

N

El Value at Risk (VaR) del VAN, una nueva

Eduardo Contreras

MBA, ESADE. Ingeniero Civil Industrial,
Universidad de Chile; Académico de Ingeniería
Industrial, Universidad de Chile.

José Miguel Cruz

Ph.D. en Sistemas de Ingeniería y Economía, Stanford
University; Ingeniero Civil Industrial, Universidad de Chile;
Académico Ingeniería Industrial, Universidad de Chile.



La práctica de la evaluación de proyectos, considera la incorporación del riesgo fundamentalmente a través de la tasa de descuento, basado en el modelo CAPM (Capital Assets Pricing Model) que se deriva de la teoría de carteras de Harry Markowitz. El riesgo del proyecto es usualmente medido por la desviación standard de su distribución de probabilidades. En los textos más difundidos de finanzas (por ejemplo en Brealey & Myers, 1993), se establece que cuando hay posibilidades de diversificación, el riesgo que cuenta es sólo el que no se puede diversificar, y que este debe ser medido en relación al aporte que la inversión realiza al riesgo de la cartera, y como se muestra en este texto, este riesgo quedaría totalmente incluido en la tasa de descuento. En este artículo partiremos de esa premisa, para después llegar a un planteamiento alternativo: el Value at Risk (VaR).²

metodología para análisis de riesgo

Riesgo Diversificable y Riesgo No Diversificable.

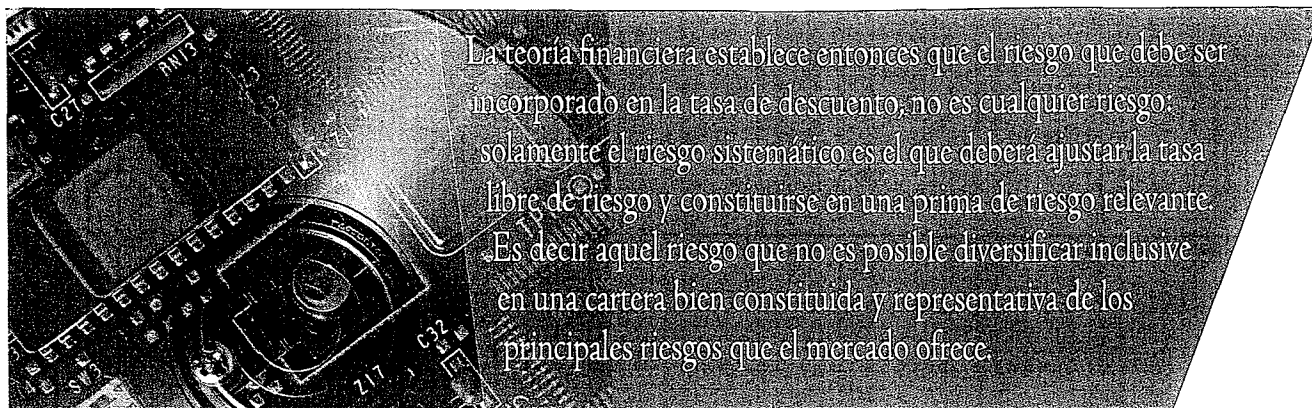
Al inversionista, le importa tanto el valor esperado del fruto de sus inversiones como el riesgo de las mismas. Si consideramos una cartera de inversiones, la implicación es que al evaluar un nuevo proyecto, debe considerarse el efecto del mismo sobre el retorno esperado y el riesgo del portafolio diversificado de un inversionista. Se necesita entonces más información: es necesario estimar las correlaciones (o las covarianzas) entre la rentabilidad de la empresa y los otros activos del portafolio.

La "gracia" de la diversificación es que mientras el retorno esperado del portafolio es igual a la suma ponderada de los retornos esperados de sus componentes, la variabilidad del portafolio es menor a la suma ponderada de las variabilidades de sus activos componentes, en la medida que los activos no estén perfectamente correlacionados. Esta reducción de riesgo es llamada efecto diversificación (ver por ejemplo, Statman, 1987). Es una representación cuantitativa de la regla de "no poner todos los huevos en una misma canasta".

El Modelo CAPM

Uno de los modelos más difundidos para incorporar el riesgo en la tasa de descuento, ha sido el modelo de valoración de activos de capital, más conocido como CAPM (capital assets pricing model), el que se deriva del modelo de portafolio de Markowitz (ver Sharpe, 1964). Este considera que las rentabilidades futuras de las distintas alternativas de inversión son variables aleatorias.

El modelo de Markowitz (Markowitz, 1952) plantea la minimización del riesgo del portafolio (medido por medio de la varianza del mismo) sujeto a un nivel mínimo de rentabilidad esperada por el inversionista.³



La teoría financiera establece entonces que el riesgo que debe ser incorporado en la tasa de descuento, no es cualquier riesgo: solamente el riesgo sistemático es el que deberá ajustar la tasa libre de riesgo y constituirse en una prima de riesgo relevante. Es decir aquel riesgo que no es posible diversificar inclusive en una cartera bien constituida y representativa de los principales riesgos que el mercado ofrece.

En la deducción del espacio de soluciones óptimas del modelo (frontera de carteras eficientes), se consideran solamente inversiones riesgosas. Si se agrega la posibilidad de invertir en un activo de cero riesgo, tenemos que el inversionista podrá combinar la inversión en activos riesgosos con el de cero riesgo. A partir del modelamiento anterior, se puede deducir el conocido CAPM:

$$E(R_i) = R_f + \beta_i \cdot [E(R_m) - R_f]$$

donde:

$E(R_i)$: retorno esperado sobre el activo riesgoso i ;
 R_f : tasa libre de riesgo;
 $E(R_m)$: retorno esperado sobre el portafolio de mercado m .

El coeficiente de riesgo sistemático o factor beta se define por:

$$\beta_i = \frac{Cov(R_i, R_m)}{Var(R_m)}$$

siendo:

$Cov(R_i, R_m)$: Covarianza entre el activo riesgoso i y el portafolio de mercado m ; y
 $Var(R_m)$: Varianza del portafolio de mercado m .

El coeficiente de riesgo sistemático representa el riesgo no diversificable, es decir, el riesgo de la economía como un todo. El riesgo no sistemático se puede eliminar mediante la diversificación de las inversiones de los individuos, por lo tanto el único riesgo relevante y no diversificable es el sistemático. De esta manera, la tasa de descuento relevante para descontar los flujos de caja del inversionista, sería directamente la obtenida del modelo CAPM.

Validez del Modelo CAPM

La evidencia empírica es mixta. Por una parte se ha determinado que los retornos promedios de largo plazo están significativamente relacionados con el factor beta, sin embargo el CAPM no "parece" funcionar en los pasados 30 años. Fama y French (1996) sugieren que el CAPM está muerto porque desde los 60s se ha observado entre otras cosas lo siguiente:

- Acciones de empresas pequeñas han tenido un retorno significativamente mejor que lo que predice CAPM.
- Acciones con bajas razones precio a valor libro han tenido una rentabilidad significativamente mejor que lo que predice CAPM
- Después de ajustar por los dos factores anteriores, el coeficiente beta tiene poco poder de explicación de los retornos de una acción.

Además, nadie sabe con certeza cómo definir y medir el portafolio de mercado. Si usamos el índice de mercado equivocado puede llevar

a respuestas erróneas. En estricto rigor, la cartera de mercado debería incluir todas las inversiones riesgosas, no sólo acciones sino también bienes raíces, inversión en capital humano y otras. Esta deficiencia práctica fue enfatizada por Roll (1977).

Asimismo, desde el punto de vista econométrico, y considerando que en muchos casos se debe trabajar con series cortas de datos, el CAPM es difícil de probar y también de rechazar.

Ciertamente el modelo CAPM no entrega todas las explicaciones a la forma en que empíricamente se determina el retorno de los activos y han surgido nuevos modelos como extensiones del CAPM. Algunos de ellos son el Consumption CAPM, el CAPM de Múltiples Factores, el CAPM Internacional y el Modelo APT (Arbitrage Pricing Theory)

Un método alternativo: el VaR del VAN

La teoría financiera establece entonces que el riesgo que debe ser incorporado en la tasa de descuento, no es cualquier riesgo: solamente el riesgo sistemático es el que deberá ajustar la tasa libre de riesgo y constituirse en una prima de riesgo relevante. Es decir aquel riesgo que no es posible diversificar inclusive en una cartera bien constituida y representativa de los principales riesgos que el mercado ofrece.

Esta prima por riesgo, que se define a partir del coeficiente beta del proyecto, es la que captura la valorización que el mercado realiza al riesgo del proyecto. Por lo tanto, el riesgo puede medirse como la distancia entre el valor presente descontado a una tasa libre de riesgo, y el valor presente usando una tasa de descuento que incluya la prima por riesgo. Es decir el riesgo se puede medir en cuanto menos vale el proyecto por el hecho que tiene un riesgo sistemático el cual no es posible eliminar.

Este argumento que está en la base de la evaluación moderna de proyectos, tiene sin embargo algunas limitaciones. Primero, obliga a que se tenga que re estimar las tasas de descuento para cada tipo de proyecto, en la medida que la prima por riesgo está asociada a cuan correlacionados están los retornos del proyecto con los retornos de una cartera de mercado.

En segundo lugar resulta también válido preguntarse si la tasa de descuento a utilizar el primer año del proyecto debiera ser la misma que se utiliza en períodos posteriores, en la medida que el riesgo también puede ser diferente.

Por motivos de simplicidad, y para mantener criterios y procedimientos homogéneos, es probable que sea conveniente mantener una tasa de descuento única, y realizar un ajuste más cualitativo del riesgo del proyecto. En otras palabras puede resultar muy poco práctico y especialmente discrecional alterar las tasas de descuento para diferentes tipos de proyectos, especialmente si ya muchas veces resulta difícil acordar una tasa de descuento que sea representativa del costo de capital de una empresa.

Sin embargo, el problema más complejo del enfoque de tasa de descuento para medir el riesgo se basa en el supuesto implícito que sólo debe medirse el riesgo sistemático y no el riesgo total. En otras palabras, si un proyecto

tuviese un beta de cero respecto de la cartera de mercado, el riesgo que tendría medido como la diferencia entre el valor esperado a tasa libre de riesgo y a la tasa de descuento que incluye la prima por riesgo sería cero, puesto que no tendría prima por riesgo sistemático.

Mucho se ha discutido sobre este tema recientemente en la literatura especializada, y una de las conclusiones es que si el riesgo total tiene un impacto real, entonces importa el riesgo total y no sólo el riesgo sistemático. En otras palabras, si una institución realiza proyectos que incrementan la volatilidad de sus flujos de caja, pero que no incrementa la correlación con los retornos de la cartera de mercado, entonces según la teoría tradicional, no debiera descontarse a una tasa diferente por lo que la medición de riesgo no debiera cambiar, y tampoco la valorización del proyecto. Sin embargo, si el incremento en la volatilidad de los flujos de caja de esta institución, a pesar de ser diversificable, produce un impacto en la percepción de riesgos, y se determina que esto incrementa el costo de financiamiento de largo plazo, entonces claramente el riesgo total resulta relevante. En este caso la valorización del proyecto debiera considerar el valor presente de los costos asociados a un incremento en la volatilidad total de los flujos de caja.

El que el riesgo total sea relevante para las empresas y no solamente el riesgo sistemático está también relacionado con las actividades de hedging o cobertura que se observan en la práctica. Si las empresas sólo son valoradas por su riesgo sistemático, entonces no se debiera observar el importante volumen de coberturas de riesgos en mercados de derivados, ya que los accionistas podrían a través de una cartera bien diversificada, eliminar dicho riesgo. Si la empresa tiene ventajas con respecto al inversionista para realizar actividades de cobertura, significa que crea riqueza al realizarlas, y por lo tanto no es solamente el riesgo sistemático que le preocupa.

Utilizando esta discusión como marco de referencia es que puede resultar novedoso incorporar como medida de riesgo una medición de la volatilidad total del proyecto para complementar la medida de VAN

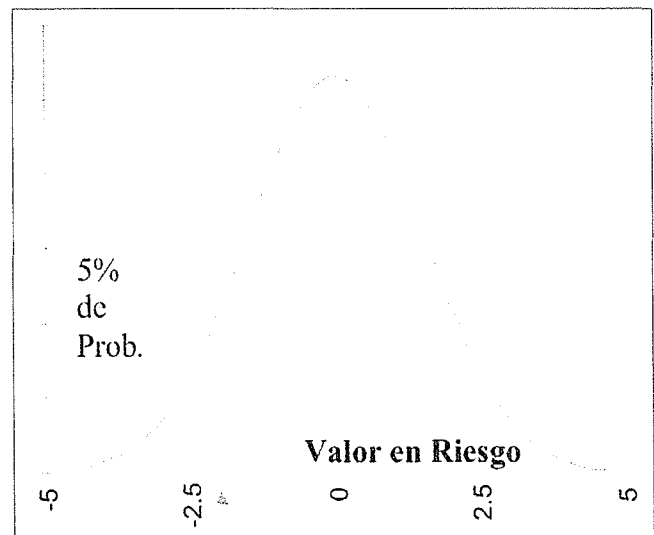
calculada con riesgo sistemático únicamente. En otras palabras, si una institución enfrentase dos proyectos con igual o parecido VAN (usando la misma tasa de descuento), entonces sería razonable escoger primero aquel proyecto que presenta una volatilidad menor de los flujos de caja, en la medida que el riesgo total también puede tener costos que reduzcan finalmente el valor del proyecto.

Esta es la idea de fuerza detrás del VaR (Value at Risk): se trata de construir un indicador de la volatilidad de los flujos de caja de un proyecto que pueda complementar la medida del VAN y que permita entonces priorizar dichos proyectos acorde con el riesgo total, y el valor descontado el riesgo sistemático.

Los pasos detallados de la metodología VaR, han sido difundidos (ya se cuenta con más de 9 años de difusión y marketing de la herramienta) y ha sido ampliamente aplicada. El hecho de que el método sea estándar, permite comparar los resultados. Lo anterior permite que quienes trabajen con la herramienta, ya puedan conocer sus limitantes y su aplicabilidad, es decir, ya debieran poder saber bajo qué condiciones la herramienta es aplicable y bajo qué condiciones se deben hacer ajustes y contrastar con otros métodos.

Básicamente lo que el VaR mide es la exposición al riesgo para un cierto nivel de confianza, es decir, el monto máximo que se podría perder para ese nivel de confianza, ese monto máximo tiene asociado una probabilidad de perder:

Gráfico 1: Value at Risk (VaR)

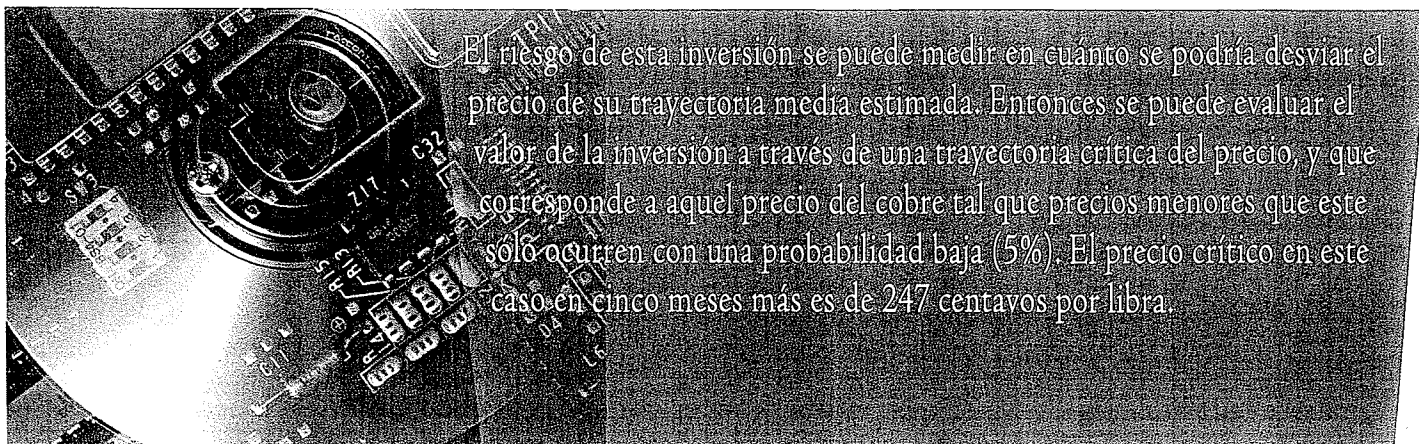


Básicamente lo que el VaR mide es la exposición al riesgo para un cierto nivel de confianza, es decir, el monto máximo que se podría perder para ese nivel de confianza, ese monto máximo tiene asociado una probabilidad de perder.

VaR paramétrico:

El modelo asume que la distribución conjunta es normal¹. Se han propuesto alternativas que reflejen mejor la distribución de probabilidades de los precios de las acciones. Se han criticado los métodos propuestos de estimación de la volatilidad futura³. La mayor parte de estas críticas han sido respondidas⁶.

En nuestra opinión, muchas de estas disquisiciones iniciales en torno al modelo, han sido superadas en la práctica en la medida de que se han ido integrando mejoras a la versiones originales de Risk Metrics⁷: aplicaciones integradas de VaR con modelos de distribución no normales⁸. Se puede decir que quienes se han apropiado del modelo originalmente propuesto por Risk Metrics, están introduciendo mejoras que permiten superar varios de los puntos de discusión iniciales en torno al tema.



El riesgo de esta inversión se puede medir en cuánto se podría desviar el precio de su trayectoria media estimada. Entonces se puede evaluar el valor de la inversión a través de una trayectoria crítica del precio, y que corresponde a aquel precio del cobre tal que precios menores que este sólo ocurren con una probabilidad baja (5%). El precio crítico en este caso en cinco meses más es de 247 centavos por libra.

Si la distribución es normal, se tiene que

$$VaR = Re - k \cdot \alpha$$

Donde

Re: rentabilidad esperada

k: parámetro de la distribución normal
(*k*=1,96 para el 95% de confianza)

α: volatilidad

VaR no paramétrico.

Debe tenerse en cuenta que las estandarizaciones inicialmente propuestas en el VaR paramétrico, suponen que los activos cuya volatilidad se modela, tengan precios de mercados que oscilan sólo por motivos de oferta y demanda. En sectores regulados no se cumple la condición anterior, esto dificulta la aplicación a sectores como agua potable, energía y telefonía fija, en cambio no hay dificultades para su aplicación (con los supuestos iniciales de Risk Metrics) en la minería del cobre, en índices de precios (como el IPSA), y en el tipo de cambio entre otros. Si se descara ajustar el modelo del VaR a sectores donde no se dan las condiciones anteriores (de precios determinados exclusivamente por el mercado), se puede hacer más sofisticada la estimación de volatilidades calculando el VaR mediante simulación si es que no se cumple el supuesto de normalidad de los retornos. En este último caso de habla del VaR no paramétrico.

Se puede plantear una analogía entre las críticas que se han hecho al VaR y las críticas a la ecuación de Black y Sholes (B-S) para la valoración de opciones. A esta última se le ha criticado el partir de una distribución lognormal para los precios, así como las hipótesis de volatilidad constante y tasa de interés libre de riesgo también constante. También es posible "sofisticar" el modelo B-S con valores esperados para la tasa libre de riesgo (sub modelos estocásticos de B-S como paso previo para llegar a la ecuación de B-S), o con modelos distintos a la distribución normal para estimar las volatilidades. Sin embargo a la fecha no encuentran un modelo alternativo que se esté utilizando tanto como B-S, lo cual seguramente guarda relación con su relativa simplicidad, estandarización de métodos y por ende fortalezas en cuanto a poder contrastar y comparar resultados".

Tanto para el VaR como para el modelo de B-S, las alternativas son modelos más específicos (no paramétricos) que valoran mejor para casos específicos, pero no para la generalidad. Las críticas al VaR y a B-S tienden a ser más válidas para valoración de activos reales que para valoración de activos financieros, en particular en proyectos, en estos casos puede haber volatilidades intrínsecas a modelar en forma específica, además en estos casos no existe la necesidad de estandarizar. Por tanto en esos casos se desarrolla un modelo para ese conjunto de activos, el que le interesa a la empresa, incluyendo las volatilidades intrínsecas del proyecto. Esto se

traduce entonces en los métodos de valoración de opciones reales o de VaR por medio de simulación.

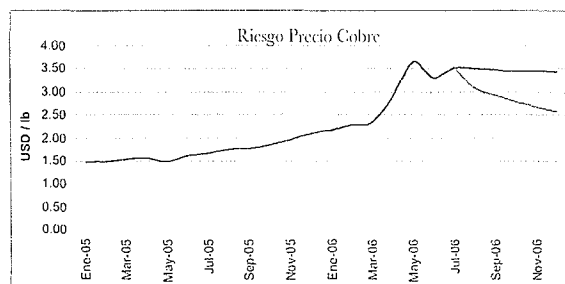
Modelo Paramétrico de VaR¹⁰: un caso de aplicación

Supongamos que se quisiera estimar el riesgo asociado al valor de mantener un stock de cobre. La función de valor que interesa analizar en este caso es $V = P \times Q$, donde *P* representa el precio del cobre en un instante dado y *Q* representa el volumen de cobre que se mantendrá fijo en este ejemplo.

Se busca estimar la pérdida máxima (al 95%) que pudiera sufrir el valor del stock de cobre en un horizonte de 5 meses. El valor actual de la inversión de 1 millón de libras de cobre es (a un precio spot 350 centavos por libra) USD3.500.000. Se supondrá además, que de acuerdo a las proyecciones de analistas y los precios de futuros, existe una estimación consistente del precio a 5 meses más, que es de 340 centavos por libra. La pregunta es cuál es el riesgo asociado a esta inversión.

La manera de responder esta pregunta, se basa en proyectar un escenario de precios futuros que se mueva por debajo del precio esperado, y que separe los posibles escenarios de precios entre los que ocurren con probabilidad del 95%, y los que ocurren con probabilidad del 5%. El siguiente gráfico muestra este escenario de precio límite, y que corresponde al VaR del precio del cobre.

Gráfico 2: VaR del precio del cobre



El riesgo de esta inversión se puede medir en cuánto se podría desviar el precio de su trayectoria media estimada. Entonces se puede evaluar el valor de la inversión a través de una trayectoria crítica del precio, y que corresponde a aquel precio del cobre tal que precios menores que este sólo ocurren con una probabilidad baja (5%). El precio crítico en este caso en cinco meses más es de 247 centavos por libra.

¿Cómo se calculó este precio límite? En este caso se supuso que el cambio porcentual del precio en 5 meses más se distribuye en forma normal, con valor esperado igual a $Re = (340-350)/350 = -2,8\%$ y con volatilidad (medida como desviación estándar) igual a la que se observa en promedio

en los últimos meses, y que se estima en 7,3% mensual, o equivalentemente alrededor de 16,3% en el periodo de cinco meses.

La ventaja de suponer normalidad es que el percentil al 5% es conocido y puede calcularse en función de tomar el valor medio y restarle un determinado número de desviaciones estándares (1,64 desviaciones para un 5%, 2,33 para un 1%)

De esta manera el cambio porcentual que separa la distribución entre los menores (los que más hacen caer el precio) que ocurren con un 5% de probabilidad y los mayores que ocurren con un 95% de probabilidad es RVaR (Var Relativo), y se calcula para el caso de la distribución normal como:

$$R_{VaR} = R_e - k\sigma_R = -2,8\% - 1,64 \times 16,3\% = -29,6\%$$

es decir el precio podría caer desde el precio actual hasta 247 centavos. Este precio corresponde al menor precio con un 95% de probabilidad en 5 meses más. Esto significa que se podría perder con respecto al precio esperado de 340 centavos: $(3,40 - 2,47) \times 1.000.000 = 930.000$ USD.

Modelo no paramétrico de VaR: un caso de aplicación.¹²

En esta aplicación se utilizó el VaR en el mercado agrícola en Chile, en particular en un proyecto de una obra de riego que el estado evaluaba ejecutar vía concesión. En este tipo de proyecto, la viabilidad del negocio para el concesionario de la obra de riego, depende de la rentabilidad del negocio de los agricultores (clientes del concesionario), y también de los riesgos asociados a la ejecución de las obras. La rentabilidad del negocio agrícola, depende a su vez de una serie de factores de riesgo, entre los que destacan los riesgos de mercado (de precios de los productos) y los riesgos climáticos.

Las variables modeladas corresponden a los precios de los productos agrícolas, los costos y plazos de las inversiones y el tipo de cambio. Las series históricas de precios de productos agrícolas fueron obtenidas de ODEPA¹³, las estadísticas de inversión se obtuvieron de estudios previos y la serie de tipos de cambio se obtuvo del Banco Central.

En el caso de los productos agrícolas, los meses seleccionados corresponden a los del periodo de cosecha de cada cultivo en la zona de influencia del proyecto. En base a los datos históricos, para cada producto se obtuvo una distribución de probabilidades que luego se utilizó para simular las series de precios. Para obtener la distribución de probabilidades del VAN y la TIR para el proyecto, se utilizó simulación de Montecarlo con 1.000 iteraciones. A continuación se presenta una tabla resumen con los principales resultados obtenidos.

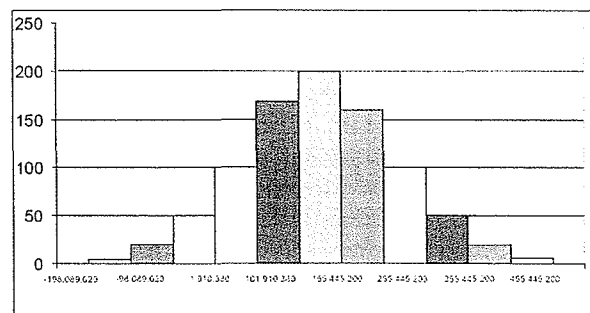
Cuadro 1: Principales resultados de la simulación.

	VAN esperado	Intervalo de Confianza (90%)	Probabilidad VAN < 0
	155.445.200	(-98.089.620; 430.835.900)	16,22%
Desviación Estándar del VAN	163.646.900		
Máximo VAN obtenido	957.524.700		
Mínimo VAN obtenido	-378.628.100		
TIR esperada	41,65%		

Fuente: Elaboración propia

El gráfico siguiente muestra los resultados, en particular para la determinación del intervalo del 90% de confianza.

Gráfico 4: Histograma de la distribución del VAN

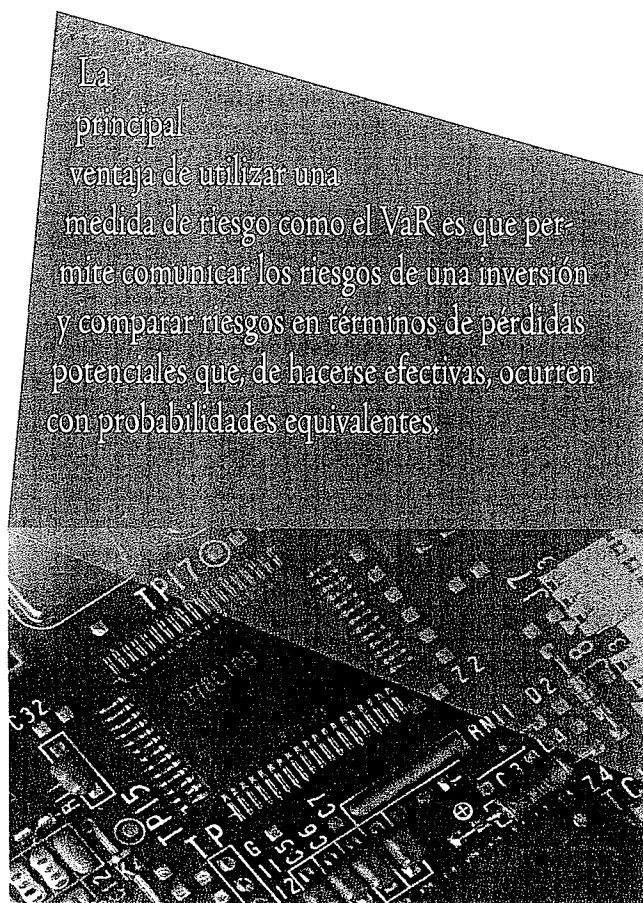


Fuente: Elaboración propia

De estos mismos resultados es posible inferir el VaR del VAN, es decir, la máxima pérdida de VAN posible con un 95% de confianza, que equivale a la rentabilidad en riesgo con respecto al VAN esperado. En este caso, el VaR sería la diferencia entre el valor esperado de MS 155.445.200 y el valor que deja un 5% a la izquierda que es de MS -98.089.620. Por lo tanto $VaR = MS\ 155.445.200 - (MS\ -98.089.620) = MS\ 253.534.820$. Con esta información un privado interesado en participar en la licitación de esta obra, podría tomar de forma más fundamentada la decisión de postular o no, dependiendo de su grado de aversión al riesgo.

Estimación del VaR con varias variables

Cuando existe más de una variable que explica el riesgo de una inversión



determinada (como en el caso anterior), es necesario calcular los riesgos en forma individual primero, y luego considerar las interacciones de estas variables incorporando sus correlaciones.

Por ejemplo, si una inversión tiene dos factores de riesgos, se podría mediante la técnica antes descrita calcular los VaR individuales, VaR1 y VaR2. El valor en riesgo total, que incorpora ambos factores en forma simultánea se denomina VaR covariado, o VaR total y se calcula como sigue:

$$VaR_{Total}^2 = VaR_1^2 + VaR_2^2 + 2\rho VaR_1 VaR_2$$

Donde ρ es el coeficiente de correlación entre el factor 1 y el factor 2.

Notas:

- 1 Departamento de Ingeniería Civil Industrial (DII), Universidad de Chile. Centro de Gestión (CEGES) José Miguel Cruz (Ph. D., jmcruz@diu.uchile.cl) y Eduardo Contreras (MBA y candidato a doctor, econtrera@diu.uchile.cl) son investigadores del área de finanzas corporativas.
- 2 Otra alternativa es la metodología de valoración por opciones reales.
- 3 Alternativamente, se puede plantear el problema dual de maximización de la rentabilidad esperada sujeto a un nivel máximo de riesgo del portafolio. En el óptimo las soluciones de ambos problemas coinciden.
- 4 Ya que para los precios de acciones se propone un modelo browniano geométrico con un proceso de Weiner
- 5 Lawrence C. & Robinson G (market risk management division at BZW), "How safe is Risk Metrics?", Market Risk, Vol 8, N° 1, January 1995.
- 6 Longestay J. & Zangar P, Market risk research group at JP Morgan, "A transparent tool", Market Risk, Vol. 8, N° 1, 1995.
- 7 Risk Metrics es una marca registrada de J.P. Morgan
- 8 Procesos Jump Poisson por ejemplo, o el uso de EVT (Extreme Value Theory) como alternativa al VaR basado en distribuciones normales.
- 9 Los modelos alternativos pueden ajustarse mejor por un tiempo: los modelos que incluyen shocks se ajustan mejor cuando ha

- habido shocks (nuevamente los modelos Jump Poisson, por ejemplo).
- 10 Este punto se basa en una aplicación similar realizada para la minería (Cruz, 2004)
- 11 La varianza es lineal en el plazo, por lo que la desviación estándar es proporcional a la raíz del plazo
- 12 Basado en "Desarrollo de modelación matemática para la investigación de evaluación bajo incertidumbre". Universidad de Chile (Ingeniería Industrial) – MOP (Dirección de Obras Hidráulicas). 2004.
- 13 Oficina de Planificación Agrícola del Ministerio de Agricultura.

Bibliografía

- Brealey R. y Myers. S. (1993). Fundamentos de Financiación Empresarial. Cuarta Edición. España, McGraw - Hill.
- Contreras E. y Saavedra E. (2003) "Incetidumbre y Mecanismo Regulatorio Optimo en los Servicios Básicos Chilenos". Documento de Trabajo, Serie Gestión. Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile.
- Cruz, J.M. (2004) Measurement of Risks in the Evaluation of Mining Projects: The VaR of NPV. Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile Atacama Resource - Proyecto Fondec 1087.
- Embrechts, P., Höing, A. and Puccelli, G. (2004) Worst VaR Scenarios. Department of Mathematics, ETH Zurich, CH-8092 Zurich, Switzerland and Department of Mathematics for Decisions, University of Firenze, 50314 Firenze, Italy.
- Fama, E. Y K. French (1996). "Multifactor Explanations of Asset Pricing Anomalies", Journal of Finance, 51: pp.55-84.
- Fernández V. (2003). "Extreme Value Theory and Value at Risk", Documentos de Trabajo, Serie Gestión, N°47, Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile
- Lawrence C. & Robinson G , Market risk management division at BZW, (1995) "How safe es Risk Metrics?", Market Risk, Vol 8, N° 1.
- Longestay J. & Zangar P, Market risk research group at JP Morgan, (1995) "A transparent tool", Market Risk, Vol. 8, N° 1.
- Markowitz, H. (1952). "Portfolio Selection", Journal of Finance, 7: pp. 77 -91
- Roll, R. (1977). "A Critique of the Assets Pricing Theory Test: On Past and Potential Testability of the Theory", Journal of Financial Economics, 4: pp. 129-176.
- Sharpe, W.F. (1964). "Capital Assets Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk", Journal of Finance, 19: pp. 425 – 442.
- Statman, M. (1987). "How Many Stock Make a Diversified Portfolio", Journal of Finance and Quantitative Analysis 23: pp. 354-364.



Conclusiones

La principal ventaja de utilizar una medida de riesgo como el VaR es que permite comunicar los riesgos de una inversión y comparar riesgos en términos de pérdidas potenciales que, de hacerse efectivas, ocurren con probabilidades equivalentes. De esta forma el analista puede realizar comparaciones en términos de probabilidades de ocurrencia para diferentes factores de riesgo y por lo tanto focalizar el esfuerzo de mitigación de estos riesgos. Por otro lado esta herramienta permite realizar comparaciones entre proyectos en términos de su rentabilidad y riesgo y por lo tanto ayudar al proceso inversional. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que esta metodología presenta también limitaciones, entre las principales está el hecho de que el VaR usa la información disponible sobre distribuciones y parámetros estadísticos, y no intenta predecir eventos catastróficos, ni situaciones extremas.

Una síntesis, que no pretende ser completa, de las potenciales aplicaciones del VaR, se presenta a continuación:

Cuadro 2: Potenciales aplicaciones del VaR.

Industria o sector	Aplicaciones en la medición y análisis de riesgos de:
Financiero	Precios de activos financieros Precios de productos derivados Tipos de cambio Tipos de interés No pagos de créditos
Productivo	Valor de proyectos de inversión Valores de inventarios Operacionales Valor de la Información No pago de clientes
Servicios	De clientes Valores de intangibles (marcas, patentes) Valor de inversiones
Sector Público	Rentabilidad Social Impactos de proyectos o programas Sobre costos o sobre plazos de inversiones Precios de licitaciones

