
Mètodes de simulació en els negocis

PID_00264891

Salvador Torra Porras

Temps mínim de dedicació recomanat: 3 hores



Salvador Torra Porras

Diplomat en Comerç Internacional per la Cambra de Comerç de Barcelona i Diplomat en Mètodes Quantitatius i Informàtics per la Universitat de Barcelona.

Llicenciat en Ciències Econòmiques i Empresariales (especialitat Economia) i doctor en Ciències Econòmiques (Universitat de Barcelona).

Professor de «Mètodes Quantitatius per a l'Economia i l'Empresa» (especialitat en Finances Quantitatives: Estadística, Econometria i Models de Programació) (UB) i membre de l'Institut Espanyol d'Analistes Financers, de l'Associació Catalana d'Intel·ligència Artificial, del Col·legi d'Economistes de Catalunya i de l'Associació Espanyola d'Analistes Tècnics.

L'encàrrec i la creació d'aquest recurs d'aprenentatge UOC han estat coordinats pel professor: Joan Llobet Dalmases (2019)

Primera edició: setembre 2019

© Salvador Torra Porras

Tots els drets reservats

© d'aquesta edició, FUOC, 2019

Av. Tibidabo, 39-43, 08035 Barcelona

Realització editorial: FUOC

Cap part d'aquesta publicació, incloent-hi el disseny general i la coberta, no pot ser copiada, reproduïda, emmagatzemada o transmesa de cap manera ni per cap mitjà, tant si és elèctric com químic, mecànic, òptic, de gravació, de fotocòpia o per altres mètodes, sense l'autorització prèvia per escrit dels titulars dels drets.

Índex

1. Introducció a la simulació per Montecarlo.....	5
2. Disseny conceptual dels models.....	6
3. Incertesa i probabilitat: avantatges i inconvenients.....	8
4. Possibilitats del full de càlcul. Alternatives.....	9
5. Cas pràctic 1. Projecte d'inversió.....	16
6. Cas pràctic 2. <i>Business plan</i>.....	23
7. Cas pràctic 3. Valoració d'empreses.....	28
Bibliografia.....	35

1. Introducció a la simulació per Montecarlo

En primer lloc ens hauríem de preguntar què s'entén per **simulació**? La **simulació** neix per avaluar numèricament un model. Però, què és un model? És una representació reduïda d'una realitat, en el nostre cas econòmica i/o financera, que intentem conèixer (el full de càlcul ho permet). Si les relacions que integren aquest model són simples, podem utilitzar mètodes matemàtics per representar-los: àlgebra, càlcul, teoria de la probabilitat, etc.

Ara bé, quan les relacions en el nostre model són complexes o amb un cert grau d'incertesa, llavors s'avaluen mitjançant la simulació. De manera que les dades s'utilitzen per calcular les característiques del nostre model. La simulació com a tècnica s'utilitza en àrees, com, per exemple, la recerca operativa, la *management science*, etc.

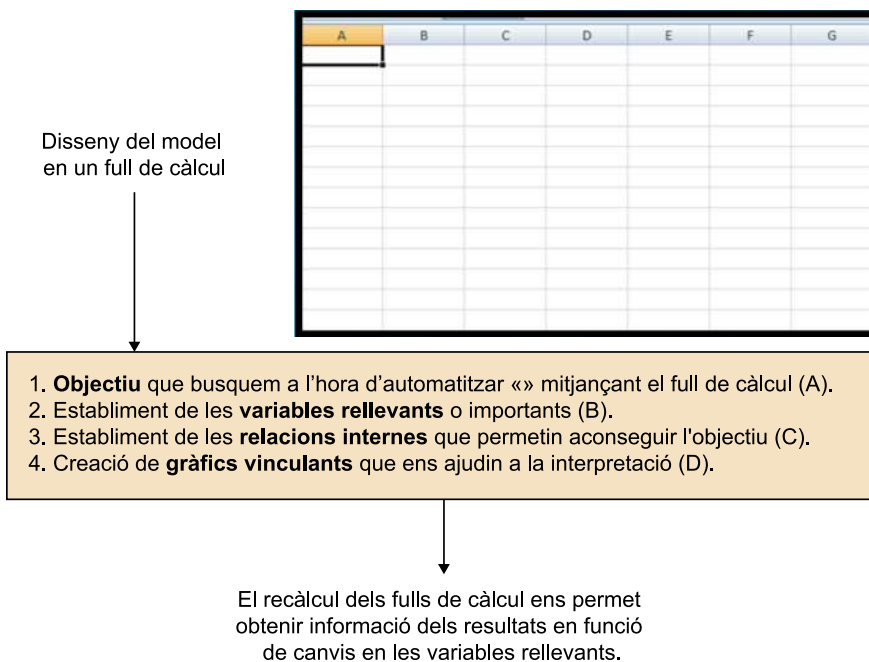
Finalment, centrem una mica més els coneixements a través de les següents relacions entre sistemes, models i la mateixa simulació: un **sistema** és un conjunt d'entitats que actuen i interactuen entre si. Es defineix com a «estat» d'un sistema el conjunt de variables necessàries per a la seva descripció. Podem tenir un sistema «discret» o «continu», sobre el qual podem actuar directament o indirectament mitjançant un «model» que en la majoria dels casos és de naturalesa matemàtica.

Hi ha dos camins que podem seguir amb el nostre model matemàtic: la **solució analítica** o la **simulació**.

2. Disseny conceptual dels models

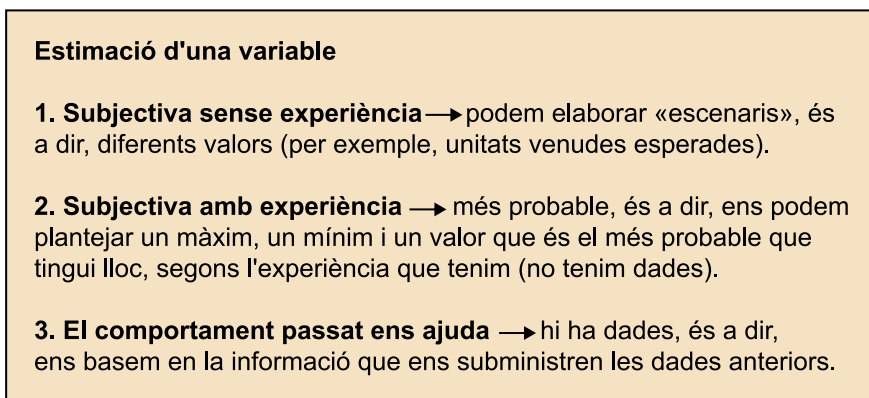
La figura 1 mostra que, quan dissenyem un full de càlcul, d'alguna manera estem implementant un model reduït de la realitat, encara que, si no hi introduïm el risc, no deixa de ser una mera calculadora. La incorporació del risc pot tenir diferents escenaris, com veiem a la figura 2.

Figura 1. Disseny d'un model de full de càlcul



Font: elaboració pròpia

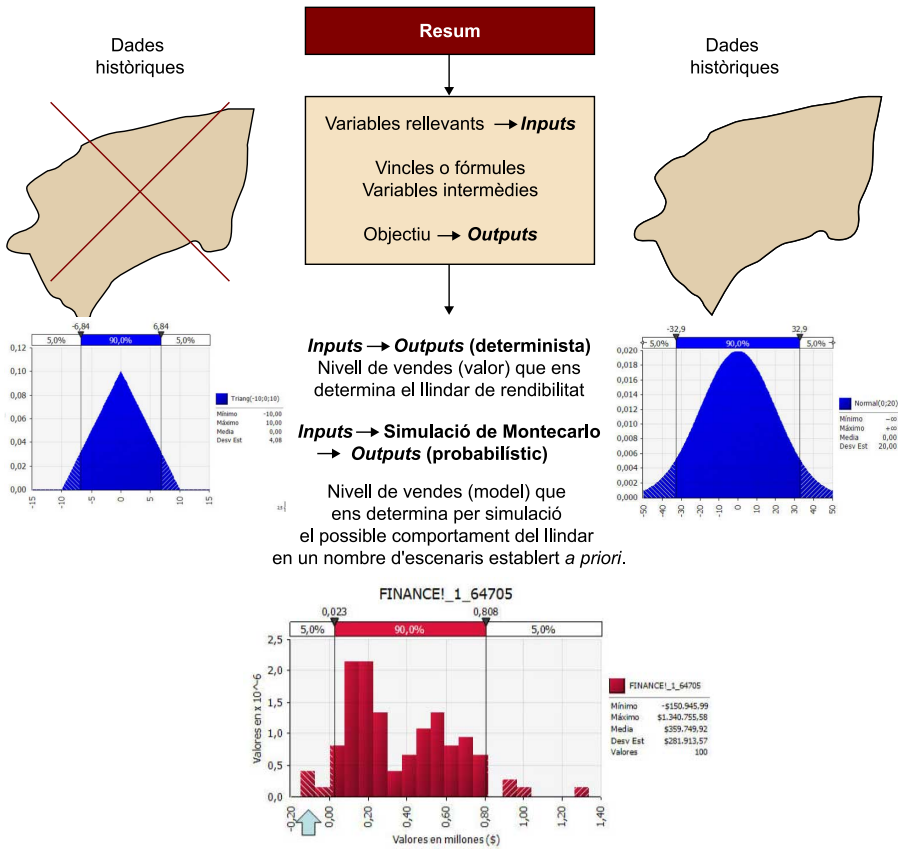
Figura 2. Estimació d'una variable



Font: elaboració pròpia

En última instància i en aquest entorn, el model serà: uns *inputs* que posseeixen el risc associat; uns *outputs* que seran les sortides del nostre model, i el *link* entre ells. És el procés de simulació de Montecarlo (figura 3).

Figura 3. Procés de simulació de Montecarlo

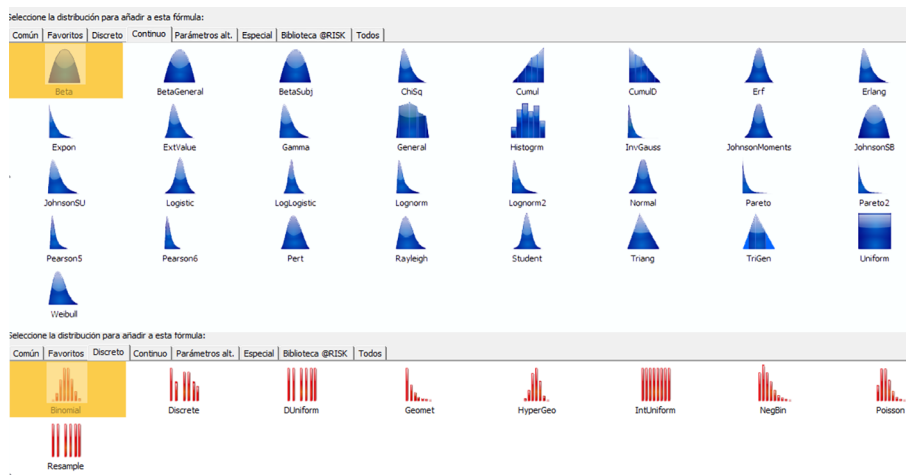


Font: elaboració pròpia

3. Incertesa i probabilitat: avantatges i inconvenients

L'única manera d'introduir el risc és determinar com es comporta l'entrada amb la selecció d'un model de probabilitat, ja sigui continu o discret (figura 4).

Figura 4. Selecció d'un model de probabilitat



Font: elaboració pròpia

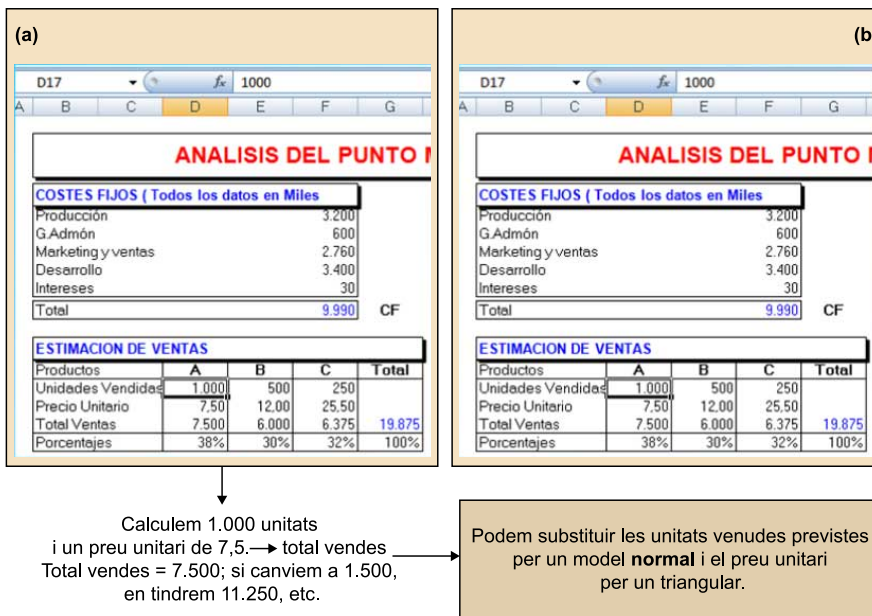
4. Possibilitats del full de càlcul. Alternatives

Les possibilitats per poder introduir el risc en els fulls de càlcul de manera tradicional passa per introduir-lo manualment mitjançant la definició d'escenaris (vegeu la figura 5). Per aquesta raó, creiem que és més complet introduir-lo mitjançant el model de probabilitat que reflecteixi de manera més fidedigna el seu comportament.

Nota

Exemple subministrat per A. Medina Serrano (1993). *50 modelos financieros con Excel*. Madrid: Anaya.

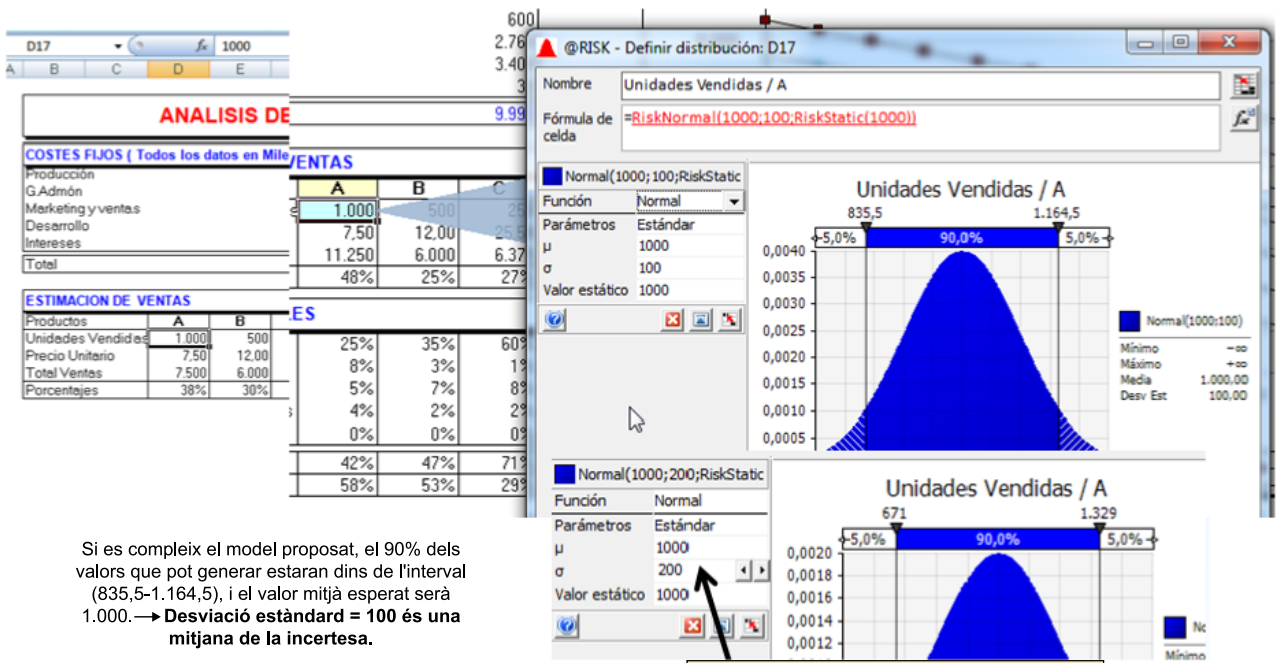
Figura 5. Model determinista (a) i model amb incertesa (b)



Font: Medina (1993) i elaboració pròpia

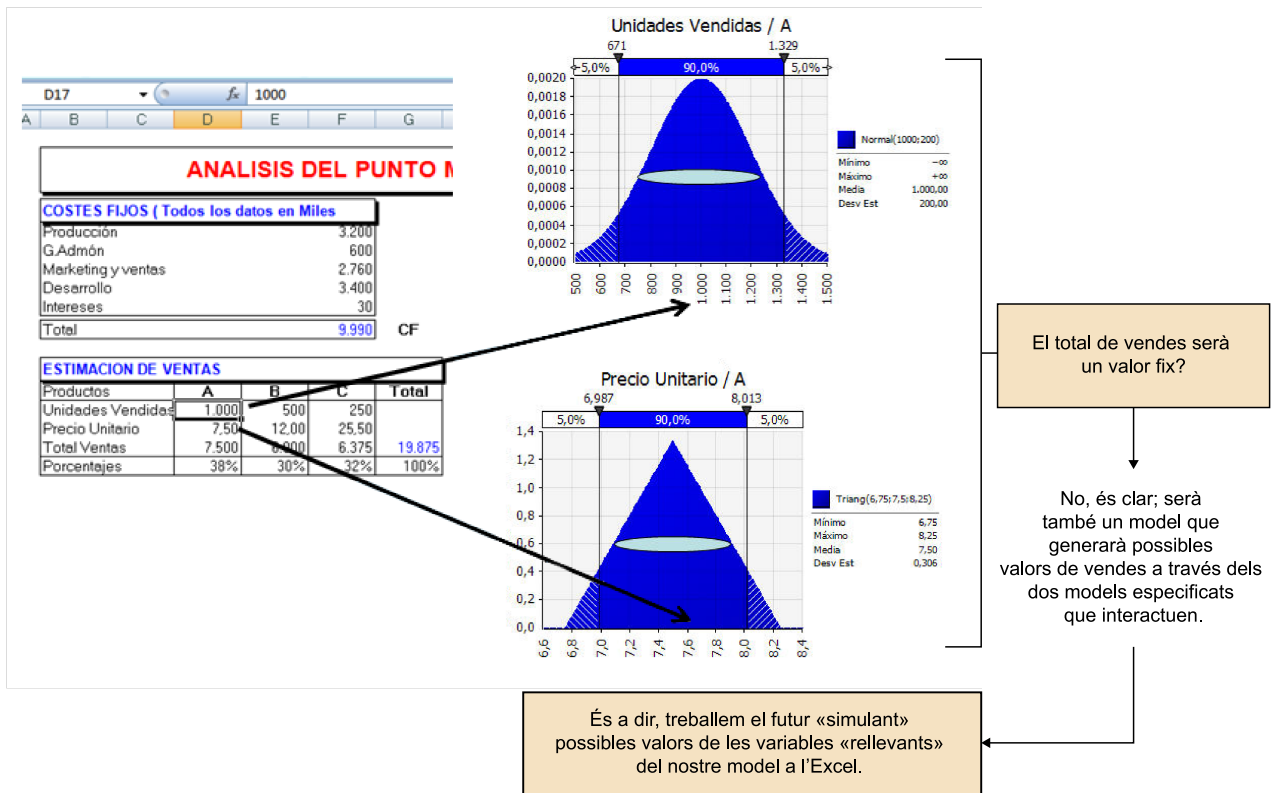
La figura 6 ens mostra que per introduir el risc mitjançant models de probabilitat s'entenen els costos fixos del producte A. Pot tenir el mateix valor, però el grau de fiabilitat pot ser diferent si la desviació estàndard és de 100 o bé el doble. El mateix podríem dir per a les vendes esperades del mateix producte (vegeu la figura 7).

Figura 6. Model amb incertesa



Font: Medina (1993) i elaboració pròpia

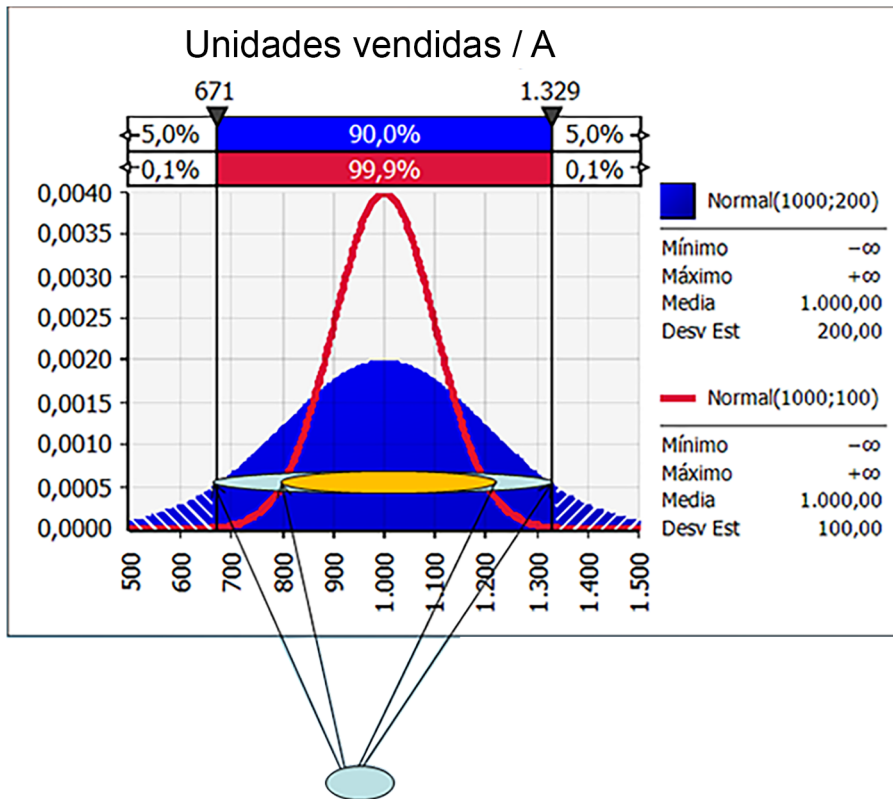
Figura 7. Vendes esperades



Font: Medina (1993) i elaboració pròpia

La figura 8 mostra precisament com, si utilitzem el **model normal** com a reflex de la incertesa, hi responen els intervals d'ocurrència.

Figura 8. Model normal

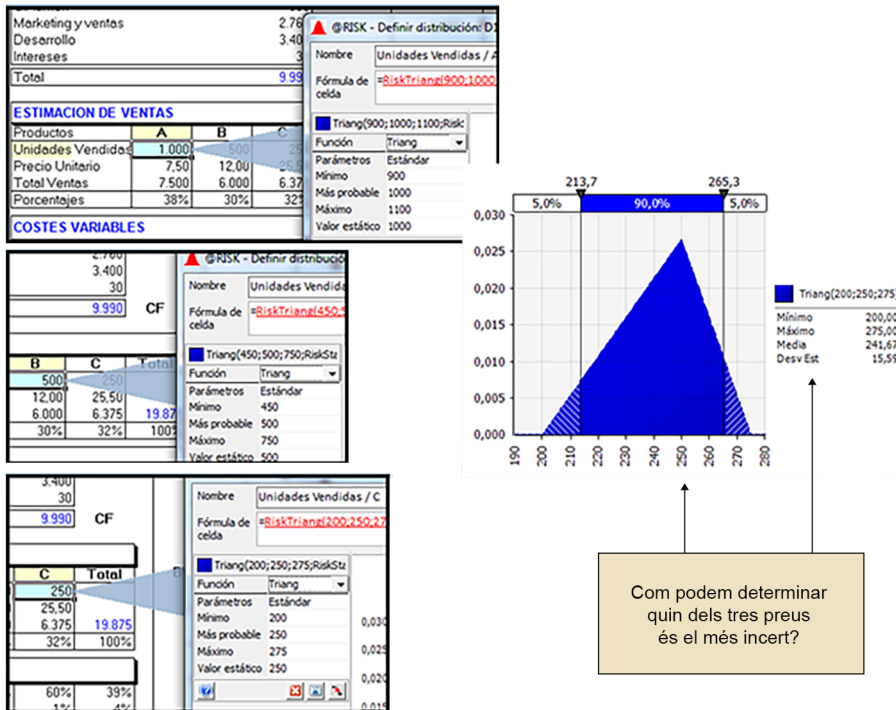


Font: Medina (1993) i elaboració pròpia

Per a un nivell d'ocurrència dels valors, en aquesta figura observem com, en disminuir la desviació típica, la certesa augmenta ja que l'interval és menor.

Una solució habitual per aportar aquesta informació en situacions desconegudes és treballar amb els escenaris més clàssics: màxim, mínim i el que esperem. Hi ha un model de probabilitat que és capaç de recollir aquesta informació: el triangular (figura 9).

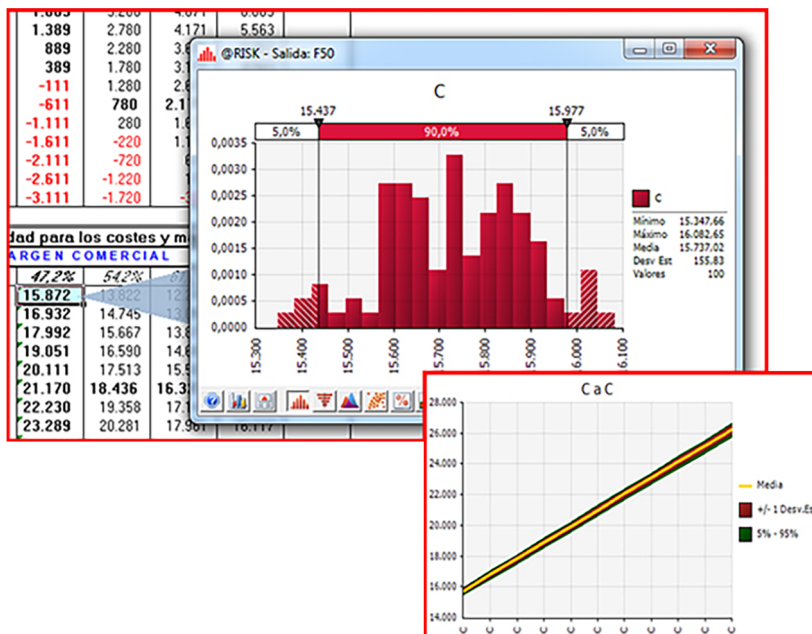
Figura 9. Model triangular



Font: Medina (1993) i elaboració pròpia

Finalment, ens podríem plantejar simular 100 possibles escenaris d'una variable important com pot ser el **marge comercial**, el valor esperat del qual s'associaria a un cert grau d'incertesa (figura 10).

Figura 10. Inputs → Simulació de Montecarlo → outputs (probabilístic)

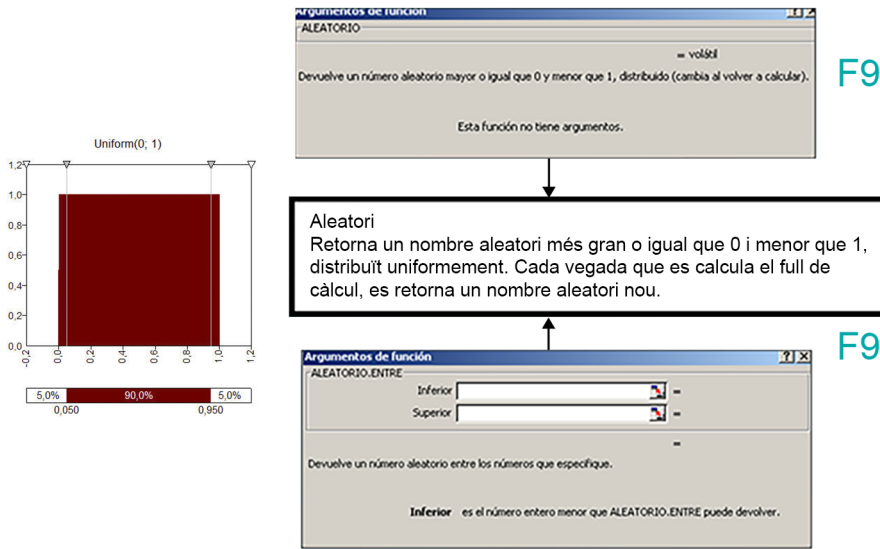


Font: Medina (1993) i elaboració pròpia

Ens podem preguntar com generem valors perquè representin la incertesa en un model implementat en un full de càlcul. Una solució és utilitzar el model uniforme, que ens retorna un valor extret a l'atzar entre un màxim i un mínim

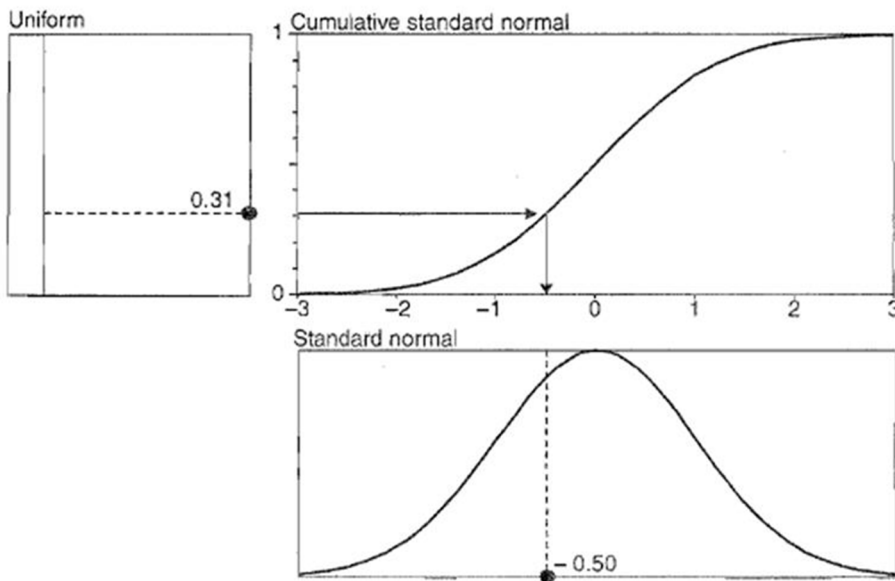
amb la mateixa probabilitat d'ocurrència (vegeu la figura 11). I, si volem generar nombres aleatoris normals, se sol fer segons el procediment que s'explica a la figura 12.

Figura 11. Però, com generem un valor «fictici», però possible, a partir d'un model?



Font: Medina (1993) i elaboració pròpia

Figura 12. Mètode de transformació inversa



Conversió d'aleatoris uniformes a normals

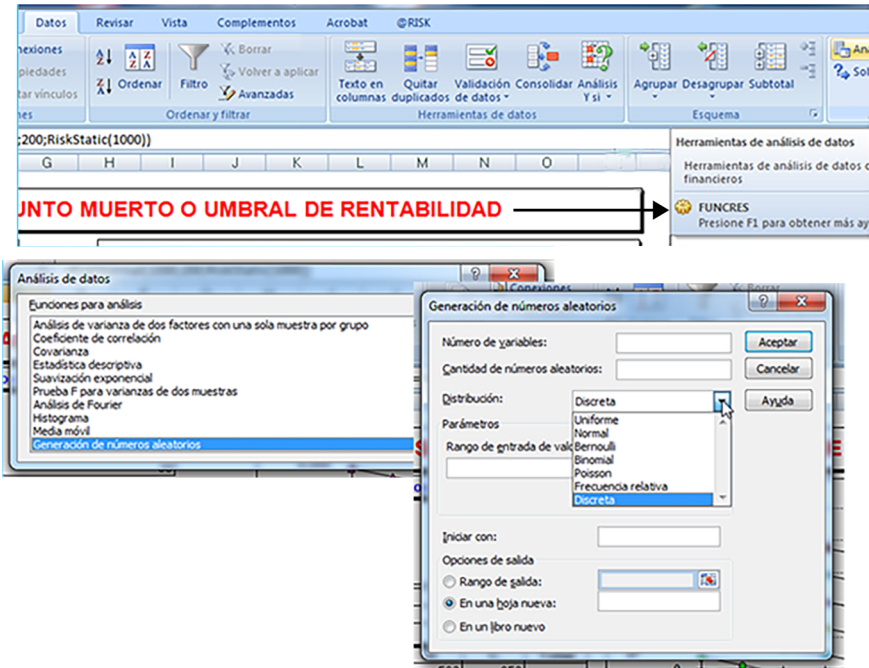
A1	=DISTR.NORM.ESTAND.INV(ALEATORIO())			
A	B	C	D	E
-0.82925718				

Font: Medina (1993) i elaboració pròpia

Però, i si volguéssim generar una mostra de valors possibles?

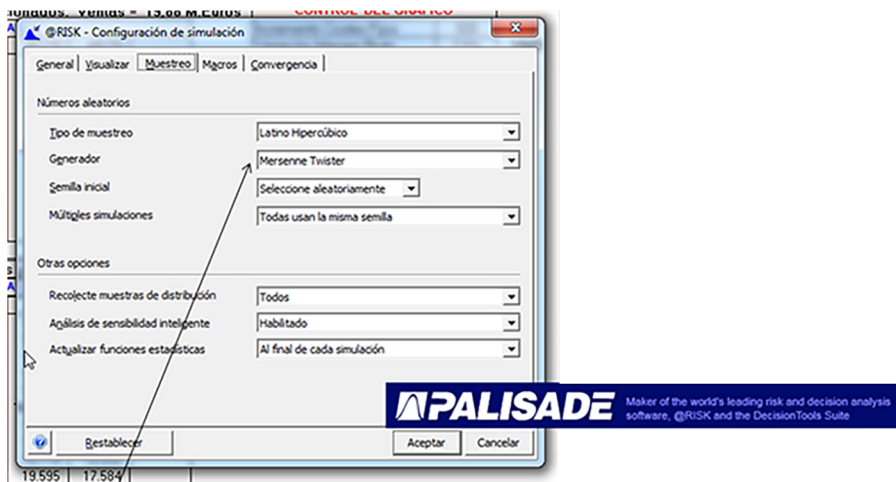
Tècnicament hi ha dos aspectes que s'han de tenir en compte en qualsevol procés simulat per Montecarlo. El primer són els algorismes, que permeten generar nombres aleatoris, i el segon, el procés de mostreig. Aquests aspectes superen l'objectiu d'aquesta obra, per la qual cosa ens remetem a les figures 13, 14 i 15.

Figura 13. Alternativa per generar nombres aleatoris amb el full de càlcul (I)



Font: Medina (1993) i elaboració pròpia

Figura 14. Alternativa per generar nombres aleatoris amb el full de càlcul (II)



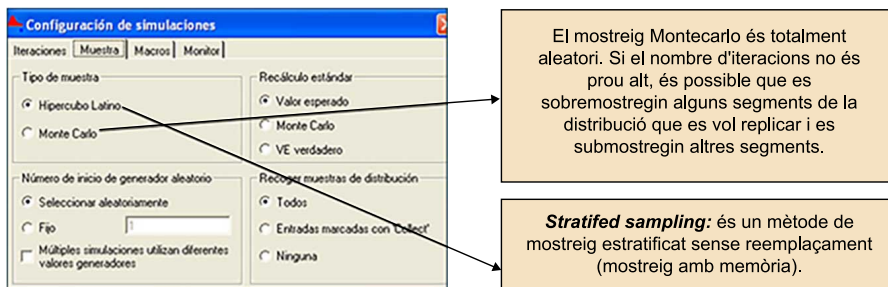
El **Generador** selecciona uno de los ocho generadores de números aleatorios para utilizarse durante la simulación. de números aleatorios (GNAs) en el @RISK 5.5:

- RAN31
- MersenneTwister
- MRG32k3a
- MWC
- KISS
- LFIB4
- SWB
- KISS_SWB

George Marsaglia (March 12, 1924 – February 15, 2011)^[1]

Font: Medina (1993) i elaboració pròpia

Figura 15. Configuració de simulacions



Font: Medina (1993) i elaboració pròpia

Simulació de Montecarlo

Montecarlo fa referència a una tècnica tradicional de presa de mostres per a variables aleatòries en els processos de modelació per simulació. Les mostres són seleccionades de manera completament aleatòria per a tot el ventall de distribució, i per tant, cal una gran quantitat de mostres per aconseguir la convergència en distribucions altament desviades o d'extremes allargats (o «cua llarga»).

Hiper cub llatí

L'hipercub llatí és un mètode relativament nou de recollida de mostres per estratificació. Les tècniques de presa de mostres estratificades, a diferència de les tècniques del tipus Montecarlo, tendeixen a aconseguir la convergència d'una distribució amb menys mostres.

5. Cas pràctic 1. Projecte d'inversió

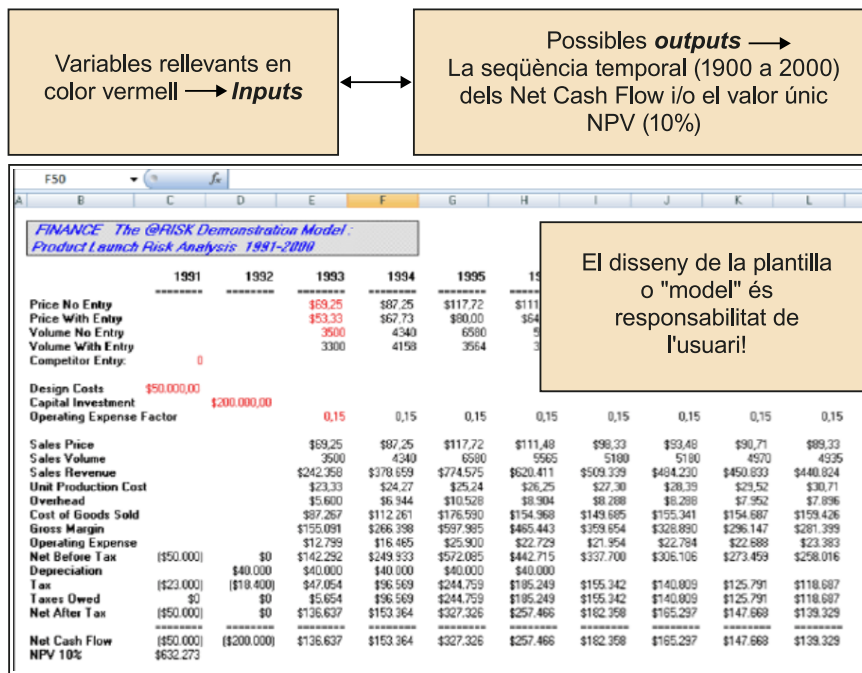
A través de les figures 16 i 17 s'explicarà com hem de procedir en un clàssic model de llançament d'un nou producte al mercat, incorporant-hi el risc i fent una simulació de Montecarlo, és a dir, simulant un determinat nombre de vegades els possibles valors de les entrades per obtenir el mateix nombre de vegades per a la sortida prevista, que en aquest cas és el VAN del projecte d'inversió. Posteriorment, s'exploraran les possibilitats d'anàlisi de sensibilitat.

Aquí hem de recordar que la responsabilitat del disseny del model en un full de càlcul és del mateix responsable, el valor que afegeix el programari és la **incorporació del risc** i pot generar tants escenaris com es vulguin. (Agraïm l'exemple al professor Wayne L. Winston, emèrit de la Universitat d'Indiana).

El mètode de Montecarlo

Es va anomenar així en referència al Casino de Montecarlo (Mònaco) per ser «la capital del joc d'atzar», ja que la ruleta és un generador simple de nombres aleatoris. El nom i el desenvolupament sistemàtic dels mètodes de Montecarlo daten aproximadament del 1944 i es van optimitzar molt amb el desenvolupament dels ordinadors. Font: Wikipedia.

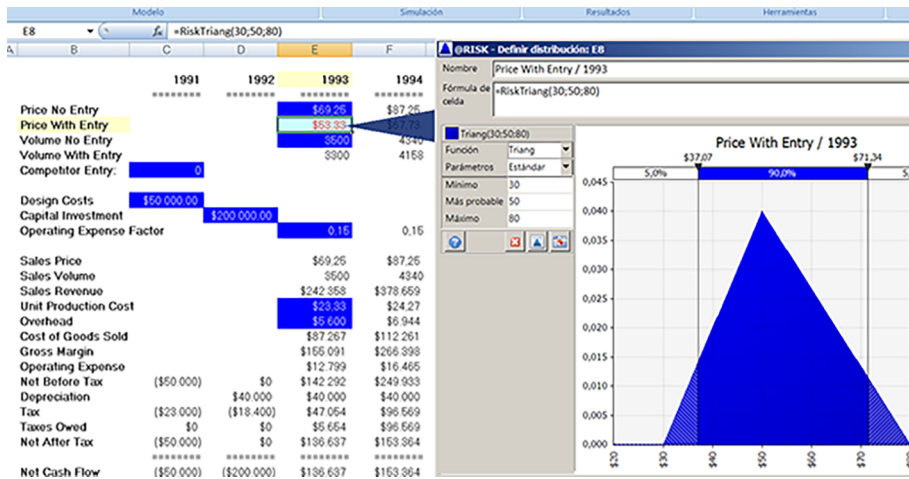
Figura 16. The @Risk Demonstration Model



Font: elaboració pròpia

Podem veure com a la figura 16 es ressalten unes cel·les amb color vermell. Són aquelles en què s'ha decidit quin model de probabilitat reflecteix millor la incertesa que representa el model triangular. A la figura 17, es mostren els tres possibles escenaris del preu del nou producte.

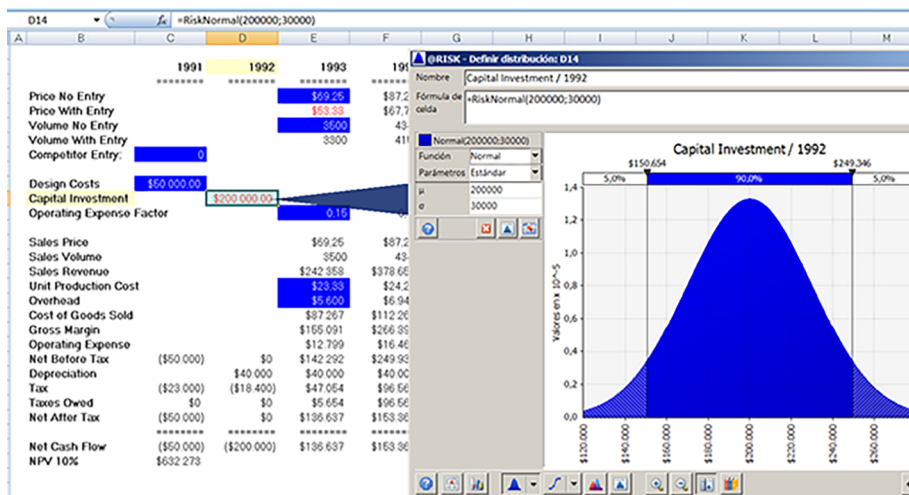
Figura 17. Possibles escenaris del preu del nou producte



Font: elaboració pròpia

En canvi, a la figura 18, de la **inversió en capital**, se n'ha definit la incertesa mitjançant un model **normal**, de manera que la desviació estàndard no calcula el grau de desconeixement del valor mitjà que volem incorporar.

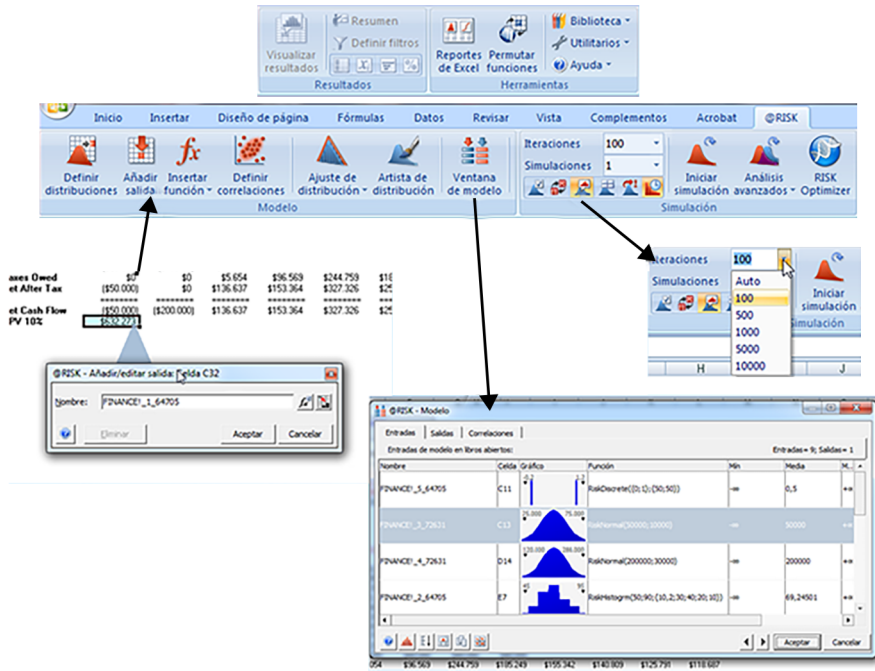
Figura 18. Inversió de capital



Font: elaboració pròpia

Per tant, en un model de simulació es necessiten, en primer lloc, unes «entrades» que tenen risc i una «sortida» (o més d'una) que representa el nostre objectiu final (vegeu la figura 19) i que significa «afegir sortida».

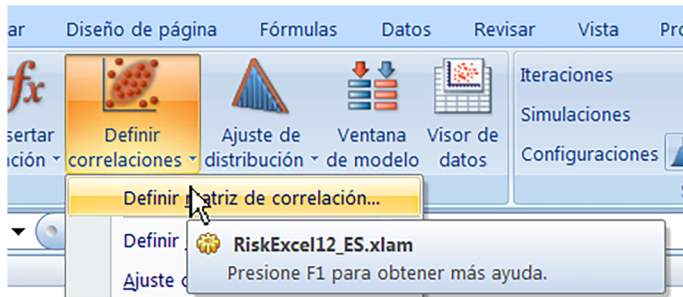
Figura 19. Simulació final



Font: elaboració pròpia

Aquest model es pot observar a la figura 19; a l'opció «Finestra de model» fins i tot poden definir-se *a priori* correlacions entre les entrades. És a dir, per exemple, una correlació de 0,8 entre la inversió de capital i els costos del disseny (vegeu les figures 20 a 22).

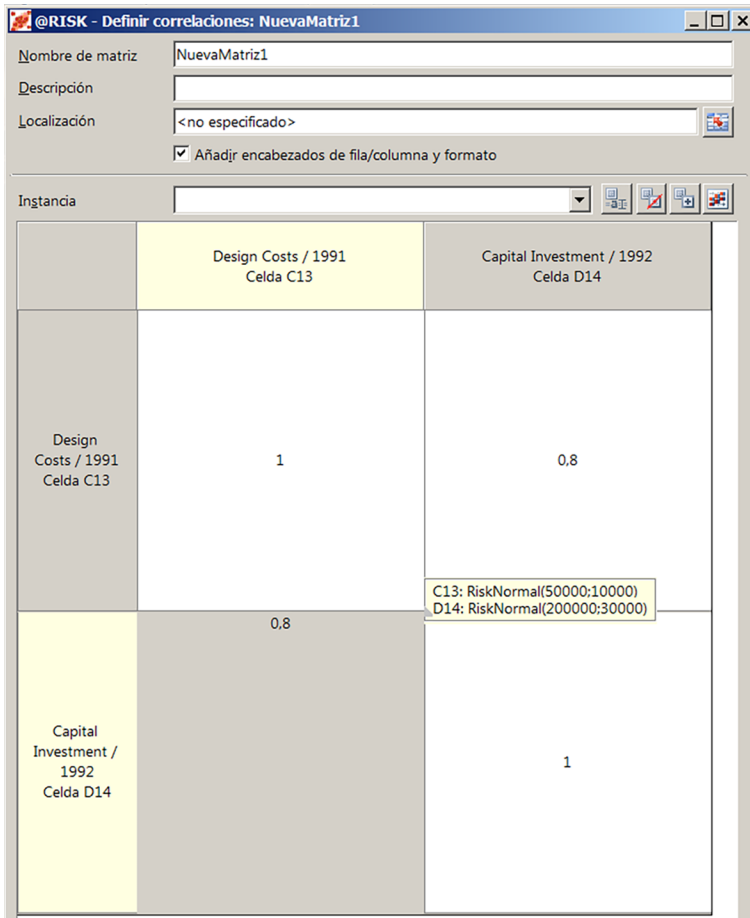
Figura 20. Matriu de correlació



	1991	1992	1993	1
try			\$69.25	\$87
Entry			\$53.33	\$67
Entry			3500	4
Entry			3300	4
Entry:	0			
ts	\$50.000.00			
stment		\$200.000.00		
xpense Factor			0.15	

Font: elaboració pròpia

Figura 21. Definició de correlacions



Font: elaboració pròpia

Figura 22. Simulació final

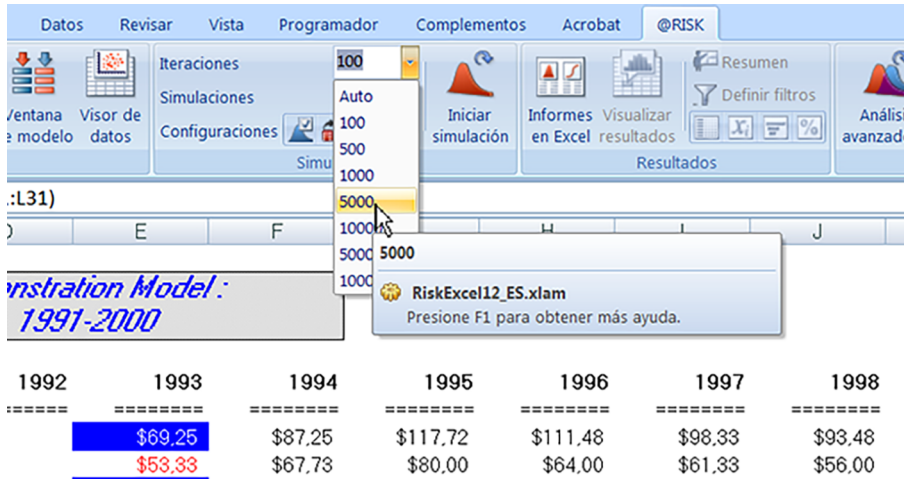
ry:	0			
ment	\$50.000,00	\$200.000,00		
se Factor			0,15	0,15
			0,15	0,1
		\$69,25	\$87,25	\$117,7;
		3500	4340	658
		\$242.358	\$378.659	\$774.579
Cost		\$23,33	\$24,27	\$25,2-
		\$5.600	\$6.944	\$10.529
Sold		\$87.267	\$112.261	\$176.590
		\$155.091	\$266.398	\$597.989
se		\$12.799	\$16.465	\$25.900
	(\$50.000)	\$0	\$142.292	\$249.933
		\$40.000	\$40.000	\$40.000
	(\$23.000)	(\$18.400)	\$47.054	\$96.569
		\$0	\$5.654	\$96.569
	(\$50.000)	\$0	\$136.637	\$153.364
	(\$50.000)	(\$200.000)	\$136.637	\$153.364
				\$327.329
				\$632.273

Correlaciones	Design Costs	Capital Investment / 1992 en \$D\$14
Design Costs	1	
Capital Invest	0,8	1

Font: elaboració pròpia

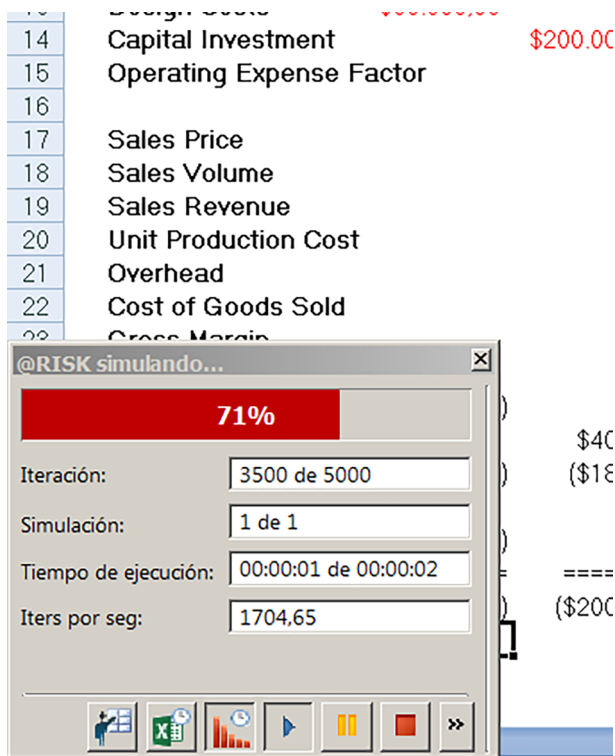
Un cop definit que el que volem simular és el VAN actualitzat a un tipus d'interès predefinit, decidim simular 5.000 escenaris per a cadascuna de les entrades (en aquest cas sense considerar correlacions). Vegeu les figures 23 i 24.

Figura 23. Simulació del VAN actualitzat



Font: elaboració pròpia

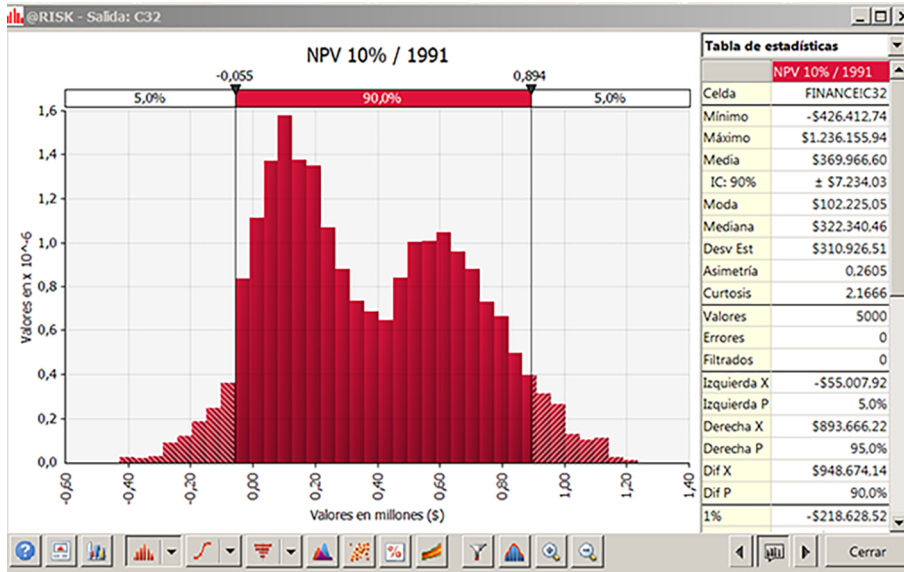
Figura 24. Simulació del VAN actualitzat



Font: elaboració pròpia

Obtenim un histograma de 5.000 possibles valors del VAN (figura 25), que ens permet informar de la probabilitat que sigui negatiu (5 %), és a dir, ens aportaria un valor afegit important si volguéssim triar entre diferents projectes.

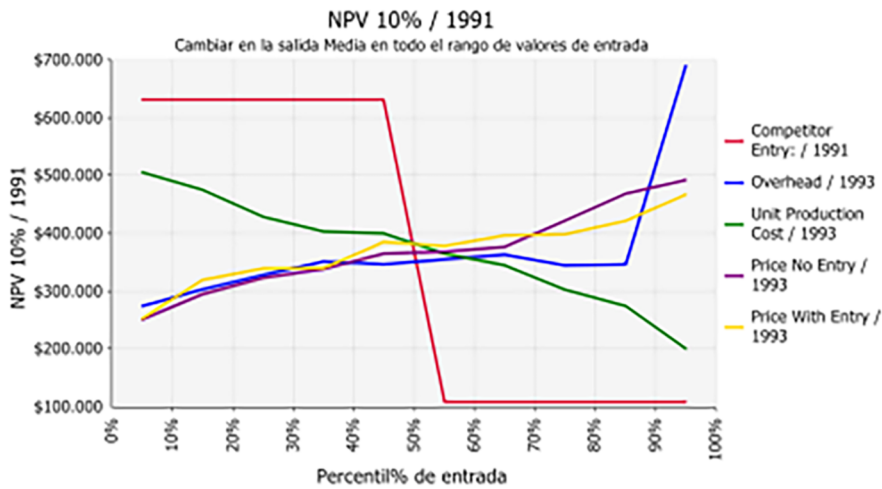
Figura 25. Histograma de possibles valors del VAN



Font: elaboració pròpia

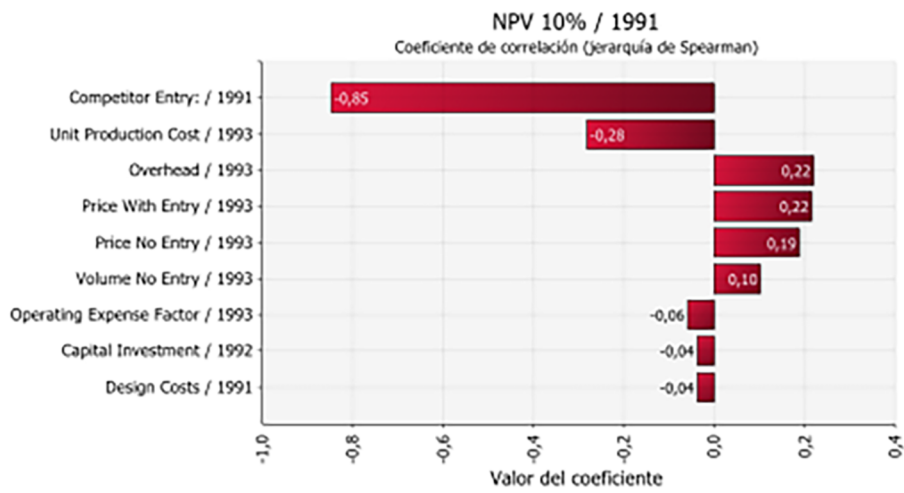
Finalment, podem complementar els resultats obtinguts mitjançant l'«anàlisi de sensibilitat» (figura 26), denominat de «teranyina», o mitjançant correlacions (figura 27).

Figura 26. Anàlisi de sensibilitat o de «teranyina»



Font: elaboració pròpia

Figura 27. Anàlisi de correlacions

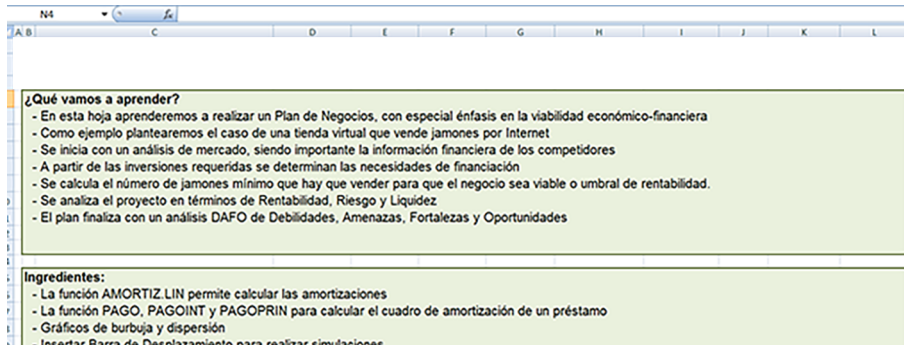


Font: elaboració pròpia

6. Cas pràctic 2. Business plan

En aquest segon exemple s'ha utilitzat un model subministrat per la Universitat de Saragossa: <http://ciberconta.unizar.es/ifinanzas/15-P-plannegocios.htm> (figura 28).

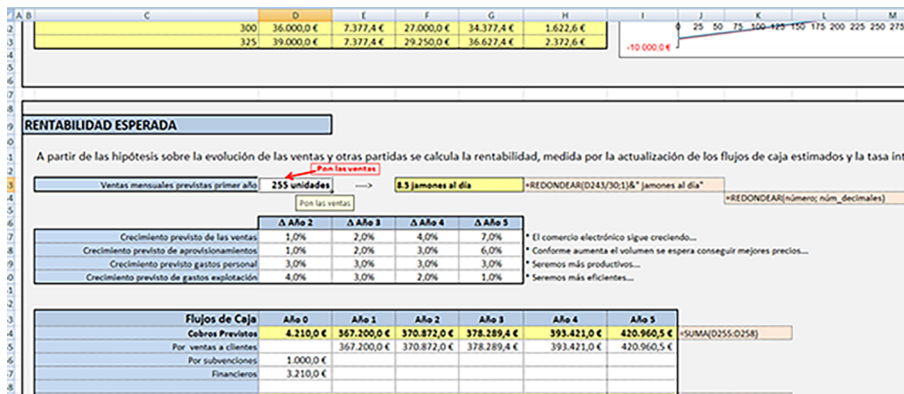
Figura 28. Exemple de pla de viabilitat financera



Font: Universitat de Saragossa i elaboració pròpia

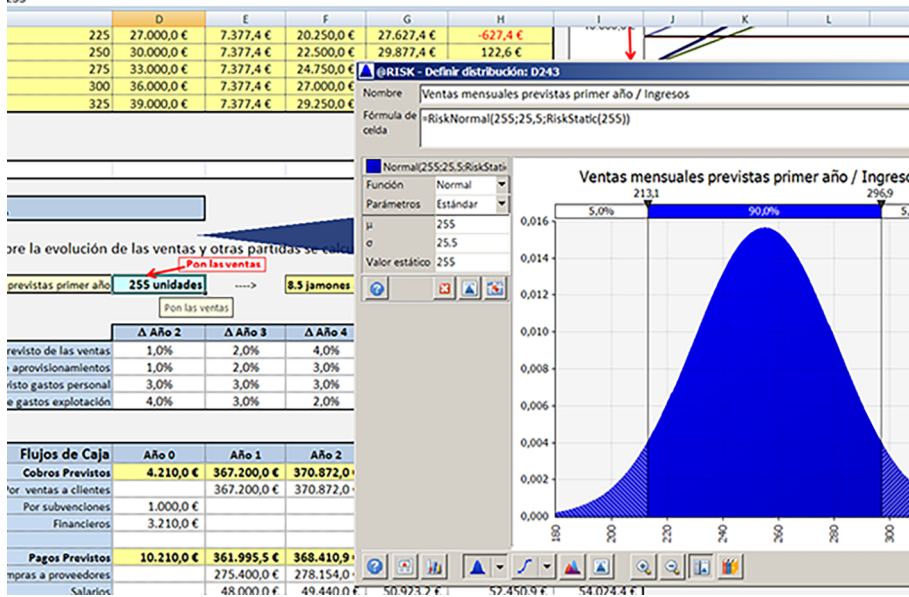
El model dissenyat és molt complet i, és clar, no està preparat per treballar des de l'òptica de la simulació, si bé és molt instructiu. L'objectiu aquí és elaborar un petit exemple usant la plantilla disponible, de manera que aprofitem per introduir el risc en les vendes mensuals previstes per al primer any (vegeu les figures 29 i 30).

Figura 29. Rendibilitat esperada



Font: Universitat de Saragossa i elaboració pròpia

Figura 30. Vendes mensuals previstes per al primer any/ingressos

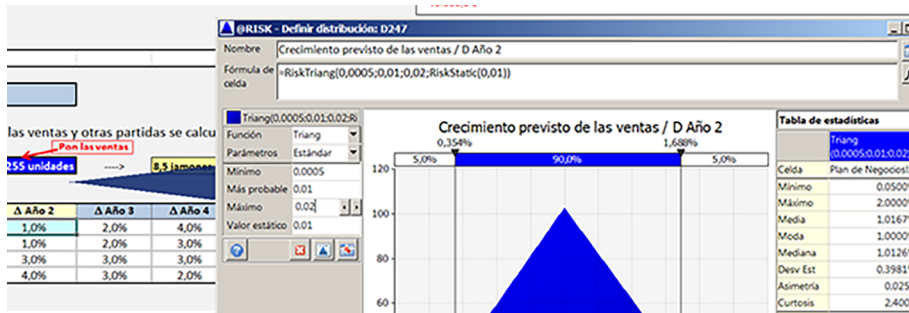


Font: Universitat de Saragossa i elaboració pròpia

Posteriorment s'han introduït models de probabilitat que expliquen la incertesa en els increments previstos per a l'any 2 del BPlan de les variables següents (vegeu les figures 31 a 33):

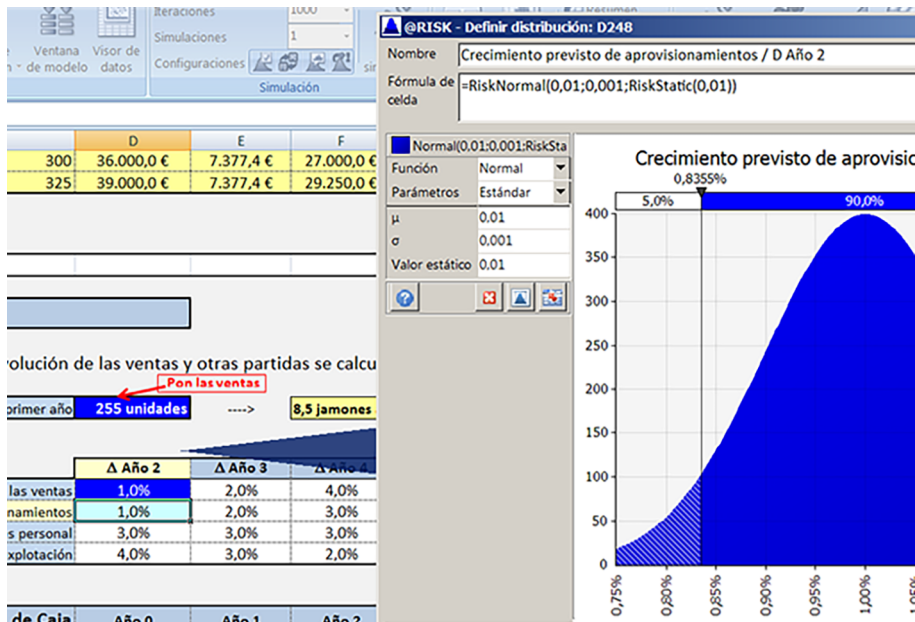
- Creixement previst de vendes
- Creixement previst d'aprovisionaments
- Creixement previst de despeses de personal
- Creixement previst de despeses d'explotació

Figura 31. Creixement previst de vendes/D any 2



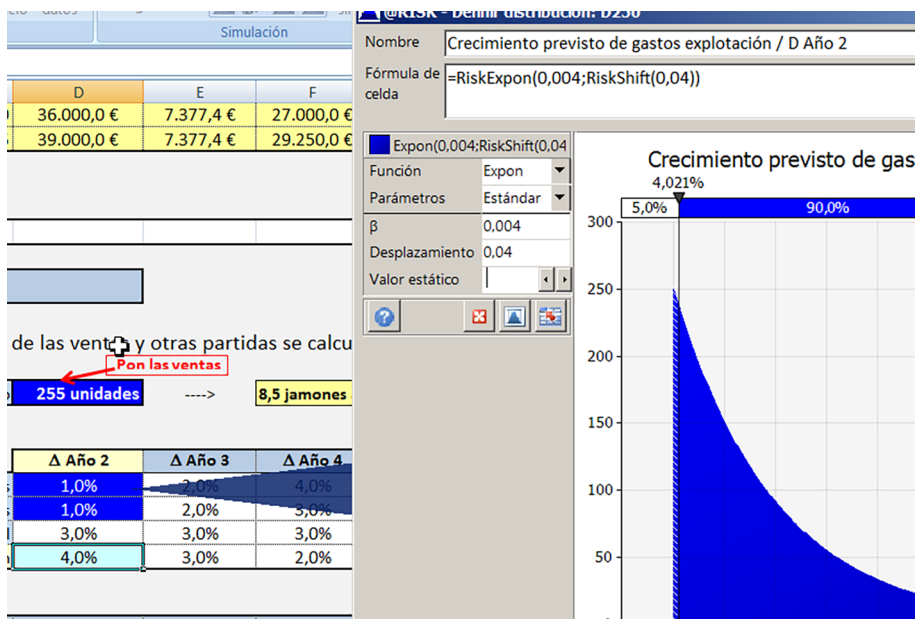
Font: Universitat de Saragossa i elaboració pròpia

Figura 32. Creixement previst d'aprovisionaments/D any 2



Font: Universitat de Saragossa i elaboració pròpia

Figura 33. Creixement previst de despeses d'explotació/D any 2



Font: Universitat de Saragossa i elaboració pròpia

L'exemple plantejat no és la solució absoluta, ja que es necessitaria analitzar de manera més completa cadascuna de les hipòtesis que es fan per aconseguir les dades, però el que es vol és recomanar una manera diferent de treballar introduint els riscos en els models fets en fulls de càlcul. Així, en aquest cas, la figura 34 ens mostra les entrades seleccionades i la figura 35, l'objectiu o sortida que es persegueixen.

Figura 34. Entrades seleccionades

Entradas		Salidas	Correlaciones	Funciones estadísticas	Entradas = 4; Salidas = 1		
Nombre	Celda	Gráfico	Función	Min	Media	Máx	
Categoría: Crecimiento previsto de aprovisionamientos							
Crecimiento previsto de aprovisionamientos / D Año 2	D248		RiskNormal(0,01;0,001;RiskStabc(0,01))	-∞	1,0000%	+∞	
Categoría: Crecimiento previsto de gastos explotación							
Crecimiento previsto de gastos explotación / D Año 2	D250		RiskExpon(0,004;RiskShift(0,04))	4,0000%	4,4000%	+∞	
Categoría: Crecimiento previsto de las ventas							
Crecimiento previsto de las ventas / D Año 2	D247		RiskTriang(0,0005;0,01;0,02;RiskStatic(0,01))	0,0500%	1,0167%	2,0000%	
Categoría: Ventas mensuales previstas primer año							
Ventas mensuales previstas primer año / Ingresos	D243		RiskNormal(255;25,5;RiskStatic(255))	-∞	255	+∞	

Font: Universitat de Saragossa i elaboració pròpia

Figura 35. Sortida que es persegueix

=VNA(D280;E276:I276)+D276

	D	E	F	G	H	I
Ministros (luz, agua)		5.580,0 €	5.825,5 €	6.000,3 €	6.120,3 €	6.181,5 €
Arrendamientos		7.200,0 €	7.516,8 €	7.742,3 €	7.897,2 €	7.976,1 €
Transporte		600,0 €	626,4 €	645,2 €	658,1 €	664,7 €
gastos mensuales		4.800,0 €	5.011,2 €	5.161,5 €	5.264,8 €	5.317,4 €
versiones previstas	5.500,0 €					
Intereses		321,0 €	268,4 €	210,6 €	147,0 €	77,0 €
evolución principal		525,8 €	578,4 €	636,2 €	699,8 €	769,8 €
Pagos iniciales	4.710,0 €					
puesto Sociedades		8,7 €	847,2 €	623,2 €	1.879,0 €	4.205,0 €

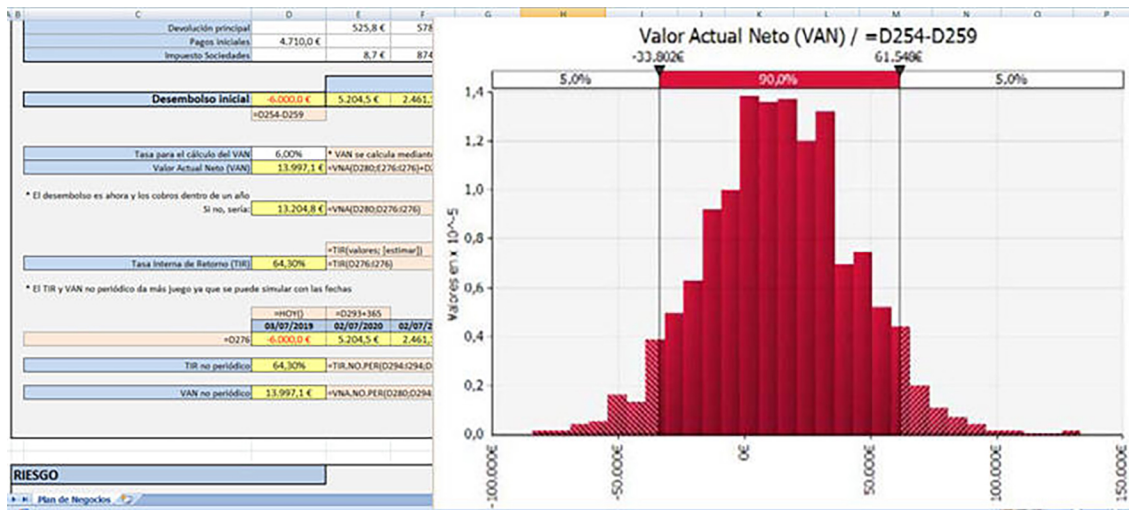
@RISK - Añadir/editar salida: Celda D281		
Nombre:	Valor Actual Neto (VAN) / =D254-D259	1,8 €
<input type="button" value="Eliminar"/> <input type="button" value="Aceptar"/> <input type="button" value="Cancelar"/>		

el cálculo del VAN	6,00%	* VAN se calcula mediante =VNA(tasa;flujos)+desembolso inicial
Actual Neto (VAN)	13.785,3 €	=VNA(D280;E276:I276)+D276

Font: Universitat de Saragossa i elaboració pròpia

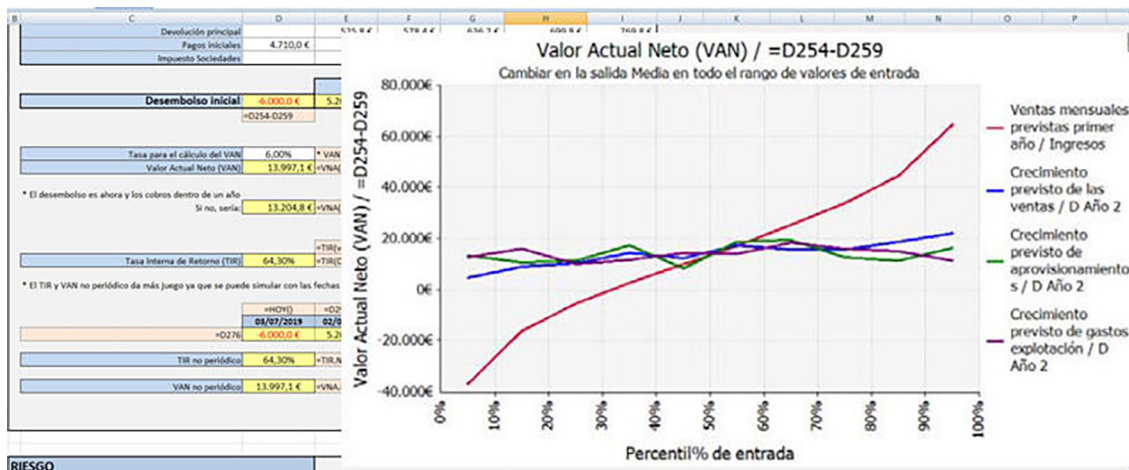
Finalment, s'opta per simular escenaris amb el motor d'extracció que té el programari recomanat (vegeu la figura 36), de manera que es pot oferir la probabilitat que el VAN sigui inferior a 0 o un altre valor. Com a valor afegit es pot fer una anàlisi de sensibilitat, que ens permet veure com les entrades influeixen en la sortida o l'objectiu que busquem (figura 37).

Figura 36. Extracció del VAN



Font: Universitat de Saragossa i elaboració pròpia

Figura 37. Anàlisi de sensibilitat



Font: Universitat de Saragossa i elaboració pròpia

7. Cas pràctic 3. Valoració d'empreses

En aquest exemple s'ha utilitzat un model subministrat per una de les moltes empreses que hi ha a la xarxa que ofereixen l'elaboració de «models» en fulls de càlcul per encàrrec.

Figura 38. Model Mofinet

The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying www.mofinet.com/esp/intro.html. The website header includes the logo 'mofinet.com' and the tagline 'MODELOS FINANCIEROS POR LA RED'. A left-hand navigation menu lists several services: 'OTROS SERVICIOS DE MOFINET', 'IDEAS BÁSICAS SOBRE ANÁLISIS DE INVERSIONES', 'IDEAS BÁSICAS SOBRE VALORACIÓN DE NEGOCIOS', 'MANUAL DE CONCEPTOS FINANCIEROS', 'MANUAL PARA VALORAR EN BOLSA', 'CALCULADORAS', and 'DEMOS'. Below the menu, the page content is in Spanish. It features a section titled 'Qué es Mofinet' which describes the website as a source of Excel-based financial analysis tools. Another section, 'Qué ofrece Mofinet', lists 'Modelos sencillos' (simple models) for users with basic financial knowledge. A bulleted list of these models includes: 'Proyecto de inversión: Multisectorial', 'Proyecto de inversión: Franquicia', 'Proyecto de inversión: Planta energía eólica', 'Proyecto de inversión: Planta de cogeneración', 'Otros proyectos de inversión en energías renovables', 'Valoración: Empresa en funcionamiento', 'Valoración: Proyecto de empresa', and 'Valoración: Automática proyectando datos del pasado'. An 'English' language option is visible at the bottom left of the page content.

Font: Mofinet i elaboració pròpia

La figura 38 ens mostra la web de l'empresa on subministren models senzills per poder exercitar-se. Hi ha molts més exemples d'empreses que ofereixen aquest servei (figura 39).

Figura 39. Bplans

Font: Bplans

En aquest cas hem triat un model de valoració d'una empresa (vegeu les figures 40 i 41), on –com en qualsevol altre plantejament– hi ha unes hipòtesis inicials (que normalment tenen incertesa) i un objectiu principal. Aquest objectiu és la valoració dels fluxos previstos plantejats en el mateix model, és a dir, la nostra «sortida».

Figura 40. Valoració de l'empresa: hipòtesis inicials

Font: Mofinet i elaboració pròpia

Figura 41. Valoració de l'empresa: objectiu principal

EMPRESA VALORACIÓN SEGÚN EL NIVEL DE ENDEUDAMIENTO ESCOGIDO.-						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
FCL	0	906	1.056	1.230	1.431	1.663
Valor residual según un crecimiento del 0% con cppc		13,80%				12.054
Flujos totales a descontar incluyendo valor residual	0	906	1.056	1.230	1.431	13.717
Tasa de descuento = cppc	13,80%	13,80%	13,80%	13,80%	13,80%	13,80%
Factor de descuento	1	0,8787	0,7722	0,6785	0,5963	0,5239
Flujos descontados	0	796	815	835	853	7.187
Suma de los flujos descontados (Valor Actual de la Empresa)		10.486				
Deuda en el primer año según el nivel de endeudamiento previsto		214				
Valor de los fondos propios (descontando la deuda)		10.271				

Font: Mofinet i elaboració pròpia

Podem observar que en aquest cas el resultat final depèn, a més, de les hipòtesis inicials, dels supòsits sobre com es comportaran certes variables rellevants (vegeu la figura 42). Per tant, podem identificar-les com a fonts de risc.

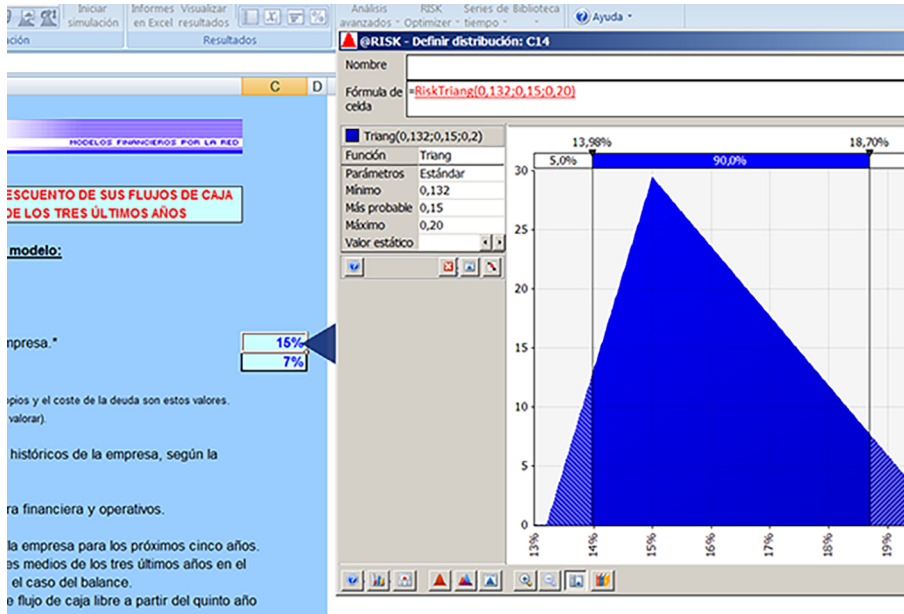
Figura 42. Resultats de les hipòtesis inicials

Supuestos para la valoración de la empresa.-						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
1) Para la elaboración de la cuenta de resultados:						
a/ Incremento anual de las ventas	14%	15%	15%	15%	15%	15%
b/ Coste de las ventas: % de las ventas	48%	49%	49%	49%	49%	49%
c/ Gastos generales: % de las ventas	18%	17%	17%	17%	17%	17%
d/ Amortización: % del activo fijo neto del año anterior	19%	17%	17%	17%	17%	17%
e/ Tasa impositiva	35%	35%	35%	35%	35%	35%
2) Para la elaboración del balance:						
a/ Caja necesaria: % del coste de las ventas	5%	5%	5%	5%	5%	5%
b/ Cuentas a cobrar: % de las ventas	10%	10%	10%	10%	10%	10%
c/ Existencias: % del coste de las ventas	13%	13%	13%	13%	13%	13%
d/ Inversiones previstas en Activo Fijo	100	100	100	100	100	100
e/ Cuentas a pagar: % del coste de las ventas	21%	21%	21%	21%	21%	21%
3) Para hallar el valor de mercado de la empresa						
a/ Rentabilidad exigida por el mercado sin endeudamiento (Ku) (1)	15%	15%	15%	15%	15%	15%
b/ Coste de la deuda antes de impuestos	7%	7%	7%	7%	7%	7%
d/ Proporción de recursos propios sobre recursos totales (2)	77%	77%	77%	77%	77%	77%
e/ Proporción de deuda sobre recursos totales	23%	23%	23%	23%	23%	23%
f/ Tasa de crecimiento de los Flujos de Caja Libres (FCL) a partir del último año (3)						0%
Supuestos de los que se deducen las siguientes rentabilidades exigidas por el mercado para distintos niveles de endeudamiento						
Rentabilidad exigida por el mercado para ese endeudamiento (Ke) (4)	16,54%	16,54%	16,54%	16,54%	16,54%	16,54%
Coste ponderado de la deuda (5)	1,04%	1,04%	1,04%	1,04%	1,04%	1,04%
Coste ponderado de los recursos propios (6)	12,76%	12,76%	12,76%	12,76%	12,76%	12,76%
Coste ponderado promedio del capital (cppc o wacc en inglés) (7)	13,80%	13,80%	13,80%	13,80%	13,80%	13,80%

Font: Mofinet i elaboració pròpia

En primer lloc, decidim introduir el risc en les hipòtesis inicials de manera clàssica definint els tres escenaris habituals: el més probable, el mínim i el màxim. Aquest risc queda perfectament representat amb el model de probabilitat triangular (vegeu la figura 43).

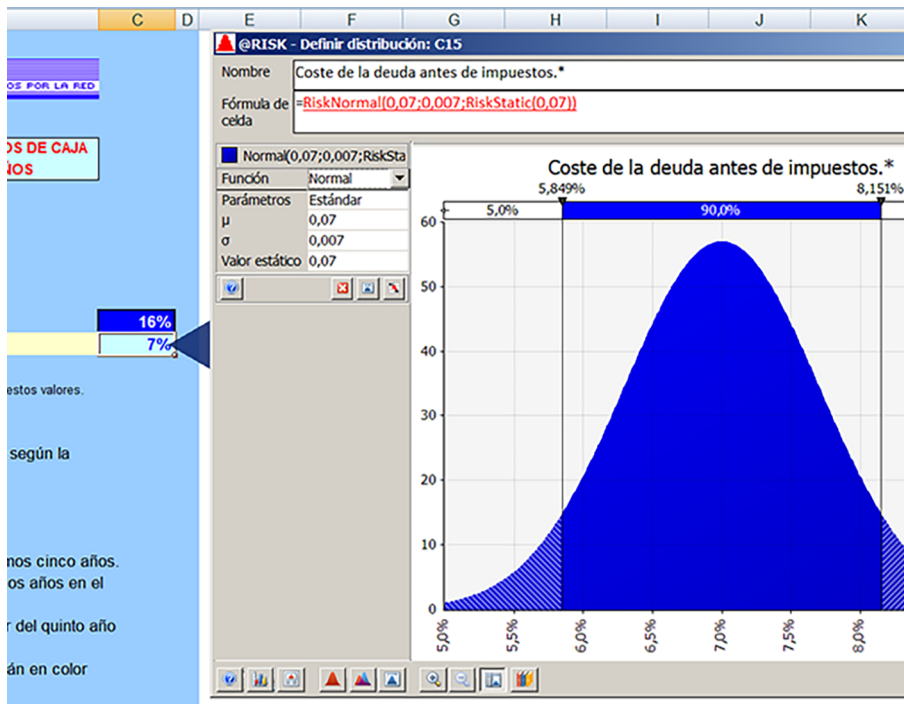
Figura 43. Model de probabilitat triangular



Font: Mofinet i elaboració pròpia

En canvi, el cost del deute s'ha decidit modelar-lo segons el model **normal** (figura 44).

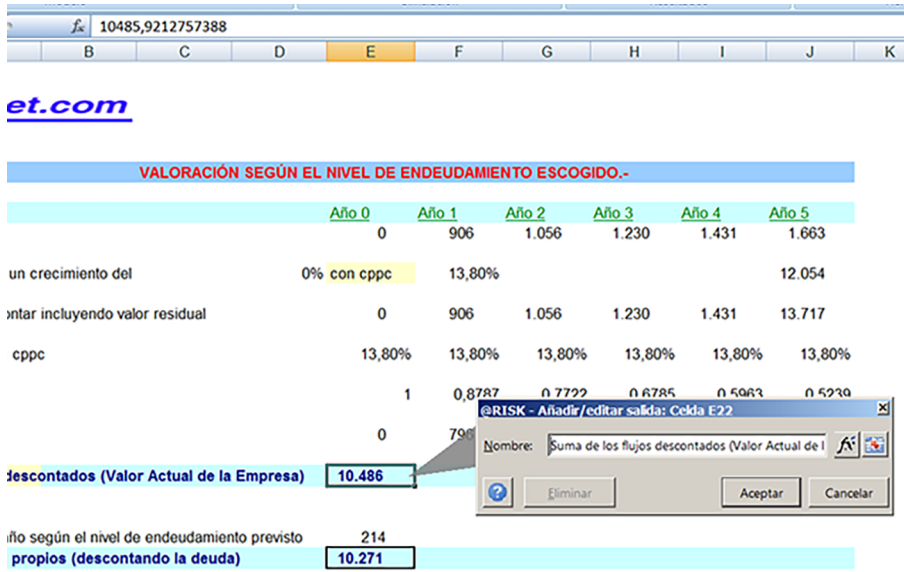
Figura 44. Model normal



Font: Mofinet i elaboració pròpia

Ara, per poder fer una primera simulació, hem de definir quin és el nostre objectiu (vegeu la figura 45), que és la cel·la que representa la suma de fluxos descomptats.

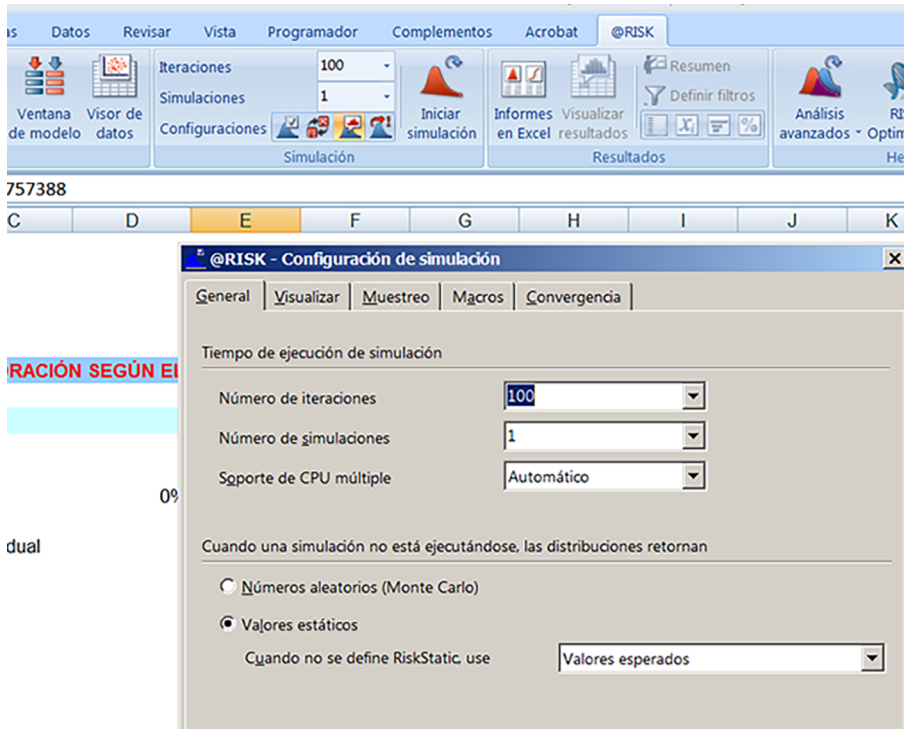
Figura 45. Definició d'objectiu



Font: Mofinet i elaboració pròpia

Com es pot veure, atès que és una «demo», no hi ha formulació, sinó només els valors; en un cas complet només caldria fer el procés de generació d'escenaris per a cadascuna de les entrades amb risc (vegeu la figura 46).

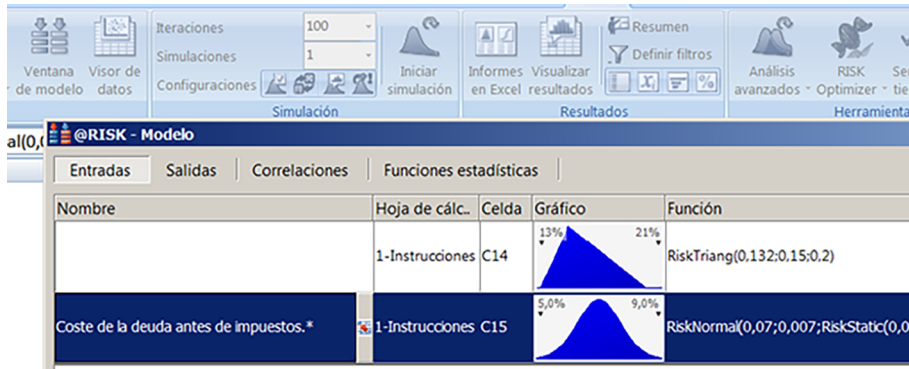
Figura 46. Configuració de riscos



Font: Mofinet i elaboració pròpia

És a dir, un cop formulat, el model inicial que tindríem seria el que es visualitza a la figura 47.

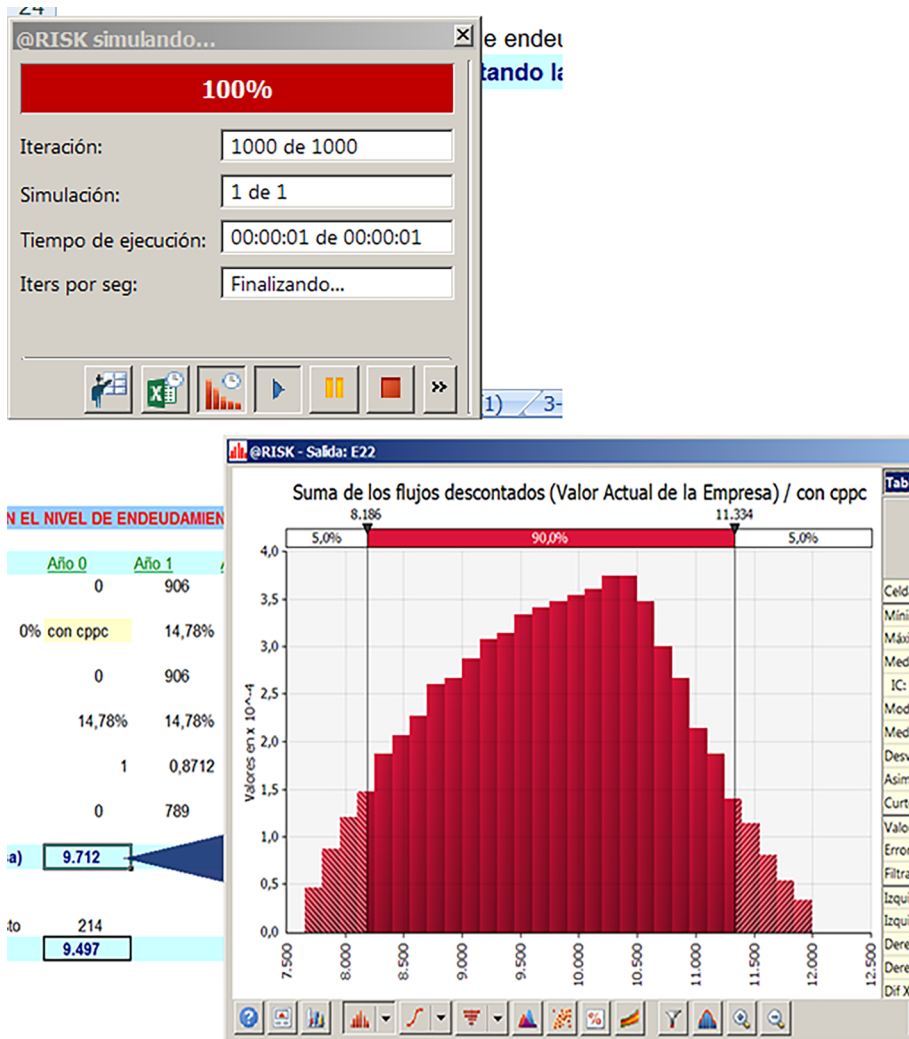
Figura 47. Model inicial



Font: Mofinet i elaboració pròpia

Si decidim generar 1.000 escenaris de les dues entrades amb risc, la **rendibilitat** que l'inversor desitja obtenir en invertir en aquesta empresa i el **cost del deute** abans de pagar impostos, el resultat de la suma dels fluxos descomptats és un histograma de 1.000 possibles resultats que ens permet associar probabilitat a valors possibles (figura 48).

Figura 48. Histograma de 1.000 resultats possibles



Font: Mofinet i elaboració pròpia

Amb aquests exemples s'ha volgut demostrar que el risc ha de ser manipulat i mesurat perquè els models implementats en un full de càlcul siguin més reals i propers a la solució per a la qual s'han creat.

Bibliografia

Law, A. M.; Kelton, W. D. (1991). *Simulation, Modeling and Analysis* (2a ed.). Nova York: McGraw-Hill.

Medina Serrano, A. (1993). *50 modelos financieros con Excel*. Madrid: Anaya.

Oakshott, L. (1997). *Business Modelling and Simulation*. Londres: Pitman Publishing.

Palisade Corporation (1997). *@Risk Advanced Risk Analysis for Spreadsheets*. Ithaca, Nova York: Palisade Corporation.

Palisade Corporation (2005). *@Risk Análisis avanzado de riesgo para hojas de cálculo*. Ithaca, Nova York: Palisade Corporation.

Ross, S. M. (2002). *Simulation* (3a ed.). Londres: Academic Press

Vose, D. (1996). *Quantitative Risk Analysis: A guide to Monte Carlo Simulation Modelling*. Londres: Wiley.

Winston, W. L. (1996). *Simulation Modeling Using @Risk*. Pacific Grove, Califòrnia: Duxbury Press.

