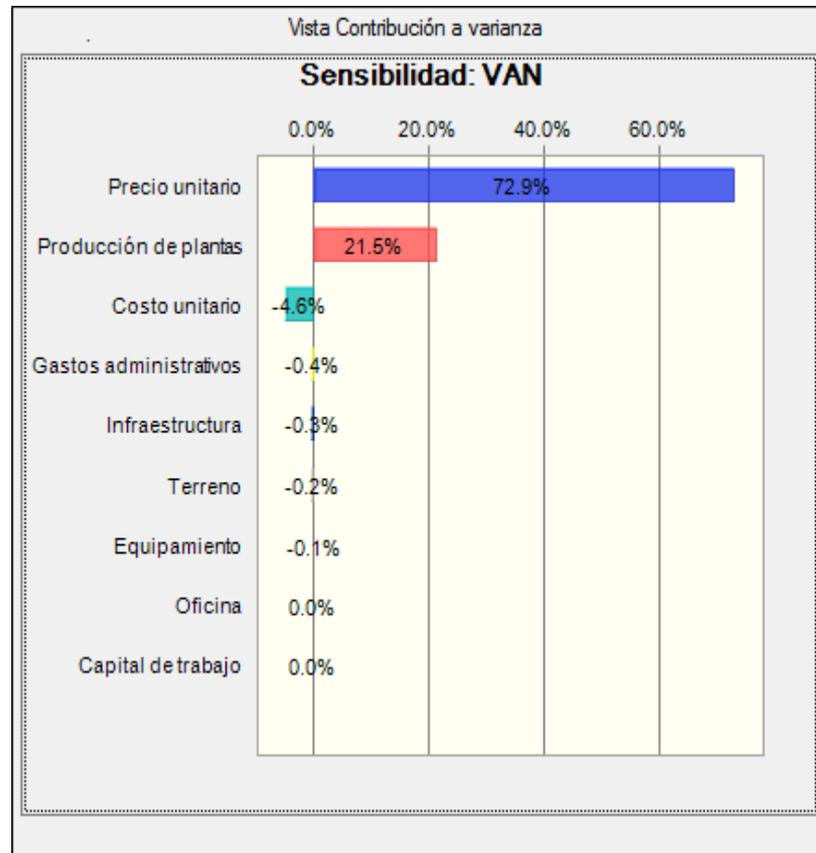
Probabilidad de éxito: probabilidad $VAN > 0$



Modelos de simulación

Experimentos de simulación

Identificación de variables críticas



Análisis e interpretación de resultados

1. Análisis estadístico-probabilístico
 - Medidas descriptivas
 - Medidas de dispersión
 - Percentiles
2. Análisis de sensibilidad
 - Gráfico de correlaciones de rangos
 - Gráfico de contribución a la variabilidad

Análisis e interpretación de resultados

Análisis estadístico-probabilístico

Medidas descriptivas

- Tendencia central: media, mediana, moda
- Dispersión: varianza, desviación estándar
- Forma: asimetría, curtosis

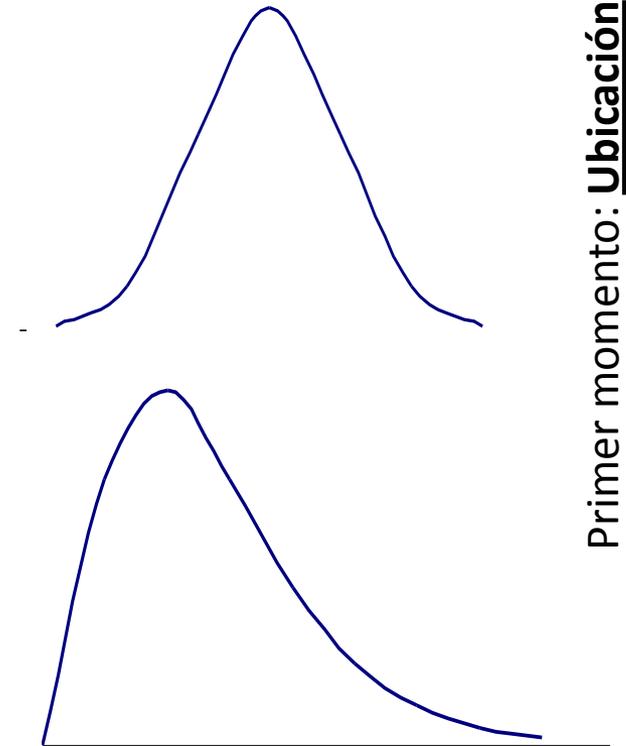


Análisis e interpretación de resultados

Análisis estadístico-probabilístico

Medidas de tendencia central

- Media: promedio de los datos
- Mediana: punto medio de una serie ordenada de datos
- Moda: valor más frecuente



Análisis e interpretación de resultados

Análisis estadístico-probabilístico

Medidas de dispersión

- Rango: diferencia entre el valor máximo y el mínimo
- Varianza: indicador de dispersión alrededor de la media
- Desviación estándar: mide la dispersión promedio de los datos alrededor de la media

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Segundo momento: Variabilidad

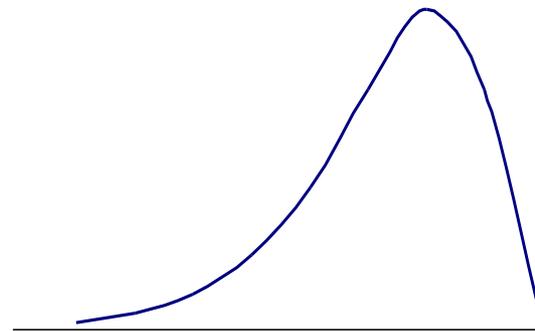
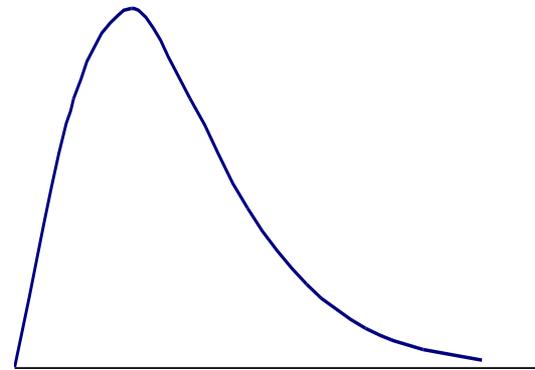
Análisis e interpretación de resultados

Análisis estadístico-probabilístico

Asimetría

- Asimetría positiva: cola a la derecha
- Asimetría nula: curva simétrica
- Asimetría negativa: cola a la izquierda

$$A_s = \frac{\sum (x - \bar{x})^3}{s^3}$$



Tercer momento: Asimetría

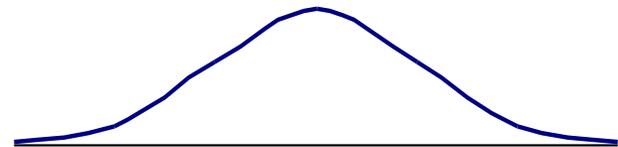
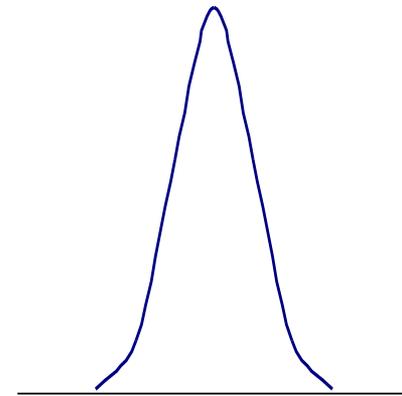
Análisis e interpretación de resultados

Análisis estadístico-probabilístico

Curtosis

- Platicúrtica: $K < 3$
- Mesocúrtica: $K = 3$
- Leptocúrtica: $K > 3$

$$K = \frac{\sum(x - \bar{x})^4}{s^4}$$



Cuarto momento: Curtosis

Análisis e interpretación de resultados

Análisis estadístico-probabilístico

Otras medidas estadísticas

- Coeficiente de variabilidad:
medida de variación alrededor de
la media
- Error estándar de la media: mide
la precisión de la media

$$C_v = \frac{s}{\bar{x}}$$

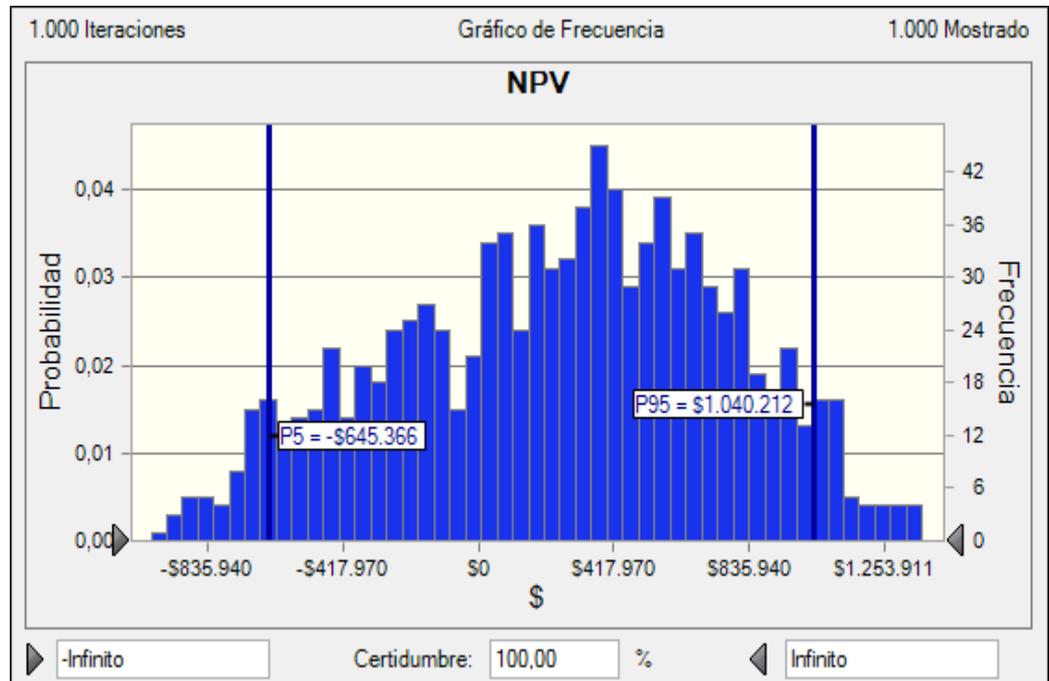
$$\varepsilon = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Análisis e interpretación de resultados

Análisis estadístico-probabilístico

Percentiles

- Enfoque clásico: probabilidad menor que

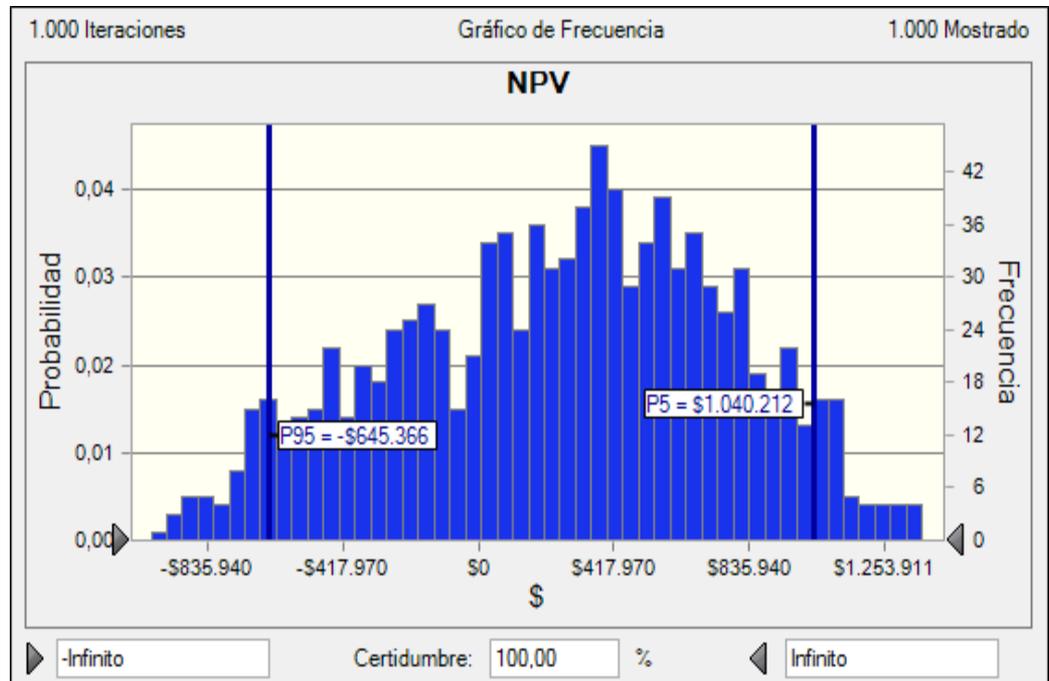


Análisis e interpretación de resultados

Análisis estadístico-probabilístico

Percentiles

- Enfoque alternativo: probabilidad mayor que



Análisis e interpretación de resultados

Análisis estadístico-probabilístico

Pronóstico: VAN

Iteraciones: 1,000

Media: \$224,976

Mediana: \$269,177

Moda: ---

Desviación estándar: \$491,263

Varianza: \$241,339,064,618

Asimetría: -0.1786

Curtosis: 2.44

Coefficiente de variabilidad: 2.18

Mínimo: -\$1,005,810

Máximo: \$1,443,349

Error estándar de la media: \$15,535

¿Cuál es el valor esperado del VAN?

¿Qué tan preciso es ese valor?

¿Cómo se puede mejorar el nivel de precisión?

Análisis e interpretación de resultados

Análisis estadístico-probabilístico

¿Cuál es la probabilidad de tener un VAN positivo?

Pronóstico: VAN

Percentil	Valores pronosticados
0%	-\$1,005,810
10%	-\$451,605
20%	-\$222,256
30%	-\$61,161
40%	\$129,245
50%	\$269,147
60%	\$382,990
70%	\$507,469
80%	\$656,432
90%	\$847,942
100%	\$1,443,349

Análisis e interpretación de resultados

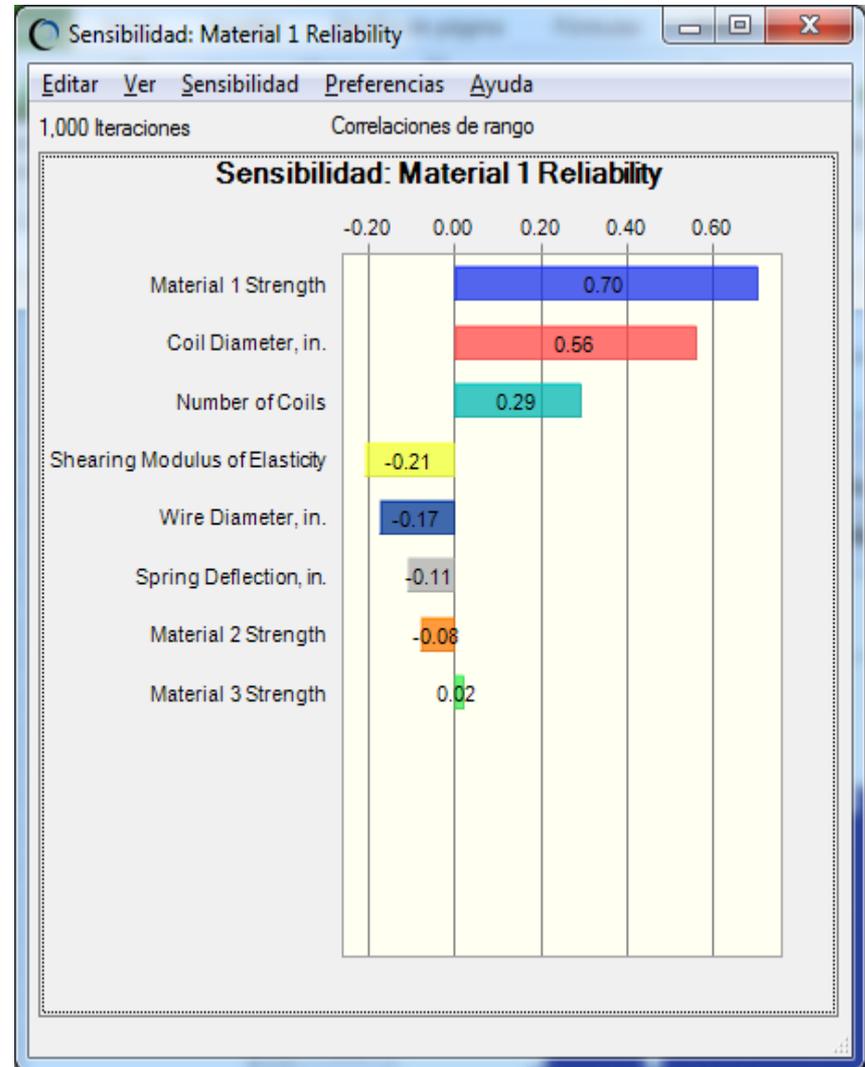
Análisis de sensibilidad

Correlaciones de rangos

Muestra, en orden de importancia, las correlaciones (Spearman) entre los supuestos y la variable de pronóstico.

El signo del coeficiente indica el tipo de relación (directa o inversa).

La magnitud del coeficiente señala la fuerza de asociación entre las variables.



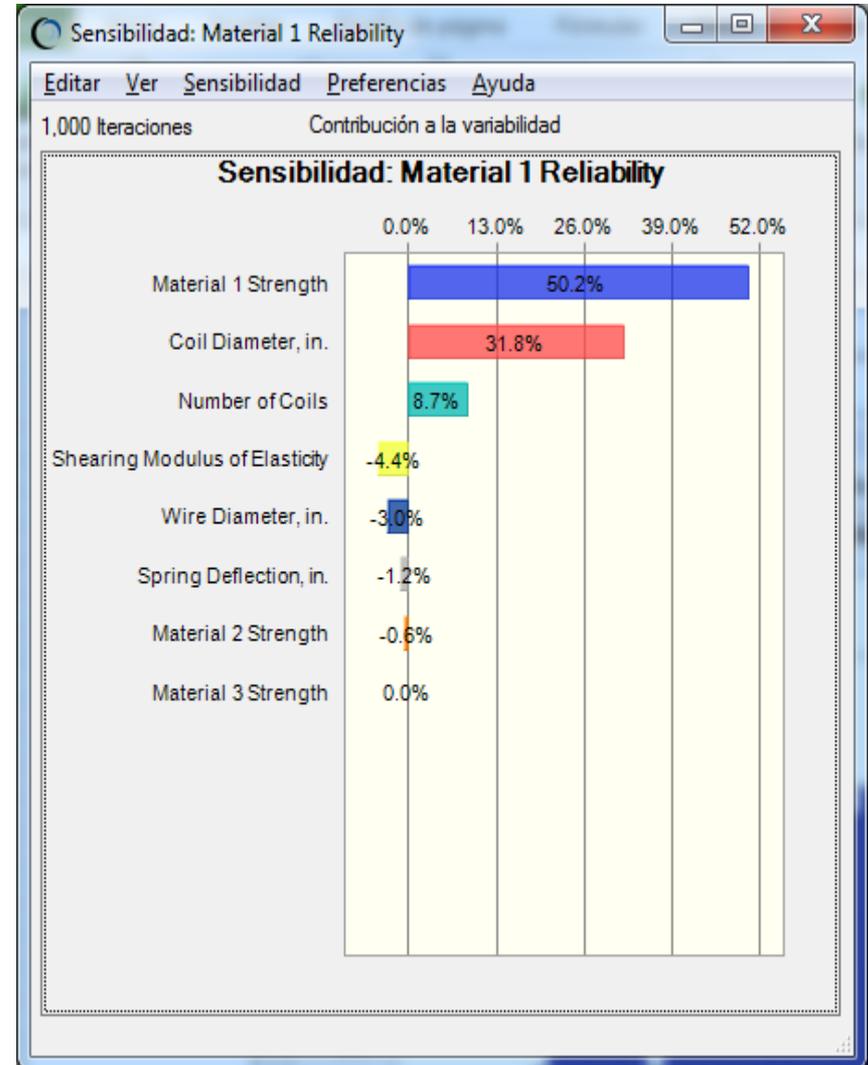
Análisis e interpretación de resultados

Análisis de sensibilidad

Contribución a la variabilidad

Muestra, en orden de importancia, los porcentajes de contribución a la variabilidad del pronóstico.

Mediante un proceso de normalización, los coeficientes de correlación son transformados en porcentajes de contribución a la variabilidad.



Bibliografía

- [Brigham 2011] Brigham, Eugene and Ehrhardt, Michael. *Financial Management: Theory and Practice*. 13th edition. South-Western, USA, 2011.
- [Herrera 2015] Herrera, Eduardo. *Proyectos: Decisiones bajo Incertidumbre*. Cydhem, Quito, 2015.
- [Herrera 2011] Herrera, Eduardo. *Riesgos en proyectos de inversión*. 2da. Edición. Cydhem, Quito, 2011.
- [Oracle 2013] Oracle. *Crystal Ball User Guide*. Oracle, USA, 2013.
- [Powell 2004] Powell, Johnathan and Baker, Kenneth. *The Art of Modeling with Spreadsheets*. Wiley, USA, 2004.