
Valor en riesgo: VaR paramétrico y no paramétrico

Valor en riesgo, o VaR por su sigla en inglés (*Value at Risk*), es hoy en día una de las medidas de riesgo más empleadas comúnmente tanto por reguladores¹ como por los demás actores de los mercados financieros en todo el mundo. Una de las razones para esta popularidad es la sencillez en su cálculo y en especial lo intuitivo de su interpretación. El VaR mide (estima) la máxima pérdida esperada para un determinado horizonte de tiempo y un nivel de significancia, bajo circunstancias normales de mercado.

Es decir, el VaR corresponde a algo así como el peor escenario posible para un activo o portafolio, dadas condiciones normales de mercado, un horizonte de tiempo determinado y un nivel de confianza determinado. En palabras de Benninga (2000) “el VaR responde a la pregunta: ¿Cuánto puedo perder con una probabilidad $(1 - \alpha)$ en un horizonte preestablecido?” (página 209). O, como lo expone Hull (2002), el VaR permitirá realizar afirmaciones como: “estamos seguros en $(1 - \alpha)\%$ de que no perderemos más de X dólares en los próximos h días” (página 378).

Así, el VaR sintetiza en una única medida el riesgo total de un portafolio, facilitando la toma de decisiones. Por ejemplo, el VaR servirá a los reguladores como la Superintendencia Financiera de Colombia para determinar el capital que deben mantener los intermediarios financieros de tal forma que sus reservas concuerden con el riesgo que están asumiendo. Similarmente, los mismos intermediarios financieros pueden emplear el VaR para determinar el riesgo que corre cada uno de sus portafolios o *traders* y decidir cuándo abandonar una posición de inversión.

Antes de entrar en el detalle del cálculo, es importante resaltar la importancia de escoger dos parámetros para nuestros cálculos del VaR:

- El horizonte de tiempo (h)
- El nivel de confianza $(1 - \alpha)\%$

¹Ver el Apéndice A para una discusión del marco regulatorio en Colombia.

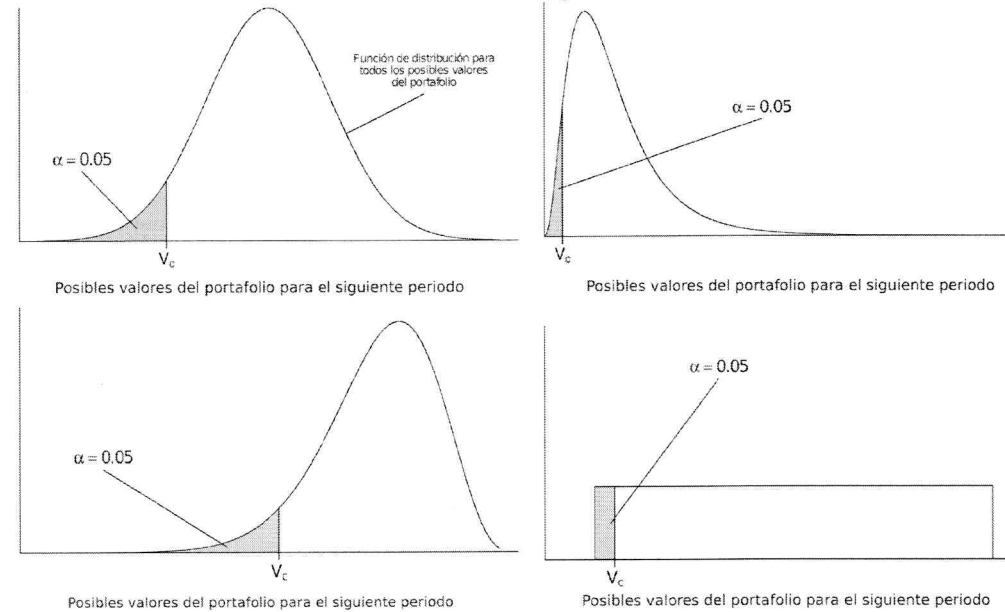
El horizonte de tiempo es escogido dependiendo del uso que se le vaya a dar a esta medida. Por ejemplo, si estamos calculando el VaR para una mesa de dinero bastante activa que transa un gran volumen de activos en cuestión de horas, entonces el horizonte del VaR puede ser de un par de horas. Si por el contrario estamos analizando el riesgo de un fondo de pensiones, el horizonte puede ser de hasta un año. Como se discutirá más adelante, la selección del horizonte de tiempo puede afectar el modelo y los supuestos que se empleen en el momento del cálculo del VaR.

Así mismo, la selección del nivel de confianza también depende del uso que se le vaya a dar al VaR. Por ejemplo, si lo que se desea es satisfacer los requerimientos de un regulador, normalmente el nivel de confianza es alto: 99%. Por otro lado, si lo que se desea es emplear el VaR para control interno del manejo del riesgo y su exposición a este, típicamente se emplea un nivel de confianza del 95 % (Benninga, 2000). En general, los niveles de confianza más empleados en la práctica corresponden a 95 %, 99 % y 99.9 %.

En la jerga del VaR, se escuchan afirmaciones como: “un administrador de un portafolio tiene un VaR diario de US\$ 1 millón con 99 % de confianza”. Esta afirmación es equivalente a decir que solo existe un chance de 100 de obtener una pérdida diaria mayor a \$1 millón cuando el mercado se encuentra en condiciones normales.

Antes de entrar en los detalles del cálculo, es importante reafirmar la intuición detrás del VaR. Recuerde que lo que deseamos es poder responder a la pregunta: ¿cuánto es lo máximo que podremos perder con una probabilidad de $(1 - \alpha) %$ en los próximos h días? Note que

Figura 5.1: Representación gráfica del valor de corte para diferentes tipos de distribuciones del valor futuro del portafolio



esta pregunta es equivalente a determinar el percentil² α más bajo de la distribución de las posibles pérdidas (medidas en dinero) que pueden ocurrir durante un horizonte de tiempo específico. Por ejemplo, supongamos que consideraremos un horizonte de un día y un nivel de confianza del 99 % ($\alpha = 1\%$), entonces al final del periodo el valor más bajo que podría tomar el portafolio con un 99 % de confianza está dado por el punto V_c , llamado también valor de corte (ver Figura 5.1). Por lo tanto, si el portafolio tiene un valor de V_0 hoy, lo que se podría perder es $VaR = V_0 - V_c$.

De la figura anterior queda claro que el VaR no solo dependerá del horizonte de tiempo y del nivel de confianza, sino también de la distribución que siguen los posibles valores que tomaría el portafolio. En la práctica se emplean diferentes métodos para calcular el VaR que básicamente pueden ser clasificados en dos grandes tipos: i) métodos en los que se supone una distribución de los datos (métodos paramétricos) y ii) métodos que no suponen ninguna distribución (métodos no paramétricos). En este capítulo se discutirá cómo calcular el VaR para un portafolio con los dos tipos de métodos, pero antes discutiremos un ejemplo sencillo para un portafolio de un solo activo.

5.1. VaR para un portafolio con un solo activo

Supongamos que usted es un administrador de un portafolio de un activo cuya rentabilidad media es del 15 % anual con desviación estándar de 20 %. El portafolio se encuentra hoy valorado en \$100 millones de pesos ($V_0 = \$100M.$) y usted desea responder a la siguiente pregunta: con un 99 % de confianza, ¿cuál es la máxima pérdida posible en un año?

Para responder esta pregunta necesitamos conocer los posibles valores que puede tomar nuestro portafolio al final del año y la probabilidad asociada a cada uno de estos posibles valores (ver Figura 5.1). Es decir, su distribución de probabilidad³. Para conocer la función de probabilidad podemos adoptar alguna de las siguientes opciones:

- Suponer un comportamiento
- Emplear los datos históricos para inferir de ellos un comportamiento

En el caso de suponer una distribución, o más bien una familia de distribuciones, que replica el comportamiento de los posibles valores del portafolio, tendremos que estimar o conocer unos parámetros (como por ejemplo la media y la varianza) que permitirán hacer los cálculos requeridos para responder nuestra anterior pregunta. Dado que con este tipo de métodos es necesario suponer una distribución y estimar o conocer unos parámetros de la distribución, a esta aproximación se le conoce como método paramétrico.

Por otro lado, si no suponemos una distribución y se emplea la información histórica para determinar de forma empírica la distribución, no será necesario conocer los parámetros y, por tanto, se conoce esta aproximación como no paramétrica. En este caso dejamos que los datos "cuenten" por sí mismos qué tipo de distribución siguen. A continuación se discuten ambas aproximaciones.

²Ver el Apéndice B para una discusión de este concepto.

³Ver el Apéndice B para un repaso de este concepto estadístico.

5.1.1. Método paramétrico: el modelo normal

Como se acaba de mencionar, los métodos paramétricos implican suponer una distribución o modelo que sigue el comportamiento del valor del portafolio. Note que esta distribución puede ser muy diferente dependiendo de cada caso, pero en general la distribución más usada es la normal.

Supongamos que los rendimientos del próximo periodo (R_{T+1}) del único activo que compone nuestro portafolio siguen una distribución normal⁴. Es decir, dado nuestro problema inicial tendremos que: $R_{T+1} \sim N(15\%, (20\%)^2)$. Al suponer que el rendimiento para el siguiente periodo sigue una distribución normal, esto implicará que el valor del portafolio para el siguiente periodo seguirá una distribución normal. Esto es así, pues dado el valor actual del portafolio (V_0), el valor del futuro del portafolio (V_f) será:

$$V_f = V_0(1 + R_{T+1}) = V_0 + V_0 R_{T+1}. \quad (5.1)$$

En el momento que se calcula el VaR, el valor actual del portafolio (V_0) es conocido pero el rendimiento del próximo periodo (R_{T+1}) no lo es. Así, el valor futuro del portafolio contiene una parte que no es aleatoria (conocida) y otra parte que sí lo es (desconocida y depende de cómo se comporte la variable aleatoria R_{T+1}). De esta manera, el valor futuro del portafolio (V_f) será una variable aleatoria que seguirá la misma distribución del rendimiento futuro (es decir, una distribución normal para este ejemplo).

En nuestro caso, dado que el valor inicial es de \$100M ($V_0 = \$100M$), entonces tenemos que el valor esperado⁵ del rendimiento al final del periodo será⁶:

$$E[V_f] = E[V_0(1 + R_{T+1})].$$

Note que V_0 es un valor conocido en el periodo t y, por tanto, tenemos que:

$$E[V_f] = V_0 E[(1 + R_{T+1})] = V_0(1 + E[R_{T+1}]),$$

$$E[V_f] = V_0(1 + \mu),$$

donde μ corresponde al valor esperado del rendimiento. Para nuestro caso tendremos:

$$E[V_f] = 100 \times (1 + 15\%) = 115.$$

En otras palabras, el valor esperado del portafolio para el siguiente año será de \$115 millones.

Similarmente, tenemos que la respectiva varianza del valor del portafolio será:

$$\begin{aligned} \text{Var}[V_f] &= \text{Var}[V_0(1 + R_{T+1})] \\ &= \text{Var}[V_0 R_{T+1}] \\ &= V_0^2 \sigma^2, \end{aligned}$$

⁴En el capítulo anterior se discutió este supuesto. Si bien en la mayoría de los casos este supuesto no es totalmente correcto por las colas pesadas, la forma acampanada de la distribución de los rendimientos hace de la función de distribución normal una aproximación muy empleada. Recuerde los hechos estilizados 2 y 4 discutidos en el segundo capítulo.

⁵Ver Apéndice B para una discusión de las propiedades del valor esperado.

⁶Estrictamente hablando, el valor esperado del portafolio debería calcularse como $V_0 e^{R_{T+1}}$. Por simplicidad en el cálculo, se empleará la expresión 5.1. Como se discutió en el Capítulo 2, si el rendimiento es relativamente pequeño el emplear la aproximación continua o la discreta, produce resultados aproximadamente iguales.

donde σ^2 corresponde a la varianza de los rendimientos. Y, por tanto, la desviación estándar será:

$$\sqrt{\text{Var}[V_f]} = V_0\sigma.$$

Lo cual implica para nuestro ejemplo que la desviación estándar del valor del portafolio para el siguiente año será:

$$\sqrt{\text{Var}[V_f]} = 100 \times \sigma = 100 \times 20\% = 20.$$

Es decir, la desviación estándar del valor del portafolio será de \$20 millones. Por lo tanto, tendremos que el valor final del portafolio (V_f) seguirá una distribución normal con media \$115 M. y desviación estándar de \$20 M. Esto es,

$$V_f \sim N(115, (20)^2).$$

Ahora, responder nuestra pregunta es muy sencillo porque implicará encontrar el valor de corte (V_c), tal que exista una probabilidad del 1% para que los valores del portafolio caigan por debajo de este (ver el primer panel en la parte superior izquierda de la Figura 5.1). Es decir, V_c corresponde a encontrar el mínimo valor del portafolio (V_f) que garantice que de 100 veces solo una el portafolio puede tomar un valor menor al valor del corte⁷. Una vez conocido este número, se lo podemos restar al valor actual de nuestro portafolio ($V_0 = 100$), para encontrar la máxima pérdida posible al final del año con un 99% de confianza, es decir, el VaR.

Estos cálculos se pueden realizar de forma sencilla en Excel por medio de la fórmula “=DISTR. NORM.INV(α ; μ ; σ)” (ver la siguiente imagen). En este caso tenemos que V_c corresponde a \$68.47 millones. Por tanto, el VaR con un nivel de confianza del 99% está dado por:

$$\text{VaR} = V_0 - V_c = 100 - 68.47 = 31.53.$$

Es decir, solo existe un chance de 100 de obtener una pérdida anual mayor a \$31.53 millones cuando el mercado se encuentra en condiciones normales.

The image shows an Excel spreadsheet and a function dialog box. The spreadsheet is titled 'SUMA' and contains the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		Alfa	1%								
2		Nivel de Confianza	99%								
3		Datos del Rendimiento									
4		Media	15%								
5		Desviación Estándar	20%								
6											
7		Datos del Portafolio									
8		Valor Inicial (V_0)	100								
9		Valor Medio (V_f)	115								
10		Desviación Estándar	20								
11											
12		Valor de Corte (V_c)	=DISTR.NORM.INV(C1;C9;C10)								
13											
14		VaR con nivel de confianza 99%									
15		$V_0 - V_c$	31,53								
16											
17											
18											

The dialog box for the function DISTR.NORM.INV is open, showing the following arguments:

- Probabilidad: 0,01
- Media: C9
- Desv_estándar: C10

The result of the formula is 68,47304252. The dialog box also includes a description of the function and buttons for 'Aceptar' and 'Cancelar'.

⁷En otras palabras $\Pr(V_f \leq V_c) = \alpha$.

derá al tercer escenario ordenado, pues este garantiza que 2 observaciones estén por debajo de él. Una manera alterna y más rápida que no requiere ordenar los datos es emplear Excel para calcular el primer percentil con la fórmula “=PERCENTIL(D3:D252;0,01)”. En este caso tenemos que $V_c = 99.19$. Por tanto, el VaR con un nivel de confianza del 99 % está dado por:

$$\text{VaR} = V_0 - V_c = 100 - 99.19 = 0.81.$$

Es decir, solo existe un chance de 100 de obtener una pérdida diaria mayor a \$814,428, si el mercado se encuentra en condiciones normales.

5.2. VaR para un portafolio con más de un activo

5.2.1. Método paramétrico

En principio la idea detrás del cálculo de un VaR es muy sencilla, tal como lo estudiamos en las secciones anteriores y en especial en la sección 5.1.1. Cuando consideramos un portafolio conformado por más de un activo, tendremos que tener en cuenta no solo los rendimientos esperados y sus correspondientes desviaciones estándar, sino también las relaciones que existen entre los activos. Así mismo, no solamente se necesitará asumir un comportamiento (distribución conjunta) de las series sino también necesitaremos calcular más parámetros, pues no solamente necesitaremos las medias y desviaciones estándar sino también las covarianzas⁸. Así, en este caso existe un problema práctico en el momento de implementar el cálculo del VaR para un portafolio: la estimación de los parámetros de la distribución conjunta de cada uno de los activos que componen el portafolio.

En este caso, supongamos que contamos con tres activos: A_1 , A_2 y A_3 . Cada uno con un rendimiento promedio y varianza de los rendimientos dados por μ_1 , μ_2 , μ_3 , σ_1^2 , σ_2^2 y σ_3^2 , respectivamente. Así mismo, tendremos que la matriz de varianzas y covarianzas para los rendimientos de los 3 activos que conforman el portafolio ($\text{Var}[\mathbf{R}_t]$) corresponde a⁹:

$$\text{Var}[\mathbf{R}_t] = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \sigma_{13} \\ \sigma_{12} & \sigma_2^2 & \sigma_{23} \\ \sigma_{13} & \sigma_{23} & \sigma_3^2 \end{bmatrix}, \quad (5.2)$$

donde $\sigma_{ij} = \text{Cov}[R_{i,t}, R_{j,t}]$, es decir, la covarianza entre el rendimiento del activo i y el activo j . Además, supongamos que la participación de cada uno de los tres activos en el portafolio de valor inicial V_0 corresponde respectivamente a: w_1 , w_2 y w_3 , con $\sum_{i=1}^3 w_i = 1$.

Así, el rendimiento del portafolio para el siguiente periodo ($R_{p,T+1}$) se puede encontrar de la siguiente manera:

$$R_{p,T+1} = w_1 R_{1,T+1} + w_2 R_{2,T+1} + w_3 R_{3,T+1}.$$

Entonces, el valor esperado del rendimiento del portafolio para el siguiente periodo ($E[R_{p,T+1}]$) será:

$$E[R_{p,T+1}] = E[w_1 R_{1,T+1} + w_2 R_{2,T+1} + w_3 R_{3,T+1}] = w_1 \mu_1 + w_2 \mu_2 + w_3 \mu_3. \quad (5.3)$$

⁸Recuerde que la covarianza entre el rendimiento de dos activos es una medida de la relación lineal entre ellos.

⁹En el primer anexo de este capítulo se muestra cómo se puede estimar la matriz de varianzas y covarianzas a partir de una muestra empleando Excel.

Es decir, el rendimiento esperado del portafolio corresponderá al promedio ponderado de las rentabilidades esperadas de cada uno de los activos. En este caso será mucho más fácil expresar 5.3 empleando notación matricial:

$$E[R_{p,T+1}] = \begin{bmatrix} w_1 & w_2 & w_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \mu_3 \end{bmatrix} = w_1\mu_1 + w_2\mu_2 + w_3\mu_3. \quad (5.4)$$

También, es fácil demostrar que la varianza del rendimiento del portafolio para el siguiente periodo ($\text{Var}[R_{p,T+1}]$) será:

$$\text{Var}[R_{p,T+1}] = \begin{bmatrix} w_1 & w_2 & w_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \sigma_{13} \\ \sigma_{12} & \sigma_2^2 & \sigma_{23} \\ \sigma_{13} & \sigma_{23} & \sigma_3^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 & w_2 & w_3 \end{bmatrix}^T. \quad (5.5)$$

Supongamos que cada uno de los activos A_i (para $i = 1, 2, 3$) tienen rendimientos que siguen una distribución normal con media μ_i y varianza σ_i^2 . En otras palabras, $R_{i,t} \sim N(\mu_i, \sigma_i^2)$. Entonces, el rendimiento del portafolio seguirá una distribución normal con media $E[R_{p,T+1}]$ y varianza $\text{Var}[R_{p,T+1}]$. Es decir,

$$R_{p,T+1} \sim N(E[R_{p,T+1}], \text{Var}[R_{p,T+1}]). \quad (5.6)$$

A partir de este resultado podemos calcular el VaR de la misma manera que lo habíamos hecho anteriormente. Es decir, una vez conocidas la media y varianza del rendimiento del portafolio tendremos que el valor de corte del portafolio (V_c) provendrá de una distribución normal con media,

$$E[V_f] = V_0 (1 + E[R_{p,T+1}]), \quad (5.7)$$

y varianza,

$$\text{Var}[V_f] = V_0^2 \times \text{Var}[R_{p,T+1}]. \quad (5.8)$$

Para ilustrar este método, supongamos que se cuenta con un portafolio cuyo valor inicial es de \$100 M ($V_0 = \100 M). Además supongamos que los pesos de cada uno de los activos en el portafolio son: $\begin{bmatrix} w_1 & w_2 & w_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.40 & 0.25 & 0.35 \end{bmatrix}$. Luego, los rendimientos promedios y matriz de varianzas y covarianzas de los rendimientos son (corresponden a mediciones diarias):

$$\begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \mu_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.10 \\ 0.12 \\ 0.15 \end{bmatrix}, \quad \text{y} \quad \text{Var}[\mathbf{R}_t] = \begin{bmatrix} 0.10 & 0.04 & 0.03 \\ 0.04 & 0.20 & -0.04 \\ 0.03 & -0.04 & 0.60 \end{bmatrix},$$

Recuerde que queremos responder a la pregunta: con un 99 % de confianza, ¿cuál es la máxima pérdida posible al final del año? Para responder, será necesario encontrar el rendimiento medio y la desviación estándar del rendimiento del portafolio. En otras palabras, necesitamos emplear las fórmulas 5.4 y 5.5. Estas operaciones las podemos realizar fácilmente por medio de Excel.

Empecemos por el cálculo de la rentabilidad media, es decir,

$$E[R_{p,T+1}] = \begin{bmatrix} 0.40 & 0.25 & 0.35 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.10 \\ 0.12 \\ 0.15 \end{bmatrix}.$$

Esta operación se puede realizar situándonos en la celda donde queremos reportar este resultado (por ejemplo C10) y empleando la función para multiplicar matrices de Excel, “MMULT()”. En este caso tendremos “=MMULT(F3:H3; C5:C7)”, lo cual multiplicará la matriz (fila) que se encuentra en las celdas F3 a H3 con la matriz (columna) que se encuentra en las celdas C5 a C7¹⁰ (ver la siguiente imagen). De esta forma, tendremos que la media del rendimiento del portafolio para este ejemplo será 12.25 %.

A		B	C	D	E	F	G	H	I
1	Alfa (α)		1%			Activo 1	Activo 2	Activo 3	
2	Nivel de Confianza (1-α)		99%		Participación del Activo	w ₁	w ₂	w ₃	
3	Datos de los activos					40%	25%	35%	
4	Media				Matriz de Varianzas y Covarianzas				
5	Media Rendimiento Activo 1 (μ ₁)		10%			0,10	0,04	0,03	
6	Media Rendimiento Activo 2 (μ ₂)		12%			0,04	0,20	-0,04	
7	Media Rendimiento Activo 3 (μ ₃)		15%			0,03	-0,04	0,60	
8	Datos del Rendimiento del Portafolio								
10	Valor Esperado (μ _p)		=B3:C5:C7		=MMULT(F3:H3;C5:C7)				
11	Varianza (σ _p ²)		11,14%						
12	Desviación Estándar (σ _p)		33,38%						

Ahora, para calcular la varianza del rendimiento del portafolio, tendremos que realizar el siguiente cálculo:

$$\text{Var}[R_{p,T+1}] = \begin{bmatrix} 0.40 & 0.25 & 0.35 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.10 & 0.04 & 0.03 \\ 0.04 & 0.20 & -0.04 \\ 0.03 & -0.04 & 0.60 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.40 & 0.25 & 0.35 \end{bmatrix}^T.$$

Esto se puede realizar por medio de la siguiente fórmula: “=MMULT(MMULT(F3:H3; F5:H7); TRANSPONER(F3:H3))”. Dado que esto corresponde a una multiplicación de matrices, será necesario que después de introducir esta fórmula usted haga clic simultáneamente a las teclas Ctrl, Shift y Enter. Asegúrese de que usted entiende la operación que está realizando con esta fórmula (ver la imagen siguiente). En este caso tenemos que la $\text{Var}[R_{p,T+1}] = 0.1114$. Y, por tanto, la desviación estándar del rendimiento del portafolio será la raíz cuadrada de este resultado, es decir, $\sqrt{0.1114} = 33.38 \%$.

A		B	C	D	E	F	G	H	I
1	Alfa (α)		1%			Activo 1	Activo 2	Activo 3	
2	Nivel de Confianza (1-α)		99%		Participación del Activo	w ₁	w ₂	w ₃	
3	Datos de los activos					40%	25%	35%	
4	Media				Matriz de Varianzas y Covarianzas				
5	Media Rendimiento Activo 1 (μ ₁)		10%			0,10	0,04	0,03	
6	Media Rendimiento Activo 2 (μ ₂)		12%			0,04	0,20	-0,04	
7	Media Rendimiento Activo 3 (μ ₃)		15%			0,03	-0,04	0,60	
8	Datos del Rendimiento del Portafolio								
10	Valor Esperado (μ _p)		12,25%		=MMULT(F3:H3;C5:C7)				
11	Varianza (σ _p ²)		R(F3:H3)		=MMULT(MMULT(F3:H3;F5:H7);TRANSPONER(F3:H3)))				
12	Desviación Estándar (σ _p)		33,38%						
13	Datos del Portafolio								
15	Valor Inicial (V ₀)		100						
16	Valor Medio (V ₁)		112,25						
17	Desviación Estándar		33,38						

¹⁰Para que este cálculo funcione, debe colocar las ponderaciones en una fila y los rendimientos medios de los activos en una columna. Además, el orden en que se seleccionan las series para emplear la función “MMULT()” debe ser el mismo expresado en el texto.

Siguiendo la fórmula 5.7, tenemos que el valor medio del portafolio para el siguiente periodo será:

$$E[V_f] = V_0 (1 + E[R_{p,T+1}]) = 100 \times (1 + 12.25\%) = 112.25.$$

De forma similar, empleando la fórmula 5.8, la desviación estándar del portafolio será:

$$\sqrt{\text{Var}[V_f]} = V_0 \times \sqrt{\text{Var}[R_{p,T+1}]} = 100 \times 33.38\% = 33.38.$$

En consecuencia, el valor esperado del portafolio para el siguiente periodo será de \$112.25 millones y su desviación estándar será \$33.38 millones. Por lo tanto, tendremos que el valor final del portafolio (V_f) seguirá una distribución normal con media \$112.25 M y desviación estándar de \$33.38 M. Es decir,

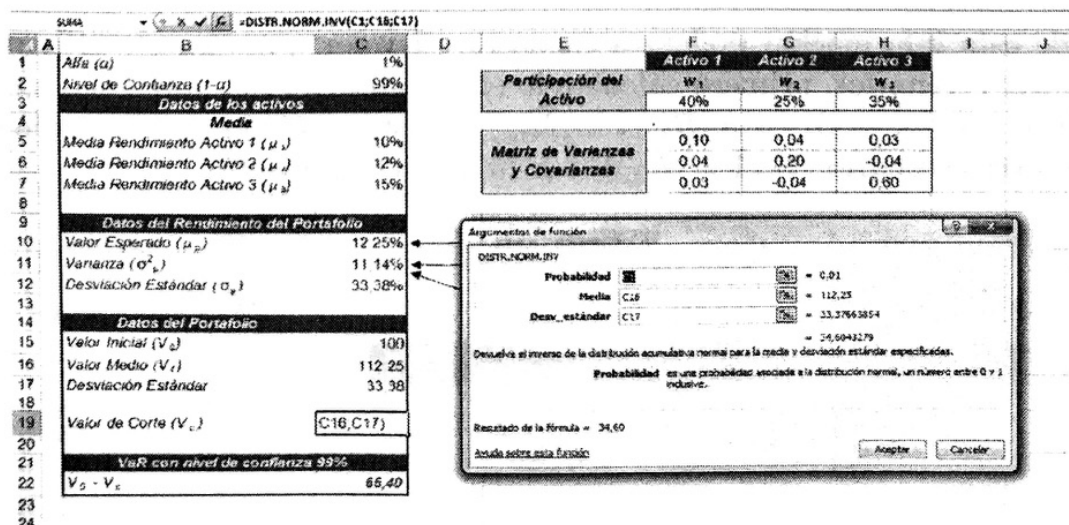
$$V_f \sim N(112.25, (33.38)^2).$$

Ahora, como lo vimos anteriormente, responder a nuestra pregunta implicará encontrar el valor de corte (V_c), tal que exista una probabilidad del 1% para que los valores del portafolio caigan por debajo de este (ver el primer panel de la Figura 5.1). Es decir, corresponde a encontrar el mínimo valor del portafolio que garantice que de 100 veces solo una vez el portafolio pueda tomar un valor menor al valor del corte.

Como lo discutimos anteriormente, estos cálculos se pueden realizar de forma sencilla en Excel por medio de la función "DISTR.NORM.INV()" (ver la siguiente imagen). En este caso tenemos que V_c corresponde a \$34.60 millones. Por tanto, el VaR con un nivel de confianza del 99% está dado por¹¹:

$$\text{VaR} = V_0 - V_c = 100 - 34.60 = 65.40$$

Es decir, solo existe un chance de 100 de obtener una pérdida diaria mayor a \$65.40 millones cuando el mercado se encuentra en condiciones normales.



¹¹En el segundo anexo de este capítulo se muestra una manera de descomponer el VaR entre los activos que conforman un portafolio.