

Portafolio de proyectos con fondos limitados

Consideremos por ejemplo una empresa o cualquier organización que destina un presupuesto para inversiones y desea maximizar la rentabilidad de esos fondos, en ese caso no se realizará sólo un proyecto, sino todos aquellos que maximicen las ganancias de la empresa.

Por ejemplo consideremos un presupuesto de 400 y la cartera siguiente de posibles proyectos (del anterior ejemplo):

Tabla 3.41. Ejemplo de estimación de VAN por proyecto

Proyecto	Flujos				K final	VAN
	0	1	2	3		
1	-100	70	80	90	15%	80,54
2	-300	200	100	200	10%	114,73
3	-200	150	79	60	13%	36,19
4	-200	100	150	20	3%	56,78
5	-100	50	50	160	22%	62,69
6	-100	50	70	50	15%	29,28

Con ese presupuesto es posible realizar más de un proyecto, podemos realizar el proyecto 3 y 4 por ejemplo (cuya inversión suma 400), recordemos la propiedad aditiva del VAN, en ese caso el proyecto 3 y 4 dan un VAN de 92.9, menor al VAN que en conjunto darían los proyectos 1 y 2 de 195.

Cuando existe la decisión de portafolio de proyectos, se elige en función a la combinación de proyectos que genere el mayor VAN posible para la empresa.

Veamos combinaciones:

- Los proyectos 1, 5 y 6 generan un VAN de 245.23, con el problema adicional de que sobran 100 del presupuesto, es decir no se agotan las posibilidades de inversión y eso puede llevar a problemas de eficiencia en el área de decisiones financieras.
- Los proyectos 2 y 5 generan un VAN de 221.71 y así sucesivas combinaciones.
- Otra combinación factible son los proyectos 1,5 y 3 que en conjunto dan un VAN de 251. 09, este VAN es el mayor de todas las combinaciones y será la cartera de proyectos a ejecutar con el presupuesto asignado.

Cuando existen criterios de mayor sofisticación en la decisión, por ejemplo que los flujos de un proyecto puedan cubrir la inversión en otro proyecto, entonces necesitamos una herramienta de análisis de cartera de proyectos más sofisticada, dicha herramienta es el análisis de maximización.

El análisis de maximización es conocido en la investigación de operaciones, para optimizar procesos productivos, en el caso de proyectos, lo que vamos a optimizar son los resultados de la decisión, es decir el VAN, a continuación revisaremos el modelo de maximización:

Tabla 3.42. Estimación de VAN con n Proyectos y n Flujos de Caja

Proyectos	FLUJOS A_j / Por Proyecto i						Riesgo Promedio	Riesgo Adicional
	A_0	A_1	A_2	A_3	...	A_j		
1	I_{10} -100	F_{11} 70	F_{12} 80	F_{13} 90	...	F_{1j}	10%	5%
2	I_{20}	F_{21}	F_{22}	F_{23}	...	F_{2j}	10%	0%
3	I_{30}	F_{31}	F_{32}	F_{33}	...	F_{3j}	10%	3%
4	I_{40}	F_{41}	F_{42}	F_{43}	...	F_{4j}	10%	-7%
5	I_{50}	F_{51}	F_{52}	F_{53}	...	F_{5j}	10%	12%
6	I_{60}	F_{61}	F_{62}	F_{63}	...	F_{6j}	10%	5%
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮
P_i	F_{i0}	F_{i1}	F_{i2}	F_{i3}	...	F_{ij}	\overline{R}_{ij}	Ra_{ij}

El modelo:

1. Maximizar:

$$\begin{aligned} & \text{VAN } P_1 A_0 + \text{VAN } P_1 A_1 + \dots + \text{VAN } P_1 A_n + \\ & \text{VAN } P_2 A_0 + \text{VAN } P_2 A_1 + \dots + \text{VAN } P_2 A_n + \\ & \dots \\ & \text{VAN } P_n A_0 + \text{VAN } P_n A_1 + \dots + \text{VAN } P_n A_n \end{aligned}$$

Donde:

$$\overline{\text{VAN } P_i A_j} = \sum \text{VA } F_{ij} / (1 + K)^j \quad \text{Con } i \text{ tomando valores de } 1 \text{ a } n \text{ y } j \text{ de } 0 \text{ a } n.$$

$$K = R_{ij} + R_{aij}$$

2. Restricción del momento (programación entera):

$$P_1) \quad A_{10} + A_{11} + A_{12} + A_{13} + \dots + A_{1n} \leq 1$$

$$P_2) \quad A_{20} + A_{21} + A_{22} + A_{23} + \dots + A_{2n} \leq 1$$

$$P_3) \quad A_{30} + A_{31} + A_{32} + A_{33} + \dots + A_{3n} \leq 1$$

...

$$P_i) \quad A_{i0} + A_{i1} + A_{i2} + A_{i3} + \dots + A_{in} \leq 1$$

3. Restricciones de fondos (límite del presupuesto de Inversión):

$$I_{10}A_{10} + I_{20}A_{20} + I_{30}A_{30} + I_{40}A_{40} + \dots + I_{i0}A_{in} \leq I$$

4. Restricciones de disponibilidad de recursos, para cada Flujo independiente:

$$\begin{aligned} & F_{11} + F_{21} + F_{31} + \dots + F_{i1} - I_{10}FSC_1 - I_{20}FSC_1 - I_{30}FSC_1 - \dots - I_{i0}FSC_1 \\ & F_{12} + F_{22} + F_{32} + \dots + F_{i2} + \sum F_{i1}FSC_1 - I_{10}FSC_2 - I_{20}FSC_2 - I_{30}FSC_2 - \dots - I_{i0}FSC_2 \\ & F_{13} + F_{23} + F_{33} + \dots + F_{i3} + \sum F_{i2}FSC_2 - I_{10}FSC_3 - I_{20}FSC_3 - I_{30}FSC_3 - \dots - I_{i0}FSC_3 \\ & F_{1j} + F_{2j} + F_{3j} + \dots + F_{ij} + \sum F_{in}FSC_n - I_{10}FSC_n - I_{20}FSC_n - I_{30}FSC_n - \dots - I_{i0}FSC_n \end{aligned}$$

Donde FSC = Factor simple de capitalización, es decir: $(1+K)^n$

Reemplazando los valores respectivos para cada cartera de proyectos y resolviendo el modelo en cualquier programa de maximización tendremos las siguientes decisiones:

- El VAN maximizado
- Los proyectos P_i a realizar
- El momento A_i en donde se realizará cada proyecto

Análisis de sensibilidad

Ya trabajamos el riesgo a partir de cambios en la tasa de descuento, lo cual calificaría dentro de los riesgos sistémicos o que afectan a todo proyecto, ahora iremos en específico a trabajar los riesgos inherentes a cada proyecto, estos riesgos pueden medirse usando el análisis de sensibilidad, para ello tomaremos dos criterios, por un lado la sensibilidad del VAN a cambios en una sola variable y por otro lado la sensibilidad del VAN a cambios en más de una variable.

Tomamos el VAN como variable de resultados, porque lo que el inversionista desea es ganar dinero y el VAN mide esta condición previa, si un proyecto es riesgoso, los cambios en cualquier variable afectarán mucho al VAN, si un proyecto es poco riesgoso, los cambios de las variables no tendrán mayor impacto o serán de poco efecto en el VAN.

Consideremos por ejemplo un proyecto A, cualquiera con los siguientes datos:

Tabla 3.43. Datos para estimación de VAN del Proyecto A

DATOS		
CPPC	15%	
Inversión Maquinaria	200.000	
Depreciación Maquinaria	20%	
Costo variable	0,80	
Costo fijo (sin deprec)	15.000	
Precio	2,50	
Producción (100%)	80.000	Unidades
Crecimiento Productivo		
Año 1	70%	
Año 2	80%	
Año 3	90%	
Año 4	100%	
Capital de trabajo	50.000	Hasta Año 4
Crec. Capital de trabajo	10%	Anual
Impuestos	30%	

Ahora veamos el flujo de caja, construido a 5 años, en donde se aplican los datos mostrados anteriormente, como se ve en este proyecto se invierten 250 mil en el período cero y en adelante se tiene inversiones en capital de trabajo.

La producción inicial es de 56 mil unidades y crece al ritmo mostrado en el cuadro anterior, el precio se aplica a 2.5 por unidad y el costo variable es de 0.8 por unidad.

Con estos datos se estimó la utilidad neta y adicionando la depreciación a este cálculo se estimó el flujo de fondos generados, los cálculos se muestran a continuación:

Tabla 3.44. Flujo de Caja para rentabilidad del Proyecto A

FLUJO DE CAPITAL	0	1	2	3	4	5
Inversión	-200.000					
Capital de trabajo	-50.000	-55.000	-60.500	-66.550	-73.205	
Capital Incremental	-50.000	-5.000	-5.500	-6.050	-6.655	
Recuperación Cap. Trab.						73.205
FC	-250.000	-5.000	-5.500	-6.050	-6.655	73.205
FLUJO OPERATIVO						
Producción		56.000	64.000	72.000	80.000	80.000
Ingreso		140.000	160.000	180.000	200.000	200.000
Costos		99.800	106.200	112.600	119.000	119.000
Costo Variable		44.800	51.200	57.600	64.000	64.000
Costo Fijo		15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
Depreciación		40.000	40.000	40.000	40.000	40.000
FAI		40.200	53.800	67.400	81.000	81.000
Impuestos		12.060	16.140	20.220	24.300	24.300
FN		28.140	37.660	47.180	56.700	56.700
FG		68.140	77.660	87.180	96.700	96.700
FLUJO DE CAJA ECON.	-250.000	63.140	72.160	81.130	90.045	169.905

A partir del flujo de caja económico FCE, se ha obtenido el VAN y TIR siguientes:

VAN **48.768**
TIR **22%**

Para realizar el análisis de sensibilidad para variables separadas, nos hacemos la siguiente pregunta, cuánto caerá el VAN si el precio baja por ejemplo, a 2, los resultados son:

VAN **-31.712**
TIR **10%**

El proyecto deja de ser rentable, el VAN cae en 165% cuando el precio sólo cae en 20%, de modo que el proyecto es muy riesgoso por el lado de precios, si quisiéramos saber a

que nivel de precios el VAN se hace cero, tenemos como opción ir variando la variable en la hoja de cálculo, otra forma de estimarlo es usando la función BUSCAR OBJETIVO de Excel, mediante esta función sólo trabajamos del siguiente modo en el menú de la función:

- Definir objetivo: Marcamos la celda VAN (48,768)
- Con el valor: le damos el valor de 0 (no olvidemos que ese es el VAN mínimo)
- Para cambiar la celda: nos ubicamos en la celda precio (2.5)

Usando la función obtenemos que el precio mínimo es 2.20 soles.

Los siguientes valores por separado hacen que el VAN sea cero:

Tabla 3.45. Puntos críticos para el Proyecto A

Puntos críticos	Valor Tope
COSTO VARIABLE	1,10
PRECIO	2,20
PRODUCCION AÑO 1	11%
PRODUCCION AÑO 2	12%
PRODUCCION AÑO 3	12%
PRODUCCION AÑO 4	52%
MINIMO CAPACIDAD	65.742

El cuadro anterior muestra que el VAN se hace cero. si por ejemplo el costo variable sube a 1.10 soles, o si el precio es 2.20, de igual modo el VAN es cero si la producción se hace por debajo de 11% en el año 1, 12% del año 2 al 3 o menos del 50% en el año 4. La producción mínima a generar es de 65,742 unidades, por debajo de este nivel el VAN es cero.

Siguiendo con el ejemplo, podemos verificar la dinámica del VAN cuando sólo cambia el precio por ejemplo, para ello usamos la función DATOS/TABLA de Excel , esta función permite generar datos en una tabla con hasta dos dimensiones, para ello antes de usar el menú de la función, debemos construir la tabla siguiente:

Tabla 3.46. Bases para el análisis de sensibilidad al precio del Proyecto A

Var. Precios		48.768	22%
-20%	2,00		
-15%	2,13		
-10%	2,25		
-5%	2,38		
0%	2,50		
5%	2,63		
10%	2,75		
15%	2,88		
20%	3,00		
25%	3,13		

La columna variación de precios se construye de manera independiente en la hoja de cálculo, igual con los precios resultantes, la celda VAN se usa como fórmula, es decir se enlaza el resultado de VAN y TIR como encabezado de la tabla a llenar.

Hay que marcar toda el área coloreada (todas las celdas) de la tabla anterior y recién allí aplicamos la función Tabla de Excel:

- Aparecen dos campos, Celda de entrada columna y Celda de entrada fila, como estamos en columnas, sólo hay que ubicar la celda precio (2.5) en la casilla Columna y aceptar, con lo cual resulta lo siguiente:

Tabla 3.47. Análisis de sensibilidad al precio del Proyecto A

Var. Precios		48.768	22%
-20%	2,00	-31.712	10%
-15%	2,13	-11.592	13%
-10%	2,25	8.528	16%
-5%	2,38	28.648	19%
0%	2,50	48.768	22%
5%	2,63	68.888	24%
10%	2,75	89.009	27%
15%	2,88	109.129	30%
20%	3,00	129.249	32%
25%	3,13	149.369	35%
	Precio	VAN	TIR

Como vemos en el cuadro anterior, se ha obtenido el VAN y TIR para distintos niveles de precios, comprobamos que una caída de precios de 15% ya genera un VAN negativo y la TIR se pone por debajo del costo de capital con lo cual el proyecto no es rentable.

Adicionalmente a la dinámica unidimensional o de una sola variable, el Excel permite trabajar análisis en más de una variable, un ejemplo es el análisis de escenarios, para ello sólo tenemos que crear escenarios usando las siguientes opciones del menú:

- Agregar un escenario y ponerle un nombre, puede ser optimista, pesimista o esperado o simplemente el nombre de las variables a modificar.
- En la misma ventana de nombrar el escenario, aparecen las celdas que deseamos cambiar, una vez que aceptamos aparecerá la ventana para hacer todos los cambios posibles.
- Hechos los cambios que deseamos, hay que considerar aquí, que si por ejemplo voy a colocar cambios en precios o costos u otra variable, es porque existe evidencia de la magnitud del cambio o del rango posible que pueden tomar estas variables, para ello es bueno usar información histórica o las diversas opiniones de expertos en el rubro de negocios donde nos ubicamos. Hechos los cambios pulsamos resumen y aparecerán los resultados de los escenarios creados.

En nuestro ejemplo hemos creado 4 escenarios:

- Esperado
- Cambios en Costos variables
- Cambios en Precios
- Cambios en el CPPC (costo de capital)
- Cambios en la producción del año 1
- Cambios combinados (todos los años producidos)

Los resultados que muestra el programa son:

Tabla 3.48. Análisis de escenarios del Proyecto A

Resumen de escenario							
		Esperado	Costo Variable	Precio	CPPC	Producción 1	Combinado
Celdas cambiantes:							
	\$B\$6	0,80	1,50	0,80	0,80	0,80	0,80
	\$B\$8	2,50	2,50	2,00	2,50	2,50	2,50
	\$B\$3	15%	15%	15%	20%	15%	15%
	\$B\$11	70%	70%	70%	70%	80%	50%
	\$B\$12	80%	80%	80%	80%	80%	70%
	\$B\$13	90%	90%	90%	90%	90%	80%
	\$B\$14	100%	100%	100%	100%	100%	90%
Celdas de resultado:							
VAN	\$B\$39	48.768	-63.904	-31.712	11.383	57.047	8.578
TIR	\$B\$40	22%	6%	10%	22%	23%	16%

Como se ve, el escenario esperado es el actual o bajo las condiciones en la cual construimos el flujo de caja, con un VAN de 48 mil y una TIR de 22%, reflejando las condiciones normales de evaluación.

Hemos marcado en gris los cambios hechos en cada escenario, por ejemplo el costo variable pasó a 1.5 el precio a 2, el CPPC a 20%, la producción inicial a 80% del total de capacidad y en el análisis combinado hemos modificado las condiciones de producción de los 4 primeros años del proyecto.

Como se ve en los escenarios, los riesgos del proyecto son inherentes a al costo variable y al precio, las demás variables parecen afectar poco la rentabilidad, inclusive bajando los niveles de operatividad o de capacidad, el proyecto sigue siendo rentable, no obstante es muy sensible a las condiciones en que se vende el producto y los costos de insumos, este proyecto si bien es rentable tiene riesgos si las condiciones del mercado son desfavorables, es decir si la información que poseemos señala un mercado muy cambiante, es mejor abstenerse de invertir, salvo mecanismos que aseguren los precios esperados, como contratos con clientes y proveedores por ejemplo.

Como apoyo al análisis de escenarios podemos usar la función TABLA pero ya en dos dimensiones, es decir tanto fila como columna, para ello nuevamente construimos la tabla:

Tabla 3.49. Bases para el análisis de sensibilidad bidimensional del Proyecto A

Precio	CV	-20%	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%	20%
	48.768	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,84	0,88	0,92	0,96
-20%	2,00									
-15%	2,13									
-10%	2,25									
-5%	2,38									
0%	2,50									
5%	2,63									
10%	2,75									
15%	2,88									
20%	3,00									
25%	3,13									

De igual modo al caso anterior, construimos por separado la columna precios y la fila costo variable (CV), el área sombreada será marcada para poder usar la función, siempre la celda VAN que encabeza la tabla es una celda enlazada a los resultados obtenidos a la hoja de cálculo. En datos fila del menú Tabla, ubicamos la celda costo variable (0.80) y en datos Columna del menú, ubicamos la celda precio (2.50), al aceptar obtendremos lo siguiente:

Tabla 3.50. Análisis de sensibilidad bidimensional Precio - Costo Variable Proyecto A

48.768	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,84	0,88	0,92	0,96
2,00	-5.958	-12.397	-18.835	-25.274	-31.712	-38.151	-44.589	-51.028	-57.466
2,13	14.162	7.723	1.285	-5.154	-11.592	-18.031	-24.469	-30.907	-37.346
2,25	34.282	27.843	21.405	14.966	8.528	2.090	-4.349	-10.787	-17.226
2,38	54.402	47.963	41.525	35.087	28.648	22.210	15.771	9.333	2.894
2,50	74.522	68.084	61.645	55.207	48.768	42.330	35.891	29.453	23.015
2,63	94.642	88.204	81.765	75.327	68.888	62.450	56.012	49.573	43.135
2,75	114.762	108.324	101.885	95.447	89.009	82.570	76.132	69.693	63.255
2,88	134.882	128.444	122.006	115.567	109.129	102.690	96.252	89.813	83.375
3,00	155.003	148.564	142.126	135.687	129.249	122.810	116.372	109.934	103.495
3,13	175.123	168.684	162.246	155.807	149.369	142.931	136.492	130.054	123.615

Como podemos ver, con la opción bidimensional de la función tabla, podemos obtener la dinámica del VAN para cada cambio en precio y costo variable, por ejemplo podemos aceptar un precio de 2.13 en los productos vendidos, siempre que el costo variable no sea mayor a 0,72 soles por unidad, esto nos permite ir verificando los riesgos en la operatividad misma del proyecto, para poder gestionar costos o manejar mejor los resultados que obtenemos en el mercado.

Además a estos análisis de sensibilidad, algunos proyectos requieren un análisis más confiable de los resultados finales, para ello se usa la simulación de montecarlo.

Simulación de montecarlo

En este tipo de análisis el simulador supone variaciones para todas las variables seleccionadas por el evaluador, estas variaciones se dan todas en simultáneo y en pequeñas variaciones, los resultados son obtener un VAN que cambia conforme cambian las probabilidades de ocurrencias de las variables cambiantes, en este caso por ejemplo estamos suponiendo que los precios cambiarán de valor a una probabilidad X , igual los costos y las variables que consideremos relevantes.

Consideremos por ejemplo lo siguiente:

- Existe un precio que puede cambiar n veces: P_i
- Existe un costo variable que puede variar n veces: CV_i
- El precio varía a una probabilidad P_{p_i} , es decir el precio puede ser P_1 con una probabilidad P_{p_1} , P_2 con probabilidad P_{p_2} y sucesivamente.
- El costo variable varía a una probabilidad P_{cvi} , en las mismas condiciones que el precio.

Bajo estas condiciones es de esperar que el flujo de operaciones también varíe para cada cambio en precio y cada probabilidad de cambio, esto implica que el FCE también es cambiante a cada movimiento de la variable y su probabilidad, por lo cual el simulador estima un FCE esperado y con ello calcula un VAN esperado, este VAN esperado no es un único valor, cambia a medida que cambia la distribución de probabilidades, es decir lo que esperamos es una VNA probabilística que sigue una distribución cualquiera.

La decisión sobre seguir adelante con el proyecto se estima en función a la probabilidad de pérdida, es decir la probabilidad de que el VAN sea menor que cero. Si esta probabilidad esta debajo del 5%, entonces el proyecto sigue adelante (o el nivel mínimo planteado por los socios).

Existen diversos programas que realizan la simulación, los más conocidos son *Crystal ball* y *@risk*, en ambos casos debemos ingresar los cambios en las variables relacionadas, primero eligiendo el tipo de distribución, lo más usado si los datos varían de modo continuo es la distribución normal, si no tenemos cambios pequeños sino más bien discretos podemos elegir distribuciones de otra índole como triangulares, cuadrangulares u otras. Luego añadimos los valores que esperamos puedan tomar, es decir el rango de variación, hecho esto corremos la simulación.

Veamos el ingreso de datos como reporte de *Crystal ball*, para un proyecto textil de fabricación de polos y buzos.

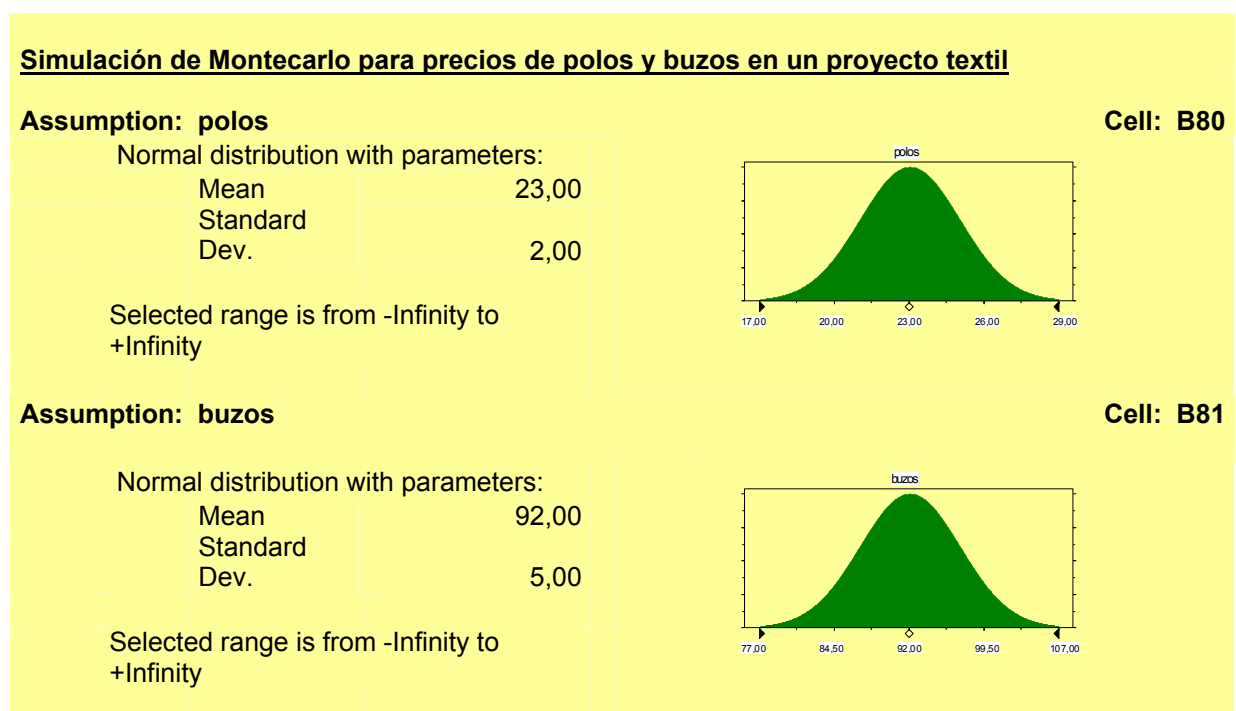
Este ejemplo, es un proyecto de fabricación de polos y buzos, hemos considerado el precio promedio de 23 soles por polo y este puede variar en 2% hacia arriba o hacia abajo.

En otro tipo de distribuciones podemos considerar que el precio puede ser de 23 en promedio, máximo 28 y mínimo 20, en términos no continuos esto corresponde a distribuciones triangulares, por ejemplo.

En buzos se ha considerado un precio promedio de 92 y un 5% de subida o bajada del mismo. Al costado del supuesto viene el gráfico de la distribución seguida por la variable.

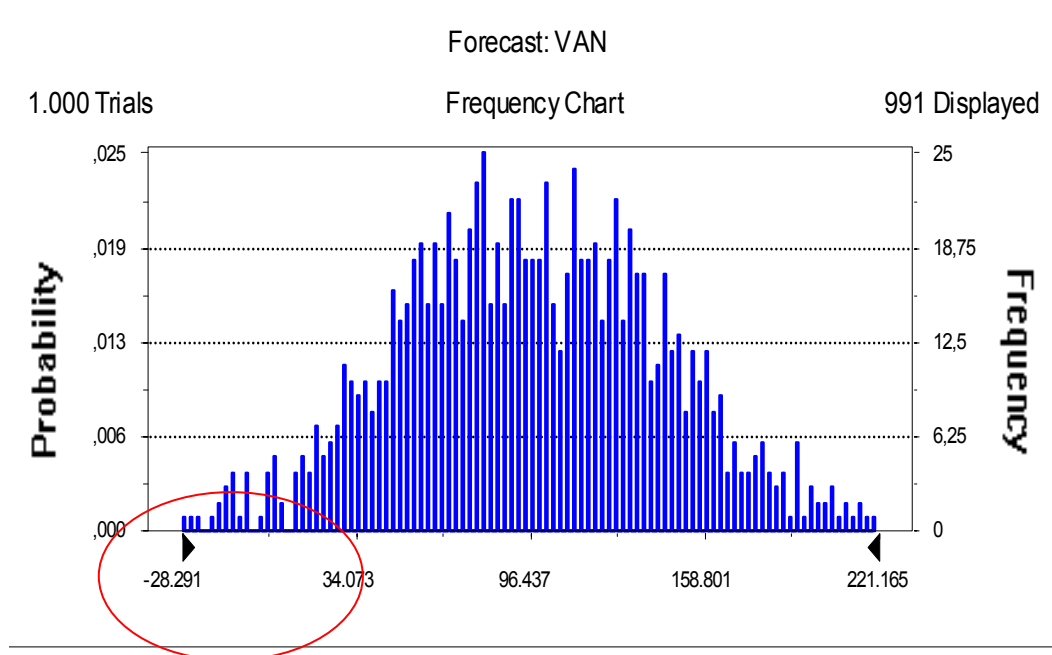
De ese modo ingresamos los supuestos para cada variable elegida, marcando la celda respectiva (cabe señalar que los programas anteriores corren bajo Excel).

Los resultados que muestra el programa son en dos niveles, primero se muestra la distribución seguida por el VAN pronosticado, esta es normal según lo especificado en la simulación, el VAN como se ve puede ir de -28 mil a 221 mil soles o dólares.



Hemos marcado en un círculo el área de rechazo es decir aquel donde el VAN se hace menor que cero, y aparentemente esta alrededor del 5% de todas las opciones simuladas, el programa efectuó mil simulaciones y en 50 de ellas (5%) el VAN cayó en zonas negativas o en pérdida.

Figura 3.10. Distribución del VAN del proyecto textil



Una forma más exacta de evaluar la probabilidad de pérdida es ver el VAN acumulado, para ello sigamos el gráfico siguiente (hemos modificado para este gráfico, la variación de precios, pudiendo llegar a 3% en polos y buzos). El cuadro muestra que en un 6% se encuentra el VAN por debajo de cero, es decir existe un 6% de probabilidades de tener pérdidas, la decisión de seguir adelante en el proyecto es los accionistas.

Figura 3.11. Distribución del VAN acumulado del proyecto textil

