

# LA INCERTIDUMBRE EN LA TOMA DE DECISIONES

**Horacio Givone**

*Universidad Católica Argentina*

*SUMARIO: 1. Concepto de riesgo; 2. Medición del riesgo; 3. La evaluación del riesgo en un proyecto de inversión; 4. La relación entre rendimiento requerido y riesgo; 5. Análisis del riesgo en la inversión en más de dos proyectos en forma simultánea; 6. Capital assets pricing model (CAPM); 7. Utilización de CAPM en el cálculo del costo de las acciones ordinarias.*

Para comentarios: [hegivone@cponline.org.ar](mailto:hegivone@cponline.org.ar)

La inversión, ya sea en activos financieros o en activos fijos, se realiza con el objetivo de obtener un rendimiento. Pero la inversión no está exenta de riesgos. Es decir, se duda o se teme, que el rendimiento real no coincida con el presupuestado.

¿Y por qué esta incertidumbre?. Porque es muy difícil, o imposible, o mucha casualidad, que se concrete exactamente el rendimiento presupuestado. La realidad involucra el riesgo<sup>1</sup> de obtener menos del rendimiento esperado de un valor. Pero también incluye la posibilidad de ganar un rendimiento superior al estimado.

Lo concreto, es que estamos ante un evento, que puede resultar mejor o peor de lo previsto. En la literatura sobre finanzas, a estas posibilidades positivas y negativas se las denomina riesgo de inversión.

Como se podrá advertir, estas alternativas no reflejan el concepto de riesgo del Diccionario de la Lengua Española. No obstante, adoptaremos por razones de practicidad el término riesgo, tal como se lo emplea en los escritos sobre el tema.

Nuestro siguiente estudio está orientado a desarrollar la metodología que nos permita incluir la incertidumbre en los valores de VAN y TIR. Además de tomar en cuenta el riesgo en la determinación del costo del capital.

Comencemos por recordar algunos conocimientos, para luego analizar la incorporación de la incertidumbre en nuestra valuación de proyectos.

La principal herramienta que utilizamos en la valuación de proyectos, es el flujo de fondos (FF), más concretamente el flujo de fondos descontado (FFd).

El método del valor actual neto (VAN), se basa en el descuento del flujo de fondos. En este método, todos los flujos de fondos futuros se descuentan al momento cero, utilizando la tasa de corte determinada, generalmente, sobre la base del costo del capital. Al determinado valor actual (VA) de los flujos futuros, se le resta la inversión inicial, obteniéndose el valor actual neto

---

<sup>1</sup> Riesgo se refiere a la “contingencia o proximidad de un daño” (Diccionario de la lengua española, decimonovena edición).

(VAN). Si el VAN es igual o mayor que cero, la propuesta, generalmente es aceptable, en caso contrario se rechaza.

La tasa interna de retorno (TIR) de un proyecto de inversión, es la tasa de descuento que iguala el valor actual de los flujos de fondos futuros con el valor de la inversión inicial. Una vez calculada la tasa interna de retorno se la compara con la tasa de corte (tc) que se determine. Si la TIR es igual o superior a la tc, generalmente se aprueba el proyecto, caso contrario se rechaza.

Completaremos este repaso con el concepto del costo del capital, que utilizamos para la determinación del VAN o para comparar con la TIR.

Todas las empresas compiten en el mercado financiero o de capitales por los fondos que necesitan para el desenvolvimiento de su actividad. El costo del capital resulta del pago que se hace por dichos fondos, combinados entre deudas y capital, que incluye amortización de los préstamos más los intereses y el rescate de las acciones, si se realiza, más el pago de dividendos.

La incertidumbre en la valuación de proyectos, la vamos incorporando a través de sucesivos pasos:

- A. Cuando el análisis de un proyecto lo hacemos sobre la base del flujo de fondos descontado, no limitados nuestro estudio a un solo flujo de fondos. Por el contrario, desarrollamos un flujo de fondos por cada uno de los escenarios posibles. De tal forma, la combinación de los resultados obtenidos para cada uno de los flujos de fondos, nos permite, a través de un valor promedio, absorber, en un primer lugar, cierto nivel de desvío.
- B. Luego, debemos tener en cuenta, que el valor así obtenido tiene un desvío en si mismo, que mediremos a través del desvío estándar.
- C. Este nuevo valor (el desvío estándar) nos servirá, a su vez, para determinar cuál es el porcentaje de probabilidad que el rendimiento real sea cero o menor de cero.
- D. El coeficiente de variación es otra medición derivada del desvío estándar.
- E. Luego, determinaremos el intervalo de confianza.
- F. Además, el modelo de valuación de activos de capital, nos permitirá incorporar el riesgo, en la rentabilidad esperada por el inversionista.
- G. Tendremos en cuenta si estamos analizando proyectos excluyentes, alternativos, complementarios o simultáneos. En estos dos últimos casos los proyectos afectarán el riesgo de uno sobre otro, que mediremos a través de la covarianza.

Haremos el análisis del riesgo de inversiones en activos financieros para aprovechar las enseñanzas que nos ofrece dicho estudio pero no es motivo de este ensayo el estudio en particular de este tema.

## 1. Concepto de riesgo

El riesgo, asociado con el concepto del retorno, es un punto clave en las decisiones de inversión. Cuando analizamos una inversión comparamos la potencial rentabilidad con el riesgo que asumimos. Es evidente que pretendemos mayor rentabilidad a mayor riesgo.

El riesgo es la posibilidad que los flujos de fondos reales sea diferente a los flujos pronosticados, es la variabilidad del flujo futuro de fondos en torno de un valor esperado.

Si el retorno es conocido con certeza, es una inversión libre de riesgo. El análisis del riesgo es importante en las decisiones de inversión, dado el gran monto de capital involucrado y el largo plazo considerado.

Para comprender mejor el significado del concepto de riesgo, nos remitimos al estudio de Aswath Damodaran, quien analizó los resultados históricos de haber invertido en tres tipos de inversiones en Estados Unidos:

- 1) Una cartera de letras del Tesoro de los Estados Unidos, con vencimiento inferior a un año (Treasury Bills).

- 2) Una cartera con obligaciones del Tesoro a largo plazo (Treasury Bonds).
- 3) Un índice que representa una cartera de acciones ordinarias de las 500 mayores empresas. El índice S&P 500 consiste en 500 acciones elegidas por su tamaño, liquidez y representatividad por grupos industriales. Es un valor de mercado ponderado el precio de la acción por la cantidad de acciones en circulación. Es uno de los índices más usados para medir la performance de las acciones de los Estados Unidos. La composición del año 2003 incluye 424 acciones del NYSE, 74 acciones del NASDAQ y 2 acciones de AMEX.

Las letras del Tesoro no tienen riesgo de insolvencia, y su corto plazo de vencimiento significa que los precios son relativamente estables. En las obligaciones a largo plazo del Gobierno de los Estados Unidos, el precio fluctúa de acuerdo a los tipos de interés: los precios bajan cuando sube la tasa de interés. Algo similar ocurriría con nuestros Bonos Externos en épocas de estabilidad. Un inversor que vende sus títulos del Gobierno y adquiere deudas de las empresas, asume un riesgo adicional de incobrabilidad. En cambio, el inversor que compra acciones ordinarias, asume una proporción directa mayor de los riesgos de la empresa.

En Estados Unidos la medición de la rentabilidad de cada una de estas carteras entre 1926 y 2002, mostró, tal como exponemos en el cuadro 1, que las rentabilidades coinciden con la clasificación primaria de riesgo. La inversión más segura, letras de la Tesorería, produce la menor tasa de rentabilidad.

**Cuadro 1: Retornos anuales en diversas inversiones.**

Cartera		Prima por riesgo frente a Letras del Tesoro (puntos porcentuales)	
	Promedio simple	Comparado con T.Bills	Real
Acciones Ordinarias S&P 500	11,60%	7,60%	6,25%
Treasury Bills	3,97%	-	1,38%
Treasury Bonds	5,35%	-	-

## 2. Medición del riesgo

Existen vario elementos que debemos definir para evaluar el riesgo, algunas, más sencillas que otras:

- a) La **rentabilidad esperada**, como promedio de las distintas rentabilidades posibles de una inversión, ponderadas por la probabilidad de que ocurra cada uno de los rendimientos.
- b) El **desvío estándar**, como medición del riesgo total, es la medición de la dispersión de los resultados esperados.
- c) La **probabilidad que el rendimiento sea cero o menor**.
- d) El **coeficiente de variación**, es útil para comparar dos inversiones con diferentes riesgos esperados.
- e) El **intervalo de confianza**, nos señala, en función de los desvíos considerados, el rango de variación de la rentabilidad esperada.
- f) El **modelo de valuación de activos** ( $CAPM^2$ ) permite incluir el riesgo, y medir, con este valor incorporado, la rentabilidad esperada por el inversionista.

<sup>2</sup> Capital assets pricing model

El estudio del riesgo lo encararemos en etapas, comenzando por las inversiones individuales, para luego encarar el tema de inversiones múltiples.

En el análisis del rendimiento esperado por el inversionista, incluiremos una compensación por el riesgo asumido, a través del modelo de valuación de activos de capital<sup>3</sup>.

### 3. La evaluación del riesgo en un proyecto de inversión

#### 3.1 Rendimiento esperado

El rendimiento de una inversión se determina sobre la base del flujo de fondos<sup>4</sup> proyectado<sup>5</sup>, descontado a una tasa de corte, que definimos como el costo del capital<sup>6</sup>. Empleamos esa misma tasa de corte para definir la aceptación del proyecto cuando el criterio utilizado es la tasa interna de retorno<sup>7</sup>.

En el primer análisis de una inversión, nos encontramos con un flujo de fondos. Sin embargo, siempre nos enfrentamos con un futuro incierto, con diferentes horizontes pronosticados, y por lo tanto nunca con certeza absoluta. Esto significa que la inversión tiene más de un flujo de fondos, uno por cada uno de los escenarios futuros posibles (recesivo, normal, crecimiento) con su respectiva probabilidad de presentación.

Lo que buscamos es conocer el retorno promedio, impactado por los distintos escenarios económicos probables. A cada escenario le corresponderá un flujo de fondos, y cada flujo tendrá una probabilidad de ocurrencia. Los especialistas nos dirán cuáles son los futuros escenarios económicos posibles y la correspondiente probabilidad de presentación.

Por nuestra parte, dentro de tales escenarios, deberemos proyectar los flujos de fondos de acuerdo a las características de la economía proyectada. Es así como en una economía en recesión, el nivel de ventas y cobranzas lo ajustaremos hacia la baja. Mientras que en un mercado en crecimiento trataremos de aprovechar las circunstancias favorables y, por lo tanto, que la empresa trabaje a pleno.

De tal forma lograremos para cada escenario un flujo de fondos particular, lo que nos proporcionará un retorno<sup>8</sup> por cada uno de los flujos. El retorno final no es el promedio simple de la suma de los retornos, ya que cada uno posee su probabilidad de presentación. Así, el retorno será la suma de cada uno de los retornos ponderados por su probabilidad de presentación:

$$\bar{r} = \sum_{i=1}^n r_i p_i \quad (1)$$

donde

$r$ : retorno de un proyecto con flujo de fondos por cada escenario económico futuro posible

$x_i$ : posible retorno de la inversión, por cada flujo de fondos

$p_i$ : probabilidad de ocurrencia del posible retorno

$n$ : cantidad de posibles retornos

#### Ejemplo 1

Debemos calcular el porcentaje de retorno de una inversión de \$50.000 para dos alternativas: “A” y “B”. Los asesores económicos han pronosticado la probabilidad de presentación de distin-

<sup>3</sup> Los resultados del modelo “capital assets pricing model” (CAPM) nos dice cuál es la rentabilidad deseada por el inversionista o cuál es el costo del capital de riesgo. Éste, forma parte de la tasa de corte en el costo del capital.

<sup>4</sup> El flujo de fondos (FF), expresa la entrada y salida de dinero.

<sup>5</sup> El FF descontado a la tasa de corte, da origen al valor actual neto (VAN) de la inversión. Cuando el VAN es igual o superior a cero, generalmente se acepta la inversión.

<sup>6</sup> El costo del capital, es la suma ponderada, por la participación en la estructura financiera, del costo de las distintas fuentes de financiamiento, originadas en las entregas de los prestamistas y accionistas.

<sup>7</sup> La tasa interna de retorno (TIR) se compara con la tasa de corte (costo del capital). Si la TIR es superior o igual al costo del capital, generalmente se acepta el proyecto.

<sup>8</sup> Cuando hablamos de retorno, nos referimos al valor actual neto (VAN) o a la tasa interna de retorno (TIR).

tos escenarios (recesión, normal, crecimiento) y calculado la probabilidad porcentual de presentación:

SITUACIÓN ECONÓMICA	RETORNO ( $r_i$ ) %	PROBABILIDAD ( $p_i$ ) %
<b>Proyecto de la Empresa "A"</b>		
Recesión	-5	0,20
Normal	20	0,60
Crecimiento	40	0,20
<b>Proyecto de la Empresa "B"</b>		
Recesión	10	0,20
Normal	15	0,60
Crecimiento	20	0,20

En el ejemplo trabajamos con el retorno porcentual (TIR) (en otras ocasiones calcularemos el valor actual neto)<sup>9</sup>.

Para el cálculo del retorno esperado de "A" y "B" aplicamos la formula (1):

$$\bar{r}_{(A)} = (-5\%) (0.2) + (20\%) (0.6) + (40\%) (0.2) = 19\%$$

$$\bar{r}_{(B)} = (10\%) (0.2) + (15\%) (0.6) + (20\%) (0.2) = 15\%$$

Al promediar los retornos esperados, en función de sus probabilidades de realización, incorporamos en el resultado obtenido el riesgo de no conocer cuál es el escenario que en definitiva se presentará en el futuro.

Así, el retorno esperado para "A" es superior al de "B". Si detenemos aquí nuestro análisis, la elección se volcaría al proyecto "A".

Pero aún falta determinar entre qué valores fluctuará la rentabilidad promedio esperada de cada proyecto. Es decir, falta incorporar el desvío, lo que nos lleva a pensar que los resultados finales para "A" y "B", pueden ser mayores o menores que los respectivos 19 % y 15%. Significa, que los resultados posibles de cada proyecto fluctuarán entre un rango de valores, consecuencia del rendimiento promedio y los desvíos correspondientes.

### 3.2 El riesgo medido a través del desvío estándar

La rentabilidad real<sup>10</sup> (el ingreso neto de un negocio, el retorno de un proyecto, los dividendos de una inversión en acciones) puede no coincidir con nuestra esperanza presente.

Cuando se expresa la expectativa de un beneficio, al mismo tiempo se piensa en la fluctuación posible de la rentabilidad, por ejemplo, decimos: "esperamos una rentabilidad del 15%, punto más o menos". En realidad, lo que estamos diciendo es que esperamos que la rentabilidad deseada fluctuará entre el 14% y 16%. Claro, esta es una medición basada en la intuición y no en el uso de una herramienta matemática.

Hasta aquí hemos incorporado los siguientes conocimientos:

- El futuro económico, social y político puede asumir diversos escenarios sin que se tenga certeza absoluta sobre la presentación de cualquiera de ellos.
- Los especialistas pueden fijar la probabilidad de presentación de cada uno de los posibles escenarios.
- Luego, podemos confeccionar un flujo de fondos (FF), por el escenario económico de cada inversión. Es decir, por ejemplo, si la empresa proyecta una inversión, calcula el FF que corresponde a dicho proyecto; pero como en el futuro no existe la seguridad que ocurra, como

<sup>9</sup> Se calcula la TIR para cada uno de los tres flujos de fondos que corresponden a cada proyecto, de acuerdo a los distintos escenarios pronosticados.

<sup>10</sup> La rentabilidad real es la diferencia entre la tasa nominal y la tasa de inflación y devaluación esperada. La rentabilidad real incluye una tasa por riesgo.

se ha estudiado y deseado, prudentemente se calculan los FF que corresponden a diferentes situaciones, unas más optimistas y otras menos optimistas, lo cual significa que por una inversión se debe calcular un FF por cada escenario posible.

- d) La rentabilidad corresponderá al promedio ponderado de la rentabilidad de cada flujo de fondos.
- e) Con esta rentabilidad promedio se absorbe la incertidumbre, consecuencia de la existencia de distintos posibles escenarios.
- f) Esta rentabilidad resumen no es suficiente para definirse sobre la aceptación de un proyecto. Falta medir los posibles desvíos de la rentabilidad promedio.

Los desvíos correspondientes a la rentabilidad promedio serán medidos a través del desvío estándar<sup>11</sup>. Para poder sacar conclusiones sobre la incertidumbre implícita en la rentabilidad promedio, se procederá a medir el riesgo en valores absolutos y valores relativos.

### 3.2.1 La medición del riesgo de una inversión

Hemos visto que el retorno de una inversión depende de varios posibles escenarios. Y que el retorno de la inversión se mide a través de la fórmula expuesta en (1):

$$\bar{r} = \sum_{i=1}^n r_i p_i$$

Como señalamos, vive en nosotros un sentimiento de incertidumbre sobre el resultado final a obtener. Y como no es suficiente decir que la rentabilidad final fluctuará alrededor de un determinado valor, queremos expresar cuál es el valor y cuál es la fluctuación posible de ese valor.

La fluctuación posible la mediremos a través del riesgo absoluto, evaluado por el desvío estándar ( $\sigma$ ):

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2 p_i} \quad (2)$$

donde

- s: desvío estándar
- $r_i$ : rentabilidad esperada para cada caso
- $\bar{r}$ : rentabilidad promedio
- $p_i$ : probabilidad de presentación

Ahora, ya estamos en condiciones de calcular dos datos: (a) la rentabilidad promedio, y (b) el desvío absoluto. Con esta información, además de conocer la rentabilidad promedio, podremos determinar: (a) cuál es el porcentaje de probabilidad que el rendimiento sea cero o menor que cero, (b) cuál es el intervalo de confianza del rendimiento esperado, (c) cuál es el coeficiente de variación o riesgo relativo.

En el ejemplo 2, veremos como proceder metódicamente, para responder a estas preguntas.

### Ejemplo 2

La empresa “La Empresa S.A.”, está considerando invertir en uno de los dos siguientes proyectos, que son mutuamente excluyentes<sup>12</sup>.

Dada la situación económica general, se estima que los proyectos producirán los siguientes flujos de fondos (retornos) en los próximos cinco años, expresados como los valores actuales de los futuros flujos de fondos:

<sup>11</sup> El desvío estándar mide estadísticamente la dispersión o variabilidad, de los posibles resultados comparados con un valor esperado o media.

<sup>12</sup> Dos proyectos son mutuamente excluyentes, cuando la aceptación de uno significa el rechazo del otro.

SITUACIÓN ECONÓMICA	PROBABILIDAD %	PROYECTO "A" \$ VAN	PROYECTO "B" \$ VAN
Recesión	30,00	1.000	500
Normal	40,00	2.000	2.000
Crecimiento	30,00	3.000	5.000

Para el cálculo de  $r$  (el retorno esperado ponderado por su probabilidad de ocurrencia) y el desvío estándar ( $\sigma$ ), construimos los siguientes cuadros:

Proyecto "A"

R \$	P(i) (%)	$r \cdot P(i)$ \$	$(r - \bar{r})$ \$	$(r - \bar{r})^2 p_i$
1.000	30,00	300	-1.000	300.000
2.000	40,00	800	0	0
3.000	30,00	900	1.000	300.000
		$\bar{r} = \$2.000$		$\sigma^2 = \$600.000$

$$\sigma^2 = \$600.000$$

$$\sigma = \$774,60$$

O sea que, considerando todos los escenarios posibles planteados, la probabilidad de presentación de los mismos, y la rentabilidad esperada en cada uno, la empresa espera una rentabilidad promedio ( $\bar{r}$ ) de \$2.000, y un riesgo absoluto ( $\sigma$ ) de \$774,60.

Proyecto "B"

r	P(i) (%)	$r \cdot P(i)$	$(r - \bar{r})$	$(r - \bar{r})^2$
500	30,00	150	-1.950	1.140.750
2.000	40,00	800	-450	81.000
5.000	30,00	1.500	2.550	1.950.750
		$\bar{r} = \$2.450$		$\sigma^2 = \$3.172.500$

$$\sigma^2 = \$3.172.500$$

$$\sigma = \$1.781,15$$

O sea que, considerando todos los escenarios posibles planteados, la probabilidad de presentación de los mismos, y la rentabilidad esperada en cada uno, la empresa espera una rentabilidad promedio ( $\bar{r}$ ) de \$2.450, y un riesgo absoluto ( $\sigma$ ) de \$1.781,15, para el proyecto "B".

### 3.2.1.1 La información

Poco a poco, vamos compilando la información que nos permite presentar un panorama de las inversiones, la rentabilidad y los riesgos de las mismas.

#### a) La rentabilidad promedio

La rentabilidad promedio ya la hemos determinado en los cálculos anteriores, y presenta los siguientes valores, tanto para la inversión "A" como para la inversión "B":

$$\bar{r}_{i/A} = \$2.000 \quad (\text{Cuadro proyecto "A"})$$

$$\bar{r}_{i/B} = \$2.450 \quad (\text{Cuadro proyecto "B"})$$

b) *Porcentaje de probabilidad de que el rendimiento real sea cero*

El desvío estándar<sup>13</sup> de cada inversión:

$$\begin{aligned}\sigma_A &= \$774,60 && \text{(Cuadro proyecto "A")} \\ \sigma_B &= \$1.781,15 && \text{(Cuadro proyecto "B")}\end{aligned}$$

A su vez, el desvío del valor esperado estandarizado del proyecto "A", es 2,58 (\$2.000/\$774,60) desvío estándar:

$$z = \frac{\bar{r}}{\sigma} = \frac{\$2.000}{\$774,60} = 2,58$$

Es decir, a un desvío estándar corresponde un rendimiento de  $\pm \$774,60$  respecto a la rentabilidad promedio del proyecto "A" de \$2.000. Si a la rentabilidad promedio (\$2.000) le restamos el valor correspondiente a un desvío estándar (\$774,60) la rentabilidad que se alcanza será superior a cero. O sea, no estamos respondiendo a la pregunta: ¿Cuál es el porcentaje de probabilidad que el rendimiento real sea cero o menor que cero?

Por ahora, hemos cubierto el 68,3% de las observaciones que se encuentran dentro de una distancia de un desvío estándar a cada lado de la media, y la rentabilidad esperada sigue estando sobre cero, pero si le restamos a la rentabilidad media el valor de 2,58 desvíos estándar (cubrimos así más del 95,5% de casos posibles a cada lado de la media), que en el presente caso corresponde a un valor de \$2.000, entonces la rentabilidad será cero.

El paso siguiente consiste en determinar, utilizando la tabla de distribución normal de probabilidades, cuál es la probabilidad que se presente el desvío de 2,58, y por lo tanto cuál es la probabilidad que el rendimiento esperado sea cero o menor que cero. Mostramos parcialmente los valores de dicha tabla:

Tabla de distribución normal del desvío estándar de la media										
z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.5000	.4960	.4920	.4880	.4840	.4801	.4761	.4721	.4681	.4641
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
1,3	.0968	.0951	.0934	.0918	.0901	.0885	.0869	.0853	<b>.0838</b>	.0823
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2,0	.0228	.0222	.0217	.0212	.0207	.0202	.0197	.0192	.0188	.0183
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2,5	.0062	.0060	.0059	.0057	.0055	.0054	.0052	.0051	<b>.0049</b>	.0048
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
3,2	.0007	.0007	.0006	<b>.0006</b>	.0006	.0006	.0006	0.005	0.005	0.005

Al consultar la tabla de distribución normal de probabilidades, observamos que existe aproximadamente una probabilidad de 0,0049 que el rendimiento real sea más o menos 2,58 desvíos estándar de la media de la distribución. En otras palabras, esto significa que, para el proyecto "A", existe una probabilidad del 0,49% de que el rendimiento real sea cero o menor que cero, o por el contrario, existe una probabilidad del 99,51% (100-0,45) de que el rendimiento sea mayor al 0%.

Ahora, veamos cuál es la probabilidad que el rendimiento del proyecto "B" sea cero. El desvío del valor esperado estandarizado el proyecto "B", es 1,38 (\$2.450/\$1.781,15) desvíos estándar:

$$z = \frac{\bar{r}}{\sigma} = \frac{\$2.450}{\$1.781,15} = 1,38$$

<sup>13</sup> Recordemos que las distribuciones normales son simétricas, de forma de campana, y que el 68,3% de las observaciones se encuentran dentro de una distancia de un desvío estándar a cada lado de la media, mientras que el 95,5% de ellas está dentro de los dos desvíos estándar, y el 99,7% dentro de tres desvíos estándar.



A un desvío estándar corresponde un rendimiento de  $\pm \$1.781,15$  respecto a la rentabilidad promedio del proyecto “B” de \$2.450. Si a esta rentabilidad promedio le restamos el valor correspondiente a un desvío estándar (\$1.781,15), la rentabilidad que se alcanza será superior a cero. O sea, nuevamente no estamos respondiendo a la pregunta: ¿Cuál es el porcentaje de probabilidad que el rendimiento real sea cero?

Hasta ahora, hemos cubierto sólo el 68,3% de las observaciones que se encuentran dentro de un desvío estándar a cada lado de la media, y la rentabilidad esperada sigue estando sobre cero. Si le restamos a la rentabilidad media, el valor que corresponde a 1,38 desvíos estándar, cubriendo así entre el 68,3% y el 95,5% de los casos posibles a cada lado de la media, que corresponde a un valor de \$1.781,15, entonces la rentabilidad será cero.

Luego, tenemos que determinar, utilizando la tabla de distribución normal de probabilidades, cuál es la probabilidad que se presente el desvío estándar de 1,38, y por lo tanto cuál es la probabilidad que el rendimiento esperado sea cero o menor que cero. En la tabla de distribución normal de probabilidades, encontramos que existe una probabilidad de 0,0838 de que el rendimiento real sea más o menos 1,38 desvíos estándar de la media de la distribución. Lo cual significa que, para el proyecto “B”, existe una probabilidad del 8,38% de que el rendimiento real sea cero o menor que cero, o por el contrario, existe una probabilidad del 91,62% (100-8,38) de que el rendimiento sea mayor al 0%.

#### c) *El Intervalo de confianza (IC)*

El intervalo de confianza permite visualizar el rango de la rentabilidad esperada, en un porcentaje elevado de casos posibles. Trabajaremos con dos desvíos estándar, que cubre el 95,5% de casos posibles, con una probabilidad de presentación del 2,28%, de acuerdo a la tabla de distribución normal. Así, tenemos:

$$\text{Intervalo de confianza} = \pm 2s + r$$

$$\text{Intervalo de confianza (A)} = \pm 2 \times \$774,60 + \$2.000 = \text{De } \$450,80 \text{ a } \$3.549,20$$

$$\text{Intervalo de confianza (B)} = \pm 2 \times \$1.781,15 + \$2.450 = \text{De } -\$1.112,30 \text{ a } \$6.012,30$$

Las conclusiones que proporciona el análisis del intervalo de confianza, son coherentes con el estudio realizado en el “porcentaje de probabilidad que el rendimiento real sea cero o menor que cero”. El proyecto “A” necesita más de dos desvíos estándar para que el rendimiento real sea cero o menor que cero. En el proyecto “A” el rango de desvíos está más acotado que en el proyecto “B”, aunque en este último, el retorno puede ser superior respecto al proyecto “A”, pero también puede entrar en un campo de pérdida, alternativa más difícil de ocurrir en el proyecto “A”.

#### d) *El coeficiente de variación (CV):*

El CV relaciona el desvío estándar con la rentabilidad promedio, y nos indica la mayor volatilidad de una inversión respecto de otra. Esta información nos muestra que el proyecto “A” es relativamente menos riesgoso que el proyecto “B”, conclusión que coincide con lo que veníamos señalando en los puntos anteriores.

El informe final debe contener un cuadro que resuma los resultados obtenidos en el ítem que van de A) a D), con breves comentarios sobre dichos resultados.

#### *¿Cuál es nuestra conclusión final?*

Comencemos por señalar que nunca hay una conclusión que podamos considerar definitiva o total. Mucho tiene que ver las expectativas y los sentimientos de los inversores. Algunos más volcados al riesgo que otros.

En el caso presente, señalamos que el proyecto “B” ofrece posibilidades de mayor rentabilidad, pero también es más riesgoso, mientras que el proyecto “A” ofrece menos volatilidad, menos riesgo y menor rentabilidad final proyectada.

¿Cuál debe elegirse? La decisión queda en manos del inversor, pues hay un límite que el profesional no puede cruzar, y es el de tomar la decisión por otro.

CONCEPTO	PROYECTO "A"	PROYECTO "B"	COMENTARIOS
A) Rentabilidad promedio esperada	$\bar{r} = \$2.000$	$\bar{r} = \$2.450$	Sobre la base de la rentabilidad proyectada, el proyecto "B" es más conveniente.
B) Porcentaje de probabilidad que el rendimiento real sea cero o menor de cero	0,49%	8,38%	El proyecto "A" tiene baja probabilidad que el rendimiento real sea cero. En el proyecto "B" es sustancialmente mayor la probabilidad del rendimiento cero.
C) El Intervalo de confianza	IC= \$450,80/\$3.549,20	IC= -\$1.112,30/\$6.012,30	Dentro de dos desvíos estándar, el proyecto "A" ofrece un rango de casos posibles, donde la rentabilidad mínima es superior a cero, mientras que el proyecto "B", si bien ofrece una mayor rentabilidad posible, también puede llegar a tener rentabilidad
D) El Coeficiente de variación	CV= 0,39	CV= 0,73	Según esto se señala que el proyecto "A" es menos volátil que el proyecto "B", en coherencia con los comentarios anteriores.

#### 4. La relación entre rendimiento requerido y riesgo

En la introducción y en el concepto del riesgo (ítem 1) se sostiene que el inversor tiene aversión al riesgo, y que busca obtener mayor rentabilidad a mayor riesgo, y por lo tanto, su ideal es invertir obteniendo una tasa de rendimiento real libre de riesgo.

Los prestamistas que adquieren bonos reciben pagos de intereses, como compensación por el alquiler de su dinero y el riesgo asumido. Los inversionistas en acciones ordinarias esperan cobrar dividendos y un aumento del valor de sus acciones. La tasa de rendimiento de estos inversionistas, representa un costo de capital para la empresa que se utiliza para calcular el valor actual de los flujos de fondos futuros generados por las inversiones de la empresa.

*¿Cuál es la tasa de rendimiento requerida por el inversionista?*

El inversionista quiere ganar una tasa real. Cuando existan expectativas inflacionarias, se ajustará la tasa nominal para obtener el rendimiento realmente deseado en función del riesgo corrido. Los inversionistas requieren una tasa de rendimiento sin riesgo de incumplimiento más una prima por riesgo que cubra la inflación y devaluación esperada.

La tasa de rendimiento libre de riesgo se relaciona con la inversión donde se respeta su valor y sin riesgo de recupo, y con el rendimiento, también disponible, y sin riesgo de incumplimiento.

El riesgo se relaciona con uno o más tipos de riesgo, que describimos como:

RIESGO EXTERNO	Son riesgos que se asocian y se los exige como uno solo	Riesgo país
		Riesgo soberano
RIESGO INTERNO	Macroeconómicos	Riesgo de mercado
		Riesgo de convertibilidad
		Riesgo inflacionario
	De empresa	Riesgo de producción
		Riesgo del producto
		Riesgo de comercialización
	Crisis de mercados financieros	Riesgo financiero
	Riesgo asumido por el inversionista	Riesgo empresario
		Riesgo de negociabilidad

**Riesgo país:** Es el riesgo de hacer negocios en un país, asumiendo los riesgos políticos, económicos, empresarios y financieros. *Cobertura:* A través de pólizas de seguro en el mercado internacional.

**Riesgo soberano:** Es el que se asume por hacer préstamos o dar crédito a un gobierno. Ocurre cuando no se reconoce la deuda o con la imposibilidad de pago de la misma (“default”). Se piden refinanciaciones y/o quitas a los montos adeudados. *Cobertura:* Con seguros contratados en el mercado. Casos de “default”: Vietnam, China, Rusia, Argentina.

**Riesgo de mercado:** Está dado por el contexto macroeconómico, el contexto legal y regulatorio, por nuevos productos de la competencia, por la importación de productos competitivos, por nuevas tecnologías, por el impacto de publicidades negativas. *Cobertura:* La imagen institucional y del producto, los “lobbies”, el desarrollo de nuevos productos, la incorporación de tecnologías y el marketing defensivo en momentos de crisis.

**Riesgo de convertibilidad:** Por controles cambiarios, existen dificultades y trabas en la adquisición de las divisas necesarias para atender compromisos en moneda extranjera. Este riesgo da origen a la subfacturación de las exportaciones, para quedarse con moneda extranjera en el exterior y a la sobrefacturación de las importaciones para aprovechar tipos de cambios preferenciales. *Cobertura:* Seguros de cambio, mercado paralelo de divisas, adquisición de títulos locales denominados en dólares, compra de oro.

**Riesgo inflacionario:** Se pierde la noción del precio y del valor. Se desconocen los costos de reposición. *Cobertura:* Los activos en bienes de cambio constituyen una eficiente protección para el mantenimiento del patrimonio frente al riesgo de la descapitalización por efectos inflacionarios. Otras acciones pueden relacionarse en el endeudamiento en pesos sin cláusula de ajuste, aunque ya la población se encuentra suficientemente ilustrada frente a esta estrategia, lo que la hace de aplicabilidad dudosa.

**Riesgo de producción:** Se origina en los problemas técnicos, en las fallas de máquinas y equipos, y falta de insumos y suministros. También hay que tener en cuenta posibles huelgas y problemas laborales, que se relacionan con la situación política. Forman parte de este riesgo, las restricciones al acceso de insumos, escasez de materias primas, aumento sustancial de precios, prohibición de importación. *Cobertura:* Planes de contingencia de producción, plan de mantenimiento de la planta, relación con más de un proveedor, políticas laborales racionales, inventarios de seguridad.

**Riesgo del producto:** Debe tomarse en cuenta la calidad del producto respecto a la competencia, las fallas técnicas del producto, la competencia de nuevos productos, los problemas ecológicos y de malos usos, los problemas relacionados con el manipuleo y almacenamiento, la guerra de precios, la publicidad comparativa. *Cobertura:* Se asienta en los

controles de calidad, en la publicidad y promoción destacando la calidad, en la detección temprana de posibles problemas ambientales o de seguridad del producto. En el estudio permanente de los precios de la competencia y en un plan de contingencia ante posible guerra de precios.

**Riesgo de comercialización:** Está latente por problemas de distribución, en los canales de venta, en las campañas publicitarias, en las políticas de precios inadecuadas, en los errores en el posicionamiento del producto. *Cobertura:* Se protege con estudios de mercado, desarrollo de una buena red de distribución y comercial, y con políticas de precios adecuados para los mercados seleccionados.

**Riesgo financiero:** Variación en las utilidades por acción, como consecuencia del uso de fuentes de financiamiento con costo fijo. Se origina en las crisis de los mercados bancarios y/o financieros, en el aumento de las tasas de mercado, en las caídas de las ventas proyectadas, en el descalce de monedas entre sus activos y pasivos, en el descalce entre los plazos de los ingresos y compromisos, en el descalce de tasas de interés, en los problemas de cobranzas, en aumentos imprevistos de costos de producción y/o de los planes de inversión. Las tasas de interés actuales y futuras dependen de las expectativas de inflación. Los rendimientos de los valores a largo plazo tienden a ser mayores mientras mayor sea el tiempo que debe transcurrir hasta el vencimiento. Muchos prestamistas tienen preferencia por los vencimientos a corto plazo, pues privilegian la liquidez. *Cobertura:* Funcionamiento de un sistema de programación financiera que permite prever las necesidades de caja de la empresa, la existencia de colchones de liquidez, disponibilidad de líneas de crédito bancarias aprobadas y no utilizadas, capital de trabajo neto positivo, cuantificación de los descalces de plazos, monedas y tasas de interés, para evaluar los máximos riesgos asumidos, claros sistemas de crédito y políticas de cobranzas a clientes. Además, para cubrir este riesgo, se recurre al uso de productos financieros específicos: opciones, futuros, adquisición de bonos como cobertura, y el mantenimiento de cuentas en el exterior.

**Riesgo empresarial:** Es el que asume el accionista de la empresa. Es un concepto residual, el accionista cobra una vez que todos los demás acreedores han efectivizado sus derechos. Por asumir el riesgo, se busca mayor rentabilidad. *Cobertura:* Desde el punto de vista de personal, se realiza por la diversificación del portafolio.

**Riesgo de negociabilidad:** Se refiere a la posibilidad que tiene un inversionista de comprar y vender las acciones u otros títulos de una empresa con rapidez. La prima de riesgo puede ser importante para valores que no se negocian con regularidad, como las acciones de empresas medianas y pequeñas. *Cobertura:* Diversificación de la cartera con acciones más líquidas.

## 5. Análisis del riesgo en la inversión en más de dos proyectos en forma simultánea

Hasta aquí, hemos analizado el riesgo y los rendimientos relacionándolos con inversiones excluyentes o alternativas<sup>14</sup>. Ahora iniciamos el estudio de una inversión orientada a dos o más proyectos simultáneos y complementarios<sup>15</sup>.

Esto nos lleva a analizar el retorno, no de la inversión individual, sino el retorno de un conjunto de inversiones, que además de tener el riesgo de cada inversión individual, tienen el riesgo de la influencia de un proyecto sobre otro.

Utilizamos la enseñanza que nos deja el estudio del retorno de un portafolio, como la suma del retorno de cada activo financiero, ponderado por su participación en la inversión total.

<sup>14</sup> Dos proyectos son alternativos cuando cumplen la misma función pero presentan distintas características. Hay que decidir por uno o por otro.

<sup>15</sup> Dos proyectos son complementarios cuando la realización de uno depende de la realización de otro.

$$r_p = w_1 r_1 + w_2 r_2 + \dots + w_n r_n = \sum_{j=1}^n w_{j1} r_j \quad (3)$$

donde

$r_p$ : retorno de un portafolio

$r_j$ : retorno de cada inversión individual

$w_j$ : participación de cada inversión en la inversión total

$n$ : cantidad de activos en el portafolio

### Ejemplo 3

Supongamos un portafolio compuesto por acciones de tres empresas, que designamos con las letras “A”, “B” y “C”:

Empresa	Participación (w)	Retorno (r)
A	20 %	20 %
B	30 %	25 %
C	50 %	15 %

El retorno esperado del portafolio, aplicando la fórmula (3), es:  $r_p = 19\%$

Si tenemos la posibilidad de comparar nuestro resultado con el de otro portafolio, lo haremos comparando una rentabilidad con otra. Aunque esto no es suficiente, falta incorporar la incertidumbre.

Para medir el riesgo de un portafolio debemos tener en cuenta la varianza o el desvío estándar de cada uno de los valores que lo conforman. Pero no es todo. Hay un juego entre los papeles analizados que afectan el valor del riesgo. Algunas veces las alzas o bajas de los títulos neutralizan entre sí el riesgo y en otras oportunidades lo potencian. Para facilitar el estudio de estos conceptos comenzaremos por analizar un portafolio compuesto por dos valores independientes.

El objetivo es medir el grado de relación que existe entre dos variables, ante estas posibles alternativas: a) Cuando una de las variables sube o baja su valor, la otra variable también sube o baja su valor. b) Cuando una de las variables sube o baja su valor, la otra baja o sube su valor. c) Cuando una de las variables sube o baja su valor en forma independiente de la suba o baja del valor de la otra variable.

El riesgo de un portafolio está medido por el retorno promedio, los desvíos estándar de cada uno de los activos de capital componentes del portafolio y por los coeficientes de correlación o, de sus activos de capital.

El coeficiente de correlación mide (de +1 a -1), el grado de relación de dos variables independientes que se mueven en forma conjunta.

Así, la varianza o el desvío estándar de una combinación de dos valores, depende de la varianza de los dos valores y de su covarianza o correlación:

$$\begin{aligned} \sigma_p^2 &= w_A^2 \sigma_A^2 + w_B^2 \sigma_B^2 + 2 w_A w_B \rho_{AB} \sigma_A \sigma_B \\ \sigma_p &= \sqrt{w_A^2 \sigma_A^2 + w_B^2 \sigma_B^2 + 2 w_A w_B \rho_{AB} \sigma_A \sigma_B} \end{aligned} \quad (4)$$

donde

$s_p$ : desvío estándar del portafolio

$s_A, s_B$ : desvío estándar de los activos A, B

$w_A, w_B$ : participación de los activos en la inversión total; la suma es igual a 1.

$\rho_{AB}$ : coeficiente de correlación entre los activos A y B

Cuando un aumento o disminución en el rendimiento de un valor, está perfectamente relacionado con un aumento o disminución en el rendimiento de otro valor, el coeficiente de corre-

lación es +1, lo cual significa que no se logra reducción de riesgo cuando se combinan títulos con correlación positiva perfecta en un portafolio.

Cuando la relación es inversa, es decir, el aumento o disminución de un valor, está perfectamente relacionado con la disminución o aumento en el rendimiento de otro valor, el coeficiente de correlación es -1, lo cual significa que disminuye el riesgo del portafolio.

Cuando los rendimientos de cada valor varían absolutamente en forma independiente uno del otro, hay ausencia de correlación y el coeficiente es igual a cero, lo que ubica el riesgo del portafolio entre los riesgos correspondientes a los coeficientes de correlación de +1 y -1.

Veamos un ejemplo:

#### Ejemplo 4

La empresa administradora de inversiones ofrece a sus clientes y amigos un nuevo portafolio, con las siguientes características proyectadas:

Portafolio	s	Participación
Acciones Azules	10%	30%
Acciones Blancas	6%	70%

Utilizando la fórmula (4), calculamos el riesgo del portafolio:

$$\sigma_p = \sqrt{0,30^2 0,10^2 + 0,70^2 0,06^2 + 2\rho_{AB} (0,30)(0,70)(0,10)(0,06)}$$

$$\sigma_p = \sqrt{0,0027 + 0,0025\rho_{AB}}$$

(a) Cuando la correlación entre los retornos de las acciones azules y blancas es perfectamente positiva,  $\rho = +1$ , el riesgo del portafolio es:

$$\sigma_p = \sqrt{0,002664 + 0,0025.(+1)} = \sqrt{0,005164} = 0,0719 = 7,19\%$$

(b) Cuando la correlación entre los retornos de las acciones azules y blancas es perfectamente negativa,  $\rho = -1$ , el riesgo del portafolio desciende sustancialmente:

$$\sigma_p = \sqrt{0,002664 + 0,0025.(-1)} = \sqrt{0,000144} = 0,012 = 1,20\%$$

(c) Cuando hay ausencia de correlación,  $\rho = 0$ , el riesgo tiende a disminuir, sin alcanzar los bajos niveles de riesgo de la correlación totalmente negativa:

$$\sigma_p = \sqrt{0,002664 + 0,0025.(0)} = \sqrt{0,002664} = 0,0516 = 5,16\%$$

En ciertas oportunidades, dentro de una misma empresa, son escasas las oportunidades de disminuir el riesgo con nuevos proyectos, si los mismos se relacionan con la línea principal del negocio. Supongamos una fábrica, que dentro del rubro blancos, produce heladeras de pequeño y gran tamaño, y para completar su línea de producción decide fabricar heladeras de tamaño medio. Esta nueva línea tiene una elevada correlación positiva con los proyectos que ya se realizan, y por lo tanto es difícil que disminuya el riesgo del negocio.

Lo que hemos estudiado respecto a la valuación de un portafolio de valores, es aplicable a la evaluación de proyectos de inversión. Repasemos estos temas a través de un ejemplo:

#### Ejemplo 5

Un grupo empresario, cuya actividad principal es el autotransporte de pasajeros, requiere la opinión de nuestro Estudio sobre la licitación que realiza una provincia sureña, para la presta-

ción de un servicio de media y larga distancia, cubriendo las localidades de tres provincias patagónicas.

Los empresarios nos han solicitado que determinemos cuál es, desde el punto de vista objetivo, nuestra recomendación.

Sobre la base de las respuestas de los técnicos de la empresa a nuestro cuestionario, junto a la información que obtuvimos de la Secretaría de Transporte Nacional y la Dirección Provincial de la misma cartera, determinamos el VAN promedio ponderado y el desvío estándar, tanto para el servicio de media como de larga distancia. Las inversiones presupuestadas son, media distancia: \$miles 450.; larga distancia: \$miles 1050.<sup>16</sup>

De acuerdo con el procedimiento ya detallado en el ejemplo 1, se determinan los flujos de fondos para cada uno de los proyectos, de media y larga distancia, en tres escenarios distintos (recesión, normal, crecimiento) y su correspondiente probabilidad de presentación. Con esta información, se calcula el valor actual promedio ponderado y el desvío estándar para el proyecto de media distancia y para el proyecto de larga distancia. Resumimos la información en el siguiente cuadro<sup>17</sup>:

Distancia	Inversión \$	Inversión %	VAN \$	$\sigma$ \$
Media	450.	30	2.000.	775.
Larga	1.050.	70	2.450.	1.781.

El próximo paso consiste en determinar el desvío estándar de la prestación de ambos servicios en forma conjunta, para lo cual recurrimos a la fórmula (4):

$$\sigma_{M/L} = \sqrt{w_A^2 \sigma_A^2 + w_B^2 \sigma_B^2 + 2 w_A w_B \rho_{AB} \sigma_A \sigma_B}$$

donde

A: Transporte media distancia

B: Transporte larga distancia

*¿Cuál es el nuevo problema que enfrentamos, en la aplicación de esta fórmula?*

Debemos determinar el coeficiente de correlación.

He aquí otro verdadero desafío. ¿Cuándo aumenta el transporte de pasajeros de larga distancia, aumenta, disminuye o no tiene ninguna relación de comportamiento racional un servicio con el otro?

En general, las inversiones están correlacionadas positivamente con la economía, lo que produce el efecto de que el coeficiente de correlación sea positivo, es decir, fluctúe entre 0 y 1. A su vez, los proyectos que están en la misma línea de negocios tienden a estar correlacionados entre sí, mientras que los proyectos en líneas que carecen de relación con el negocio tienden a tener poca correlación. En nuestro caso, el servicio de corta distancia alimenta al de larga distancia y viceversa, si se coordinan los horarios de los distintos servicios.

Los datos históricos pueden servir para determinar la correlación entre los servicios de corta y larga distancia. Si no se cuenta con datos históricos, o si éstos no son suficientes, será necesario efectuar una evaluación del futuro.

Vamos a suponer que, los estadísticos han determinado que el coeficiente de correlación es 0,50, por lo tanto el desvío estándar es:

<sup>16</sup> En este simple ejemplo, vamos marcando donde se encuentran las verdaderas dificultades. Las dificultades no se encuentran en la aplicación de la fórmula, ya que para ello es suficiente contar con una buena calculadora. El problema radica en reunir la información y en su aplicación. Además, téngase presente, que en nuestro ejemplo, ciertas inversiones tendrán uso común tanto para los elementos de larga como de media distancia, por lo que debemos encontrar los criterios correctos para la distribución de las inversiones.

<sup>17</sup> Los montos de inversión están dados como datos del ejemplo presente. Para que el lector pueda orientarse en el manejo y la determinación de los valores, trabajamos con el VAN y el desvío estándar del ejemplo 2.

$$s^2_{M/L} = (0,30^2 \times 775^2) + (0,70^2 \times 1.781^2) + (2 \times 0,30 \times 0,70 \times 0,50 \times 775 \times 1.781)$$

$$s_{M/L} = \sqrt{1.898.175} = \$/\text{miles } 1.378$$

**El informe**

a) El rendimiento promedio

El valor actual neto de la combinación de los dos proyectos, es la suma de los dos valores actuales:

$$VAN_{M/L} = \$2.000 + \$2.450 = \$4.450$$

b) Porcentaje de probabilidad que el rendimiento real sea cero o menor que cero

La relación  $z$  indica que tenemos 3,23 desvíos estándar:

$$z = \frac{\overline{VAN}}{\sigma} = \frac{\$4.450}{\$1.378} = 3,23$$

Al consultar la tabla de distribución normal de probabilidades, observamos que existe una probabilidad de 0,06% de que el rendimiento real sea cero o menor de cero.

c) El intervalo de confianza (IC)

$$IC = \pm 2 \times \$1.378 + \$4.450 = \text{De } \$1.694 \text{ a } \$7.206$$

d) El coeficiente de variación (CV)

$$CV = \frac{\sigma}{\overline{VAN}}$$

$$CV_A = \frac{\$1.378}{\$4.450} = 0,31$$

Nuestra recomendación objetiva, será decirle a nuestro cliente, que con los elementos que contamos, nuestra opinión es positiva respecto al proyecto.

En primer lugar el valor actual neto es positivo, lo cual nos indica que es aceptable en sí mismo.

La probabilidad que el resultado sea negativo es muy baja, sólo el 0,06%.

El intervalo de confianza, medido para dos desvíos estándar, nos muestra un amplio rango de seguridad positivo.

Por último, la volatilidad del proyecto es muy baja, 0,31.

El estudio realizado para dos valores puede aplicarse para  $n$  valores. En este caso, la fórmula del desvío estándar es:

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \rho_{ij} s_i s_j} \quad (5)$$

donde

$n$ : número total de valores

$w_i, w_j$ : proporción de valores invertidos en  $i, j$

$\rho_{ij}$ : coeficiente de correlación de  $i, j$

$s_i, s_j$ : desvío estándar de los activos  $i, j$

Sin embargo, cuando se trata de más de dos valores, el número de cálculos para determinar el riesgo de cartera se eleva de manera geométrica. Por ejemplo, se requieren 1.225 coeficientes de correlación para una cartera que contiene 50 valores<sup>18</sup>. Es necesario un gran esfuerzo para

<sup>18</sup> El número de coeficientes de correlación que se requieren para evaluar una cartera de  $n$  valores se calcula con la fórmula  $(n^2 - n)/2$ .



reunir la información que permita armar la cartera de valores que reduzca al mínimo el riesgo a un nivel de rendimiento determinado, o que maximice el rendimiento.

Esta dificultad, en general, no es trasladable a la evaluación de proyectos, ya que no se trabaja con tan elevado número de casos en forma simultánea.

## 6. Capital assets pricing model (CAPM)

Ahora iniciamos el análisis del CAPM, que ofrece una base analítica para evaluar las relaciones entre riesgo y rendimiento. Comenzaremos por aplicar nuestro análisis a los activos financieros, para luego ver como extendemos su aplicación al costo del capital, donde el riesgo también está presente.

### 6.1 La diversificación. El riesgo sistemático y el riesgo no sistemático

En el ítem 5, dijimos que, “algunas veces las alzas o bajas de los títulos neutralizan entre si el riesgo y en otras oportunidades lo potencian”. Esto nos indica que una diversificación apropiada reduce la variabilidad y por lo tanto el riesgo, sin sacrificar retorno, porque los precios de las diferentes inversiones no evolucionan de igual forma.

El riesgo que puede ser eliminado con la diversificación es conocido como riesgo no sistemático o riesgo evitable. Este riesgo se presenta cuando la variabilidad del rendimiento de la acción no se relaciona con movimientos en el rendimiento del mercado como un conjunto. Lo padecen las empresas en forma particular; sus causas se encuentran, por ejemplo: en la capacidad de decisión de los ejecutivos, en los conflictos laborales, en los nuevos productos de la competencia.

El riesgo sistemático o riesgo inevitable, se refiere a la variabilidad de los rendimientos de una inversión, causada por factores que afectan al mercado en su totalidad, dependen de situaciones tales como los cambios en la economía y en el ambiente político, que no pueden evitarse con la diversificación de la cartera. Por ejemplo: modificación en las tasas de interés, inflación, devaluación, inseguridad jurídica, cambios de gobierno, golpes de estado. A mayor riesgo inevitable mayor será el rendimiento esperado.

El riesgo total que corresponde a una inversión es igual a:

$$\text{Riesgo total} = \text{riesgo evitable} + \text{riesgo inevitable}$$

Riesgo evitable o no sistemático:      diversificable.

Riesgo inevitable o sistemático:      no diversificable.

Las inversiones, en su mayoría, tienen una correlación positiva con los rendimientos del mercado en general, por lo cual no es posible eliminar todo el riesgo, aunque cada inversión tiene cierta variación única de sus rendimientos. Las inversiones diversificadas con eficiencia pueden eliminar la mayoría del riesgo no sistemático (gráfico 1).

A medida que la cartera tiene más títulos elegidos en forma aleatoria baja el riesgo.

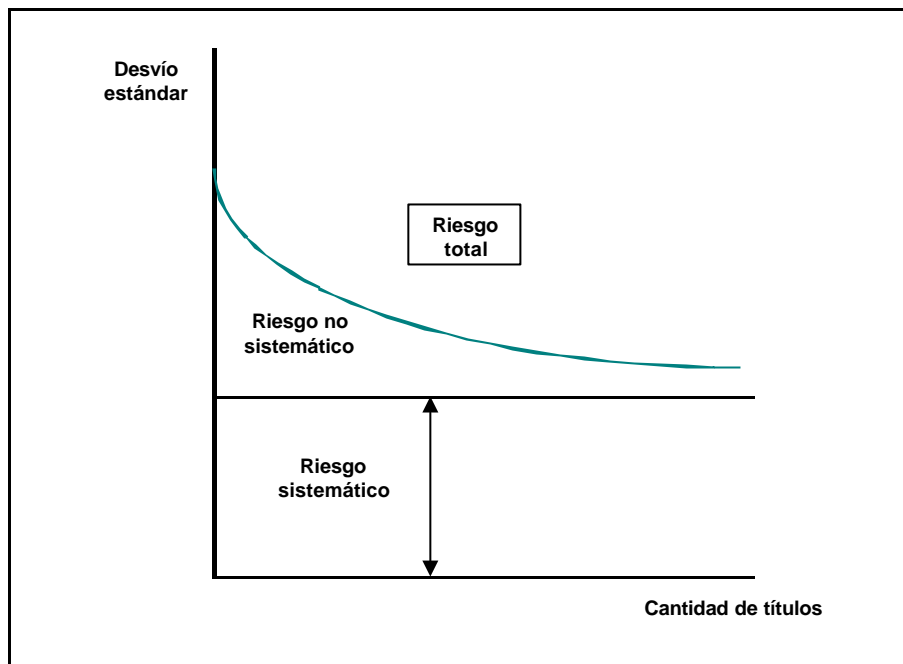
### 6.2 Rentabilidad y riesgo

Ya hemos señalado, que un inversionista racional exige mayor rentabilidad a mayor riesgo.

Cuándo un inversionista es tentado por una inversión, el piso de rendimiento requerido está dado por la rentabilidad libre de riesgo ( $r_f$ ) nadie aceptaría realizar una inversión si la rentabilidad de la misma fuese inferior al rendimiento de una inversión que no tuviese riesgo<sup>19</sup>.

<sup>19</sup> Se toma como referencia de una inversión libre de riesgo, a las Letras del Tesoro de los Estados Unidos de Norteamérica.

Gráfico 1



En segunda instancia, el inversionista racional pensará, que si ha de asumir algún riesgo, está dispuesto a realizar la inversión, si la misma le reditúa la rentabilidad del mercado<sup>20</sup> en su conjunto ( $r_m$ ).

La diferencia entre la rentabilidad de mercado y la rentabilidad libre de riesgo, se denomina *prima por riesgo de mercado*:  $r_m - r_f$ .

Pero antes de realizar la inversión, nuestro inversionista racional se preguntará cuál es la rentabilidad que le corresponde a un papel en particular, que cubra no sólo el riesgo de mercado sino también el riesgo de invertir en determinada acción.

“A mediados de los años sesenta tres economistas, William Sharpe, John Lintner y Jck Treinor, dieron una respuesta a esta pregunta. Su respuesta es conocida como modelo de equilibrio de activos financieros”<sup>21</sup>.

Este modelo, conocido por sus siglas en inglés CAPM (capital assets pricing model), se basa en que la rentabilidad esperada de cada acción varía igual que el mercado en su conjunto, o que la variación de la acción es menor o mayor que la variación del mercado en su conjunto.

A esta altura de nuestro razonamiento, descubrimos que el inversionista racional además de percibir una rentabilidad acorde con el riesgo del mercado, desea recibir una rentabilidad que este acorde con el riesgo de la acción en particular.

El riesgo que le preocupa al inversionista, con una cartera bien diversificada, es el inevitable, el que no puede cubrirse por la diversificación. El que muchas veces asume la forma de imprevisto.

Entonces, concluimos que el inversionista racional parte del deseo de obtener una rentabilidad libre de riesgo ( $r_f$ ), pero al advertir que está realizando una inversión en un papel de mayor riesgo, deseará obtener la rentabilidad de mercado, es así que debemos sumar a la rentabilidad libre de riesgo, el mayor valor entre la rentabilidad libre de riesgo y la rentabilidad de mercado,

<sup>20</sup> La rentabilidad de mercado La rentabilidad de mercado se determina considerando la rentabilidad de todos los papeles que cotizan en la Bolsa de Valores, o algunos de ellos seleccionados de acuerdo a la participación en la cantidad de transacciones y el monto operado (por ejemplo, el índice Merval), o agrupados por alguna característica que los identifique (por ejemplo, el objeto social).

<sup>21</sup> BREALEY, Richard A. – MYERS, Stewart, “Principios de finanzas corporativas”, Madrid, 1998, Mc Grow Hill, quinta edición, pág. 126.

es decir, debemos adicionar la prima por riesgo de mercado ( $r_m - r_f$ ), o sea, el rendimiento en exceso de mercado.

Por lo tanto, hasta aquí, la rentabilidad esperada por nuestro inversionista racional es igual a:  $r_f + (r_m - r_f)$ .

Pero, nuestro inversionista racional reacciona una vez más, y se da cuenta que no es suficiente pretender la rentabilidad del mercado, ya que el papel que le atrae tiene su propio riesgo. Y el riesgo que le preocupa, no es tanto el evitable, del cual se cubre con la diversificación, sino el inevitable.

*¿Cómo medir el riesgo de un papel en particular?*

Se logra comparando la volatilidad de ese papel en particular con la volatilidad del mercado en su conjunto. De esta comparación surge un coeficiente que llamamos beta ( **$\beta$** ). Este coeficiente se utiliza para corregir la prima de riesgo de mercado, con lo cual, en nuestro cálculo final, estamos teniendo en cuenta el riesgo del mercado y el riesgo de la acción:

$$r_j = r_f + (r_m - r_f) \beta_j \quad (6)$$

$r_j$  : Tasa de rendimiento o esperada para la acción.

$r_f$  : Tasa libre de riesgo.

$r_m$  : Rendimiento o esperado de la cartera de mercado.

$\beta_j$  : Coeficiente  $\beta$  del valor  $j$ .

El coeficiente beta mide el riesgo no diversificable, el riesgo sistemático de una acción. Indica la relación entre el retorno en exceso de una acción con respecto al retorno en exceso del mercado en conjunto.

El término  $(r_m - r_f) \beta_j$  representa la *prima de riesgo de la acción*, el retorno adicional requerido para compensar a los inversores que asumen un determinado nivel de riesgo por una acción en particular. Por lo tanto, la prima de riesgo de la acción es igual a:  **$\beta$  \* prima de riesgo de mercado.**

Por ejemplo, si la beta de una acción fuera 1,50 y el rendimiento en exceso del mercado fuese 3%, el rendimiento en exceso esperado de la acción es del 4,5%. Por ejemplo, sobre la base de estos datos, suponiendo un rendimiento libre de riesgo del 2%, y un rendimiento de mercado del 5%, tendremos que el rendimiento libre de riesgo es del 3%:

$$\text{Rendimiento en exceso esperado de la acción} = (r_m - r_f) \beta = (5\% - 2\%) 1,50 = 4,50\%$$

El riesgo inevitable (sistemático o no diversificable) es medido por beta ( $\beta$ ), que representa la sensibilidad de rendimiento en exceso del valor de una acción contra el rendimiento en exceso de la cartera de mercado.

Si esta relación es igual a uno, significa que la acción tiene el mismo riesgo inevitable que el mercado en conjunto (gráfico 2). Mayor que uno, la acción tiene mayor riesgo sistemático o inevitable que el mercado en conjunto (gráfico 3.). Menor que uno, la acción tiene menor riesgo inevitable que el mercado en conjunto (gráfico 4).

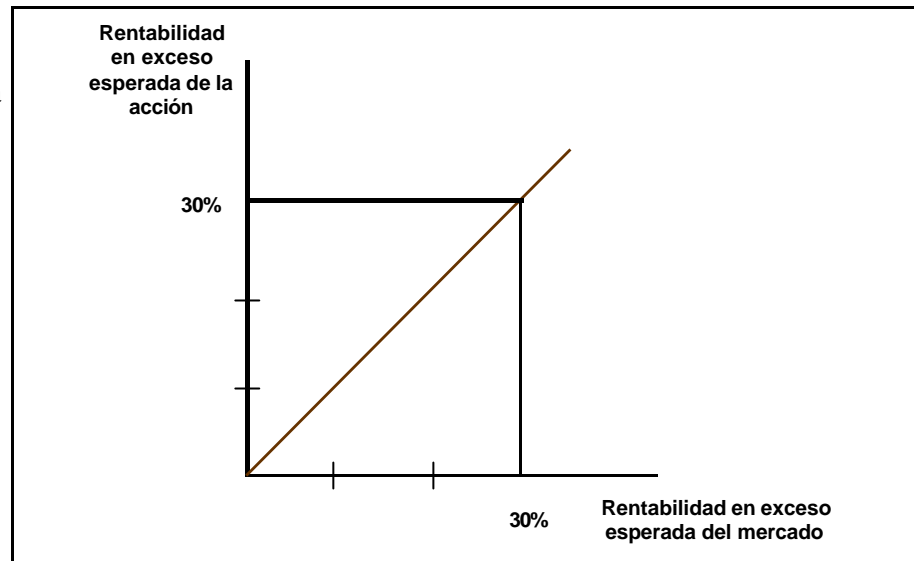
El riesgo de una cartera bien diversificada depende de la  $\beta$  de los títulos incluidos en la misma.

El modelo de fijación de precios de activos de capital (CAPM) nos dice que en equilibrio de mercado, se espera que un valor brinde un rendimiento adecuado a su riesgo inevitable. O sea, el riesgo que no puede evitarse con la diversificación.

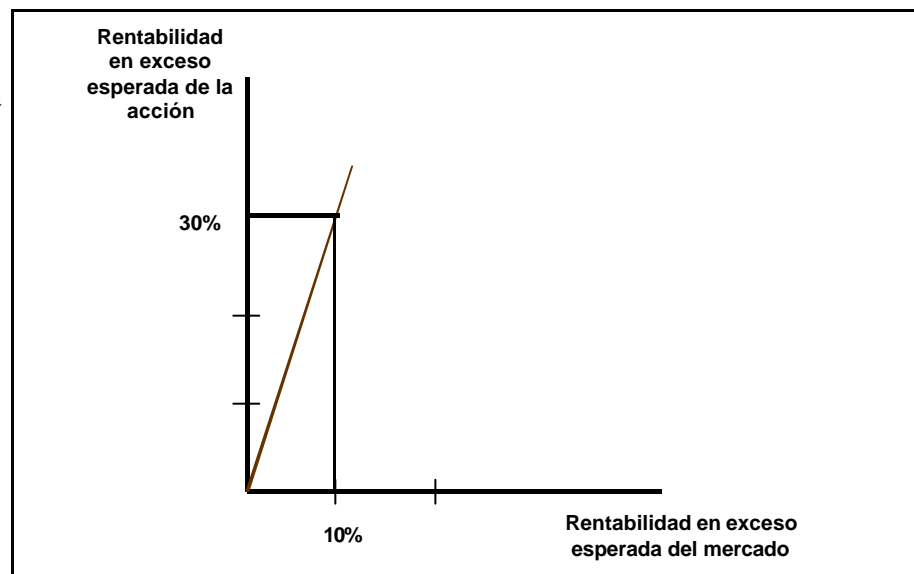
La beta de un portafolio de  $n$  valores es el promedio ponderado de las betas de cada uno de los títulos individuales, ponderadas por la participación porcentual de cada título en la cartera total:

**Gráfico 2**

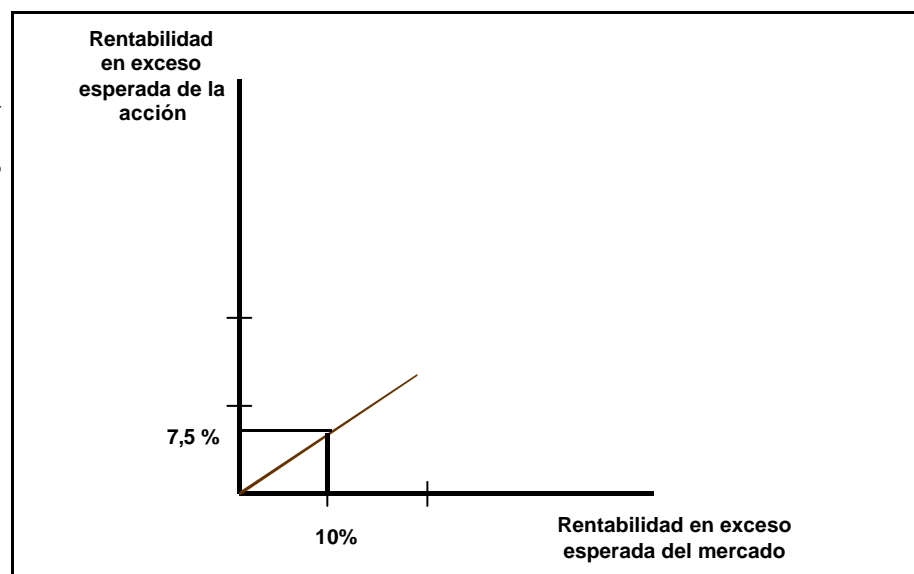
La rentabilidad en exceso esperada de la acción cambia un 1% por cada 1% de rentabilidad extra del mercado:  $\beta = 1$

**Gráfico 3**

La rentabilidad en exceso esperada de la acción cambia un 3% por cada 1% de rentabilidad extra del mercado:  $\beta = 3$

**Gráfico 4**

La rentabilidad en exceso esperada de la acción cambia un 0,75% por cada 1% de rentabilidad extra del mercado:  $\beta = 0,75$



$$\beta_p = \sum_{j=1}^n \text{Título } j * \beta_j$$

$\beta_p$  : Beta del portafolio .

Título  $j$  : Valor de cada acción o título.

$\beta_j$  : Beta de cada uno de los títulos del portafolio .

Aunque raramente, el coeficiente beta puede ser negativo. Cuando esto ocurre, la beta negativa indica que la tendencia del valor de las acciones se mueven en dirección opuesta a la del mercado en su conjunto. Es decir, cuando el precio de la acción declina, el valor total del mercado en su conjunto sube, o sube cuando el valor del mercado baja.

## 6.2 Cómo se calcula $\beta$

Para calcular el coeficiente beta, como medición del riesgo sistemático o inevitable, relacionamos los retornos de los activos en acciones con los retornos de mercado. Esta relación puede ser estadísticamente computada determinando el coeficiente de regresión entre los retornos de los activos y los retornos del mercado.

La forma de calcular beta consiste en determinar la pendiente de la línea de regresión lineal de los mínimos cuadrados, donde el exceso del retorno de las acciones ( $r_j - r_f$ ) es regresado contra el retorno en exceso del mercado ( $r_m - r_f$ ). La fórmula para calcular  $\beta$  es:

$$b = \frac{\sum MJ - n\overline{M}\overline{J}}{\sum M^2 - n\overline{M}^2} \quad (7)$$

M : ( $r_m - r_f$ )

J : ( $r_j - r_f$ )

n : número de años

$\overline{M}$  : promedio de M

$\overline{J}$  : promedio de J

$r_j$  : : retorno de las acciones

$r_m$  : retorno del mercado

$r_f$  : : retorno libre de riesgo

## Ejemplo 6

Calcular el coeficiente  $\beta$ , utilizando la siguiente información, porcentajes históricos de retorno, referida al retorno sobre las acciones y el mercado, y suponiendo que la tasa libre de riesgo es del 5%:

Año	$r_j$	$r_m$	$r_f$	$(r_j - r_f) = J$	$(r_m - r_f) = M$	$M^2$	$MJ$
20x1	-5%	8%	5%	-10%	3%	0,09%	-0,30%
20x2	8%	9%	5%	3%	4%	0,16%	0,12%
20x3	10%	8%	5%	5%	3%	0,09%	0,15%
20x4	12%	14%	5%	7%	9%	0,81%	0,63%
20x5	13%	15%	5%	8%	10%	1,00%	0,80%
				13%	29%	2,15%	1,40
				0,13	0,29	0,025	0,014

$$\overline{J} = 0,13 \div 5 = 0,026 \quad \overline{M} = 0,29 \div 5 = 0,058$$

Aplicando la fórmula (6) para calcular beta:

$$b = \frac{0,014 - (5 \times 0,058 \times 0,026)}{0,025 - (5 \times 0,058^2)} = \frac{0,0046}{0,0047} = 1,38$$

El valor 1,38 indica el valor del riesgo inevitable o riesgo sistemático que afecta al costo de las acciones ordinarias, tal como veremos en el punto siguiente.

## 7. Utilización de CAPM en el cálculo del costo de las acciones ordinarias

El rendimiento esperado por el accionista, representa para la empresa el costo de su capital accionario<sup>22</sup>. Una vez que tomamos conocimiento del valor beta, podemos calcular el costo del capital aplicando la fórmula (6), donde reemplazamos  $r_j$  por  $k_e$ :

$$k_e = r_f + (r_m - r_f)b_j \quad (8)$$

Este valor, pasa a formar parte del costo del capital total, (costo promedio ponderado de los distintos componentes del capital), que sirve como tasa de descuento, para determinar el valor actual de los flujos de fondos originados en un proyecto de inversión.

### Ejemplo 7

Un proyecto de inversión presenta el siguiente flujo de fondos:

AÑO	0	1	2	3
\$	(800)	600	400	200

Se ha calculado  $\beta$  igual a 1,38. El retorno del mercado es del 12%, y la tasa libre de riesgo es del 5%.

El costo del capital, de acuerdo a la fórmula (8), es:

$$k_e = 5\% + (12\% - 5\%) 1,38 = 14,66$$

Calculamos el VAN del flujo de fondos utilizando como tasa de corte el 14,66%:

$$\text{VAN} = \$160,22$$

El proyecto debe ser aceptado dado que el VAN es positivo.

En este ejemplo, para simplificar, trabajamos como único componente del costo del capital, el costo de las acciones ordinarias,  $k_e$ . Cuando el capital total empleado en el financiamiento de un proyecto está compuesto por las deudas y las acciones ordinarias, se debe determinar el costo promedio ponderado.

<sup>22</sup> El costo del capital accionario lo representamos con la notación,  $k_e$ .