



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Análisis y Aplicación de Inversiones en base al Costo Ponderado de Capital

295237

T E S I S QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: A C T U A R I O P R E S E N T A N :

Gabriel Avalos Cadena Blanca Susana Sánchez Rojas



DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES



Director de Tesis: Act. Fernando Alonso Pérez Tejeda López

MEXICO, D. F. FACULTAD DE CIENCIAS SECCION ESCOLAR



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**M. EN C. ELENA DE OTEYZA DE OTEYZA**  
 Jefa de la División de Estudios Profesionales de la  
 Facultad de Ciencias  
 Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

"ANÁLISIS Y APLICACION DE INVERSIONES EN BASE AL COSTO PONDERADO DE CAPITAL"

BLANCA SUSANA SANCHEZ ROJAS 8825260 - 1

realizado por GABRIEL AVALOS CADENA 8838938 - 3

con número de cuenta \_\_\_\_\_, pasante de la carrera de ACTUAFIA

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis  
 Propietario

ACT. FERNANDO ALONSO PEREZ TEJADA

Propietario

ACT. MARIA AURORA VALDEZ MICHELL

Propietario

ACT. LAURA MIRIAM QUEROL GONZALEZ

15 de Julio de 1994

Suplente

ACT. MARINA CASTILLO GORDUÑO

Suplente

ACT. LORENA VALDEZ SUAREZ

Consejo Departamental de MATEMATICAS

M. EN C. JOSE ANTONIO FLORES DIAZ

## Agradecimientos

- Quiero dedicar esta tesis especialmente a la Actuaría Sonia Salinas Martínez, con quien he convivido los mejores momentos de mi vida, combatido y ganado las batallas más difíciles. Gracias por tu paciencia y cariño.  
SLN ILTHY.
- A la memoria de mi madre, Lucina Cadena Montiel, ejemplo de lucha y coraje.
- A mis hermanos por su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos.
- A José Benito Rocha Tinoco fuente de conocimiento honestidad y paciencia.
- A mi papá, Angel Avalos Hernández, un tipo duro pero comprometido para ayudarme a terminar mis estudios.
- A mis amigos siempre al pie del cañón en las buenas y en las malas.
- A Susana Sánchez Rojas una niña muy trabajadora y siempre dispuesta a cooperar.
- Al Actuario Fernando Alonso Pérez Tejada López por su paciencia y apoyo.
- Finalmente a la UNAM por darme la oportunidad de formarme como profesionista en una institución integral de excelencia.

Gabriel

Primero que nada y antes que todo, deseo darle las gracias a mi PADRE DIOS. Gracias Padre por la vida que me ha otorgado, por las alegrías, las tristezas, los tropiezos, por todo cuanto me ha dado, y cuanto me ha quitado, pero sobre todo gracias por el privilegio tan grande de hoy poderme llamar hija suya, por tener hoy ese amor tan grande que sin duda llena mi vida entera; gracias por su amor tan incondicional que me ha dado durante toda mi vida sin nunca haberme reprochado nada, a pesar de cuanto mi corazón estaba apartado de usted. Le pido que me fortalezca mucho para seguir adelante y así poder hacer frente a todo lo que venga, y sobre todo para que siempre camine al lado suyo.

#### **A mis PADRES**

**PAPÁ**, deseo agradecerte todos tus cuidados que tuviste siempre conmigo, en especial cuando niña, Papá recuerdas cómo jugabas con nosotras cuando fuimos niñas, Sandy y yo?; el tiempo presuroso ha pasado y poco a poco nos fuimos separando, nuestros corazones empezaron a hacerse insensible y a ya no valorar esas pequeñas cosas que nos unían tanto.

Papito es un gozo muy grande para mí el tener hoy conmigo, y siempre tendré presente en mi vida todos tus cuidados, tus desvelos, tu trabajo para que no nos faltara nada, Papá haz hecho un increíble trabajo como mi Papá, pido a Dios te conserve con nosotros muchos años más. Papá como tu hija te admiro, por que me haz enseñado el ser una mujer de trabajo y constancia, de ti he aprendido a ser humilde, sencilla, a tener un corazón limpio y a ser compasiva. Perdóname Pá por no ser como haz querido, pero así como soy, así te amo mucho. MATEO 5 ver 3-12, MATEO 18 ver 18-20, ISAÍAS 43

**MAMÁ**, no se cómo poder expresar todo mi sentir.....

Mamá recuerdo lo amorosa que fuiste con nosotras cuando éramos niñas, recuerdo tu esfuerzo tan intenso por que saliéramos adelante, tu lucha, tu fe, tus ganas, tu constancia, pero sobre todo tu trabajo, Mamá eso admiro y respeto mucho de ti, el que siempre haz sido una mujer de mucho trabajo, nunca haz olvidado ni el más mínimo detalle, siempre que este todo perfecto, pero sabes? a veces se nos olvidan los más sencillos detalles, los más pequeños. Mamá deseo verte feliz, valorando lo que hoy la vida te da, que lo aprecies, lo agradezcas y sobre todo que lo demuestres. Mamá ama intensamente, no reprimas lo que sientes y ámate tu también, cuida de tu salud, no nos pidas lo que tu no estas dispuesta a hacer por ti misma. Se que Dios esta haciendo cosas increíbles en tu corazón y eso me anima mucho, tu hija que te AMA MUCHÍSIMO. SALMO 18 ver 7-14, JOB 33 ver 14-18, JEREMÍAS 29 ver 11-14, PROVERBIOS 31 ver 29, MATEO 7 ver 12, LUCAS 6 ver 37-42

#### **A mis HERMANAS**

**ALMA ARACELI**, mi hermana amada, a veces me cuesta mirar que el tiempo paso tan de repente ver que ya no eres la "hermana chiquita" sino que ya eres toda una

mujer que esta en la Universidad. Alma me alegra muchísimo ver tu esfuerzo y tus ganas por terminar tus estudios. Solo deseo decirte que no te olvides de las cosas mas sencillas, como la humildad del corazón, del amor a Dios, del amor hacia los tuyos. Nunca olvides a quien te ha dado la mano en tiempos difíciles; construye hoy con bases muy sólidas, se siempre muy honesta y agradecida y así siempre encontrarás paz en tu corazón. Héchale mucho en la school. Por último deseo darte un consejo, Alma el único y verdadero amor que llenara toda tu vida entera es el amor de/a DIOS. 1 CORINTIOS 13 ver 1-10, ECLISIÁSTES 12 ver 1-3

**SANDRA**, Hermana mía, mi gran amiga y compañera de la infancia, tu y yo hemos pasado muchas cosas muy increíbles, y también hemos compartido tragos muy amargos, pero hoy que te miro, como has dejado apagar esa luz de tus ojos, ese brillo, con tus pocos años haz permitido apagarlo, hermana no te rindas, lucha, vuelve a soñar, aferrate a tus sueños y esperanzas, determinate a ellos, pero sobre todo ten mucho valor Hermana, confía, no estas sola, la vida te ha dado dos increíbles bendiciones, hazlo ahora por ellos y por ti. Sigue adelante tu felicidad solo depende de ti, de tu corazón, no temas ni tengas miedo, sino ve mas allá de tus miedos y recuerda que de lo que hagas hoy depende la vida de dos almas, de los angelitos de DIOS. Te amo mucho Sandy y no hay nada que quiera más en esta vida que verte feliz. JOSUÉ 1 ver 7, ISAÍAS 59 ver 8-11, HABACUC 3 ver 17-19, JEREMÍAS 17 ver 9, I JUAN 4 ver 18, HEBREOS 11 ver 1

**A mis SOBRINITOS a quienes amo profundamente**

**MARIANITA**, Mi única sobrina que tengo, te amo muchísimo hija, eres una alegría y un gozo a mi vida, el verte ya como toda una niña grande, pero para mi siempre serás una niña, mi Marianita, esa niña que cuando llego a casa la recibí con los brazos abiertos y muy feliz de tenerte con nosotros. Hija se una buena niña, pórtate bien en la escuela con tus compañeritos, tus maestros y sobre todo con tu mamá y tus abuelitos que tanto te aman, se siempre muy respetuosa con las personas, para que tu te ganes el respeto de ellas, se muy honesta en tu vida, en todo lo que hagas, nunca hagas que te pierdan la confianza, camina rectamente en tu vida y nunca te olvides de nuestro Señor y Creador que en todo te guía y te protege. Espero y me permita Dios verte hecha toda una mujer, pero una mujer hija de Dios. TE AMO CON TODO MI CORAZON. MATEO 18 ver 1-5, 19 ver 13-15

**SERGIO BEBE**, mi pequeñito Sergio, te amo mucho bebe, porque eres muy pequeñito, solo tienes 2 años y siento que te amo de muchos años atrás, sabes siempre te esperamos todos en casa, ¿por qué tardaste tanto?, bueno eso ahora ya no importa, por que ahora ya te tenemos aquí, eres un bello regalo de Dios y para todos eres una joya muy valiosa, por que hoy eres un niño, un niño con un corazón blanco como la nieve, se que hoy ni te enteraras de todo esto, pero un día leerás estas líneas, pido a Dios me permita estar contigo y sobre todo que te abra camino

en todo, y te enseñe lo que es la bondad, la gratitud, y sobre todo el amor, gracias por alegrar mi vida, **TE AMO MUCHÍSIMO BEBE. ISAÍAS 62 ver 2-3, LUCAS 2**

También deseo agradecer mucho a mi amigo y compañero de trabajo de tesis **GABRIEL AVALOS CADENA**, gracias por tu compañerismo, trabajo, paciencia y sobre todo por tu amistad, también gracias a tu increíble familia por todas sus atenciones y su hospitalidad, en todos esos días que estuvimos trabajando todo el día en tu casa, a Felipa, Angel, Esteban y también a Sonia. Gabriel finalmente lo hicimos, hemos terminado esto que ya se estaba convirtiendo en una cruz para nosotros, me alegra mucho saber que con esto se cierra ya otra etapa en nuestras vidas y te animo mucho para que pronto termines tu maestría. También te deseo que realices todos tus sueños y luches mucho por alcanzar tus metas, siempre podrás contar conmigo como tu amiga. Gracias por todo tu apoyo Gabriel.

A nuestro Maestro y Director de Tesis **ACT. FERNANDO ALONSO PEREZ TEJADA**, muchas gracias por todo su apoyo, disposición y paciencia que siempre nos tuvo, desde el primer día en que hablamos con usted para pedirle su apoyo hasta hoy, siempre tuvo el corazón para ayudarnos a titularnos, de verdad maestro aprecio muchísimo su tiempo pero sobre todo su corazón abierto y sensible ante nuestras necesidades de Gabriel y mías, sin su ayuda hubiera sido difícil Maestro, espero que continúe con ese entusiasmo y gusto por su trabajo y sobre todo por el gran trabajo que realiza para la carrera de Actuaría en la Facultad de Ciencias, es usted de los profesores con mayor trayectoria y amor hacia ella, gracias por su trabajo y nuevamente por todo su apoyo, que Dios le bendiga mucho a usted y su familia. **MUCHÍSIMAS GRACIAS.**

A todas mi increíbles **SINODALES**, muchas gracias, a la **MTRA. MA. AURORA VALDES MICHELL**, por su disposición, apoyo y deseo de participar en este examen, Mtra. admiro y respeto su gran trayectoria académica, sobre todo el amor que tiene a la Carrera de Actuaría de la Facultad de Ciencias y a nuestra amada Universidad.

A mi gran amiga y compañera de escuela **ACT. LORENA VALDES SUARES**, Lorenita preciosa por fin!!, por fin!!!, tiene mucho que te decía que fueras mi sinodal, gracias por aceptarlo, gracias por darle el valor que tiene, por mirarlo como lo que es; te deseo toda la felicidad en tu ya muy próximo matrimonio que sea super increíble.

A la **ACT. LAURA MIRIAM QUEROL GONZALEZ**, gracias por su gran apoyo para la realización de este examen, en un momento muy difícil, agradezco mucho su buen corazón y sus deseos de apoyarnos. Muchas Gracias.

A la **ACT. MARINA CASTILLO GORDUÑO**, gracias por tu apoyo y confianza depositada en nosotros, en verdad lo aprecio tanto, **su apoyo en ese momento tan difícil fue de gran alivio para nosotros. Gracias por tu tiempo, te deseo lo mejor de lo mejor en tu vida personal y en tu vida profesional.**

A una de mis mejores amigas que tuve en mis días de estudiante sin duda es **ACT. LETICIA GARCIA VERGARA**, Lety tengo tanto que agradecerte, pero tanto, mujercita en nuestros años de aulas siempre me ayudaste muchisisisimo y no solo en lo referente a la escuela sino que tu amistad fue más allá y aún después de haber terminado la escuela nunca hemos dejado de vernos y sobre todo tu nunca has dejado de brindarme tu apoyo, gracias por esa revisión tan minuciosa que realizaste, por revisar cada detalle, una y otra vez, gracias por tu corazón y buena voluntad, te estoy muy agradecida por todo lo que me has apoyado en mi vida, Lety que sean muy felices tú y Hugo, en esa nueva vida juntos que les espera, te amo mucho Lety nunca dejare de agradecerte tanto, gracias.

A la **ACT. BEATRIZ ALCÁNTARA GONZÁLEZ**, gracias por tu apoyo en este trabajo, por tu revisión, tu tiempo y disposición, te deseo un gran éxito profesional pero sobre todo en tu vida personal.

Una de mis mejores amigas, **NORMA ANGELICA HERNÁNDEZ SOTELO**, gracias por todo lo que me has enseñado, estoy tan agradecido con Dios por que te puso en mi camino, sin duda eres la mujer que necesitaba, sé que desde que me conociste aquella tarde en el metro Miguel Ángel de Quevedo, creíste en las promesas de Dios y sabías que por duro que fuera mi corazón Dios podría transformarlo. Te agradezco tanto todas tus oraciones, ayunos, pero sobre todo por todas tus enseñanzas, por formar en mi convicciones muy profundas, por enseñarme a mar a Dios, por reir y llorar con migo. Y nuevamente te pido perdón por lo dura que fui contigo, créeme que no sabía lo que hacia. Normita espero y pronto puedas ver realizados tus sueños más profundos, yo también estoy orando por ello, **TE AMO EN EL AMOR DEL SEÑOR Y GRACIAS POR COMPARTIR CON MIGO ESE REGALO PRECIOSO DE VIDA. LUCAS 10 ver 30-37, 2 SAMUEL 1 ver 26**

**YAIXZAN MEDINA BARRERA**, Amor, me siento tan, pero tan dichosa de poder estar contigo y poder compartirte esto tan especial para mi, gracias por todo lo que le has dado a mi vida, eres una super, pero super alegría a mi vida, un gozo total, llegaste en el momento preciso cuando mas te necesitaba, gracias por todas tus llamadas, tus tarjetas, por "camilo", pero sobre todo por todo tu amor, por llevarme mucho a Dios, por escucharme, apoyarme, ayudarme, discipularme, cuando no se para donde seguir. También me siento muy feliz por ver como estas permitiendo que Dios transforme tu vida y tu corazón, gracias por amar a Dios, por morir a ti mismo, por ser en todo momento una inspiración en mi vida; por serle fiel a Dios,

También me alegra mucho saber que tu familia este en la Iglesia. Gracias por tu honestidad y sinceridad, pero sobre todo gracias por amar a DIOS. TE AMO PROFUNDAMENTE AMOR, ERES LA MAS GRANDE ALEGRÍA DE MI VIDA. MATEO 20 ver 26-28, ISAÍAS 41 ver 9-13, EFESIOS 3 ver 17-19, 1 PEDRO 1 ver 6-7

A otra gran amiga y carnalita, YABET GUTIERREZ OSIO, gracias por que abriste tu corazón desde el primer momento que te conocí, por desear ver el poder de Dios a través de mi vida, por creer que si podía =), me contagiaste de alegría y entusiasmo cuando más gris veía las cosas, cuando más necesitada ver lo que son los amigos en el Reino, admiro tu trabajo y servicio a Dios pero sobre todo tu fidelidad, (espero y pronto ver tu tesis). ERES UN GOZO A MI VIDA, TE AMO EN EL AMOR DEL SEÑOR. ROMANOS 9 ver 21, 1 JUAN 4 ver 18

MARIA LUISA ENRIQUEZ DÍAZ, Luisita mi discipula amada, te amo tanto, amo tu pocos años, y el amor que Dios a tenido para ti en tu vida, a veces he pensado cuando me hubiera gustado a tu edad estar con Dios, pero bueno para cada uno Dios tiene su momento, Luisa deseo decirte que no te conformes con lo que tienes, lucha sigue a delante, termina tu prepa, esfuérzate más por ser mejor, es hoy el tiempo, ya no te estés desanimando tanto mujercita ni pensando tanto las cosas. También espero y pronto veas realizado tu sueño de dicipular a alguien, (será increíble), pero para ello, tienes que pelear y aferrarte a las promesas de Dios, TE AMO MUCHO, EN EL AMOR DEL SEÑOR, gracias por todo, pero sobre todo por tu amistad. NEHEMÍAS 4 ver 17, PROVERBIOS 24 ver 10, ver 10 SANTIAGO 1 ver 2-8, HEBREOS 10 22-25, OSEAS 6 ver 4, ECLESIÁSTES 12 ver 1-3

A ESTHER CRUZ, mujercita gracias por tu amistad en todo este tiempo que hemos compartido, he aprendido mucho de ti y también se que tiene un corazón increíble y que si te lo propones puedes dar mucho a Dios, pero para ello tienes que luchar mucho, orar, ayunar, etc., se que puedes, se que Dios puede cambiar en tu corazón todas esas que te faltan. Estersita, vende todo lo que te falte, y que hoy te aleje de Dios. Muchas gracias por tu amistad y saludos a Susy, que siempre esta tan alegre. GRACIAS A LAS DOS, LAS AMO MUCHO. MATEO 13 ver 44, 1 CORINTIOS 13 ver 1-13, FILIPENSES 2 ver 5-11

A ILIANA TERRON REYNA, mujercita verdaderamente deseo verte feliz, gozosa, alegre, tu sabes como, tu Iliana sabes bien como hacerlo, solo que tu corazón no ha querido, te pido y ores por tener ojos muy espirituales y darte cuenta, para que ya no te engañe mas tu corazón. También deseo pedirte que no dejes de aferrarte a las promesas de Dios, aferrate, determinate, apasionate, todo es posible y se que pronto también tu tendrás tu Tesis en tus manos, solo necesitamos luchar muchísimo por nuestros ideales. Gracias por el tiempo compartido, por seguir siendo una mujer fiel a Dios, y deseo profundamente ver el poder de DIOS en tu vida. TE AMO EN EL AMOR DEL SEÑOR. NEHEMÍAS 4 ver 17, MATEO 14 ver

38, LUCAS 21 ver 34-36, LUCAS 7 ver 47, PROVERBIOS 20 ver 5, HEBREOS 2 ver 7-15

Por último, quiero darle las gracias a todas aquellas personas que definitivamente Dios puso en mi camino en esos años de escuela, gracias a todas ellas, sin la ayuda de muchos de ellos hubiera sido mucho más difícil, pero gracias por haber estado aquí y haber sido mis amigos.....

GRACIAS A DIOS NUEVAMENTE Y A TODOS USTEDES

CON TODO MI AMOR

SUSANA  
JULIO DE 2001

# "Análisis y Aplicación de Inversiones en base al Costo Ponderado de Capital"

## Índice

Introducción .....	1
1. Introducción al Riesgo y Rendimiento	
1.1 Tasas de rendimiento .....	4
1.2 El entorno actual .....	5
1.3 Valor esperado y medidas de riesgo del portafolio .....	10
1.3.1 Rendimiento esperado, varianza, desviación estándar .....	12
1.3.2 Coeficiente de correlación y covarianza .....	14
1.3.3 Rendimiento esperado de un portafolio .....	17
1.3.4 Varianza y desviación estándar de un portafolio .....	19
1.4 Riesgo y diversificación .....	21
1.4.1 El efecto de la diversificación .....	21
1.4.2 Medidas de riesgo de un portafolio de N títulos .....	22
1.4.3 El conjunto eficiente para dos o más títulos .....	25
1.4.4 Determinación del portafolio óptimo .....	31
2. Riesgo, Rendimiento y el Modelo para la Valoración de Activos de Capital	
2.1 La beta ( $\beta$ ) como medida de riesgo .....	34
2.1.1 El cálculo de la beta .....	34
2.2 Relación entre riesgo y rendimiento .....	39
2.2.1 El riesgo como variación del rendimiento .....	41
2.3 Reducción del riesgo a través de la diversificación .....	43
2.4 Riesgo sistemático y riesgo no sistemático .....	44
2.5 Riesgo, rendimiento y equilibrio de mercado .....	45
2.6 Modelo para la valoración de activos de capital (Capital Asset Pricing Model, CAPM) .....	46
3. Estructura de Capital, Costo de Capital y Costo Ponderado de Capital	
3.1 El costo de capital .....	54
3.1.1 Apalancamiento operativo y apalancamiento financiero .....	55
3.2 El costo de capital y el costo ponderado de capital de la empresa .....	61
3.3 Los impuestos y el costo ponderado de capital .....	64
3.4 Cálculo e interpretación del costo ponderado de capital .....	67
3.4.1 Como afectan los cambios en la estructura de capital a los rendimientos esperados .....	68
3.4.2 Cambios en la estructura de capital y su impacto en la Beta .....	69
3.5 Aplicación del CAPM a las finanzas corporativas .....	71
3.6 El CAPM y las tasas ajustadas con el riesgo .....	73
3.7 Betas apalancadas y el costo de capital contable .....	74

3.7.1 El efecto del apalancamiento financiero en la Beta .....	74
3.8 Proposición I de Modigliani y Miller (sin impuestos) .....	81
3.9 Proposición II de Modigliani y Miller (sin impuestos) .....	84
3.9.1 Valor del ahorro fiscal .....	87
3.9.2 Proposición I de Modigliani y Miller (con impuestos corporativos) .....	89
3.9.3 Proposición II de Modigliani y Miller (con impuestos corporativos) .....	90
3.9.4 El costo ponderado de capital y los impuestos corporativos .....	93
4. Caso I de Financiamiento: "Empresa Petrolera Pioneer"	
4.1 Antecedentes .....	94
4.2 Costo ponderado de capital .....	95
4.3 Costos de capital divisional .....	96
4.4 Análisis y premisas de la dirección .....	97
4.5 Anexo I .....	99
4.6 Anexo II .....	99
4.7 Solución general del caso I de financiamiento .....	100
5. Caso II de Financiamiento "Corporativo Marriot"	
5.1 Antecedentes .....	105
5.2 Estrategia financiera .....	107
5.2.1 Administración vs compra de activos hoteleros .....	107
5.2.2 Invertir en proyectos que incrementen el valor para el accionista .....	107
5.2.3 Optimizar el uso de la deuda en su estructura de capital .....	108
5.2.4 Arbitraje de las acciones de la empresa .....	108
5.3 Costo de capital .....	109
5.4 Capacidad de endeudamiento y el costo de la deuda .....	109
5.5 Costo de capital contable .....	110
5.6 Estados financieros de la empresa .....	113
5.7 Solución general del caso II de financiamiento .....	118
6 Conclusiones .....	132
7. Bibliografía .....	134

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es sobre el análisis y cálculo del Costo de Capital y Costo Ponderado de Capital, que es el procedimiento por el cual se analizan y seleccionan las decisiones de gastos e inversiones de capital en activos o proyectos que proveerán beneficios o utilidades más allá de un período de tiempo, estas decisiones influyen y muchas veces determinan la sobre vivencia y el crecimiento a largo plazo de la empresa.

Hablar del futuro es hablar de incertidumbre sobre todo si se trata a muy largo plazo; además casi todo lo que rodea a los elementos para el presupuesto de capital presenta un grado de incertidumbre, desde la estimación de los beneficios o utilidades de un activo o proyecto, hasta las tasas de interés, inflación o inclusive impuestos.

A continuación presentaremos una descripción del contenido de cada capítulo:

En el capítulo uno iniciamos con un repaso del uso y relación entre las tasas de interés real y nominal. Así como una descripción de las tasas de rendimiento que se obtuvieron en el pasado para varias inversiones, y el rendimiento extra que los inversionistas han recibido por invertir en títulos con riesgo frente a títulos sin riesgo.

Después analizamos la teoría básica para entender los modelos de selección de portafolios de inversión y lo que el inversionista está dispuesto a arriesgar a cambio de mejores ganancias, definiendo las principales medidas de riesgo del portafolio: la varianza, la desviación estándar, la correlación y la covarianza, con sus características y su enfoque de solución.

Nuestro objetivo en el segundo capítulo es definir y medir el riesgo de las acciones comunes. Veremos en esta parte que el riesgo depende de la exposición a los acontecimientos macroeconómicos y puede medirse como la sensibilidad de los rendimientos de las acciones respecto a las fluctuaciones de los rendimientos del portafolio de mercado. Esta sensibilidad se denomina la beta de la acción, que denotaremos como  $\beta$ .

Por último definimos el concepto de diversificación. La mayoría de los inversionistas no arriesgan su dinero en una misma inversión, es decir no se enfrentan con el riesgo de cada título de forma aislada. Entonces necesitamos distinguir entre el riesgo que puede ser eliminado mediante la diversificación y el riesgo que no puede eliminarse.

Con las anteriores herramientas definimos el Modelo para la Valoración de Activos de Capital (Capital Asset Pricing Model, CAPM), el cual es el modelo más importante en el presupuesto de capital, y damos los supuestos básicos del modelo.

En el tercer capítulo hablamos del Costo de Capital y del Costo Ponderado de Capital. En donde veremos que algunas empresas se financian con una mezcla de títulos que incluyen acciones comunes, bonos y en ocasiones acciones preferentes u otros títulos. Cada uno de estos títulos tiene un riesgo diferente y por lo tanto sus inversionistas exigen diferentes tasas de rendimiento. En estas circunstancias, el costo de capital de la empresa no es igual a la tasa de rendimiento esperado de las acciones comunes. Depende del rendimiento esperado de todos los títulos que la empresa ha emitido. Mostraremos cómo se calcula el costo de capital de la empresa cuando ésta se financia con una mezcla de capital propio y deuda. Veremos como se utiliza esta cifra para encontrar la tasa de descuento adecuada para un nuevo proyecto. Explicaremos cómo los directivos financieros traducen los riesgos y rendimientos de los títulos emitidos por la empresa en tasas exigidas de rendimiento de los proyectos de inversión en capital.

Las funciones de las finanzas comprenden tres decisiones importantes que tiene que tomar la empresa: la decisión de inversión, la de financiamiento y la de dividendos. Cada una de ellas debe ser considerada con relación al objetivo de la empresa: la combinación óptima de las tres producirá el máximo valor de la empresa para sus accionistas. Debido a la vinculación que existe entre las decisiones, es necesario considerar su repercusión global sobre el precio del mercado de las acciones de la empresa.

El directivo financiero se enfrenta a dos problemas básicos. Primero, ¿cuánto debería invertir en la empresa, y en qué activos debería hacerlo?, segundo, ¿cómo deberían conseguirse los fondos necesarios para tales inversiones?. La respuesta a la primera pregunta es la decisión de inversión o presupuesto de capital de la empresa. La respuesta a la segunda pregunta es la que se refiere al financiamiento. El directivo financiero intenta encontrar las respuestas específicas que permitan que los accionistas de la empresa ganen todo lo que sea posible. Así podríamos decir que una buena decisión de inversión es la que se materializa en la compra de un activo real que valga más de lo que cuesta.

Finalmente analizamos las proposiciones I y II de Franco Modigliani y Merton Miller, que nos dicen que la contratación de deuda tendrá un efecto benéfico, siempre y cuando el rendimiento que originaban los activos de la empresa sea mayor al que se tenía antes de contraer la deuda. Por lo tanto, no existe razón para que una empresa evite la contratación de deuda, sin embargo surge una nueva pregunta: ¿en qué proporción, con respecto al capital contable, se debe adquirir

una nueva deuda?, o dicho en otras palabras: ¿qué cantidad de deuda se contratará?

En estas proposiciones se relaciona el Costo Ponderado de Capital y la estructura financiera corporativa. Además sugieren por una parte, que la estructura financiera adoptada por una empresa no influye en el Costo Ponderado de Capital de la misma (son independientes) y, en su contraparte, que la empresa debe endeudarse al 100%, esto es, financiar sus activos sin tener capital contable invertido.

Entre los extremos mencionados, debe existir una estructura financiera óptima en la que se mezclen deuda y capital contable, en una proporción tal que, su Costo Ponderado de Capital se minimice y el valor de mercado de la empresa alcance su máximo valor.

La teoría tradicional de financiamiento entiende y afirma que distintos niveles de endeudamiento repercuten sobre el valor de mercado del corporativo y, por lo tanto, en el Costo Ponderado de Capital del mismo. Parece que, por razones de riesgo, el costo de la deuda es menor que el costo de fondos propios. Ambos, a medida que se incrementa la deuda, tienen una evolución creciente. El Costo Ponderado de Capital se comporta en una porción, de manera decreciente hasta alcanzar un mínimo, para comenzar entonces a crecer.

Finalmente aterrizaremos nuestro estudio en el análisis y aplicación a dos Empresas reales: La Empresa Petrolera "PIONEER" y El Corporativo "MARRIOT", en las que realizaremos la decisión de financiamiento óptimas, mediante el cálculo de su correcto Costo Ponderado de Capital.

## CAPÍTULO 1 "INTRODUCCIÓN AL RIESGO Y RENDIMIENTO"

### 1.1 TASAS DE RENDIMIENTO

Iniciaremos nuestro estudio haciendo una revisión de las diferentes tasas de rendimiento. Primero pongámonos de acuerdo en ¿qué entendemos por tasa de rendimiento?.

La tasa de rendimiento de una inversión es igual a las unidades monetarias (que de ahora en adelante abreviaremos como u.m.) ganadas por período por cada u.m. invertida.

Al hablar de rendimiento debemos estar conscientes de que existe una tasa nominal y una tasa real. Esto establece el número de u.m. que se recibirán sin considerar una posible inflación.

Definamos ahora la *tasa de rendimiento nominal* como la que mide cuánto dinero de más se tiene al final de un período de tiempo, si se invierte hoy y como *tasa de rendimiento real* aquella que nos indica cuánto de más se podrá comprar con el dinero al final del período de tiempo.

Para hacer la conversión de tasas de rendimiento nominales en reales utilizamos la siguiente fórmula:

$$1 + \text{Tasa de Rendimiento Real} = \frac{1 + \text{Tasa de Rendimiento Nominal}}{1 + \text{Tasa de Inflación}^1} \quad (1.1)$$

---

<sup>1</sup> En un período dado la inflación mide el cambio porcentual en el nivel general de precios. Si  $P$  es el nivel de precios al final del período  $t$ , y  $\hat{P}_t$  el valor correspondiente al final del período  $(t-1)$  entonces la inflación ( $\hat{P}_t$ ) se define como:

$$\hat{P}_t = \frac{(P_t - \hat{P}_t)}{\hat{P}_t} \quad (1)$$

de modo que  $\frac{P_t}{\hat{P}_t} = 1 + \hat{P}_t$

Así,  $(r)$  la tasa de interés real se obtiene por medio de  $(1 + r) = \frac{P_t(1 + i)}{\hat{P}_t}$  (\*)

de (1) sabemos que  $\frac{P_t}{\hat{P}_t} = \frac{1}{(1 + \hat{P}_t)}$   $\Rightarrow$

$$(1 + r) = \frac{(1 + i)}{(1 + \hat{P}_t)} \quad (3)$$

Por lo tanto  $(1 + r)(1 + \hat{P}_t) = (1 + i) \Rightarrow$

$$1 + P_{t-1} + r + rP_{t-1} = (1 + i)$$

Como  $rP_{t-1}$  normalmente tiende a ser muy pequeño

$$r = i - P_{t-1}$$

Ejemplo:

Si compramos una acción o un bono, el rendimiento proviene de dos partes:

- a) Rendimiento o pago de interés
- b) Ganancia o pérdida de capital

Supongamos que compramos una acción de la Empresa X1 a principios del 2000, cuando su precio era de 49 u.m. y al final del año la acción se apreció a 87 u.m. proporcionando una ganancia de capital de  $87 \text{ u.m.} - 49 \text{ u.m.} = 38 \text{ u.m.}$  por acción. Además de que en el 2000 la Empresa X1 pagó un dividendo de 0.15 u.m. por acción, el porcentaje de rendimiento de su inversión entonces fue:

$$\begin{aligned}\text{Porcentaje de Rendimiento} &= \frac{\text{Ganancia de Capital} + \text{Dividendo}}{\text{Precio Inicial por Acción}} \\ &= \frac{38 \text{ u.m.} + 0.15 \text{ u.m.}}{49 \text{ u.m.}} = 0.779 \text{ ó } 77.9\%\end{aligned}$$

Este rendimiento calculado para la acción de la Empresa X1 es un rendimiento nominal y para determinar la tasa de rendimiento real aplicamos la fórmula (1.1). Suponiendo que en 1998 la inflación fue de 2.9%, podemos calcular el rendimiento real de las acciones de la Empresa X1 de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}1 + \text{Tasa de rendimiento real} &= \frac{1 + 0.779}{1 + 0.029} \\ &= 1.728\end{aligned}$$

Entonces la tasa de rendimiento real es 0.728 ó 72.8%.

## 1.2 EL ENTORNO ACTUAL

En el ejemplo anterior que al comprar la acción de la Empresa X1 obtuvimos un rendimiento alto. Pero en la realidad, al comprar una acción no se nos garantiza que esto suceda.

A lo largo de la historia de los rendimientos de los títulos se han conseguido altos y bajos rendimientos, esto debido al riesgo al que se enfrentan los inversionistas; por ello haremos una revisión de la relación riesgo-rendimiento que los inversionistas experimentaron en el pasado.

Iniciaremos nuestra revisión mencionando los principales Índices de Mercado, un índice mide el valor de una variable en el tiempo, teniendo como base una fecha

determinada. Un índice de precios de acciones representa el valor de un conjunto de títulos accionarios en el tiempo.

Expliquemos más claramente esto. La mayoría de nosotros hemos escuchado hablar de los centros bursátiles, donde diariamente se negocian instrumentos financieros, tanto del Mercado de Capitales como del Mercado de Dinero, en México contamos con la Bolsa Mexicana de Valores.

Dentro de los Centros Bursátiles más importantes está la Bolsa de Nueva York (New York Stock Exchange) en donde diariamente se negocian cerca de 1,700 acciones comunes, casi 1,000 se negocian en la Bolsa de América (American Stock Exchange) y bolsas regionales, y más de 4,000 se negocian a través de una red de agentes intermediarios mediante terminales de computadoras y teléfonos.

Para los analistas financieros es difícil hacer un seguimiento del comportamiento de cada acción, de forma que ellos confían en los índices de mercado para conocer el rendimiento de las diferentes clases de títulos.

El índice de mercado más conocido en los Estados Unidos es el Dow Jones Industrial Average, calculado por primera vez en 1896, normalmente conocido como el Dow. El Dow toma el resultado de un portafolio que invierte una acción en cada una de 30 empresas grandes. Por ejemplo supongamos que el Dow comienza el día en un valor de 3,500 y entonces aumenta en 35 puntos a un nuevo valor de 3,535. Los inversionistas que tienen una acción en cada una de las 30 empresas realizan una ganancia de capital en su portafolio de  $35/3,500 = 0.01$  ó 1 por ciento, (los índices del mercado de capitales recogen el valor de mercado del portafolio. Para calcular el rendimiento total del portafolio necesitaríamos también sumar cualquier dividendo que se reparta).

Para mucha gente el Dow Jones está lejos de ser la mejor medida del comportamiento del mercado de títulos; argumentan que las acciones de 30 de las más grandes empresas no resultan ser tan representativas de las acciones de todo el mercado; además de que los inversionistas normalmente no mantienen un número de acciones igual en cada empresa.

Como un índice más amplio tenemos al Standard and Poor, mejor conocido como el S&P500, que incluye las acciones de las 500 empresas más grandes y por lo tanto es un índice mucho más confiable que el Dow. S&P500 mide el resultado de un portafolio compuesto por acciones de cada empresa en proporción al número de acciones que han sido emitidas.

Sólo una pequeña proporción de las 7,000 empresas que cotizan en la Bolsa están representadas en el S&P500. Sin embargo, estas empresas están entre las mayores del país y ellas comprenden aproximadamente el 70 por ciento del valor de los

títulos negociados. Existen otros índices para este mercado y también para los mercados de cada país.

Los rendimientos históricos de los índices del mercado de acciones o de bonos nos proporcionan una idea de los resultados típicos de las diferentes inversiones. Estudios realizados por Ibbotson Associates desde 1926, miden el comportamiento de varios portafolios de títulos. Donde se incluyen:

- 1.- Un portafolio de préstamos a tres meses emitidos cada semana por el Gobierno de Estados Unidos. Estos préstamos se conocen como Treasury bills (refiriéndonos en adelante como T-bills).
- 2.- Un portafolio de Bonos del Tesoro a largo plazo emitidos por el Gobierno de Estados Unidos y vencimiento dentro de 20 años.
- 3.- Un portafolio de bonos a largo plazo emitidos por las mayores empresas de Estados Unidos.
- 4.- Un portafolio de acciones de las 500 empresas más grandes que forman el Índice Standard and Poor.

Estos portafolios presentan diferentes grados de riesgo. Los T-bills son emitidos por el Gobierno Federal de los Estados Unidos, podemos estar seguros, que se devolverá el dinero. Su vencimiento a corto plazo significa que sus precios son relativamente estables.

Para los bonos del Tesoro a largo plazo es también seguro que se devolverá el dinero cuando llegue el vencimiento, pero los precios de estos bonos fluctúan más a medida que los tipos de interés varían. Cuando las tasas de interés caen, el valor del portafolio de bonos a largo plazo aumenta; cuando las tasas de interés aumentan, el valor del portafolio de bonos disminuye.

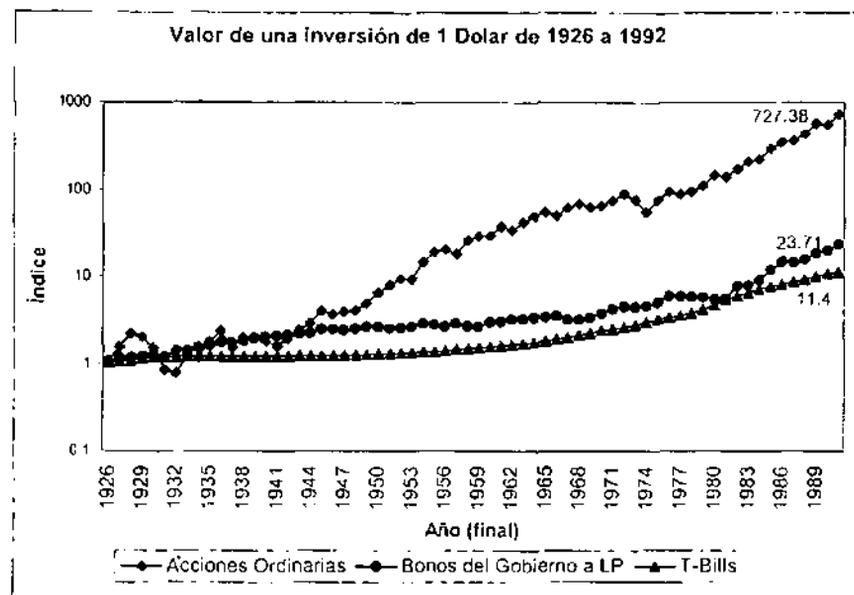
Una inversión en bonos de empresas está también sujeta al riesgo de las fluctuaciones de los tipos de interés y se tiene el riesgo adicional de que la empresa pueda ir a la bancarrota y no pueda hacer frente a todas sus deudas.

Las acciones comunes son las más arriesgadas de los cuatro grupos de títulos. Cuando se invierte en estos instrumentos, no existe la promesa de que se recibirá de nuevo el dinero. Los propietarios de una parte de la empresa, reciben lo que queda una vez que los bonos y cualquier otra deuda hayan sido pagados.

La gráfica 1.1 muestra los resultados de la inversión en T-bill, Bonos del Tesoro y acciones desde 1926. La gráfica muestra cuánto hubiera crecido una u.m. invertida desde 1926 hasta finales de 1992 suponiendo que todos los dividendos o renta de intereses hubieran sido invertidos en el portafolio.

Como podemos observar en nuestra primer gráfica, las acciones comunes fueron la inversión más arriesgada, pero ellas también ofrecieron las mayores ganancias.

Gráfica 1.1



Una u.m. invertida en 1926 en un portafolio de acciones del S&P500 habría crecido a 727 u.m. en 1992. En el otro extremo, una inversión de una u.m. en T-bills habría acumulado únicamente 11.40 u.m. e invertida en Bonos del Tesoro habría crecido a 23.71 u.m..

A continuación presentamos la Tabla 1.1 con la información de las tasas promedio de rendimiento de los T-bills, Bonos del Tesoro, Bonos de empresas y acciones comunes de 1926-1992

Tabla 1.1

Portafolio	Tasa de rendimiento medio anual (nominal)	Tasa de rendimiento medio anual (real)	Prima de riesgo (rendimiento extra frente a T-bills)
T-bills	3.8	0.6	
Bonos del Tesoro	5.2	2.1	1.4
Bonos de empresas	5.8	2.7	2.0
Acciones comunes	12.4	9.0	8.6

Fuente: © *Stocks, Bonds, and Inflation 1993 Year-Book*<sup>TM</sup>, Ibbotson Associates, Chicago (trabajo actualizado anualmente por Roger G. Ibbotson y Rex A. Sinquefeld).

Como podemos observar en la tabla 1.1, los T-bills, tuvieron la menor tasa de rendimiento 3.8 por ciento al año en términos nominales y 0.6 por ciento en términos reales. En otras palabras, la tasa de inflación media a lo largo de este periodo fue aproximadamente 3.2 por ciento al año. Los bonos del Gobierno a largo plazo proporcionaron rendimientos ligeramente superiores a los T-bills. Esta diferencia se denomina prima por plazo; entendiéndose por está el rendimiento extra medio derivado de invertir en títulos del gobierno a largo plazo en lugar de a corto plazo.

Los bonos de las empresas dieron mayores rendimientos. Las acciones comunes son un grupo especial. Los inversionistas que aceptaron el riesgo de las acciones comunes recibieron un rendimiento extra de 8.6 por ciento anual sobre el rendimiento de los T-bills. Esta compensación por asumir el riesgo de las acciones comunes se conoce como la prima de riesgo. O dicho de otra manera la prima de riesgo es el rendimiento esperado en exceso sobre el rendimiento libre de riesgo como compensación por el riesgo.

Es importante tener un registro amplio de las tasas de rendimiento medio, por que las tasas de rendimiento anual de las acciones comunes fluctúan tanto que la media tomada para un periodo corto de tiempo es muy poco realista. Esto se debe a la inestabilidad del mercado, ya que en ocasiones se puede recibir un rendimiento muy inferior al esperado, y otras ocasiones se recibe un rendimiento superior. Calculando la media del rendimiento entre los años buenos y los malos, se obtiene una idea sensata del rendimiento que los inversionistas podrían esperar.

Lo anterior nos dio una idea del rendimiento medio que un inversionista espera ganar de una inversión en un portafolio compuesto por acciones comunes. ¿Qué tiene esto que ver con el costo del capital?. Supongamos que existe un proyecto de inversión del que se sabe -sin precisar cómo- que tiene el mismo riesgo que una inversión en el portafolio de acciones del índice compuesto de Standard & Poor. Diremos que tiene el mismo grado de riesgo que el portafolio de mercado de acciones comunes. Esto es aproximado, ya que el S&P500 no incluye todos los títulos negociados en Estados Unidos, y muchos menos en los mercados mundiales.

En lugar de invertir en el proyecto, los accionistas podrían directamente invertir en este portafolio de mercado de acciones comunes. En consecuencia, el costo de oportunidad del capital para su proyecto es el rendimiento que los inversionistas esperarían ganar en el portafolio de mercado. Esto es lo que ellos esperarían recibir por invertir dinero en su proyecto. El problema de estimar el costo de oportunidad del capital del proyecto se reduce a estimar la tasa esperada de rendimiento actual del portafolio de mercado.

Una forma de estimar la tasa esperada de rendimiento es suponer que el futuro será como el pasado y que los inversionistas hoy esperan recibir la tasa media de rendimiento presentado en la Tabla 1.1. En este caso, se consideraría que el rendimiento del mercado esperado hoy es el 12.4% (el rendimiento medio pasado del mercado).

Pero este cálculo no es el más adecuado porque los inversionistas no exigen cada año el mismo rendimiento a las inversiones en acciones comunes. Por ejemplo, las tasas de interés de los T-bills varían a lo largo del tiempo. Para el año de 1981 los T-bills ofrecieron un rendimiento del 14 por ciento, esto representa más de 10 puntos porcentuales por encima del 3.8 por ciento del rendimiento medio de los T-bills presentado en la Tabla 1.1.

Un procedimiento mejor es tomar el tipo de interés actual de los T-bills más la prima de riesgo media mostrada en la Tabla 1.1, así en el año de 1981, cuando el tipo de los T-bills era 14 por ciento, hubiéramos obtenido

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento esperado} &= \text{Tipo de interés de los} + \text{Prima de riesgo} \\ \text{del mercado 1981} & \quad \text{T-bills (1981)} \\ &= 14\% + 8.6\% = 22.6\% \end{aligned}$$

El primer término del lado derecho nos dice el valor esperado del dinero en 1981; el segundo término mide la compensación por el riesgo. La suma de los dos términos nos dice la compensación por esperar (valor en el tiempo) y la compensación por preocuparse (riesgo).

Este cálculo supone que hay una prima de riesgo sobre el portafolio de mercado, de forma que la prima de riesgo esperada futura puede estimarse por la prima de riesgo media del pasado. Podríamos debatir esta hipótesis, pero ella nos da de manera razonable una idea del rendimiento esperado.

Con esto sabemos que el costo de oportunidad del capital de los proyectos sin riesgo debe ser la tasa de rendimiento ofrecida por los T-bill y sabemos que el costo de oportunidad del capital para proyectos de riesgo promedio debe ser la tasa de rendimiento esperado del portafolio de mercado.

Hemos visto en estos resultados, lo inestable que se comporta el mercado y el riesgo al que están expuestos los inversionistas, debido a ello continuaremos nuestro estudio con el análisis de las diferentes medidas para reducir el riesgo.

### 1.3 VALOR ESPERADO Y MEDIDAS DE RIESGO DEL PORTAFOLIO

En esta parte vamos a analizar el riesgo, rendimiento y las características de los títulos individuales cuando forman parte de un portafolio. En particular,

analizaremos el rendimiento esperado, la varianza, la desviación estándar, la covarianza y la correlación.

Iniciaremos dando las definiciones que nos serán útiles para el desarrollo de nuestro tema:

**Rendimiento Esperado.** Es el rendimiento que un inversionista espera que su inversión gane en el periodo siguiente. Puesto que ésta es sólo una expectativa, está claro que el rendimiento real puede ser mayor o menor. La expectativa de una persona puede ser simplemente el rendimiento promedio por periodo que ha ganado en periodos anteriores. Conceptualmente el promedio de todas las mediciones de la población estadística es la media poblacional ( $\mu$ ), el promedio muestral se denotará por ( $\bar{x}$ ):

Poblacional:

$$\mu = \frac{\sum X_i}{N} \quad E[X] = \sum p_i x_i$$

Muestral:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

donde:  $p_i$  es la probabilidad de ocurrencia del evento  $x_i$ .

**Varianza y Desviación Estándar.** Existen muchas maneras de valorar los cambios del rendimiento de un título; una de las más comunes es la varianza, que se mide como la esperanza del cuadrado de las desviaciones del rendimiento de un título respecto a la estimación de su rendimiento esperado. La desviación estándar, que es la raíz cuadrada de la varianza, se puede considerar como una versión estandarizada de la varianza.

De esta manera definimos a la varianza poblacional como:

$$\text{VAR}(R) = \sigma^2 = E[R - \bar{R}]^2 \quad \text{ó} \quad \text{VAR}(R) = \sum_{i=1}^N P_i (R_i - E[R])^2 \quad \text{ó} \quad \sigma^2 = \frac{\sum (R_i - \mu)^2}{N}$$

Donde:  $P_i$  es la probabilidad de ocurrencia del evento  $R_i$

Desviación Estándar de  $R = \sigma(R) = \sqrt{\text{Var}(R)}$

donde  $R$  es una variable aleatoria y  $\bar{R}$  es el rendimiento esperado. La desviación estándar y la varianza son las medidas de riesgo del rendimiento del título.

Si lo que tenemos es una muestra tomada de una población entonces se toman los valores muestrales para hacer una estimación de  $\sigma^2$  que es desconocida:

$$s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

entonces la desviación estándar estimada es:

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

**Covarianza y Correlación.** Los rendimientos de los títulos de diferentes tipos se relacionan entre sí. La covarianza es una medida estadística de la interacción entre dos títulos; de modo alternativo se puede expresar esta interacción en términos de la correlación entre ellos. La covarianza y la correlación son fundamentales para determinar la contribución de un título al riesgo del portafolio, como se analizará en el siguiente capítulo.

Las fórmulas de la covarianza y la correlación pueden expresarse algebraicamente como:

$$\text{Cov}(R_{X1}, R_{X2}) = \sigma_{X1X2} = \frac{1}{(N-1)} \sum (R_{X1} - \bar{R}_{X1})(R_{X2} - \bar{R}_{X2}) \quad (1.3.1)$$

donde  $R_{X1}$  y  $R_{X2}$  son los rendimientos de la Empresa X1 y la Empresa X2.  $\bar{R}_{X1}$  y  $\bar{R}_{X2}$  son los rendimientos esperados de los dos títulos.

$$\text{Corr}(R_{X1}, R_{X2}) = \rho_{X1X2} = \frac{\text{Cov}(R_{X1}, R_{X2})}{(\sigma_{X1})(\sigma_{X2})}$$

donde  $R$  es una variable aleatoria y  $\bar{R}$  es el rendimiento esperado. La covarianza como observamos, se denota por  $\sigma_{X1X2}$  y la correlación por  $\rho_{X1X2}$ .

### 1.3.1 Rendimiento Esperado, Varianza y Desviación Estándar

Nos apoyaremos en un ejemplo para entender mejor el cálculo de estas medidas estadísticas.

Supongamos que tenemos cuatro estados económicos igualmente posibles (población total de resultados): depresión, recesión, normalidad, y prosperidad. Se espera que los rendimientos de la Empresas X1, sigan de cerca el curso de la

economía, en tanto que se espera que los rendimientos de la Empresa X2 no lo hagan, enseguida, presentamos los valores esperados de los rendimientos:

	Empresa X1	Empresa X2
	$R_{X1}$	$R_{X2}$
Depresión	-15	10
Recesión	15	25
Normalidad	35	-7
Prosperidad	55	14

Desarrollemos los cálculos para obtener el rendimiento esperado, varianza y desviación estándar

Primero calculemos el rendimiento esperado para la Empresa X1

$$\bar{R}_{X1} = \frac{-0.15 + 0.15 + 0.35 + 0.55}{4} = 0.225 \text{ ó } 22.5\%$$

Ahora para la Empresa X2

$$\bar{R}_{X2} = \frac{0.10 + 0.25 - 0.07 + 0.14}{4} = 0.12 = 0.105 \text{ ó } 10.5\%$$

Calculemos, para cada empresa, su varianza y desviación estándar:

Empresa X1:

$$S^2_{X1} = \frac{(-0.15 - 0.225)^2 + (0.15 - 0.225)^2 + (0.35 - 0.225)^2 + (0.55 - 0.225)^2}{4} =$$

$$S^2_{X1} = \frac{(-0.375)^2 + (-0.075)^2 + (0.125)^2 + (0.325)^2}{4} =$$

$$S^2_{X1} = \frac{(0.140625) + (0.005625) + (0.015625) + (0.105625)}{4} = \frac{0.2675}{4} = 0.066875$$

Empresa X2:

$$S^2_{X2} = \frac{(0.10 - 0.105)^2 + (0.25 - 0.105)^2 + (-0.07 - 0.105)^2 + (0.14 - 0.105)^2}{4} =$$

$$S^2_{X2} = \frac{(-0.005)^2 + (0.145)^2 + (-0.175)^2 + (0.035)^2}{4} =$$

$$S^2_{X2} = \frac{(0.000025) + (0.021025) + (0.030625) + (0.001225)}{4} = \frac{0.0529}{4} = 0.013225$$

<sup>2</sup> En la vida real, los modelos por lo general son tan grandes que usar N ó N-1 en el denominador carece virtualmente de efecto en el cálculo de la varianza.

Por lo tanto, la varianza de la Empresa X1 es 0.066875 y la varianza de la Empresa X2 es de 0.013225.

Seguimos con el cálculo de la Desviación Estándar sacando la raíz cuadrada de la varianza:

Empresa X1:

$$S(R_{X1}) = \sqrt{0.066875} = 0.2586 \text{ ó } 25.86\%$$

Empresa X2:

$$S(R_{X2}) = \sqrt{0.013225} = 0.1150 \text{ ó } 11.50\%$$

### 1.3.2 Coeficiente de Correlación y Covarianza

Ahora queremos establecer la relación entre el rendimiento de dos acciones. Para hacer que nuestro análisis sea más preciso, necesitamos medidas estadísticas de la relación entre dos variables: la covarianza y la correlación.

La covarianza y la correlación son maneras de medir si dos variables aleatorias se relacionan, y cómo se relacionan. Explicaremos estos términos con los datos del ejemplo anterior.

Ya hemos determinado los rendimientos esperados y las desviaciones estándar de las Empresas X1 y X2. Los rendimientos esperados de la Empresa X1 y X2 son de 0.225 y 0.1050, respectivamente, y las desviaciones estándar son de 0.2586 y 0.1150, respectivamente. Además, calculamos para cada empresa la desviación de cada rendimiento posible del rendimiento esperado. Usando estos datos, se puede calcular en dos pasos la covarianza. Es necesario un paso adicional para calcular la correlación.

Para cada estado de la economía, multiplicamos la desviación de la empresa X1 respecto de su rendimiento esperado por la desviación de la empresa X2 de su rendimiento esperado. Por ejemplo, la tasa de rendimiento de la empresa X1 en depresión es de -0.15, que es -0.375 (-0.15 - 0.225) de su rendimiento esperado. La tasa de rendimiento de la Empresa X2 en depresión es de 0.10, que es de -0.005 (0.10 - 0.105) de su rendimiento esperado. Multiplicando estas dos desviaciones tenemos 0.001875 [(-0.375)(-0.005)].

Calculemos la covarianza con la fórmula (1.3.1):

$$\text{Cov}(R_{X1}, R_{X2}) = \frac{[(-0.15-0.225)(0.10-0.105) + (0.15-0.225)(0.25-0.105) + (0.35-0.225)(-0.07-0.105) + (0.55-0.225)(0.14-0.105)]}{4} =$$

$$\text{Cov}(R_{X1}, R_{X2}) = \frac{[(-0.375)(-0.005) + (-0.075)(0.145) + (0.175)(-0.175) + (0.325)(0.035)]}{4} =$$

$$\text{Cov}(R_{X1}, R_{X2}) = \frac{[(0.001875) + (-0.010875) + (-0.021875) + (0.011375)]}{4} =$$

$$\text{Cov}(R_{X1}, R_{X2}) = \frac{-0.0195}{4} = -0.004875$$

$$\sigma_{X1X2} = \text{Cov}(R_{X1}, R_{X2}) = -0.004875$$

Supongamos que el rendimiento de la Empresa X1 por lo general es mayor que su promedio cuando el rendimiento de la Empresa X2 es mayor que su promedio, y que el rendimiento de la Empresa X1 por lo general es menor que su promedio cuando el rendimiento de la Empresa X2 es menor que su promedio. Esto indica una dependencia o relación positiva entre los dos rendimientos. Véase que el término de la ecuación (1.3.1) será positivo en cualquier estado en que ambos rendimientos sean mayores que sus promedios. Además, la ecuación (1.3.1) aún será positiva en cualquier estado en el que ambos términos sean menores que sus promedios. Así, una relación positiva entre los dos rendimientos dará lugar a un cálculo positivo de la covarianza.

Por el contrario, suponga que el rendimiento de la Empresa X1 generalmente es mayor que su promedio cuando el rendimiento de la Empresa X2 es menor que su promedio y que el rendimiento de la Empresa X1 por lo general es menor que su promedio cuando el rendimiento de la Empresa X2 es mayor que su promedio. Esto indica una dependencia o relación negativa entre los dos rendimientos. Véase que el término de la ecuación (1.3.1) será negativo en cualquier estado en que un rendimiento sea mayor que su promedio y el otro sea menor que su promedio. De este modo, una relación negativa entre los dos rendimientos dará lugar a un cálculo negativo de la covarianza.

Finalmente, supongamos que no existe ninguna relación entre los dos rendimientos. En este caso, saber si el rendimiento de la Empresa X1 es mayor o menor que su rendimiento esperado no nos indica nada sobre el rendimiento de la Empresa X2. Entonces, en la fórmula de la covarianza los términos no presentarán ninguna tendencia a ser positivos o negativos y, en el promedio, tenderán a compensarse y anularse. Esto dará una covarianza de cero.

El orden de las dos variables es indistinto. Es decir, la covarianza de la Empresa X1 con la Empresa X2 es igual a la covarianza de la Empresa X2 con la Empresa X1. Esto se puede expresar de modo más formal como  $\text{Cov}(R_{X1}, R_{X2}) = \text{Cov}(R_{X2}, R_{X1})$  ó  $\sigma_{X1X2} = \sigma_{X2X1}$ .

La covarianza que calculamos es de -0.004875. Una cifra negativa como ésta implica que es probable que el rendimiento de una acción sea mayor que su promedio cuando el rendimiento de la otra acción es menor que su promedio y viceversa.

Como la cifra de la varianza, la covarianza se expresa en unidades cuadráticas de desviación.

Calculemos entonces la correlación:

Para calcular la correlación, dividimos la covarianza entre las desviaciones estándar de ambos títulos. Por ejemplo, tenemos:

$$\rho_{X_1X_2} = \text{Corr}(R_{X_1}, R_{X_2}) = \frac{\text{Cov}(R_{X_1}, R_{X_2})}{(\sigma_{X_1})(\sigma_{X_2})} = \frac{-0.004875}{(0.2586)(0.1150)} = -0.1639 \quad (1.3.2)$$

donde  $\sigma_{X_1}$  y  $\sigma_{X_2}$  son las desviaciones estándar de la Empresa X1 y la Empresa X2, respectivamente. Al igual que con la covarianza, el orden de las variables carece de importancia. Es decir:

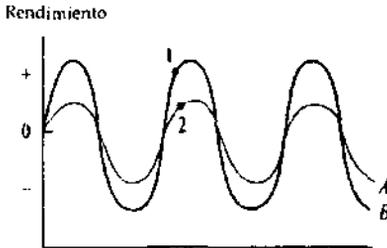
$$\text{Corr}(R_{X_1}, R_{X_2}) = \text{Corr}(R_{X_2}, R_{X_1}) \text{ ó } \rho_{X_1X_2} = \rho_{X_2X_1}$$

Dado que la desviación estándar siempre es positiva, el signo de la correlación entre las dos variables siempre debe ser el mismo que el de la covarianza entre las dos variables. Si la correlación es positiva, decimos que las variables se correlacionan positivamente; si la correlación es negativa, decimos que se correlacionan negativamente y si la correlación es igual a cero, decimos que no se correlacionan. Además, la correlación siempre estará de entre +1 y -1. Esto es consecuencia del proceso de estandarización por el que dividimos entre las dos desviaciones estándar.

La gráfica 1.3.1 nos presenta tres puntos de referencia para dos títulos, A y B. La gráfica presenta los títulos con correlaciones de rendimiento de +1, -1 y 0. Esto implica una correlación positiva perfecta, correlación negativa perfecta y una falta de correlación, respectivamente; ilustran los rendimientos de los dos títulos por separado a través del tiempo.

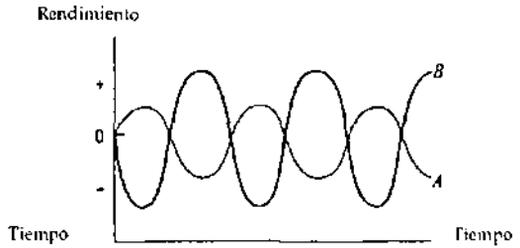
Gráfica 1.3.1

Correlación Positiva Perfecta  
 $\text{Corr}(R_A, R_B) = 1$



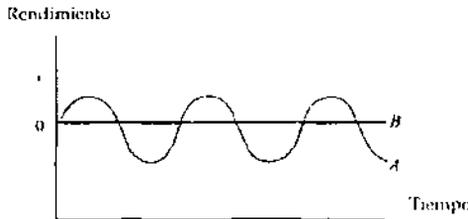
El rendimiento del título A así como el del título B son mayores que el promedio al mismo tiempo. Tanto el rendimiento del título A como el del título B son menores que el promedio al mismo tiempo.

Correlación Negativa Perfecta  
 $\text{Corr}(R_A, R_B) = -1$



El título A tiene un rendimiento mayor que el promedio cuando el título B tiene un rendimiento menor que el promedio y viceversa.

Correlación Cero  
 $\text{Corr}(R_A, R_B) = 0$



El rendimiento del título A no se relaciona en absoluto con el del título B.

### 1.3.3 El rendimiento esperado de un portafolio

Ahora que ya conocemos el manejo de las principales herramientas estadísticas para medir el riesgo, nos introduciremos al concepto de riesgo que los portafolios tienen por que, como mencionamos anteriormente, los rendimientos pueden ser muy buenos o ser muy malos, entonces nos surge una pregunta: ¿Cómo debe el inversionista escoger o combinar su portafolio de títulos?. Esto pensando que el inversionista desea obtener un rendimiento lo más alto posible y una desviación

estándar baja. Entonces al considerar ese portafolio debemos tener presentes dos aspectos:

- La relación entre el rendimiento esperado de los títulos individuales y el rendimiento esperado de un portafolio constituido por estos títulos.
- La relación entre las desviaciones estándar de los títulos individuales, sus correlaciones y la desviación estándar de un portafolio que consta de dichos títulos.

Resumiendo los datos obtenidos de nuestro ejemplo anterior con las Empresas X1 y X2 en la tabla 1.3.1:

**Tabla 1.3.1**

Concepto	Símbolo	Valor
Rendimiento esperado de la Empresa X1	$\bar{R}_{X1}$	0.225 ó 22.5%
Rendimiento esperado de la Empresa X2	$\bar{R}_{X2}$	0.105 ó 10.5%
Varianza de la Empresa X1	$\sigma^2_{X1}$	0.066875
Varianza de la Empresa X2	$\sigma^2_{X2}$	0.013225
Desviación estándar de la Empresa X1	$\sigma_{X1}$	0.2586 ó 25.86%
Desviación estándar de la Empresa X2	$\sigma_{X2}$	0.115 ó 11.5%
Covarianza entre la Empresa X1 y la Empresa X2	$\sigma_{X1,X2}$	-0.004875
Correlación entre la Empresa X1 y la Empresa X2	$\rho_{X1,X2}$	-0.1639

Ahora entenderemos por el rendimiento esperado de un portafolio el promedio ponderado de los rendimientos esperados de los títulos individuales.

En la tabla anterior, los rendimientos esperados de las Empresas X1 y X2 son de 22.5 y 10.5 por ciento, respectivamente.

A partir de estos datos podemos expresar el rendimiento esperado de un portafolio formado sólo por estos dos títulos como:

$$E[R_P] = X_{X1}(22.5\%) + X_{X2}(10.5\%)$$

donde,  $X_{X1}$  es el porcentaje del portafolio en la Empresa X1 y  $X_{X2}$  es el porcentaje del portafolio en la Empresa X2. Ahora pensemos que contamos con 100 u.m. y se invierten 60 u.m. en la Empresa X1 y el resto (40 u.m.) en la Empresa X2, entonces el rendimiento esperado se expresa como:

$$\text{Rendimiento esperado del portafolio} = E[R_P] = (0.6)(22.5\%) + (0.4)(10.5\%) = 17.7\%$$

Algebraicamente, lo expresamos como

$$\text{Rendimiento esperado del portafolio} = E[\bar{R}_P] = X_{X1} \bar{R}_{X1} + X_{X2} \bar{R}_{X2} \quad (1.3.3)$$

Con el cálculo anterior vemos que no se reduce el rendimiento esperado invirtiendo en una cantidad determinada de títulos. Más bien, el rendimiento esperado del portafolio es sencillamente un promedio ponderado de los rendimientos esperados de los títulos individuales de un portafolio.

### 1.3.4 Varianza y Desviación Estándar de un Portafolio

La fórmula de la varianza de un portafolio que se compone de dos títulos A y B (el porcentaje de inversión en cada título es X y Y respectivamente) es:

$$\text{Var}[R_P] = E[(R_P - E[R_P])^2]$$

$$\text{Var}[R_P] = E[R_P - \bar{R}_P]^2$$

$$\text{Var}[R_P] = E[(XA + YB) - (XE(A) + YE(B))]^2$$

$$\text{Var}[R_P] = E[[X(A - E(A)) + Y(B - E(B))]^2]$$

$$\text{Var}[R_P] = X^2 \text{VAR}(A) + 2XY \text{COV}(A, B) + Y^2 \text{VAR}(B)$$

Tenemos entonces:

$$\text{Var}(R_P) = X^2 \sigma_A^2 + 2X_A Y_B \sigma_{A,B} + Y^2 \sigma_B^2$$

Veamos los tres términos en el lado derecho de la ecuación; el primer término representa la varianza de A ( $\sigma^2_A$ ), el segundo término simboliza la covarianza entre los dos títulos ( $\sigma_{A, B}$ ) y el tercer término representa la varianza de B ( $\sigma^2_B$ ). (Cabe hacer notar que  $\sigma_{A,B} = \sigma_{B,A}$ )

La fórmula señala un punto importante. La varianza de un portafolio depende tanto de las varianzas de los títulos individuales como de la covarianza entre los dos títulos. Una relación o covarianza positiva entre los dos títulos incrementa la varianza del portafolio completo. Una relación o covarianza negativa entre los dos títulos reduce la varianza de todo el portafolio. Si uno de los títulos tiende a subir cuando otro baja, o viceversa, sus dos títulos se están compensando entre sí. Se logra lo que en finanzas se conoce como cobertura, y el riesgo del portafolio será bajo. No obstante, si ambos títulos están subiendo o bajando juntos, no se están compensando en absoluto, por lo que, el riesgo de su portafolio será más alto.

La fórmula de la varianza de dos títulos, la Empresa  $X_1$  y la Empresa  $X_2$ , es

$$\text{Var}(R_P) = X^2_{X1} \sigma^2_{X1} + 2X_{X1} X_{X2} \sigma_{X1, X2} + X^2_{X2} \sigma^2_{X2} \quad (1.3.4)$$

Entonces si invertimos 60 u.m. en la Empresa X1 y 40 u.m. en la Empresa X2,  $X_{X1}=0.6$  y  $X_{X2}=0.4$ . Y los datos pertinentes del recuadro, calculamos la varianza del portafolio:

$$\begin{aligned} \text{Var}(R_p) &= (0.36)(0.066875) + 2 [(0.6)(0.4) (-0.004875)] + (0.16)(0.013225) \\ \text{Var}(R_p) &= 0.023851 \end{aligned} \quad (1.3.5)$$

Planteándolo como matriz, podemos expresar la ecuación (1.3.4) de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} & \begin{matrix} & 1 & & 2 & & 3 \end{matrix} \\ \text{Var}(R_p) &= [X_{X1}, X_{X2}] \begin{bmatrix} \sigma_{X1}^2 & \sigma_{X1,X2} \\ \sigma_{X1,X2} & \sigma_{X2}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{X1} \\ X_{X2} \end{bmatrix} \\ &= [X_{X1}\sigma_{X1}^2 + X_{X2}\sigma_{X1,X2} + X_{X1}\sigma_{X1,X2} + X_{X2}\sigma_{X2}^2] \begin{bmatrix} X_{X1} \\ X_{X2} \end{bmatrix} \\ &= X_{X1}^2\sigma_{X1}^2 + X_{X1}X_{X2}\sigma_{X1,X2} + X_{X2}X_{X1}\sigma_{X1,X2} + X_{X2}^2\sigma_{X2}^2 \\ &= X_{X1}^2\sigma_{X1}^2 + X_{X2}^2\sigma_{X2}^2 + 2X_{X1}X_{X2}\sigma_{X1,X2} \end{aligned}$$

En nuestra matriz 2 el término de la entrada superior izquierda es la varianza de la Empresa X1; el término de la entrada inferior derecha es la varianza de la Empresa X2. Los otros dos casilleros contienen los términos que comprenden la covarianza. Estos dos casilleros son idénticos, indicando por qué el término de la covarianza se multiplica por dos en la ecuación 1.3.4.

De la ecuación (1.3.5) podemos determinar la desviación estándar del rendimiento de nuestro portafolio. Esto es

$$\begin{aligned} \sigma_p = \text{SD}(R_p) &= \sqrt{\text{Var}(R_p)} = \sqrt{0.023851} \\ &= 0.1544 \text{ ó } 15.44\% \end{aligned} \quad (1.3.6)$$

La interpretación de la desviación estándar de un portafolio es la misma que la interpretación de la desviación estándar de un título individual. El rendimiento esperado de nuestro portafolio es de 17.7 por ciento. Un rendimiento de 2.26 por ciento (17.7% - 15.44%) es una desviación estándar menor que el promedio, y un rendimiento de 33.14 por ciento (17.7% + 15.44%) es una desviación estándar por encima del promedio.

## 1.4 RIESGO Y DIVERSIFICACIÓN

### 1.4.1 El efecto de la diversificación

Ahora comparemos la desviación estándar del portafolio con la desviación estándar de los títulos individuales. El promedio ponderado de las desviaciones estándar de los títulos individuales es

$$\begin{aligned} \text{Promedio ponderado de} \\ \text{las desviaciones estándar} &= X_{X1}\sigma_{X1} + X_{X2}\sigma_{X2} && (1.4.1) \\ 0.2012 &= (0.6)(0.2586) + (0.4)(0.1150) \end{aligned}$$

Observamos en nuestro ejemplo que la desviación estándar del portafolio es menor que el promedio ponderado de las desviaciones estándar de los títulos individuales, así el tipo de resultado que obtenemos para la desviación estándar de un portafolio es diferente del resultado que obtenemos para el rendimiento esperado de un portafolio.

El resultado para la desviación estándar de un portafolio (en nuestro ejemplo) se debe a la diversificación. En nuestro ejemplo, la Empresa X1 y la Empresa X2 presentan cierta correlación negativa ( $\rho = -0.1639$ ). Es posible que el rendimiento de la Empresa X1 sea ligeramente menor que el promedio si el rendimiento de la Empresa X2 es mayor que el promedio. De modo similar, es probable que el rendimiento de la Empresa X1 sea ligeramente mayor que el promedio si el rendimiento de la Empresa X2 es menor que el promedio. Por lo tanto, la desviación estándar de un portafolio que consta de dos títulos es menor que el promedio ponderado de las desviaciones estándar de los dos títulos.

En nuestro anterior ejemplo tenemos una correlación negativa. Es evidente que habría un beneficio menor de la diversificación si los dos títulos presentaran una correlación positiva. Para saber que tan alta debe ser la correlación positiva antes de que se agoten todos los beneficios de la diversificación, expresemos la ecuación (1.3.4) en términos de correlación más que de covarianza. También se puede expresar la covarianza como:

$$\sigma_{X1,X2} = \rho_{X1,X2}\sigma_{X1}\sigma_{X2} \quad (1.4.2)$$

La fórmula indica que la covarianza entre cualquier par de títulos es simplemente la correlación entre los dos títulos multiplicada por las desviaciones estándares de cada uno. En otras palabras, la covarianza incorpora tanto (1) la correlación entre los dos títulos como (2) la variabilidad de cada uno de los títulos en términos de la desviación estándar.

Por lo tanto, la varianza de un portafolio puede expresarse como

$$\text{Var}[R_P] = X_1^2\sigma_1^2 + 2X_1X_2\rho_{X_1,X_2}\sigma_1\sigma_2 + X_2^2\sigma_2^2$$

$$\text{Var}[R_P] = (0.36)(0.066875) + 2[(0.6)(0.4)(-0.1639)(0.2586)(0.1150)] + (0.16)(0.013225) = \\ \text{Var}[R_P] = 0.023851 \quad (1.4.3)$$

La diferencia que tenemos ahora es que el término que se encuentra en la parte central del lado derecho se expresa ahora en términos de correlación, p, no de covarianza.

Ahora supongamos que  $\rho_{X_1,X_2}=1$  el valor máximo posible de la correlación, y que todos los otros parámetros del ejemplo son los mismos.

La varianza del portafolio es entonces.

$$\text{Var}[R_P] = 0.040466$$

$$\text{Var}[R_P] = (0.36)(0.066875) + 2[(0.6)(0.4)(1)(0.2586)(0.1150)] + (0.16)(0.013225) = \\ \text{Var}[R_P] = 0.040466$$

La desviación estándar es

$$\sigma[R_P] = \sqrt{0.040466} = 0.2012 \text{ ó } 20.12\% \quad (1.4.4)$$

Veamos que las expresiones (1.4.3) y (1.4.4) son iguales. Es decir, la desviación estándar del rendimiento de un portafolio es igual que el promedio ponderado de las desviaciones estándar de los rendimientos individuales cuando  $\rho=1$ . El análisis de la ecuación (1.4.3) indica que la varianza y, por lo tanto, la desviación estándar del portafolio debe disminuir cuando la correlación es menor que 1.

Esto quiere decir que si  $\rho < 1$ , la desviación estándar de un portafolio de dos títulos es menor que el promedio ponderado de las desviaciones estándar de los títulos individuales. En otras palabras, el efecto de la diversificación se aplica en tanto que haya menos que correlación perfecta (mientras que  $\rho < 1$ ).

#### 1.4.2 Medidas de Riesgo de un Portafolio de N Títulos

Hasta ahora nos hemos enfocado en un portafolio de dos títulos, pero, ¿qué pasa con la varianza de un portafolio de más de dos títulos. Veamos que su desarrollo es una extensión de la fórmula de la varianza de dos títulos.

En la tabla 1.4.1 calculamos la varianza de un portafolio de N títulos basándonos en el formato de matriz que usamos en el caso de dos títulos. Donde  $X_1, \dots, X_N$

son los porcentajes a invertir en el portafolio desde el primer hasta el N-ésimo título respectivamente. Observemos ahora la entrada  $a_{2,3}$  de la matriz 2. El término de la casilla es  $Cov(R_2, R_3)$ , dado que  $Cov(R_3, R_2) = Cov(R_2, R_3)$ , podemos ver que cada par de acciones aparece dos veces en la tabla, una vez en el lado inferior izquierdo y otra en el lado superior derecho.

Los términos de la diagonal de la matriz contienen las varianzas de los N títulos. Los términos que se hallan fuera de la diagonal contienen las covarianzas.

**Tabla 1.4.1 Matriz usada para calcular la varianza de un portafolio con N-títulos.**

$$Var[R_p] = [X_1, X_2, \dots, X_N] \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{1,2} & \sigma_{1,3} & \dots & \sigma_{1,N} \\ \sigma_{2,1} & \sigma_2^2 & \sigma_{2,3} & \dots & \sigma_{2,N} \\ \sigma_{3,1} & \sigma_{3,2} & \sigma_3^2 & \dots & \sigma_{3,N} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \sigma_{N,1} & \sigma_{N,2} & \sigma_{N,3} & \dots & \sigma_N^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ \vdots \\ X_N \end{bmatrix}$$

$X_i$  es el porcentaje invertido en el título  $i$ .

$\sigma_i^2$  es la varianza de la acción  $i$ .

$\sigma_{ij} = Cov(R_i, R_j)$  es la covarianza entre las acciones  $i$  y  $j$ , para toda  $i \neq j$ .

La varianza del rendimiento de un portafolio con muchos títulos depende más de las covarianzas entre los títulos individuales que de las varianzas entre los mismos.

Volviendo a nuestra tabla 1.4.1, tomemos los siguientes supuestos:

1. Todos los títulos tienen la misma varianza. En otras palabras,  $\sigma^2$  es la varianza para todos los títulos.
2. Todas las covarianzas de la matriz son iguales. Es decir,  $Cov(R_i, R_j) = cov$  para todos los pares de títulos.
3. En el portafolio todos los títulos tienen la misma participación. Puesto que existen N títulos el porcentaje invertido en cada título es:  $X_i = 1/N$ .

Todos los términos de la diagonal son iguales. De modo similar, todos los términos que se hallan fuera de la diagonal son idénticos. La siguiente matriz muestra las varianzas y las covarianzas considerando los tres supuestos anteriores.

Esto ocurre porque  $1/N$  tiende a 0 conforme N tiende a infinito, y  $1-1/N$ , tiende a 1 cuando N tiende a infinito.

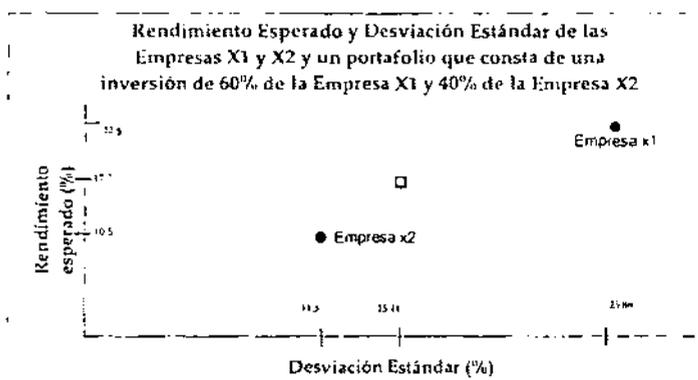


Debemos analizar el hecho de que podemos diversificar parte de nuestro riesgo, pero no todo. La varianza del portafolio que sólo tiene un título es, por supuesto, la varianza del título. La varianza del portafolio decrece conforme se agregan más títulos, lo que es una evidencia del efecto de diversificación, la varianza del portafolio nunca se puede reducir a cero. Más bien, llega a un punto mínimo de cov, que es la covarianza de cada par de títulos.<sup>3</sup>

### 1.4.3 El conjunto Eficiente para dos o más Títulos

La gráfica 1.4.1 muestra nuestros resultados de los rendimientos esperados y las desviaciones estándar. Se tiene el punto denominado la Empresa X2 y otro llamado la Empresa X1. Cada punto representa el rendimiento esperado así como la desviación estándar de un título individual. Como se puede apreciar, la Empresa X1 tiene tanto el rendimiento esperado, como la desviación estándar más altas.

Gráfica 1.4.1



El cuadrado "□" de la gráfica representa un portafolio con un 60 por ciento invertido en la Empresa X1 y 40 por ciento invertido en la Empresa X2, éste es sólo un de la infinidad de portafolios que se pueden crear. La curva de la gráfica 1.4.2 ilustra el conjunto de portafolios.

Considere el portafolio 1. Es un portafolio que consiste en 90 por ciento invertido en la Empresa X2 y 10 por ciento invertido en la Empresa X1. Puesto que se ha dado tanta preferencia a la Empresa X2, en la gráfica, este portafolio aparece cerca del punto de la Empresa X2. El portafolio 2 se encuentra más arriba de la curva

<sup>3</sup> Este efecto de la reducción del riesgo también corresponde al caso general en que las varianzas y las covarianzas no son iguales

porque consta de una inversión del 50 por ciento en la Empresa X2 y de 50 por ciento en la Empresa X1. En la gráfica, el portafolio 3 se halla cerca del punto de la Empresa X1 porque se compone de una inversión de 90 por ciento en la Empresa X1 y 10 por ciento en la Empresa X2.

Existen algunos puntos de importancia con relación a la gráfica 1.4.2, que a continuación describimos

1. Decimos que el efecto de la diversificación ocurre siempre que la correlación entre los dos títulos es menor que 1. La correlación entre la Empresa X1 y la Empresa X2 es de  $-0.1639$ . Se puede ilustrar el efecto de la diversificación mediante la comparación con la línea recta que se halla entre el punto de la Empresa X1 y el de la Empresa X2. La línea recta representa los puntos que se habrían generado si el coeficiente de correlación entre los dos títulos hubiera sido de 1. En la gráfica se ilustra el efecto de la diversificación porque la línea curva siempre se encuentra a la izquierda de la recta. Considere el punto 1', éste representaría un portafolio que constaría de una inversión del 90 por ciento en la Empresa X2 y del 10 por ciento en la Empresa X1, si la correlación fuera exactamente 1. Señalamos que la diversificación no tendría efecto alguno si  $\rho = 1$ . Sin embargo, el efecto de la diversificación se aplica a la curva porque el punto 1 tiene el mismo rendimiento esperado que el punto 1', pero tiene una desviación estándar menor.

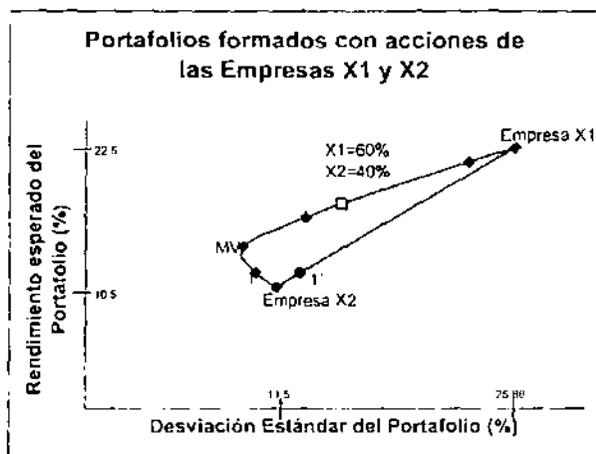
Aunque en la gráfica se representan tanto la línea como la curva, éstas no existen simultáneamente. Ya sea que  $\rho = -0.1639$  y la curva existe, o bien  $\rho = 1$  y la recta existe. En otras palabras, aun cuando un inversionista pueda seleccionar entre diversos puntos de la curva si  $\rho = -0.1639$ , no puede seleccionar entre los puntos de la curva y los puntos de la recta.

2. El punto MV representa el portafolio de mínima varianza. Éste es el portafolio con la mínima varianza posible. Por definición, este portafolio también debe tener la desviación estándar mínima posible.

3. Si contemplamos una inversión en un portafolio de la Empresa X2 y la Empresa X1 enfrenta un conjunto de oportunidades o un conjunto viable representados por la curva de la gráfica 1.4.2. Es decir, es posible situarse en cualquier punto de la curva seleccionando la combinación adecuada de los dos títulos. No es factible situarse en ningún punto encima de la curva porque no se puede incrementar el rendimiento de los títulos individuales, reducir las desviaciones estándar de los títulos, ni reducir la correlación entre los mismos. Tampoco puede situarse en ningún punto por debajo de la curva porque no se pueden reducir los rendimientos de los títulos individuales, incrementar las desviaciones estándar de los mismos, ni incrementar la correlación. (Es evidente que no se querrá situarse en ningún punto por debajo de la curva, aun si se pudiera hacer).

Si fuera relativamente tolerante al riesgo, podría seleccionar el portafolio 3. (De hecho, incluso podría seleccionar el punto final invirtiendo todo su dinero en la Empresa X1.) Un inversionista con menos tolerancia al riesgo podría seleccionar el punto 2. Un inversionista que quiere el menor riesgo posible podría seleccionar el punto MV, el portafolio con la varianza, o la desviación estándar mínima.

Gráfica 1.4.2



El portafolio 1 consta de una inversión del 90 por ciento en la Empresa X2 y 10 por ciento en la Empresa X1 ( $\rho = -0.1639$ ).

El portafolio 2 consta de una inversión del 50 por ciento en la Empresa y 50 por ciento en la Empresa X1 ( $\rho = -0.1639$ ).

El portafolio 3 consta de una inversión del 10 por ciento en la Empresa X2 y 90 por ciento en la Empresa X1 ( $\rho = -0.1639$ ).

El portafolio 1' consta de una inversión del 90 por ciento en la Empresa X2 y 10 por ciento en la Empresa X1 ( $\rho = 1$ ).

El punto MV indica, el portafolio de mínima varianza. Es la mínima varianza posible del portafolio. Por definición, el mismo portafolio también debe tener la desviación estándar mínima posible.

4. Vemos que la curva se dobla hacia atrás entre el punto de la Empresa X2 y el punto MV. Esto indica que, para un cierto porcentaje del conjunto viable, la desviación estándar en realidad decrece conforme se incrementa el rendimiento esperado. El incremento de la proporción del título con riesgo, tiene como consecuencia una reducción del riesgo del portafolio. Este resultado se debe al efecto de la diversificación.

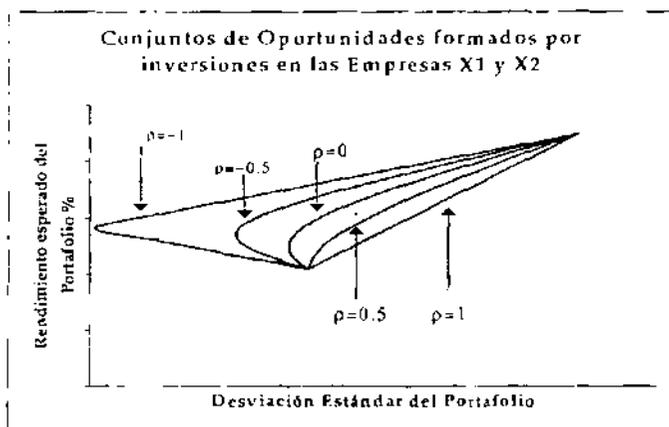
Los rendimientos de los dos títulos se correlacionan negativamente entre sí. Un título tiende a subir cuando el otro baja y viceversa. Así, una pequeña cantidad adicional de la Empresa X1 actúa como una compensación para un portafolio que consta sólo de títulos de la Empresa X2. El riesgo del portafolio se reduce, esto

ocurre siempre que  $\rho < 0$ , y puede ocurrir o no cuando  $\rho > 0$ . Por supuesto, la curva se dobla en dirección contraria sólo en una parte de su extensión. Conforme se continúa incrementando el porcentaje de la Empresa X1 en el portafolio, la alta desviación estándar de este título a la larga hace que se incremente la desviación estándar de todo el portafolio.

5. Ningún inversionista querría tener un portafolio con un rendimiento esperado menor que el del portafolio de mínima varianza. Por ejemplo, ningún inversionista seleccionaría el portafolio 1. Este portafolio tiene un rendimiento esperado menor, pero una desviación estándar mayor que la del portafolio de mínima varianza. Decimos que los portafolios como el número 1 están dominados por el portafolio de mínima varianza. Aunque se dice que la curva entera de la Empresa X2 a la Empresa X1 es el conjunto viable, los inversionistas sólo consideran la curva de MV a la Empresa X1. Así, se conoce la curva de MV a la Empresa X1 como el conjunto eficiente.

La gráfica 1.4.2 representa el conjunto de oportunidades en que  $\rho = -0.1639$ . En la gráfica 1.4.3 se ilustran las diversas curvas de las diferentes correlaciones. Como se puede apreciar, cuanto menor es la correlación más pronunciada es la curva. Esto indica que el efecto de la diversificación se incrementa conforme  $\rho$  decrece. La curvatura más aguda ocurre en el caso límite donde  $\rho = -1$ . Ésta es una correlación negativa perfecta. La mayoría de los pares de títulos presentan una correlación positiva. De hecho, la correlación negativa fuerte y la correlación negativa perfecta tienen poca probabilidad de ocurrir.

Gráfica 1.4.3



El caso anterior fue solo para dos títulos. Vimos que una curva ilustró todos los portafolios posibles. Ya que los inversionistas por lo general tienen más de dos títulos, deberíamos ver la misma curva cuando se tienen más de dos títulos. La zona sombreada de la gráfica 1.4.4 representa el conjunto de oportunidades o conjunto viable cuando se consideran muchos títulos.

Esta zona representa todas las combinaciones posibles de rendimiento esperado y desviación estándar de un portafolio. Por ejemplo, en un universo de 100 títulos, el punto 1 podría representar un portafolio de, por ejemplo, 40 títulos. El punto 2 podría representar un portafolio de 80 títulos. El punto tres podría representar un conjunto diferente de 80 títulos, o los mismos 80 títulos distribuidos de manera distinta, u otra alternativa. Es obvio que las combinaciones son virtualmente infinitas. Sin embargo, nótese que todas las combinaciones posibles caben en una zona restringida. Ningún título o combinación de títulos puede encontrarse fuera de esta zona. Es decir, nadie puede elegir un portafolio con un rendimiento esperado mayor que el que aparece en la zona sombreada porque no se pueden alterar los rendimientos de los títulos individuales.

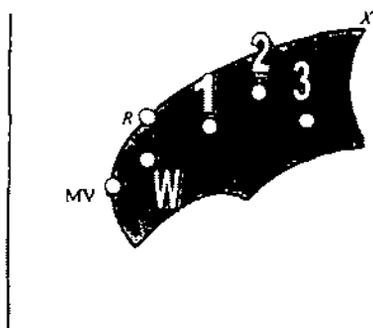
Además, nadie puede elegir un portafolio con una desviación estándar menor que la que aparece en la zona sombreada. Tal vez sea más sorprendente el hecho de que nadie puede elegir un rendimiento esperado menor que el de la curva.

Hasta ahora, la gráfica 1.4.4 es diferente de las gráficas anteriores. Cuando sólo intervienen dos títulos, todas las combinaciones se encuentran en la misma curva. Por el contrario, con muchos títulos, las combinaciones abarcan una zona completa. No obstante, nótese que un individuo querrá situarse en algún punto del extremo superior entre  $MV$  y  $X$ . El extremo superior, que hemos indicado en la gráfica 1.4.4 con un trazo grueso, recibe el nombre de conjunto eficiente.

## Gráfica 1.4.4

### El conjunto viable de Portafolios que constan de muchos títulos

Rendimiento esperado del Portafolio



Desviación Estándar del Rendimiento del Portafolio

Cualquier punto que se halle por debajo del conjunto eficiente recibirá un rendimiento esperado menor y la misma desviación estándar que un punto situado en el conjunto eficiente. Por ejemplo, considere R en el conjunto eficiente y W exactamente abajo de éste. Si W presenta el riesgo que se desea, debería elegir a R para tener un rendimiento esperado mayor.

La gráfica 1.4.4 es bastante similar a la 1.4.2. El conjunto eficiente de la gráfica 1.4.2 va de MV a la Empresa X1. Contiene varias combinaciones de los títulos de la Empresa X1 y la Empresa X2. El conjunto eficiente de la gráfica 1.4.4 va de MV a X. Contiene varias combinaciones de muchos títulos. El hecho de que aparezca sombreada una zona completa en la gráfica 1.4.4 y no en la gráfica 1.4.2, no sólo es una diferencia importante, si no que ningún inversionista elegiría algún punto más abajo del conjunto eficiente de la gráfica 1.4.4.

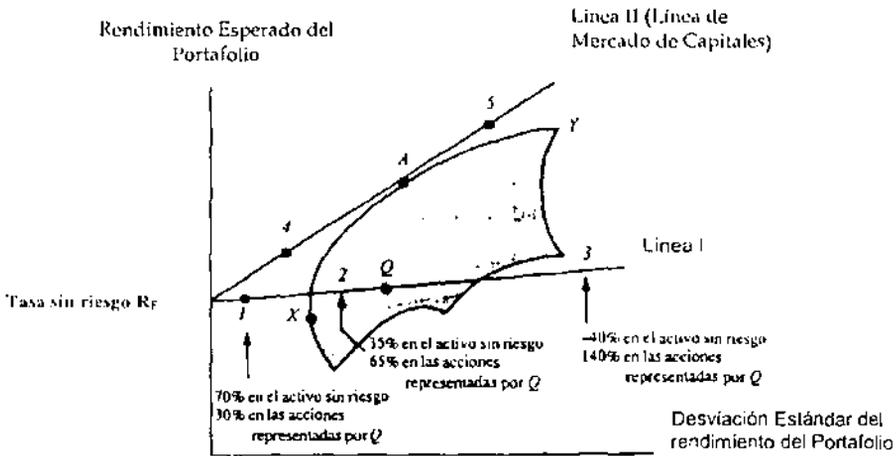
Hemos mencionado que en la vida real se puede trazar con facilidad un conjunto eficiente de dos títulos. La tarea se hace más difícil cuando se incluyen títulos adicionales porque el número de observaciones se incrementa. Por ejemplo, usar un análisis subjetivo para ponderar los rendimientos esperados y las desviaciones estándar de, por ejemplo, 100 o 500 títulos, puede volverse tarea muy extenuante, y las dificultades con las correlaciones pueden ser más serias. Existen casi 5,000 correlaciones entre pares de títulos en un universo de 100 títulos.

### 1.4.4 Determinación del portafolio óptimo

La gráfica 1.4.5 ilustra la combinación de una inversión de un título sin riesgo con un portafolio de títulos arriesgados.

Gráfica 1.4.5

Relación entre el rendimiento esperado y la desviación estándar de una inversión en una combinación de títulos arriesgados y el título sin riesgo



El portafolio Q está constituido por:

- 30% de la Empresa X1
- 45% de la Empresa X2
- 25% de la Empresa X3

Considere el punto Q, el cual representa un portafolio de títulos. El punto Q se encuentra dentro del conjunto viable de títulos arriesgados. Supongamos que este punto representa un portafolio que consta de una inversión del 30 por ciento en la Empresa X1, 45 por ciento en la Empresa X2 y 25 por ciento en la Empresa X3. Los individuos que combinan inversiones en Q con inversiones en el título sin riesgo alcanzarían puntos a lo largo de la línea recta de  $R_f$  a Q. Nos referimos a esta línea como I. Por ejemplo, el punto 1 representa un portafolio del 70 por ciento en el

título sin riesgo y 30 por ciento en las acciones representadas por Q. Un inversionista que cuenta con 100 u.m. invertiría 70 u.m. en el título sin riesgo y 30 u.m. en Q, si eligiera al punto 1 como su portafolio. Podemos decir que invierte 70 u.m. en el título sin riesgo, 9 u.m. ( $0.3 \times 30$  u.m.) en la Empresa X1, 13.50 u.m. ( $0.45 \times 30$  u.m.) en la Empresa X2 y 7.50 u.m. ( $0.25 \times 30$  u.m.) en la Empresa X3. El punto 2 también representa un portafolio del título sin riesgo y Q, con una inversión mayoritaria (65% en Q).

Se alcanza el punto 3 solicitando préstamos para invertir en Q. Por ejemplo, un inversionista que tiene 100 u.m. solicitaría al banco o a un corredor un préstamo de 40 u.m. para invertir 140 u.m. en Q. Podemos decir que esta persona solicitó un préstamo de 40 u.m. y contribuyó con 100 u.m. de su propio dinero para invertir 42 u.m. ( $0.3 \times 140$  u.m.) en la Empresa X1, 63 u.m. ( $0.45 \times 140$  u.m.) en la Empresa X2, y 35 u.m. ( $0.25 \times 140$  u.m.) en la Empresa X3.

Aunque cualquier inversionista puede alcanzar cualquier punto de la línea I, ningún punto de ésta es óptimo. Para apreciar esto consideramos la línea II, que va de  $R_f$  a A. El punto A representa un portafolio de títulos arriesgados, la línea II representa los portafolios que se crean mediante las combinaciones del título sin riesgo y los títulos de A. Los puntos que se hallan entre  $R_f$  y A son portafolios en los que se invierte algún dinero en el título sin riesgo y se destina el resto a A. Los puntos que se localizan más allá de A se logran mediante la solicitud de préstamo a la tasa sin riesgo para comprar más de A de lo que podríamos comprar con nuestros fondos originales nada más.

Como se aprecia en la ilustración, la línea II es tangente al conjunto eficiente de títulos arriesgados. Sin que importe el punto que se pueda alcanzar sobre la línea I, se puede alcanzar un punto con la misma desviación estándar y un rendimiento esperado mayor sobre la línea II. De hecho, ya que la línea II es la tangente al conjunto eficiente, ofrece las mejores oportunidades posibles al inversionista.

En otras palabras, se puede considerar la línea II, que con frecuencia se conoce como la línea del mercado de capitales, como el conjunto eficiente de todos los títulos, tanto arriesgados como sin riesgo. Un inversionista que tiene un alto grado de aversión al riesgo podría seleccionar un punto entre  $R_f$  y A, quizá el punto 4. Un inversionista menos adverso al riesgo podría seleccionar un punto más cercano a A o aún más allá de A. Por ejemplo, el punto 5 corresponde a una persona que solicita dinero prestado para incrementar su inversión en A.

La gráfica ilustra un punto de importancia. Con la solicitud y el otorgamiento de préstamos a la tasa sin riesgo, el portafolio de títulos arriesgados que un inversionista tiene siempre sería el punto A. Sin que importe cuan tolerante sea el inversionista frente al riesgo, éste nunca escogería ningún otro punto del conjunto

eficiente de títulos arriesgados (representado por la curva  $X A Y$ ) ni tampoco algún otro punto dentro de la región viable. Más bien, si tuviera una gran aversión al riesgo, combinaría los títulos de  $A$  con los títulos sin riesgo. Si fuera poco adverso al riesgo, solicitaría a préstamo el título sin riesgo para invertir más fondos en  $A$ .

Este resultado establece lo que los economistas financieros llaman el principio de separación. Es decir, el inversionista toma dos decisiones por separado:

1. Después de calcular (a) el rendimiento esperado y las varianzas de los títulos individuales, y (b) las covarianzas entre los pares de títulos, el inversionista calcula el conjunto eficiente de títulos arriesgados, que está representado por la curva  $X A Y$  de la gráfica 1.4.5 y determina el punto  $A$ , que es la tangencia entre la tasa sin riesgo y el conjunto eficiente de títulos arriesgados (curva  $X A Y$ ). El punto  $A$  representa el portafolio de títulos arriesgados que el inversionista tendrá. Este punto se determina exclusivamente por sus cálculos de los rendimientos, varianzas y covarianzas. En este paso no se requieren características personales, como el grado de aversión al riesgo.

2. Ahora, el inversionista tiene que determinar la manera en que combinará el punto  $A$ , su portafolio de títulos arriesgados, con el título sin riesgo. Podría invertir una parte de sus fondos en el título sin riesgo y otra parte en el portafolio  $A$ . En este caso, terminaría en algún punto sobre la línea que va de  $R_f$  a  $A$ . De modo alternativo, podría solicitar un préstamo a la tasa sin riesgo y contribuir también con parte de sus fondos invirtiendo el total en el portafolio  $A$ . Terminaría en algún punto sobre la línea  $II$ , más allá de  $A$ . Su posición en el título sin riesgo, es decir, su decisión del punto en que quiere situarse, se determina por sus características internas, como su tolerancia al riesgo.

## CAPITULO 2 "RIESGO, RENDIMIENTO Y EL MODELO PARA LA VALORACIÓN DE ACTIVOS DE CAPITAL (CAPM)"

### 2.1 LA BETA ( $\beta$ ) COMO MEDIDA DE RIESGO

A continuación se presenta otra forma de definir y medir el riesgo de las acciones comunes. El riesgo depende de la exposición a los acontecimientos macroeconómicos y puede definirse como la medida del rendimiento de los títulos respecto a las fluctuaciones de los rendimientos del portafolio de mercado. Esta medida se denomina como la Beta ( $\beta$ ) de la acción.

La mejor medida del riesgo de un título en un portafolio diversificado es la beta del título.

$$\beta_i = \frac{\text{Cov}(R_i, R_M)}{\sigma^2(R_M)}$$

donde  $\sigma^2(R_M)$  es la varianza del mercado. Aunque pueden ser usadas la  $\text{Cov}(R_i, R_M)$  y  $\beta_i$  como medidas de la contribución del título  $i$  al riesgo del portafolio de mercado,  $\beta_i$  es mucho más común. La intuición básica de beta es que mide la sensibilidad de un cambio del rendimiento de un título individual al cambio del rendimiento del portafolio de mercado. La beta promedio de todos los títulos es 1 cuando se pondera por la proporción del valor del mercado de cada título en comparación con la del portafolio de mercado.

$$\sum_{i=1}^n X_i \beta_i = 1 \quad (2.1.1)$$

En otras palabras el riesgo de un portafolio bien diversificado es proporcional a la beta del portafolio que es igual a la beta media de los títulos incluidos en él. Con esto vemos como el riesgo del portafolio está dirigido por las betas de los títulos.

#### 2.1.1 El Cálculo de la Beta

La beta de un título está representada por la covarianza estandarizada del rendimiento del título y la del mercado  $\text{Cov}(R_i, R_M)$ , entre la varianza del mercado. Utilizando dos ejemplos daremos una explicación más clara de lo que es la beta.

Veamos un ejemplo.

Los siguientes rendimientos son los valores esperados para las acciones de la Empresa X1, y los de Mercado:

Estado	Tipo de economía	Rendimiento del Mercado (Porcentaje)	Rendimiento de la Empresa X1, (Porcentaje)
I	Al alza	15	25
II	Al alza	15	15
III	A la baja	-5	-5
IV	A la baja	-5	-15

Podemos observar que aunque el rendimiento del mercado sólo tiene dos posibles resultados, 15% y -5%, el rendimiento de la Empresa X1 tiene cuatro posibles resultados. Es útil considerar el rendimiento esperado de un título sin perder de vista el rendimiento del mercado. Supongamos que las cuatro situaciones son igualmente posibles, tenemos:

Tipo de economía	Rendimiento del Mercado (Porcentaje)	Rendimiento Esperado de la Empresa X1, (Porcentaje)
Al alza	15%	$20\% = (25\%)(1/2) + (15\%)(1/2)$
A la baja	-5%	$-10\% = (-5\%)(1/2) + (-15\%)(1/2)$

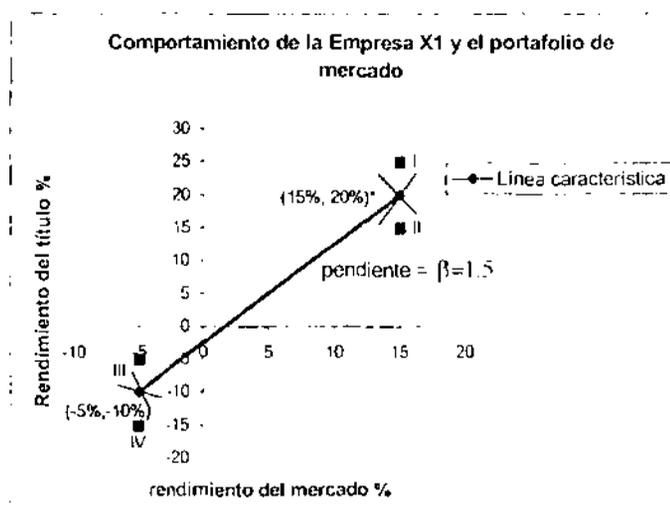
Las acciones de la Empresa X1 responden a los movimientos del mercado porque su rendimiento esperado es mayor en las situaciones de una economía al alza que en los estados de la economía a la baja. Calcularemos el grado de sensibilidad de un título a los movimientos del mercado. El rendimiento del mercado en una economía al alza es del 20 por ciento, 15% - (-5%), más que en una economía a la baja. Sin embargo, el rendimiento esperado de la Empresa X1 en una economía al alza es de 30 por ciento, 20% - (-10%), mayor que en una economía a la baja. Así, la Empresa X1, tiene un coeficiente beta de 1.5. (30% / 20%).

En la gráfica 2.1.1 ilustramos los rendimientos de la Empresa X1 y del mercado con cuatro puntos. Además, representamos el rendimiento esperado de un título para cada uno de los dos rendimientos posibles del mercado. Estos dos puntos, se unen mediante una línea llamada línea característica del título. La inclinación (pendiente) de la línea es de 1.5, que ya calculamos anteriormente. Este coeficiente de sensibilidad de 1.5 se conoce como la beta de la Empresa X1.

La forma en que interpretamos la beta de la gráfica 2.1.1 es intuitiva. La gráfica nos señala que los rendimientos de la Empresa X1 se incrementan 1.5 veces más que los del mercado. Si el mercado no se comporta de forma extraña, esperamos que las acciones de la Empresa X1 se comporten aún mejor. Cuando el comportamiento

del mercado es pobre, esperamos que el rendimiento de la Empresa X1 sea peor. Imaginemos que tenemos un portafolio que se aproxima al de mercado y estamos considerando integrar a la Empresa X1 a nuestro portafolio. Como consecuencia del factor de  $\beta = 1.5$ , debemos tener en cuenta que estas acciones hacen una fuerte contribución al riesgo del portafolio. Hemos visto que la beta del título promedio

Gráfica 2.1.1



Los puntos marcados con una X representan un rendimiento esperado de la Empresa X1 para cada resultado posible de la cartera. El rendimiento esperado de la Empresa X1 se relaciona positivamente con el rendimiento de mercado. Dado que la pendiente es 1.5 decimos que la  $\beta$  de la Empresa X1 es de 1.5. La  $\beta$  mide la sensibilidad del rendimiento del título con respecto a los movimientos del mercado.

\* (15%, 20%) se refiere al punto en que el rendimiento de un título es del 20% y el rendimiento de mercado es del 15%.

Los títulos con betas negativas debemos considerarlos como compensaciones. Esperamos que el título presente un buen comportamiento cuando el mercado tienda a bajar y viceversa. Por lo tanto, la integración de un título de beta negativa a un portafolio amplio y diversificado en realidad reduce el riesgo del portafolio.

Para ilustrar esto supongamos que la Empresa X1 tuvo una beta de 1.11 a lo largo de 5 años desde finales de 19X1 a 19X2. Si el futuro se asemeja al pasado en media, esto significa que cuando el mercado crezca un 1%, el precio de las acciones de la

Empresa X1 crecerá en un 1.11%. Cuando el mercado disminuya en un 2% la Empresa X1 disminuirá en un 2.22%.

Analicemos ahora nuestro siguiente ejemplo:

Supongamos que tomamos una muestra de los rendimientos de la Empresa X1 y el índice S&P500 durante cuatro años, de manera que se enlisten como sigue:

Año	Empresa X1 (%)	Índice S&P 500 R <sub>M</sub> (%)
1	-10	-40
2	3	-30
3	20	10
4	15	20

Podemos calcular la beta en seis pasos.

1. Calculamos el rendimiento promedio de cada título:

Rendimiento promedio de la Empresa X1:

$$\frac{-0.10 + 0.03 + 0.20 + 0.15}{4} = 0.07 \text{ ó } 7\%$$

Rendimiento promedio del portafolio de mercado (S&P500):

$$\frac{-0.40 - 0.30 + 0.10 + 0.20}{4} = -0.10 \text{ ó } -10\%$$

2. Calculamos para cada título, la desviación de cada rendimiento respecto del rendimiento promedio del título. Esto se presenta en las columnas 3 y 5 de la tabla 2.1.1

3. Multiplicamos la desviación del rendimiento de la Empresa X1 por la desviación del rendimiento del mercado. Esto aparece en la columna 6. Se usará el resultado en el numerador del cálculo de la beta.

4. Calculamos la desviación cuadrática del rendimiento del mercado. Esto se presenta en la columna 7. Se usará este resultado en el denominador del cálculo de la beta.

5. Tomamos las sumas de las columnas 6 y 7. Éstas son:

Suma de la desviación de la Empresa X1 multiplicada por la desviación del portafolio de mercado:

$$0.051 + 0.008 + 0.026 + 0.024 = 0.109$$

Suma de la desviación cuadrática del portafolio de mercado:

$$0.090 + 0.040 + 0.040 + 0.090 = 0.260$$

6. La beta es la suma de la columna 6 dividida entre la suma de la columna 7.

Ésta es:

Beta de la Empresa X1

$$0.419 = \frac{0.109}{0.260}$$

**TABLA 2.1.1 Cálculo de la beta**

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Año	Tasa de Rendimiento de la Empresa X1	Desviación de la Empresa X1 del Rendimiento Promedio* ( $R_{X1} - \bar{R}_{X1}$ )	Tasa de Rendimiento del Portafolio de Mercado	Desviación del Portafolio de Mercado del Rendimiento Promedio** ( $R_M - \bar{R}_M$ )	Desviación de la Empresa X1 Multiplicada por la Desviación del Portafolio de Mercado	Desviación Cuadrática del Portafolio de Mercado
1	-0.10	-0.17 (-0.10 - 0.07)	-0.40	0.30	0.051 (-0.17) (-0.30)	0.090 (-0.30) (-0.30)
2	0.03	-0.04	-0.30	-0.20	0.008	0.040
3	0.20	0.13	0.10	0.20	0.026	0.040
4	0.15	0.08	0.20	0.30	0.024	0.090
	Prom. = 0.07		Prom. = -0.10		Suma 0.109	Suma 0.260

$$\text{Beta de la Empresa X1: } 0.419 = \frac{0.109}{0.260}$$

\* El rendimiento promedio de la Empresa X1 es de 0.07.

\*\* El rendimiento promedio del Mercado es de -0.10.

Podemos resumir lo antes calculado de la siguiente manera

El método básico para ponderar las betas de la compañía es calcular:

$$\frac{\text{Cov}(R_{X1}, R_{M})}{\text{Var}(R_{M})}$$

Usando  $t=1,2,\dots,T$  observaciones

Un inversionista adverso al riesgo considera la varianza (o la desviación estándar) del rendimiento de su portafolio como la medida apropiada del riesgo de su portafolio. Si por alguna razón el inversionista sólo puede tener un título, la varianza del rendimiento de ese título se convierte en la varianza del rendimiento del portafolio.

Si tenemos un portafolio diversificado, debemos considerar la varianza (o la desviación estándar) del rendimiento del portafolio como una medida apropiada del riesgo del portafolio. Sin embargo, se pierde el interés por la varianza del rendimiento de cada título individual. Lo que realmente importa en este caso es la contribución de un título individual a la varianza del portafolio.

Así, medimos el riesgo como la contribución de un título individual a la varianza del portafolio de mercado. Esta contribución es la beta del título cuando se le estandariza de modo correcto. Es difícil que un inversionista tenga exactamente el portafolio de mercado, pero muchos pueden tener portafolios razonablemente diversificados. Estos portafolios se aproximan lo suficiente al de mercado, de modo que es probable que la beta de un título sea una medida apropiada de su riesgo.

## 2.2 RELACIÓN ENTRE RIESGO Y RENDIMIENTO

Es común pensar que el rendimiento de un título se debe relacionar positivamente con su riesgo. Es decir, si tenemos un título arriesgado pensamos que el rendimiento esperado compense su riesgo. Este razonamiento es válido independientemente de la medida del riesgo. Consideremos nuestro mundo, donde todos (1) tenemos expectativas homogéneas<sup>4</sup> y (2) podemos solicitar y otorgar préstamos a la tasa sin riesgo. Todos tenemos el portafolio de mercado de títulos arriesgados. Hemos visto que, en este contexto, la beta de un título es la medida adecuada de riesgo. Por lo tanto, el rendimiento esperado de un título se debería relacionar de manera positiva con su beta. La gráfica 2.2.1 muestra la línea de mercado de títulos (SML, security market line).

Tenemos cuatro puntos importantes relacionados con la gráfica que debemos considerar.

1.- Una beta de cero. El rendimiento esperado de un título con una beta de cero es la tasa sin riesgo,  $R_f$ . Puesto que un título con una beta de cero no presenta riesgo, su rendimiento esperado debería ser igual que la tasa sin riesgo.

2.- Una beta de uno. La ecuación (2.1.1) nos indica que la beta promedio de todos los títulos es 1 cuando se pondera con la proporción del valor de mercado de cada título comparado con el del portafolio de mercado. La beta del portafolio de mercado es 1 porque este portafolio se forma ponderando cada título con su valor de mercado. Ya que todos los títulos que tienen la misma beta también tienen el mismo rendimiento esperado, el rendimiento esperado de cualquier título con una beta de 1 es  $\bar{R}_M$ , el rendimiento esperado del portafolio de mercado.

---

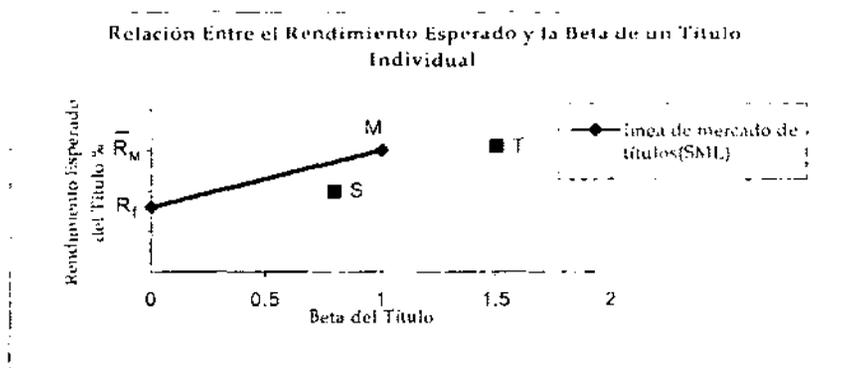
<sup>4</sup>El supuesto de las expectativas homogéneas dice que todos los inversionistas tienen la misma información en lo que a los rendimientos, varianzas y covarianzas se refiere. No dice que todos los inversionistas tienen la misma aversión al riesgo.

3.-Linealidad. Como la beta es la medida adecuada del riesgo, los títulos con beta alta deberían tener un rendimiento esperado mayor que la de los títulos de beta baja. Sin embargo, la gráfica 2.2.1 presenta algo más que una curva que se inclina hacia arriba; la relación entre el rendimiento esperado y la beta es una línea recta.

Es fácil ver que la línea de la gráfica 2.2.1 es recta. Consideremos que el título S tiene, por ejemplo, una beta de 0.8. Este título está representado por un punto debajo de la línea del mercado de títulos de la gráfica. Cualquier inversionista podría duplicar la beta del título S mediante la compra de un portafolio con 20 por ciento en el título sin riesgo y 80 por ciento en un título con una beta de 1. Sin embargo, el portafolio "hecho en casa" se situaría por sí mismo sobre la SML. En otras palabras, el portafolio domina al título S porque tiene un rendimiento esperado mayor y la misma beta.

Ahora, considere el título T con una beta mayor que 1. Este título también está debajo de la SML en la gráfica 2.2.1, cualquier inversionista podría duplicar la beta del título T solicitando un préstamo para invertir en un título con una beta de 1. Este portafolio también debe situarse sobre la SML, dominando por lo tanto el título T.

Gráfica 2.2.1



Ya que nadie tendría ni S ni T, los precios de sus acciones bajarían. Este ajuste del precio incrementaría los rendimientos esperados de los dos títulos. El precio se seguiría ajustando hasta que los dos títulos se encontraran sobre la línea del mercado de títulos. El ejemplo anterior consideraba dos acciones sobrevaluadas y una SML recta. Los títulos que se hallan abajo de la SML están subvaluados. Sus precios tienen que subir hasta que sus rendimientos esperados alcancen la línea. Si la SML fuera curvilínea, muchas acciones estarían subvaluadas. Para equilibrar, se

tendrían todos los títulos sólo cuando los precios cambiaran de manera que la SML fuera recta; en otras palabras, se lograría la linealidad.

4.- Se suele confundir la SML de la gráfica 2.2.1 con la línea del mercado de capitales (línea II de la gráfica 1.4.5, vista en el capítulo anterior). En realidad, las líneas son bastante distintas. La línea del mercado de capitales ilustra el conjunto eficiente de portafolios compuestos tanto por títulos arriesgados como por el título sin riesgo. Cada punto de la línea representa un portafolio completo. El punto A es un portafolio que consta exclusivamente de títulos arriesgados. Todos los demás puntos de la línea representan un portafolio de títulos de A combinado con el título sin riesgo. Los ejes de la gráfica 1.4.5 son el rendimiento esperado de un portafolio y la desviación estándar de un portafolio. Los títulos individuales no se sitúan a lo largo de la línea II.

El SML de la gráfica 2.2.1 relaciona el rendimiento esperado con la beta. Existen por lo menos dos diferencias entre las gráficas 2.2.1 y 1.4.5. Primero, la beta aparece en el eje horizontal de la gráfica 2.2.1, pero en el eje horizontal de la gráfica 1.4.5 aparece la desviación estándar. Por otro lado, la SML de la gráfica 2.2.1 corresponde a todos los títulos individuales y todos los portafolios posibles, en tanto que la línea II (la línea del mercado de capitales) de la gráfica 1.4.5 sólo corresponde a los portafolios eficientes.

### 2.2.1 El Riesgo como Variación del Rendimiento

Recordemos que la tasa de rendimiento que un inversionista recibe por tener una acción para un periodo dado es igual a los dividendos recibidos más las ganancias de capital divididos por el precio de mercado inicial de la acción:

$$R = \frac{\text{Dividendos} + (\text{Ganancias de K Precio Final} - \text{Precio Inicial})}{\text{Precio Inicial}}$$

De manera alternativa, el rendimiento puede ser visto como el rendimiento representado por el dividendo más el porcentaje de ganancia en la acción:

$$R = \text{Rendimiento del Dividendo} + \text{Porcentaje de Ganancia del Capital}$$

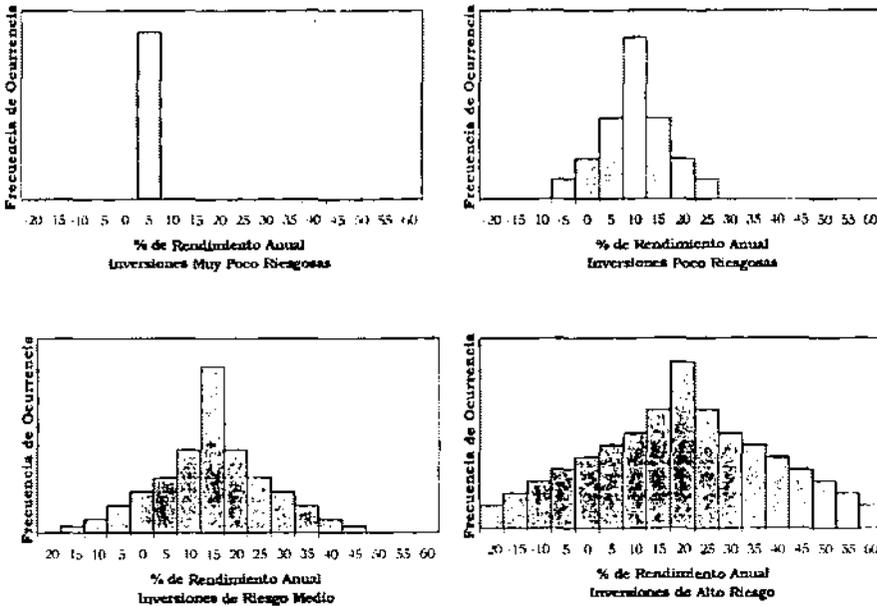
El rendimiento de cualquier título puede ser visto como el efectivo que el tenedor del título recibe (incluyendo la liquidación al final del periodo) dividido por la inversión inicial. Invertir en una cuenta de ahorros que ofrece el 5% de tasa de interés resulta en un rendimiento anual del 5% pues:

$$R_{\text{Cuenta de ahorros}} = \frac{5 + (100-100)}{100} = 0.05$$

Sin embargo, existe una diferencia, entre invertir en una cuenta de ahorros e invertir en acciones comunes. El inversionista conoce, antes de comprometer sus fondos, que la cuenta de ahorros ganará un rendimiento del 5%. Por lo tanto, las cuentas de ahorro son consideradas como un título libre de riesgo. Un inversionista que espera un rendimiento del 12% en las acciones comunes puede quedar decepcionado o gratamente sorprendido. El rendimiento real de las acciones comunes puede ser menor o mayor al 12% ya que, (1) la empresa puede cambiar el dividendo y, aún más importante, (2) el precio del mercado al final del periodo puede diferir del precio anticipado. Los rendimientos reales de las acciones comunes varían ampliamente año con año. Un inversionista que compromete fondos al principio de cualquier período no puede confiar en que va a recibir el rendimiento esperado o promedio.

En general, una inversión con rendimientos históricos que difieran poco del rendimiento promedio o esperado se considera una inversión de bajo riesgo. Una con gran variabilidad en sus rendimientos año con año se considera riesgosa. Por lo tanto, el riesgo puede ser visto como la variación del rendimiento, ver gráfica 2.2.2.

Gráfica 2.2.2



### 2.3 REDUCCIÓN DEL RIESGO A TRAVÉS DE LA DIVERSIFICACIÓN

Acciones riesgosas pueden ser combinadas de manera que los valores, llamados portafolios de valores, sean menos riesgosos que cualquiera de las acciones tomadas de manera individual. Consideremos el ejemplo descrito en la Tabla 2.3.1. Supongamos que tenemos a dos empresas localizadas en una isla del Caribe. La industria principal de la isla es el turismo. La Empresa X1 produce y vende crema bronceadora. Sus ventas, utilidades y flujos de caja son mayores en los años soleados. Por lo tanto, su acción se comporta bien en los años soleados y mal en los años lluviosos. La Empresa X2 produce y vende paraguas desechables. Los rendimientos de sus acciones reflejan sus mayores utilidades en los años lluviosos. Al comprar una acción X1 ó X2, un inversionista está sujeto a un riesgo considerable y a la variación del rendimiento. Por ejemplo, el rendimiento para el inversionista de la acción de la Empresa X2 variará del 33% al -9%, dependiendo de las condiciones del clima.

Supongamos que en lugar de comprar solamente una acción, el inversionista coloca la mitad de sus fondos en la acción X1 y la otra mitad en la acción X2. Los rendimientos posibles sobre este portafolio de valores se calculan en la tabla 2.3.1. Si ocurre una recesión, una inversión de 50 u.m. en la acción de la Empresa X1 pierde 4.50 u.m.; mientras que las 50 u.m. invertidas en la acción de la Empresa X2 produce 16.50 u.m. El rendimiento total de las 100 u.m. invertidas en el portafolio es del 12%:

Tabla 2.3.1 Ejemplo de la reducción de riesgo a través de la diversificación

	Condiciones del clima	Rendimiento de la Acción de la Empresa X1 ( $R_{X1}$ )
Empresa X1: Producción de bronceador solar	Año Soleado	33%
	Año Normal	12%
	Año Lluvioso	-9%
	Condiciones del clima	Rendimiento de la Acción de la Empresa X2 ( $R_{X2}$ )
Empresa X2: Productor de paraguas desechables	Año Soleado	-9%
	Año Normal	12%
	Año Lluvioso	33%
Rendimientos en un portafolio ( $R_p$ ) consistente de 50% de los fondos invertidos en acciones de la Empresa X1 y 50% en acciones de la Empresa X2: $R_p = 0.50(R_{X1}) + 0.50(R_{X2})$		
	Condiciones del clima	Rendimiento del Portafolio ( $R_p$ )
Portafolio que contiene las acciones de las Empresas X1 y X2	Año Soleado	$0.50(33\%) + 0.50(-9\%) = 12\%$
	Año Norma	$0.50(12\%) + 0.50(12\%) = 12\%$
	Año Lluvioso	$0.50(-9\%) + 0.50(33\%) = 12\%$

Observemos que el rendimiento del portafolio es del 12%, sin importar el clima. Combinando estos dos valores riesgosos se obtiene como resultado un portafolio con rendimiento de 12%. Con este ejemplo vemos la reducción del riesgo a través de la diversificación. Diversificando la inversión en ambas empresas, el inversionista crea un portafolio que es menos riesgoso que las acciones que lo componen.

La eliminación total del riesgo es posible en este ejemplo debido a que existe una correlación negativa perfecta entre los rendimientos de las acciones de las Empresas X1 y X2. En la práctica, dicha relación perfecta es rara. La mayor parte de los valores de las empresas tienden a moverse juntos, y por lo tanto la eliminación completa del riesgo no es posible. Sin embargo, mientras exista una falta de paralelismo en los rendimientos de los valores, la diversificación siempre reducirá el riesgo.

## 2.4 RIESGO SISTEMÁTICO Y RIESGO NO SISTEMÁTICO

Combinando valores en un portafolio se reduce el riesgo. Cuando se combinan varios valores, una porción de la variabilidad de la acción en su rendimiento es cancelada por variaciones complementarias en los rendimientos de otros valores. Algunas empresas representadas en el portafolio pueden experimentar condiciones adversas no anticipadas; sin embargo, esto puede ser compensado por el auge de otras empresas en el portafolio, como en cierto grado los precios de las acciones y sus rendimientos tienden a moverse en conjunto, no toda la variabilidad puede eliminarse a través de la diversificación.

Aun los inversionistas que tienen en sus manos portafolios diversificados están expuestos al riesgo inherente del rendimiento global de la bolsa. Por lo tanto, es conveniente dividir el riesgo total del valor en esa porción que es peculiar a una empresa específica y que puede ser diversificado (llamado riesgo no sistemático), y esa porción que está relacionada con el mercado y es no diversificable (llamada riesgo sistemático):

$$\text{Riesgo total} = \text{Riesgo no sistemático} \quad \text{Riesgo sistemático} \\ (\text{riesgo diversificable,} \quad + \quad (\text{riesgo no diversificable,} \\ \text{propio a una empresa)} \quad \text{relacionado con el mercado})$$

La gráfica 2.4.1 ilustra la reducción del riesgo total conforme los valores se van agregando al portafolio. El riesgo no sistemático es virtualmente eliminado en portafolios de 30 a 40 valores de industrias que no están estrechamente relacionadas. El riesgo restante, riesgo sistemático está relacionado con el mercado. Los índices del mercado, son en sí portafolios diversificados y tienden a moverse en paralelo con el mercado. Por lo tanto, hay una correspondencia cercana entre cambios en los rendimientos de cualquier portafolio diversificado y los rendimientos en los índices del mercado. Ejemplos de factores de riesgo sistemático o riesgo no sistemático, enlistamos en la tabla 2.4.1.

Tabla 2.4.1 Factores de Riesgo Sistemático y No Sistemático

Ejemplos de Riesgo No Sistemático (Eventos Microeconómicos)

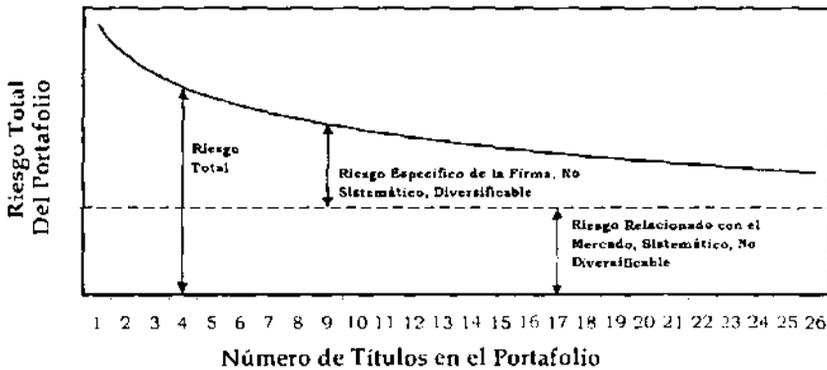
- El genio tecnológico de una empresa muere en un accidente automovilístico
- Se declara una huelga en la empresa
- Se descubre petróleo en los terrenos de la empresa

Ejemplos de Riesgo Sistemático (Eventos Macroeconómicos)

- Países productores de petróleo declaran un boicot
- El Congreso vota por una reducción general de impuestos
- La Reserva Federal sigue una política monetaria restrictiva
- Existe una fuerte alza en los intereses a largo plazo

Gráfica 2.4.1

Eliminación del Riesgo No Sistemático A través de la Diversificación



2.5 RIESGO, RENDIMIENTO Y EQUILIBRIO DE MERCADO

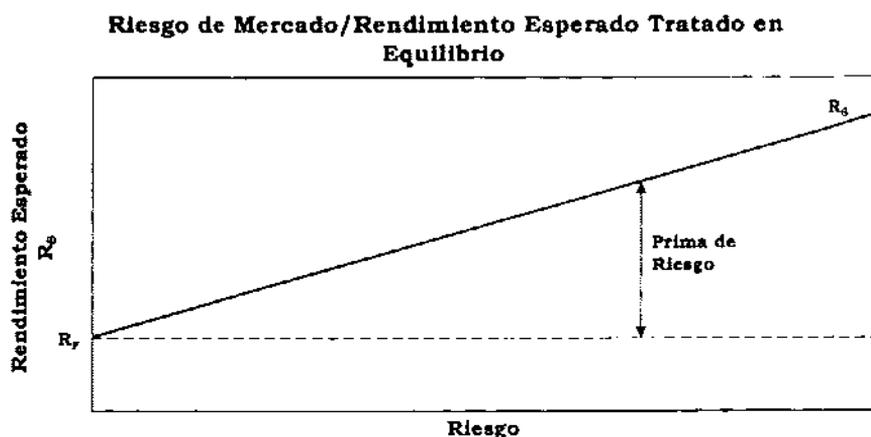
Los inversionistas tienen aversión hacia el riesgo, y deben ser compensados por aceptarlo. Por lo tanto, los valores o instrumentos de inversión riesgosos son valorados por el mercado de manera que brinden un rendimiento esperado mayor que los valores de bajo riesgo. Esta recompensa extra, llamada prima al riesgo (risk premium), es necesaria para inducir a los inversionistas adversos al riesgo a poseer valores riesgosos. En un mercado dominado por inversionistas con aversión hacia el riesgo, debe existir una relación positiva entre el riesgo y el rendimiento esperado para lograr el equilibrio. El rendimiento esperado de los valores sin

riesgo es la tasa libre de riesgo. El rendimiento esperado de los valores con riesgo se puede ver como esa tasa libre de riesgo más una prima por el riesgo:

$$R_S = R_F + \text{Prima por el riesgo}$$

El trueque riesgo-rendimiento del mercado lo ilustramos en la gráfica 2.5.1.

Gráfica 2.5.1



## 2.6 EL MODELO PARA LA VALORACIÓN DE ACTIVOS DE CAPITAL (Capital Asset Pricing Model, CAPM)

Una vez que hemos estudiado las herramientas que un inversionista puede emplear para seleccionar un portafolio de inversión dentro de un conjunto posible de ellos, tenemos la necesidad de evaluar la forma en que los nuevos inversionistas se comportarán y cómo los precios y rendimientos se verán modificados.

La construcción de modelos generales de equilibrio nos permite mejorar los indicadores relevantes del riesgo para cualquier título y las relaciones entre los rendimientos esperados y el riesgo de los títulos que participan en un mercado en equilibrio. Estos modelos de equilibrio están basados en los modelos que nos ayudan a seleccionar de manera óptima los portafolios de inversión.

Tenemos que recordar que lo importante en los modelos no es qué tan razonables sean las suposiciones que los sustenten, sino la medida en que el resultado describa la realidad.

En el CAPM debemos asumir ciertas suposiciones básicas para simplificar el modelo.

La primera suposición es que no existen costos de transacción. Esto es, no existen costos al comprar o vender acciones. Si los costos de transacción son considerados, el rendimiento de cualquier acción será una función de lo que el inversionista haga o no antes del periodo de decisión. Por esto, la inclusión de los costos de transacción en un modelo le añaden un alto grado de complejidad. Además, estos costos son cruciales sólo si se consideran grandes volúmenes de transacciones. Dados los tamaños de las transacciones diarias, los costos de transacción son usualmente de menor importancia.

La segunda suposición que hace el modelo CAPM es que los títulos son infinitamente divisibles. Lo que significa que un inversionista puede tomar cualquier posición en una inversión, sin importar el tamaño de ella. Por ejemplo, puede comprar una u.m. de las acciones de cualquier empresa.

La tercera suposición es la ausencia del pago de impuestos personales. Esto significa que un individuo es indiferente a las formas en que sus utilidades son recibidas.

La cuarta suposición es que ningún individuo puede afectar el precio de las acciones mediante su compra o venta. Esta suposición es análoga a la de la competencia perfecta. Mientras que ningún inversionista puede determinar el precio de una acción, todos los inversionistas en su conjunto fijan el precio de esta.

La quinta suposición es que el inversionista planea basar sus decisiones sólo en términos de los rendimientos esperados y de las desviaciones estándar esperadas de sus portafolios. En otras palabras las técnicas que utilizan para tomar sus decisiones están contenidas en el capítulo anterior.

La sexta suposición es que los inversionistas pueden vender cualquier cantidad de cualquier acción (por supuesto si es de su posesión).

La séptima suposición es que existe una ilimitada capacidad de prestar y pedir prestado a una tasa libre de riesgo. Lo que implica que un inversionista puede buscar fondos para sus inversiones a una tasa igual que el título libre de riesgo del mercado.

Las suposiciones octava y novena hablan de la homogeneidad de las expectativas. Esto es, que los inversionistas están relacionados con las medias y varianzas de los rendimientos. Además, todos los inversionistas tienen los mismos datos para analizar las inversiones posibles (medias y varianzas), y tienen acceso a las covarianzas entre cualquier par de títulos.

La décima suposición es que todos los títulos son negociables.

En el Modelo para la Valoración de Activos de Capital (CAPM) se representa una visión idealizada de cómo el mercado asigna precios a los valores, determina los rendimientos esperados, proporciona una medida de la prima por riesgo y un método para estimar la curva de riesgo-rendimiento esperado del mercado. En el CAPM, los inversionistas poseen portafolios diversificados para minimizar el riesgo. Por lo que los eventos peculiares de empresas específicas (riesgo no sistemático) tienen un impacto insignificante en su rendimiento total. Sólo una pequeña fracción de los fondos del inversionista están invertidos en cada valor. Más aún, las variaciones en los rendimientos de un valor pueden o no ser canceladas por las variaciones complementarias en los rendimientos de otros valores. Por lo tanto, el único riesgo al que los inversionistas son sensibles es el riesgo sistemático o riesgo relacionado con el mercado.

Ya que el riesgo no sistemático puede ser eliminado al tener un portafolio grande de valores, los inversionistas no son compensados por soportar este riesgo. En consecuencia, el riesgo relevante en el intercambio entre riesgo y rendimiento esperado del mercado es el riesgo sistemático, no el riesgo total. El inversionista es recompensado con un rendimiento esperado más alto por tomar este tipo de riesgo, y este riesgo es el relevante al determinar las primas. Por tanto, el modelo establece que el rendimiento de un valor está relacionado con aquella porción de riesgo que no puede ser eliminada por la combinación del portafolio.

El CAPM provee una estimación conveniente para el riesgo sistemático llamada "Beta", que mide la tendencia de un valor a moverse paralelamente con el rendimiento global del mercado. Una acción con beta de 1 tiende a subir y a bajar el mismo porcentaje que el del mercado (por ejemplo el rendimiento del S&P500). De tal manera que,  $\beta=1$  indica un nivel promedio de riesgo sistemático. Acciones con  $\beta>1$  tienden a subir y a bajar por un porcentaje mayor al del mercado. Tienen un alto nivel de riesgo sistemático y son muy sensitivos a los cambios del mercado. De manera similar, acciones con  $\beta<1$  tienen un bajo nivel de riesgo sistemático y son menos sensitivos a los movimientos pendulares del mercado. Estos resultados determinan el intercambio entre riesgo y rendimiento esperado bajo el CAPM. En general:

$$R_S = R_F + \text{Prima por el riesgo}$$

Si el CAPM describe correctamente el comportamiento del mercado,

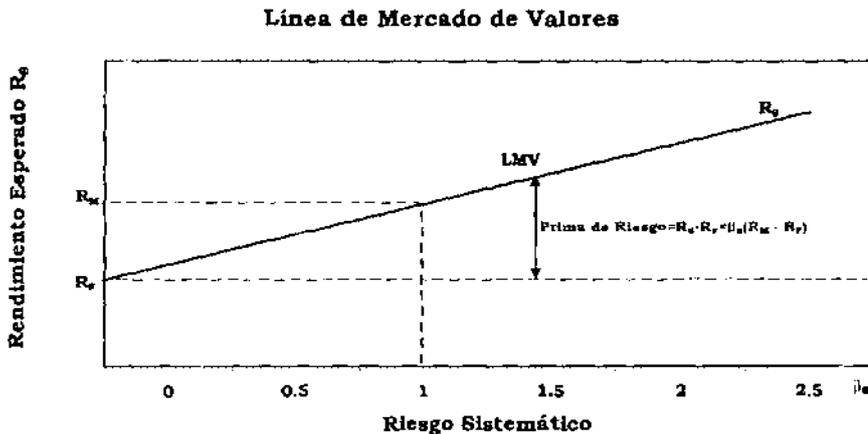
$$R_S = R_F + \beta(R_M - R_F)$$

El rendimiento esperado de un título-valor ( $R_S$ ) es igual a la tasa libre de riesgo más una prima por riesgo. Con el CAPM, la prima por riesgo es  $\beta$  multiplicada por la diferencia entre el rendimiento del mercado ( $R_M$ ) y el rendimiento libre de riesgo ( $R_F$ ). De manera alternativa, la relación puede ser expresada desde el punto de vista de la prima de riesgo (el rendimiento por encima de la tasa libre de riesgo):

$$R_S - R_F = \beta(R_M - R_F) = \text{Prima por riesgo en la acción } S$$

Por lo tanto, la prima por riesgo de una acción, (o portafolio o cualquier valor) varía directamente con el nivel de riesgo sistemático  $\beta$ . Este intercambio entre el riesgo y el rendimiento esperado en el CAPM es llamado línea de mercado de valores (security market line) y se ilustra en la gráfica 2.6.1.

Gráfica 2.6.1



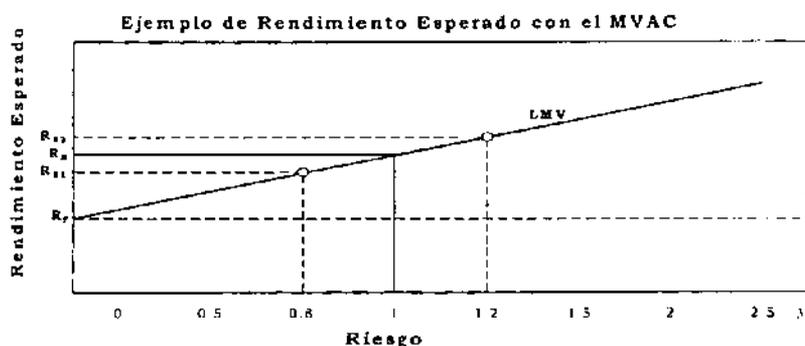
Consideremos una empresa involucrada en la exploración de petróleo. El rendimiento (expresado como  $R_{X1}$ ) a los accionistas de una empresa como ésta es muy variable. Si se encuentra petróleo, el rendimiento es muy alto. Si no se encuentra petróleo, los accionistas pierden la totalidad de su inversión y el rendimiento es negativo. El riesgo total de la acción es muy alto. Sin embargo, gran parte de la variabilidad en el rendimiento es generada por factores independientes de los rendimientos de otras acciones (del rendimiento del mercado). Este riesgo es sólo de la empresa y por lo tanto es riesgo no sistemático (o diversificable). Ya que el rendimiento de esta acción no está cercanamente relacionado al rendimiento del mercado como un todo, contribuye poco a la variabilidad de un portafolio diversificado. Su riesgo no sistemático puede ser diversificado teniendo un portafolio grande. Sin embargo, los costos de la exploración y el precio del petróleo están relacionados al nivel general de la actividad económica. Como resultado, la

acción contiene algo de riesgo sistemático, asociado con las probabilidades de encontrar petróleo.

Aunque la acción de la empresa es muy riesgosa en términos del riesgo total, tiene un bajo nivel de riesgo sistemático. Su  $\beta$  puede ser 0.8. El mercado por lo tanto valorará esta acción para que brinde un rendimiento esperado relativamente bajo. Desde el punto de vista de los inversionistas que tienen un portafolio grande, es un valor de poco riesgo. Su rendimiento esperado se denota con  $R_{X1}$  en la gráfica 2.6.2. Note que el rendimiento en esta acción ( $R_{X1}$ ) es menor que el rendimiento de la acción promedio en el mercado ( $R_M$ ).

En contraste, considere una empresa que fabrica computadoras. Como empresa grande y estable, su variabilidad total en el rendimiento puede ser menor que la de la empresa de exploración petrolera. Sin embargo, sus ventas, utilidades, y por lo tanto, los rendimientos de su acción están muy relacionados con los cambios en la actividad económica global. El rendimiento de esta acción es muy sensible a cambios en el rendimiento del mercado como un todo. Por lo tanto, su riesgo no puede ser eliminado a través de la diversificación. Cuando se combina con otros valores en un portafolio diversificado, los cambios en su rendimiento tienden a reforzar los movimientos pendulares en los rendimientos de otros valores. Contiene un nivel relativamente alto de riesgo sistemático y una beta tal vez de 1.2. Visto como un valor individual, parece menos riesgoso (en términos del riesgo total) que la empresa de exploración petrolera. Sin embargo, debido a que contiene un alto nivel de riesgo no diversificable, el mercado lo considera un valor más riesgoso. Por lo tanto, se valora para que otorgue un alto rendimiento esperado. Su rendimiento se denota con  $R_{X2}$  en la gráfica 2.6.2. Sin embargo, tales ejemplos son raros. La mayoría de las empresas con riesgo total alto también tienen betas altas (y viceversa).

Gráfica 2.6.2



Sin embargo, invariablemente los inversionistas a los que se les explica este modelo encuentran que una acción el año pasado, con alta beta, dio menor rendimiento que otro título con una beta menor. A ellos hay que recordarles que el modelo CAPM es un modelo de equilibrio. Cuando una acción tiene una beta grande se espera que tenga un alto rendimiento (pues tiene mayor riesgo), pero esto no significa que lo dará a lo largo de todos los intervalos de tiempo, de hecho, si siempre diera un alto rendimiento, entonces no tendría un alto riesgo (pues siempre tendría un alto rendimiento), sino un riesgo bajo, es decir, tendría una beta pequeña. Por esto, si tiene un alto riesgo, algunas veces producirá un bajo rendimiento, pero en promedio, a través de algún horizonte de tiempo suficientemente grande, producirán altos rendimientos.

En resumen, si el CAPM describe correctamente el comportamiento del mercado, la medida relevante del riesgo de un valor es su riesgo relacionado con el mercado o riesgo sistemático (medido por las betas). Si el rendimiento de un valor tiene una fuerte relación positiva con el rendimiento del mercado (tiene una beta alta), será valorado para producir un alto rendimiento esperado (viceversa). Ya que el riesgo no sistemático puede ser fácilmente eliminado a través de la diversificación, no incrementa el rendimiento esperado de un valor. Al mercado sólo le importa el riesgo sistemático. Estos resultados se resumen en la tabla 2.6.1.

Tabla 2.6.1.

#### Resumen de la determinación de rendimientos esperados con el CAPM

- 
- 1.- El riesgo total es definido como la variación en el rendimiento
  - 2.- El inversionista puede reducir el riesgo teniendo un portafolio diversificado
  - 3.- El riesgo total de un valor puede ser dividido en riesgo sistemático y no sistemático.
    - a.- El riesgo que puede ser eliminado a través de la diversificación es llamado riesgo no sistemático. Está asociado con los eventos particulares de la empresa y es independiente de otras empresas.
    - b.- El riesgo restante en un portafolio diversificado es llamado riesgo sistemático. Está asociado con el movimiento de otros valores y con el mercado como un todo.
  - 4.- Si el CAPM describe correctamente el comportamiento del mercado, los inversionistas mantienen portafolios diversificados para minimizar el riesgo.
  - 5.- Ya que los inversionistas mantienen portafolios diversificados con el CAPM, están expuestos solamente a riesgos sistemáticos. En tal mercado, los inversionistas

---

son recompensados en términos de rendimientos esperados más altos solamente por soportar riesgo sistemático, el relacionado con el mercado. No hay recompensa asociada con el riesgo no sistemático ya que puede ser eliminado a través de la diversificación. Por lo tanto, el riesgo relevante es el sistemático o relacionado con el mercado, y es medido por beta.

6.- La compensación entre riesgo y rendimiento esperado con el CAPM se llama la línea de mercado de valores. Las acciones se valoran a un precio tal que:

$$R_S = R_F + \text{Prima por el riesgo} = R_F + \beta_S (R_M - R_F).$$

Por lo tanto, la línea de mercado de valores proporciona un estimado del rendimiento esperado para cualquier acción,  $R_S$ .

---

Veamos el siguiente ejemplo:

El capital social de la Empresa X1 tiene una beta de 1.5 y el de la Empresa X2 tiene una beta de 0.7. Supongamos que la tasa sin riesgo es del 7 por ciento y la diferencia entre el rendimiento esperado del mercado y la tasa sin riesgo es del 8.5 por ciento. Los rendimientos esperados de los dos títulos son:

Empresa X1:

$$19.75\% = 7\% + 1.5(8.5\%)$$

Rendimiento esperado de Empresa X2:

$$12.95\% = 7\% + 0.7(8.5\%)$$

La diversificación disminuye la variabilidad procedente del riesgo único pero no del riesgo de mercado. La beta de un portafolio es un promedio ponderado de las betas de los títulos que componen el portafolio ponderado por el porcentaje invertido en cada título.

Consideremos un portafolio formado por la inversión equitativa en dos títulos, los de la Empresa X1 y los de la Empresa X2. El rendimiento esperado del portafolio es:

$$16.35\% = 0.5(19.75\%) + 0.5(12.95\%) \quad (2.6.1)$$

La beta del portafolio es sencillamente un promedio ponderado de los dos títulos. Por lo tanto, tenemos:

Beta del portafolio:

$$1.1 = (0.5)(1.5) + (0.5)(0.7)$$

De acuerdo con el CAPM, el rendimiento esperado del portafolio es:

$$16.35\% = 7\% + 1.1(8.5) \quad (2.6.2)$$

Como el cálculo de (2.6.1) es el mismo que el de (2.6.2), con nuestro ejemplo vemos que el CAPM corresponde tanto a los portafolios como a los títulos individuales.

## CAPÍTULO 3 "ESTRUCTURA DE CAPITAL, COSTO DE CAPITAL Y COSTO PONDERADO DE CAPITAL"

### 3.1 EL COSTO DE CAPITAL

Cuando una empresa tiene excedentes de efectivo, puede llevar a cabo una de dos acciones: puede pagar de inmediato el efectivo como un dividendo; o bien puede invertir los excedentes de efectivo en un proyecto, pagando los flujos de caja del proyecto a futuro como dividendos. Si un inversionista puede reinvertir el dividendo en un título financiero (una acción u obligación) con el mismo riesgo que el del proyecto, optará por la alternativa con el rendimiento esperado más alto. En otras palabras, se debería efectuar el proyecto sólo si su rendimiento esperado es mayor que el de un título financiero de riesgo comparable. Este análisis implica una regla del presupuesto de capital muy sencilla: la tasa de descuento<sup>5</sup> de un proyecto debe corresponder al rendimiento esperado de un título financiero de riesgo comparable. Desde la perspectiva de la empresa, este rendimiento esperado es el costo de capital.

Si usamos el modelo CAPM para los rendimientos, el rendimiento esperado de las acciones será

$$\bar{R} = R_F + \beta X (\bar{R}_M - R_F) \quad (3.1.1)$$

donde  $\bar{R}_M - R_F$  es el rendimiento excedente del mercado y  $R_F$  es la tasa sin riesgo.

Ahora contamos con los medios para calcular el costo del capital de una empresa.

Para ello necesitamos conocer tres cosas:

- La tasa sin riesgo,  $R_F$
- La prima de riesgo de mercado,  $\bar{R}_M - R_F$
- La beta de la Empresa,  $\beta_i$

Ejemplo. Supongamos que las acciones de la Empresa XI tienen una beta  $\beta$  de 1.3, la tasa sin riesgo es 7% y la prima de riesgo es 8.5%. La empresa está financiada al 100 por ciento con capitales propios, es decir, no tiene deuda. La Empresa XI está considerando algunos proyectos de presupuesto de capital que duplicarán su tamaño. Dado que estos proyectos nuevos son similares a los que ya existen en la empresa, se supone que la beta promedio de los nuevos proyectos tiene que ser igual que la beta existente de la Empresa XI. ¿Cuál es la tasa de descuento adecuada para estos proyectos?

<sup>5</sup> La tasa de descuento es aquella que se emplea para calcular el valor actual de los flujos futuros de efectivo.

Ahora podemos calcular el costo del capital  $r_{\text{Capital}}$  de la Empresa X1 como

$$\begin{aligned} r_{\text{Capital}} &= 7\% + (8.5\%)(1.3) \\ &= 7\% + 11.05\% \\ &= 18.05\% \end{aligned}$$

Este ejemplo encierra dos supuestos clave: (1) El riesgo beta de los proyectos nuevos es el mismo que el riesgo de la empresa y (2) la empresa está totalmente financiada sólo con capitales propios. Considerando estos supuestos, concluimos que se deben descontar los flujos de caja de los proyectos nuevos a la tasa de 18.05 por ciento.

### 3.1.1 Ciclo de los ingresos, Apalancamiento Operativo y Apalancamiento Financiero

La beta de una acción se determina por las características de la empresa, considerando dos factores: el apalancamiento operativo y el apalancamiento financiero.

#### Apalancamiento operativo

Para dar una definición del apalancamiento operativo primero debemos hacer una distinción entre los costos fijos y los costos variables. Los costos fijos no cambian de acuerdo con el nivel de producción de una empresa, por el contrario los costos variables se incrementan a medida que la cantidad de la producción aumenta. Esta diferencia entre los costos variables y los costos fijos nos permite definir mediante un ejemplo el apalancamiento operativo.

Considere una empresa que puede seleccionar ya sea la tecnología A o la B al fabricar un producto determinado. Las diferencias correspondientes entre las dos tecnologías son:

Tecnología A	Tecnología B
Costo fijo: 1,000 u.m./año	Costo fijo: 2,000 u.m./año
Costo variable: 8 u.m./unidad	Costo variable: 6 u.m./unidad
Precio: 10 u.m./unidad	Precio: 10 u.m./unidad
Margen de contribución: 2 u.m. (10 u.m. - 8 u.m.)	Margen de contribución: 4 u.m. (10 u.m. - 6 u.m.)

La tecnología A tiene costos fijos más bajos y costos variables más altos que la tecnología B. Quizá la tecnología A implica menos mecanización que la B, o el equipo de la tecnología A se puede arrendar en tanto que el equipo de la tecnología B se debe comprar. De modo alternativo, tal vez la tecnología A necesita pocos empleados pero muchos subcontratistas, mientras que la tecnología B

implica sólo empleados altamente calificados que deben conservarse en tiempos de crisis. Ya que la tecnología B tiene tanto costos variables menores como costos fijos mayores, decimos que tiene un apalancamiento operativo más alto. La definición del apalancamiento operativo es

$$\frac{\text{Cambio de los BAII}^6}{\text{BAII}} \times \frac{\text{Ventas}}{\text{Cambio de las ventas}}$$

donde BAII son los beneficios antes de interés e impuestos. Es decir, el apalancamiento operativo pondera el cambio porcentual de los BAII para un cambio porcentual determinado de las ventas o los ingresos.

Una forma alternativa de entender este razonamiento es puntualizar que el apalancamiento operativo (AO) se define por:

$$\text{AO} = \frac{\text{cambio BAII} (\%)}{\text{cambio ventas} (\%)}$$

donde BAII en este caso es

$$\text{BAII} = (P - V)Q - \text{CF}$$

Donde P es el precio unitario del producto, V es el costo unitario, Q es el volumen de producción (ventas) y CF son los costos fijos. Por lo tanto

$$\begin{aligned} \text{AO} &= \frac{(P - V)/\text{BAII}}{1/Q} \\ &= \frac{(P - V)Q}{(P - V)Q - \text{CF}} \end{aligned}$$

<sup>6</sup> Los beneficios antes de intereses e impuestos los determinamos a partir del estado de resultados como sigue:

"ESTADO DE RESULTADOS DE LA EMPRESA XI 19X9 (Millones de u.m.)	
Ventas	\$2,262
Costo de ventas	(1,655)
Gastos administrativos	( 327)
Depreciación	( 90)
Beneficios antes de Intereses e Impuestos (BAII)	190
Intereses	( 49)
Impuestos	( 84)
Utilidad Neta	57

o bien

$$AO = \frac{BAII + CF}{BAII}$$

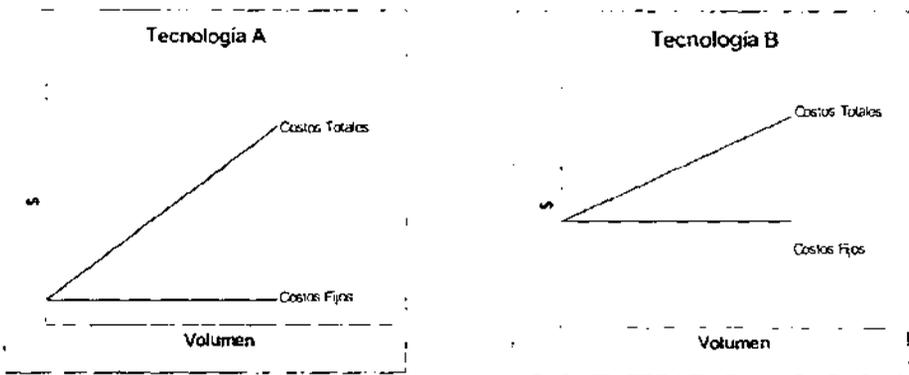
$$= 1 + CF / BAII$$

El apalancamiento operativo aumenta conforme los costos fijos aumentan y los costos variables disminuyen.

La gráfica 3.1.1 presenta ambas tecnologías. La pendiente de cada línea de costo total representa los costos variables de una tecnología determinada. La pendiente de la línea de la tecnología A es mayor, indicando costos variables mayores.

Gráfica 3.1.1

### Ilustración de dos tecnologías diferentes



La tecnología A tiene costos variables más altos y costos fijos más bajos que la tecnología B.

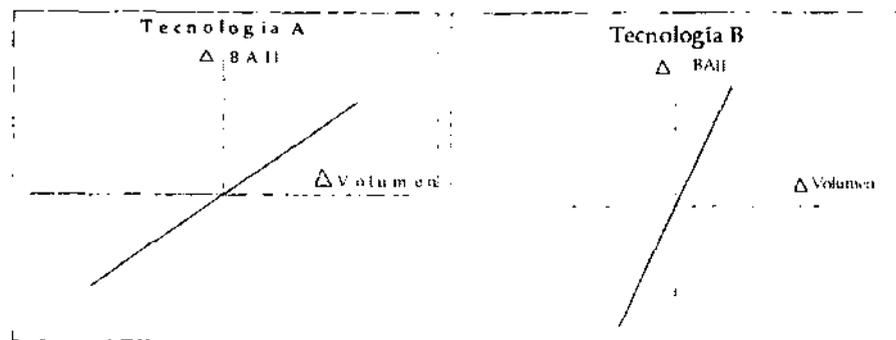
La tecnología B tiene el Apalancamiento Operativo más alto.

El mismo costo unitario de 10 u.m. corresponde a ambos casos, porque las dos tecnologías sirven para producir los mismos productos. El margen de contribución es la diferencia entre el precio y el costo variable; éste pondera el beneficio incremental de una unidad adicional. La tecnología B es más arriesgada, porque su margen de contribución es más alto. Una venta inesperada incrementa el beneficio a razón de 2 u.m. con la tecnología A pero con la B lo incrementa a razón de 4 u.m.. De modo similar, la cancelación de una venta inesperada reduce el beneficio a razón de 2 u.m. con la tecnología A pero con la B lo reduce a razón de 4 u.m.. La

gráfica 3.1.2 ilustra esto. Esta gráfica presenta el cambio de los beneficios antes de interés e impuestos para un cambio de volumen determinado. La pendiente de la gráfica que aparece del lado derecho es mayor, indicando que la tecnología B es más arriesgada.

Gráfica 3.1.2

Efecto de un cambio en el volumen en el cambio de los beneficios antes de intereses e impuestos.



### Apalancamiento Financiero

Como sus nombres lo indican, el apalancamiento operativo y el apalancamiento financiero son conceptos análogos. El apalancamiento operativo se refiere a los costos fijos de producción de la empresa, en tanto que el financiero es el grado de confianza que una empresa tiene en la deuda. El apalancamiento financiero se refiere a los costos fijos de las finanzas de la empresa porque una empresa apalancada debe realizar pagos de interés independientemente de las ventas de la empresa.

Continuando con nuestro estudio del Costo de Capital daremos ahora un ejemplo de cómo calcularlo cuando la empresa está financiada con una mezcla de capital propio y deuda.

Supongamos que se desea preparar una evaluación financiera de un proyecto de expansión de la producción de la Empresa XI. Esta empresa es muy rentable, y proporciona una tasa de rendimiento sobre los activos contables del 25 por ciento anual.

Ahora, en 1999, los derechos de producción ya no son tan baratos, así que pensar en el proyecto de expansión costaría 30 millones de u.m. y generaría un flujo de tesorería a perpetuidad después de impuestos de 4.5 millones de u.m. anuales. La tasa de rendimiento del proyecto sería  $4.5/30 = 0.15$ , ó 15 por ciento, muy inferior al rendimiento de los activos de la Empresa X1. Sin embargo, una vez que el nuevo proyecto estuviera funcionando, su riesgo no sería superior al de los actuales negocios de la Empresa X1.

Pensar en un 15 por ciento podría, aun así, exceder el costo de capital de la Empresa X1, esto es, exceder la tasa esperada de rendimiento que los inversionistas ajenos a la empresa exigirían por invertir dinero en el proyecto. Si el costo de capital era inferior al 15 por ciento esperado de rendimiento, la expansión sería un buen proyecto y generaría un valor presente neto<sup>7</sup> positivo para la Empresa X1 y para sus accionistas.

Lo que necesitamos es calcular el costo de capital para nuestra empresa que únicamente utiliza acciones comunes para financiarse.

Por tanto, necesitamos las tasas de rendimiento esperado que los inversionistas exigirían a los activos reales de la Empresa X1. La tasa de rendimiento depende del riesgo de los activos.

Si la Empresa X1 emite sólo acciones -no deuda- entonces poseer las acciones significa poseer los títulos, y la tasa de rendimiento esperado exigida por los inversionistas en las acciones debe ser también el costo de capital de los títulos. Con esto establecemos las siguientes identidades:

Valor de la Empresa	=	Valor de las Acciones
Riesgo de la Empresa	=	Riesgo de las Acciones
Tasa de Rendimiento de la Empresa	=	Tasa de Rendimiento de las Acciones
Tasa de Rendimiento exigida por los Inversionistas a la Empresa	=	Tasa de Rendimiento exigida a las Acciones por los Inversionistas

Tiempo atrás la Empresa X1 se había endeudado en una importante cantidad de dinero; por ello sus accionistas no tienen toda la propiedad de los títulos de la Empresa X1. El proyecto de expansión estaba también, en parte, financiado por deuda. Por ello debemos fijarnos en la estructura de capital<sup>8</sup> de la Empresa X1 -su deuda y su capital propio- y considerar las tasas de rendimiento requeridas por los inversionistas para la deuda así como para el capital propio.

<sup>7</sup> Valor presente de los flujos generados de un proyecto menos la inversión inicial.

$$VPN = -C_0 + \frac{C_1}{1+r} + \frac{C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{C_T}{(1+r)^T} = -C_0 + \sum_{i=1}^T \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

El flujo inicial,  $-C_0$ , debe ser negativo porque representa una inversión.

<sup>8</sup> Mezcla del financiamiento a largo plazo de la empresa.

La Empresa X1 había emitido 22.65 millones de acciones, que se estaban negociando actualmente a 20 u.m. de cada una. Por tanto, el capital propio de los accionistas de la Empresa X1 estaba valorado en  $20 \times 22.65$  millones = 453 millones de u.m., además, los bonos que habían sido emitidos ascendían en total a 194 millones de u.m.. La estructura de capital de la empresa era entonces

Deuda	194	(30%)
Capital propio	453	(70%)
Valor Total	647 millones	(100%)

La Empresa X1 vale más para los inversionistas que su deuda o su capital por separado, y lo que se necesita es encontrar el valor total de los negocios de la Empresa X1 sumando ambos.

Activos	Pasivos y capital propio	
Activos = Valor de los negocios de la Empresa X1	Deuda	194 (30%)
	Capital propio	453 (70%)
	Valor	647 (100%)

Si compráramos todos los títulos emitidos por la Empresa X1, tanto deuda como capital, seríamos propietarios de los negocios sin problemas. Esto es:

Valor de los negocios	=	Valor del portafolio de todos los títulos de la empresa: deuda y capital propio
Riesgo del negocio	=	Riesgo del portafolio
Tasa de rendimiento de negocio	=	Tasa de rendimiento del portafolio
Rendimiento exigido por los inversionistas al negocio (costo de capital de la empresa)	=	Rendimiento exigido por los inversionistas sobre el portafolio

Todo lo que tenemos que hacer es calcular la tasa esperada de rendimiento sobre un portafolio compuesto por todos los títulos de la empresa. El rendimiento de la deuda es 8 por ciento y el banco dice que los inversionistas en capital quieren el 14 por ciento de rendimiento. El portafolio contendría un 30 por ciento de deuda y un 70 por ciento de capital, entonces

$$\text{Rendimiento del Portafolio} = (0.3)(8\%) + (0.7)(14\%) = 12.2\%$$

$$\text{Costo de Capital de la Empresa} = 12.2\%$$

El costo de capital de la empresa es un promedio ponderado de los rendimientos de la deuda y del capital, con ponderaciones dependiendo del valor en el mercado

de los dos títulos. El resultado, en este caso 12.2 por ciento, es también el costo de capital para nuevas inversiones con el mismo riesgo y financiamiento.

Así la expansión parece un buen proyecto, ya que 15% es mejor que 12.2%.

### 3.2 EL COSTO DE CAPITAL Y EL COSTO PONDERADO DE CAPITAL DE LA EMPRESA

Pensemos de nuevo qué es el costo de capital de la empresa, y para qué se utiliza. Se define como el costo de oportunidad del capital para los activos existentes de la empresa y se utiliza para valorar nuevos títulos que tienen el mismo riesgo que los antiguos.

Comenzaremos con el costo de capital de la empresa y entonces nos moveremos hacia el Costo Ponderado de Capital, (que ahora mencionaremos como el CPC). El CPC es una forma de estimar el costo de capital de la empresa; incorpora a la vez un ajuste por los impuestos que la empresa se ahorra a medida que se endeuda.

Calcular el costo de capital de la empresa es sencillo, aunque no siempre es fácil, cuando existen únicamente acciones comunes. Por ejemplo, podríamos estimar la beta y calcular la tasa de rendimiento requerida por los accionistas utilizando el modelo para la valoración de activos de capital (CAPM). Ésta sería la tasa esperada de rendimiento que los inversionistas exigirían a los activos existentes de la empresa y operaciones y también el rendimiento esperado que se exigiría a las nuevas inversiones que no modifiquen el riesgo de mercado de la empresa.

Pero la mayoría de las empresas emiten deuda a la vez que capital propio. Esto significa que el costo de capital de la empresa es un promedio ponderado de los rendimientos exigidos por los inversionistas a la deuda y al capital propio, es decir, la tasa de rendimiento esperado que los inversionistas demandarían a un portafolio de todos los títulos existentes de la empresa.

Recordemos los cálculos de la Empresa X1. El valor total de la empresa, que denotaremos como  $V$ , es la suma de los valores de la deuda  $D$  y del capital propio  $E$ . Así el valor de la empresa es  $V = D + E = 194$  millones de u.m. + 453 millones de u.m. = 647 millones de u.m.. La deuda es el 30 por ciento del valor y el capital el 70 por ciento restante. Si tuviéramos todas las acciones y toda la deuda, la inversión en la Empresa X1 sería  $V = 647$  millones. Así  $V$  es también el valor de estos títulos y el valor de los negocios existentes de la Empresa X1.

Suponga que los inversionistas en capital de la Empresa X1 exigen una tasa de rendimiento del 14 por ciento por su inversión en el título. Ahora calculemos la

tasa de rendimiento que proporciona un nuevo proyecto para que todos los inversionistas -tanto tenedores de bonos como los accionistas- ganen una tasa justa de rendimiento. Los tenedores de bonos exigen una tasa de rendimiento de  $r_{deuda} = 8$  por ciento, por lo que cada año la empresa necesitará pagar un interés de  $r_{deuda} D = (0.08)(194)$  millones = 15.52 millones de u.m.. Los accionistas, que han invertido en títulos más arriesgados, exigen un rendimiento de  $r_{capital} = 14$  por ciento por su inversión de 453 millones de u.m., de tal modo que para mantener a los accionistas contentos, la empresa necesita una renta adicional de  $(r_{capital})(E) = (0.14)(453)$  millones = 63.42 millones de u.m.. Para satisfacer tanto a los tenedores de bonos como a los accionistas, la Empresa X1 necesita ganar 15.52 millones + 63.42 millones = 78.94 millones de u.m.. Esto es equivalente a ganar un rendimiento de  $r_{títulos} = 78.94/647 = 0.122$ , o 12.2 por ciento.

La figura 3.2.1 ilustra el razonamiento que hay detrás de nuestros cálculos. La gráfica presenta la cantidad de renta necesaria para satisfacer a los inversionistas en deuda y capital. Observemos que los tenedores de bonos cuentan con el 30 por ciento de la estructura de capital de la Empresa X1, pero reciben menos del 30 por ciento de la renta. Por otro lado, ellos soportan menos del 30% del riesgo, pues reciben primero la renta de la empresa y los títulos si ésta empieza a tener problemas. Los accionistas esperan recibir más del 70 por ciento de la renta de la Empresa X1 porque ellos soportan más riesgo.

Sin embargo, si compramos toda la deuda y capital de la Empresa X1, tendríamos todos sus títulos. Y recibiríamos toda la renta y soportaríamos todos los riesgos. La tasa de rendimiento esperada que exigiríamos de su portafolio de títulos es el mismo rendimiento que exigiríamos por ser propietarios de todo el negocio. Esta tasa de rendimiento (12.2 por ciento en nuestro ejemplo) es entonces el costo de capital de la empresa y la tasa de rendimiento exigido da una expansión del negocio de igual riesgo.

Costo de Capital de la Empresa = Promedio Ponderado de los Rendimientos de la Deuda y de Capital

Los tenedores de bonos necesitan renta de  $(r_{deuda})(D)$  y los inversionistas en capital necesitan renta de  $(r_{capital})(E)$ . La renta total que se necesita es  $(r_{deuda})(D) + (r_{capital})(E)$ . La cantidad de su inversión combinada en la empresa es  $V$ . Luego, para calcular el rendimiento de los activos, simplemente dividimos la renta entre la inversión

$$r_{activos} = \frac{\text{renta total}}{\text{valor de la inversión}}$$

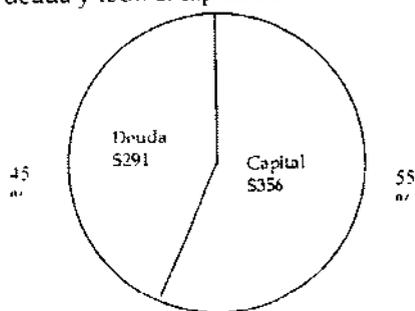
$$= \frac{(r_{deuda})(D) + (r_{capital})(E)}{V}$$

$$= \frac{(D)}{V}(r_{deuda}) + \frac{(E)}{V}(r_{capital})$$

Para la Empresa X1, como anteriormente se ejemplificó  
 $r_{activos} = (0.30)(0.08) + (0.70)(0.14) = 0.122$ , ó 12.2%

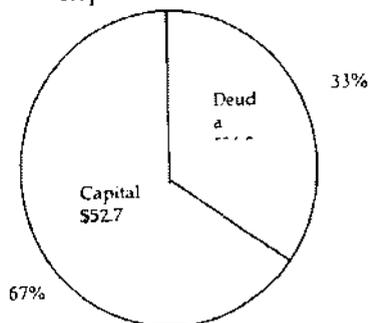
**Figura 3.2.1 ESTRUCTURA DE CAPITAL DE LA EMPRESA X1**

Los tenedores de bonos de la Empresa X1 cuentan con el 30% de la estructura de capital de la empresa, pero ellos obtienen un beneficio menor porque su rendimiento se ve garantizado por la Empresa. Los accionistas de la Empresa X1 soportan más riesgo y reciben, en promedio, mayor rendimiento. Por supuesto, si compramos toda la deuda y todo el capital obtenemos todo el rendimiento.



Valor Total = \$647 (100%)

Reparto de rendimiento



Rendimiento Total = \$78.9 (100%)

Tasa de Rendimiento Total =  $78.9/647 = 0.122$  ó 12.2%

Esta cifra es el rendimiento esperado exigido por los inversionistas en los activos de la empresa. Lo anterior se representa en la figura 3.2.1.

Resumiendo lo anterior vemos que se necesitan tres pasos para calcular el costo de capital:

Paso 1. Calcular el valor de cada título como una proporción del valor de la empresa. Para la Empresa X1, la deuda asciende al 30 por ciento del valor ( $D/V = 0.30$ ) y el capital propio al 70 por ciento ( $E/V = 0.70$ ).

Paso 2. Determinar la tasa de rendimiento requerida para cada título. Para la Empresa X1, los tenedores de bonos exigen un rendimiento del 8 por ciento ( $r_{deuda} = 0.08$ ) y los poseedores de capital propio exigen un rendimiento del 14 por ciento ( $r_{capital} = 0.14$ ).

Paso 3. Calcular un promedio ponderado de estos rendimientos exigidos. Para la Empresa X1, el costo de capital de la empresa es  $(0.3)(0.08) + (0.7)(0.14) = 0.122$ , ó 12.2 por ciento.

La Empresa X1 puede utilizar este costo de capital para evaluar nuevos proyectos que tengan el mismo riesgo que los negocios existentes y que también soporten una razón de apalancamiento del 30 por ciento.

El costo de capital de la empresa es la tasa de rendimiento esperado que los inversionistas exigen a los títulos y operaciones de la empresa. Por tanto, debe estar basado en lo que los inversionistas estarían dispuestos a pagar actualmente por los títulos existentes en el mercado de la empresa esto es, basado en los valores de mercado de los títulos.

### 3.3 LOS IMPUESTOS Y EL COSTO PONDERADO DE CAPITAL

Nuestra fórmula para el costo de capital de la empresa ignora los impuestos. Los impuestos son importantes porque los pagos realizados por intereses se deducen del cálculo de la renta antes de impuestos.

El tipo de interés de la deuda de la Empresa X1 es  $r_{deuda} = 8$  por ciento. Sin embargo, con una tasa de impuestos corporativos, de  $T_C = 0.35$ , el gobierno soporta un 35 por ciento del costo de los pagos de intereses. El gobierno no envía a la empresa un cheque por esta cantidad, pero la renta gravable de la empresa se ve reducida en un 35 por ciento de sus gastos de intereses.

Por tanto, el costo de la deuda de la Empresa X1 después de impuestos es sólo un  $100 - 35 = 65$  por ciento del 8 por ciento del costo antes de impuesto:

$$\begin{aligned} \text{Costo de la Deuda} &= \text{Costo Antes de Impuestos } (1 - \text{Tasa Impuestos} \\ \text{Después de Impuestos} & \hspace{15em} \text{Corporativos}) \\ &= r_{\text{deuda}} (1 - T_c) \\ &= 8 (1 - 0.35) = 5.2\% \end{aligned}$$

Ahora podemos ajustar nuestros cálculos del costo de capital de la Empresa X1 para reconocer el ahorro fiscal asociado con los pagos de intereses:

$$\text{Costo de Capital de la Empresa, } = (0.3)(5.2\%) + (0.7)(14\%) = 11.4\% \\ \text{Después de Impuestos}$$

Esta versión del costo de capital de la empresa después de impuestos se conoce como Costo Ponderado de Capital, ó CPC. La fórmula general es:

Costo Ponderado de Capital (CPC): Tasa esperada de rendimiento de un portafolio compuesto por todos los títulos de la empresa.

$$\text{Costo Ponderado de Capital} = \frac{[D]}{V} (1 - T_c) r_{\text{deuda}} + \frac{[E]}{V} (r_{\text{capital}})$$

El proyecto de expansión de la Empresa X1 es mejor de lo que se pensaba. La tasa de rendimiento del proyecto es el 15 por ciento, superior al 11.4 por ciento.

Recordemos que el proyecto de expansión cuesta 30 millones de u.m. y debería generar unos flujos de tesorería a perpetuidad de 4.5 millones de u.m. al año.

Ingresos	10.00
Gastos operativos	3.08
Flujo de tesorería derivado de las operaciones antes de impuestos	6.92
Impuestos al 35%	2.42
Flujo de tesorería después de impuestos	4.50 millones

Observemos que estos flujos de tesorería ignoran los beneficios fiscales de endeudarse.

Los directivos de la Empresa X1 prevén ingresos, costos e impuestos como si el proyecto fuese a ser financiado totalmente con capital propio. El ahorro fiscal debido a los intereses generados por la parte del proyecto financiado con deuda no se ha olvidado. Sin embargo, se tienen en cuenta utilizando el costo de la deuda después de impuestos en el Costo Ponderado de Capital.

El valor actual neto del proyecto se calcula descontando los flujos de tesorería (a perpetuidad) al 11.4 por ciento que es el Costo Ponderado de Capital de la Empresa X1:

$$VPN = -30 + \frac{4.5}{0.114} = +9.5 \text{ millones de u.m.}$$

La expansión añadirá entonces 9.5 millones de u.m. a la riqueza neta de los propietarios de la Empresa X1.

Cualquier proyecto que ofrezca una tasa de rendimiento superior al 11.4 por ciento tendrá un valor presente neto positivo, suponiendo que el proyecto tenga el mismo riesgo y se financie de la misma forma que los negocios de la Empresa X1. Un proyecto que ofrezca exactamente 11.4 por ciento estaría en un punto muerto; generaría justo la tesorería suficiente para satisfacer a los tenedores de bonos y accionistas.

Comprobemos esto. Supongamos que el proyecto de expansión tuvo ingresos de sólo 8.34 millones de u.m. y flujos de tesorería después de impuestos de 3.42 millones de u.m.:

Ingresos	8.34
Gastos operativos	3.08
Flujo de tesorería derivado de las operaciones antes de impuestos	5.26
Impuestos al 35%	1.84
Flujo de tesorería después de impuestos	3.42 millones

Con una inversión de 30 millones de u.m., la tasa de rendimiento es exactamente 11.4 por ciento:

$$\text{Tasa de rendimiento} = \frac{3.42}{30} = 0.114, \text{ ó } 11.4\%$$

El VPN es exactamente cero:

$$VPN = -30 + \frac{3.42}{0.114} = 0$$

Cuando calculamos el Costo Ponderado de Capital de la Empresa X1, reconocimos que la razón de endeudamiento de la empresa era 30 por ciento. Cuando los analistas de la Empresa X1 utilizan el Costo Ponderado de Capital para valorar el nuevo proyecto, ellos están suponiendo que los 30 millones de u.m. de inversión adicional soportarían una deuda adicional igual al 30 por ciento de la inversión, ó 9 millones de u.m. El resto, 21 millones de u.m. se aportan por los accionistas.

La tabla siguiente muestra cómo los flujos de tesorería deberían repartirse entre tenedores de bonos y accionistas. Comenzamos con el flujo de tesorería derivado de las operaciones antes de impuestos de 5.26 millones de u.m.:

Se prevé que los flujos de tesorería antes de intereses e impuestos sean 5.26 millones de u.m.. De esta cifra la Empresa X1 necesita pagar intereses del 8 por ciento sobre los 9 millones de u.m., lo que supone 0.72 millones de u.m.. Esto deja un flujo de tesorería antes de impuestos de 4.54 millones de u.m., sobre los que la empresa debe pagar impuestos. Los impuestos son  $0.35 \times 4.54 = 1.59$  millones de u.m.. Resta para los accionistas 2.95 millones de u.m., justo lo bastante para proporcionarles el 14 por ciento del rendimiento que ellos necesitan por su inversión de 21 millones. (Observe que  $2.95/21=0.14$ , ó 14 por ciento.)

Flujo de tesorería antes de intereses e impuestos	5.26 millones
Pago de intereses ( $0.08 \times 9$ millones)	<u>0.72</u>
Flujo de tesorería antes de impuestos	4.54
Impuestos al 35%	<u>1.59</u>
Flujo de tesorería después de impuestos	2.95 millones

Por tanto, las cosas cuadran. Si un proyecto tiene un VPN igual a cero cuando los flujos de tesorería esperados se descuentan al Costo Ponderado de Capital, los flujos de tesorería del proyecto son suficientes para dar a accionistas y tenedores de bonos el rendimiento que ellos exigen.

### 3.4 CÁLCULO E INTERPRETACIÓN DEL COSTO PONDERADO DE CAPITAL

Inicialmente se discutió el costo de capital de una empresa, pero en ese momento no sabíamos cómo medirlo cuando la empresa había emitido diferentes tipos de títulos o cómo ajustar por la deducibilidad de impuestos por pago de intereses. La fórmula del Costo Ponderado de Capital resuelve aquellos problemas.

El Costo Ponderado de Capital es la tasa de rendimiento que la empresa debe esperar obtener de sus inversiones para proporcionar un rendimiento esperado justo a todos los poseedores de sus títulos. Utilizamos el Costo Ponderado de Capital para valorar nuevos títulos que tienen el mismo riesgo que los antiguos y soportan la misma razón de endeudamiento. Estrictamente hablando, el Costo Ponderado de Capital es una tasa de descuento apropiada solo para un proyecto que sea igual a los negocios existentes de la empresa, pero a menudo se utiliza como una tasa de descuento de referencia de la empresa; la referencia se ajusta hacia arriba para proyectos inusualmente arriesgados y hacia abajo para proyectos inusualmente seguros.

### 3.4.1 Cómo Afectan los Cambios en la Estructura de Capital a los Rendimientos Esperados

Ilustraremos cómo las modificaciones en la estructura de capital afectan a los rendimientos esperados centrándonos en los casos más sencillos posibles, donde la tasa de impuestos de sociedades  $T_c$  es cero.

Volviendo a nuestra Empresa X1 recordemos, que tiene el siguiente balance a valores de mercado:

Activos		Pasivos y capital propio	
Activos=Valor de los negocios de la Empresa X1	647	Deuda	191 (30%)
		Capital propio	453 (70%)
Valor	647	Valor	647 (100%)

Los tenedores de bonos de la Empresa X1 exigen un rendimiento del 8 por ciento y los accionistas exigen un rendimiento del 14 por ciento. Como suponemos que la Empresa X1 no paga impuesto de sociedades, su Costo Ponderado de Capital simplemente es el rendimiento esperado de los activos de la empresa:

$$CPC = r_{\text{Activos}} = (0.3)(0.08) + (0.7)(0.14) = 0.122, \text{ o } 12.2\%$$

Éste es el rendimiento que se esperaría si se mantuvieran todos los títulos de la Empresa X1 y por lo tanto se fuera propietario de todos los activos.

Pensemos ahora qué ocurriría si la Empresa X1 se endeudara en 97 millones de u.m. adicionales y utilizara esta tesorería para recomprar y retirar 97 millones de u.m. de sus acciones comunes. El balance a valores de mercado revisado sería:

Activos		Pasivos y capital propio	
Activos=Valor de los negocios de la Empresa X1	647	Deuda	291 (45%)
		Capital propio	356 (55%)
Valor	647	Valor	647 (100%)

Si no hay impuestos de sociedades, una modificación en la estructura de capital no afecta a la tesorería total que la Empresa X1 paga a los poseedores de sus títulos y el riesgo de estos flujos de tesorería no se ve afectado. Por tanto, si los inversionistas exigen un rendimiento de 12.2 por ciento sobre el paquete total de deuda y capital propio antes de financiarse, ellos deben exigir el mismo 12.2 por ciento del rendimiento sobre el paquete después. El Costo Ponderado de Capital no se ve afectado por la modificación de la estructura de capital.

Aunque el rendimiento requerido sobre del paquete de deuda y capital no se ve afectado, el cambio en la estructura de capital afecta al rendimiento requerido por los títulos individuales. Como la empresa tiene más deuda que antes, la deuda es

más arriesgada y los tenedores de bonos probablemente exigirán un mayor rendimiento. Supondremos que el rendimiento esperado de la deuda de la Empresa X1 aumenta al 9 por ciento.

Este endeudamiento adicional de la Empresa X1 coloca a los accionistas en una posición más arriesgada. La empresa tiene que pagar más intereses antes de que los accionistas obtengan una sola u.m. por los flujos de tesorería de la empresa. Y el rendimiento requerido por los accionistas aumenta justo lo suficiente para mantener a los inversionistas en un rendimiento requerido sobre la totalidad constante ( $r_{\text{Activos}}$ ). Recordemos que no hay razón alguna para modificar  $r_{\text{Activos}}$ . Entonces, calculamos  $r_{\text{Capital}}$  de la siguiente manera:

$$r_{\text{Activos}} = \frac{(D)}{V}(r_{\text{deuda}}) + \frac{(E)}{V}(r_{\text{capital}})$$

$$0.122 = (0.45)(0.09) + (0.55)(r_{\text{capital}})$$

$$r_{\text{Capital}} = 0.148, \text{ ó } 14.8$$

Aumentando la cantidad de deuda se incrementa el riesgo de los tenedores de bonos y el rendimiento requerido ( $r_{\text{deuda}}$  aumenta de un 8 a un 9 por ciento): El mayor nivel de deuda también hace más arriesgado al capital propio y aumenta el rendimiento que los accionistas exigen ( $r_{\text{capital}}$  aumenta de 14 a 14.8 por ciento). El costo de capital de la empresa permanece al 12.2 por ciento:

$$r_{\text{Activos}} = (0.45)(r_{\text{deuda}}) + (0.55)(r_{\text{capital}})$$

$$= (0.45)(0.09) + (0.55)(0.148)$$

$$= 0.122, \text{ ó } 12.2\%$$

### 3.4.2 Cambios en la estructura de capital y su impacto en la Beta

Hemos visto cómo las modificaciones de las estructuras de capital afectan al rendimiento esperado. Observemos ahora cómo afectan al riesgo.

Tanto accionistas como los tenedores de bonos reciben una parte de los flujos de tesorería y ambos soportan parte del riesgo. Por ejemplo, si los títulos de la empresa se devalúan, no habrá tesorería para pagar a ninguno de ellos. Pero los tenedores de bonos soportan mucho menos riesgo que los accionistas. Las betas de la deuda de las grandes empresas están cerca de cero, y en ocasiones llega a ser  $\beta_{\text{deuda}} = 0$ .

Si tuviéramos un portafolio de todos los títulos de la empresa, no compartiríamos los flujos de tesorería de la empresa con nadie. Tampoco compartiríamos los riesgos de la empresa con nadie y los soportaríamos todos. De forma que la beta de los activos, esto es, la beta de todos los títulos de la empresa, es igual a la beta de

un portafolio compuesto por toda la deuda de la empresa y todo el capital propio. Esto es justamente un promedio ponderado de la beta de la deuda y la beta de capital propio:

$$\beta_{\text{activos}} = \left[ \frac{(D)}{V} (\beta_{\text{deuda}}) \right] + \left[ \frac{(E)}{V} (\beta_{\text{capital}}) \right]$$

Si en la Empresa X1 la deuda antes de la refinanciación tiene una beta de 0.1 y el capital propio una beta de 1.2, entonces

$$\beta_{\text{activos}} = [(0.3)(0.1) + (0.7)(1.2)] = 0.87$$

Después de la refinanciación, el riesgo del paquete total no se ve afectado, pero tanto la deuda como el capital propio ahora son más arriesgados. Suponga que la beta de la deuda aumenta a 0.15. Podemos calcular la nueva beta del capital propio:

$$\beta_{\text{activos}} = \left[ \frac{(D)}{V} (\beta_{\text{deuda}}) \right] + \left[ \frac{(E)}{V} (\beta_{\text{capital}}) \right]$$

$$0.87 = (0.45)(0.15) + (0.55)(\beta_{\text{capital}})$$

$$\beta_{\text{capital}} = 1.46$$

Regresemos a la figura 3.2.1, que presenta cómo la estructura de capital de la Empresa X1 y la renta esperada se reparten entre obligacionistas y accionistas. Ahora suponga que la Empresa X1 recompra parte de su capital propio. La figura 3.4.1 presenta lo que ocurre después del cambio sufrido en la estructura de capital. Tanto la deuda como el capital son más arriesgados, y, por tanto, los inversionistas exigen un mayor rendimiento esperado. Pero el capital propio ahora supone una menor proporción del valor de la empresa que antes. Como resultado, el riesgo total del paquete de deuda y capital propio de la empresa permanece inalterado. El rendimiento esperado del paquete, esto es, el costo de capital de la empresa permanece también inalterado.

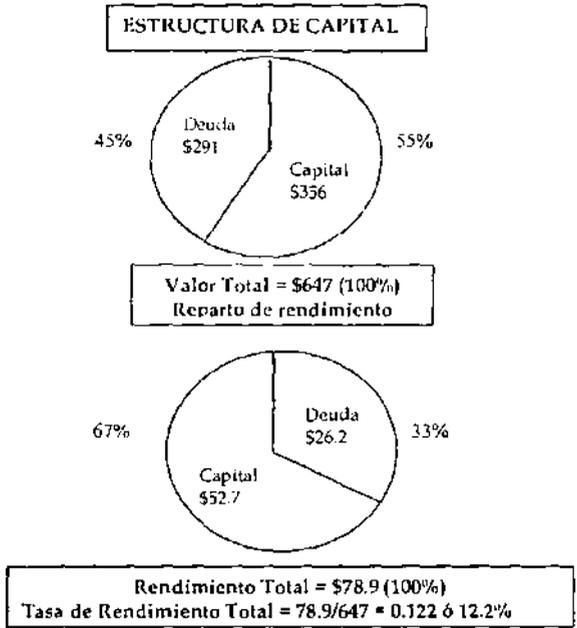
Hasta aquí hemos ilustrado cómo los cambios en la razón de endeudamiento afectan a la tasa esperada de rendimiento y al riesgo del capital cuando la tasa de impuestos de sociedades es cero. Para finalizar nuestro ejemplo, recordemos que:

- Es el costo de capital de la empresa el relevante para las decisiones del presupuesto de capital, no el rendimiento esperado de las acciones comunes.
- El costo de capital de la empresa es el promedio ponderado de los rendimientos que los inversionistas esperan de un paquete de todos los títulos de deuda y capital propio emitidos por la empresa.

- Si la empresa aumenta su razón de endeudamiento, tanto la deuda como el capital propio serán más riesgosos ( $\beta_{deuda}$  y  $\beta_{capital}$  aumentan). Los tenedores de bonos y accionistas exigen un mayor rendimiento para compensar el incremento del riesgo ( $r_{deuda}$  y  $r_{capital}$  aumentan).

**Figura 3.4.1 ESTRUCTURA DE CAPITAL**

Si la Empresa X1 se endeuda en 97 millones más y entrega los ingresos a sus accionistas, acabará con 291 millones de deuda, 45% de su estructura de capital. Los inversionistas en deuda exigirían un mayor rendimiento. Los accionistas obtendrían menor beneficio pero un rendimiento mayor derivado de su inversión. (Su tasa de rendimiento es  $52.7/356 = 0.148$  ó 14.8%). Sin embargo, el valor total, beneficio y tasa de rendimiento no cambian. Tasa de rendimiento total =  $78.9/647 = 0.122$  ó 12.2%



### 3.5 APLICACIÓN DEL CAPM A LAS FINANZAS CORPORATIVAS

El CAPM provee un marco conceptual para determinar el rendimiento esperado de acciones comunes, y puede ser utilizado para estimar el costo de capital de la empresa. Si el CAPM describe correctamente el comportamiento del mercado, el rendimiento esperado de una acción común en el mercado está dado por la línea de mercado de títulos.

$$R_S = R_F + \beta_S (R_M - R_F)$$

El rendimiento esperado de la acción de una empresa es, por definición, su costo de capital. Por lo tanto, en términos de costo de capital es:

$$K_E = R_F + \beta_S (K_M - R_F)$$

donde  $K_E = R_S$  = Costo del Capital de la Empresa;  $K_M = R_M$  = Costo de Capital del mercado como un todo (o para una empresa promedio en el mercado) y  $\beta_S$  = beta de la acción de la empresa.

Por lo tanto, para estimar  $K_E$  necesitamos estimados de  $R_F$ , la tasa libre de riesgo;  $K_M = R_M$ , el rendimiento esperado del mercado como un todo. Y  $\beta_S$ , el nivel de riesgo sistemático asociado con la acción de la empresa.  $R_F$  puede ser estimado como el rendimiento esperado promedio de los bonos de la tesorería en el futuro.

La prima por riesgo del mercado es la diferencia entre el rendimiento del mercado,  $K_M$ , y la tasa libre de riesgo,  $R_F$ . La prima por riesgo esperada en el futuro es difícil de estimar. Una aproximación común es asumir que los inversionistas esperan que los rendimientos en el futuro serán similares a los rendimientos pasados.

Finalmente, un estimado grueso de la beta puede llevarse a cabo notando la tendencia de las utilidades de la empresa y los flujos de otras empresas de la economía.

Algunas betas de empresas seleccionadas en cuatro empresas se presentan en la tabla 3.5.1. A pesar de los altos niveles de apalancamiento operativo y financiero, las Empresas de electricidad públicas tienen utilidades muy estables. Movimientos pendulares en las utilidades y en los rendimientos de las acciones de las empresas de servicios públicos son relativamente modestos en comparación con los movimientos pendulares en las utilidades y rendimientos de la mayoría de las empresas en la economía. Por lo tanto, las empresas de electricidad de servicio público tienen un bajo nivel de riesgo sistemático y bajas betas.

En el otro extremo, los ingresos de las aerolíneas están muy relacionados a las millas pasajero, las cuales a su vez son muy sensibles a los cambios en la actividad económica. Esta variabilidad básica en los ingresos es amplificada por un apalancamiento operativo y financiero alto. El resultado son utilidades y rendimientos que muestran grandes variaciones relativas a los movimientos pendulares en las utilidades y rendimientos de la mayoría de las empresas. Por lo tanto, las aerolíneas tienen betas altas.

Algunas estimaciones del costo del capital para cuatro empresas se presentan en la tabla 3.5.2. Introduciendo los valores supuestos para  $R_F$ ,  $K_M$ , y  $\beta$  en la línea de mercado de títulos, se generan estimados de  $K_E$ . Como se esperaba, la empresa de servicios públicos (Common Wealth Edison) de bajo riesgo tiene un costo estimado del capital por debajo de las otras tres empresas.

**Tabla 3.5.1**  
**Betas para Empresas Seleccionadas en Cuatro Industrias**

Empresas de Luz de Servicio Público		Aerolíneas		Empresas de Software		Productores de Computadoras	
Empresas	$\beta$	Empresas	$\beta$	Empresas	$\beta$	Empresas	$\beta$
American Elec. Power	0.56	AMR Corp	1.20	Adobe Systems	2.11	Apple	1.93
Baltimore Gas & Elec.	0.64	Delta	0.98	Aldus Corp.	1.85	Compaq	1.25
Commonwealth	0.55	Northwest	0.91	Ashton Tate	1.99	Digital	1.22
Edison	0.60	United	1.18	Borland International	1.86	Hewlett-Packard	1.31
Consolidated Edison	0.56	US Air Group	1.16	Computer Assoc.	1.35	IBM	1.03
Duke Power	0.61			Ingress Corp	1.49	Tandy	1.28
Niagara Mohawk	0.53			Lotus	1.86		
Ohio Edison	0.57			Microsoft	1.69		
Pacific Gas & Electric	0.53			Nocell Inc	1.98		
Philadelphia Electric							

Fuente: *Stocks, Bonds, and Inflation 1993 Year-Book*™, Ibbotson Associates, Chicago (trabajo actualizado anualmente por Roger C. Ibbotson y Rex A. Sinquefeld).

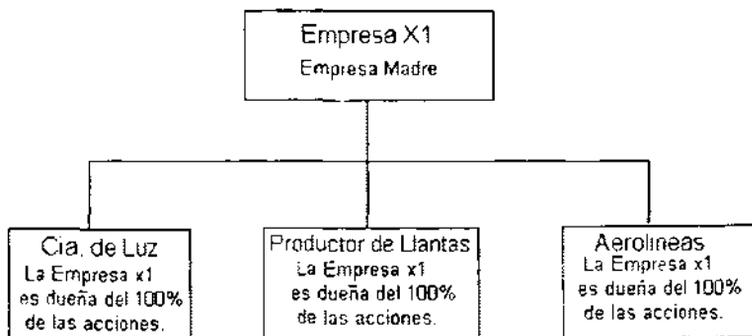
**Tabla 3.5.2**  
**Ejemplos de Estimaciones del Costo del Capital Utilizando el CAPM**

Supuesto		Línea de Mercado de Valores	
$R_f = 0.09 =$ tasa libre de riesgo; $R_M - R_f = 0.08$		$K_E = R_f + \beta (K_M - R_f) = 0.09 + \beta (0.08)$	
Commonwealth Edison	United	IBM	Lotus
$\beta = 0.55$	$\beta = 1.18$	$\beta = 1.03$	$\beta = 1.86$
$K_E = 0.09 + 0.55(0.08) = 0.13$	$K_E = 0.09 + 1.18(0.08) = 0.18$	$K_E = 0.09 + 1.03(0.08) = 0.17$	$K_E = 0.09 + 1.86(0.08) = 0.24$

### 3.6 EL CAPM Y LAS TASAS AJUSTADAS CON EL RIESGO

El CAPM provee un marco conceptual para determinar el valor  $K_E$  apropiado para las decisiones de presupuesto de capital de una subsidiaria. Suponga que la Empresa X1 descrita en la Figura 3.6.1 no tiene deuda en su estructura. La empresa es dueña de todo el capital de sus subsidiarias y las acciones están en bolsa. Dicha empresa puede ser vista como un portafolio de títulos. La beta de su acción es un promedio ponderado de las betas asociadas con el riesgo de la industria de cada subsidiaria. Supongamos que la beta de la empresa madre es uno. El costo del capital utilizado para evaluar las propuestas de inversión para una subsidiaria debe reflejar el riesgo asociado con la industria en la cual opera esa subsidiaria. Por lo tanto, mientras la beta de la empresa es de 1 y genera como resultado un  $K_E$  de 15%, las inversiones en la subsidiaria de servicio público deberían ser evaluadas utilizando una  $K_E$  menor, ya que la industria de las empresas de servicios públicos es menos riesgosa que las industrias de las otras empresas subsidiarias. Por lo tanto, el rendimiento esperado del mercado (o requerido) es menor para inversiones en la subsidiaria de servicio público. Dado que el sector de transporte aéreo es riesgoso, un  $K_E$  más alto debe ser utilizado en las decisiones de presupuesto de capital para la subsidiaria que se encuentra en el sector de transporte aéreo.

**Figura 3.6.1**  
**Estructura Corporativa de la Empresa X1 con tres subsidiarias**



La aplicación del  $K_E$  global de la Empresa X1 a las subsidiarias individuales resultaría en decisiones malas. Buenos proyectos en la subsidiaria de servicio público serían rechazados mientras malos proyectos en la subsidiaria de la industria de transporte aéreo serían aceptados. Cuando el costo del capital utilizado en las decisiones de presupuesto de capital refleja el riesgo asociado con la línea de negocio de esa subsidiaria, se asegura que los rendimientos de los proyectos sean medidos contra los rendimientos que los accionistas esperarían recibir en inversiones alternativas de riesgo similar.

Una aproximación para estimar la beta apropiada para una subsidiaria, es utilizar la beta de empresas similares independientes operando en la misma industria. Los resultados estimados de  $K_E$  reflejan el nivel de riesgo de la industria y son por lo tanto apropiados para las decisiones de inversión concernientes a una subsidiaria que opera en la misma industria. Si no hay empresas independientes en el sector, se puede hacer un estimado intuitivo de la beta. Este estimado reflejaría el grado en que las utilidades y los flujos tienden a moverse a la par con las utilidades y flujos de otras empresas.

El CAPM es aplicado ampliamente en las decisiones de inversión y en la dirección financiera de las empresas.

### 3.7 BETAS APALANCADAS Y EL COSTO DEL CAPITAL CONTABLE

#### 3.7.1 El Efecto del Apalancamiento Financiero en la Beta

Si una empresa no tiene deuda en su estructura de capital, la prima de riesgo de la acción es únicamente la prima de riesgo del negocio. La beta de la acción por lo

tanto representa el riesgo sistemático relacionado con las operaciones de la empresa. Sin apalancamiento financiero, esta beta es la beta desapalancada de la acción, denotada por  $\beta^U$ . Esta beta desapalancada es la beta que la acción tendría si la empresa no tuviera deuda en su estructura de capital.

La presencia de deuda en la estructura de capital de una empresa implica riesgo adicional. El riesgo sistemático inherente a las operaciones de la empresa aumenta con el apalancamiento financiero. Junto con el apalancamiento financiero, la beta de la acción de una empresa representa el riesgo del negocio y el riesgo financiero. Esta beta se llama la beta apalancada, denotada por  $\beta^L$ . Si usamos una beta apalancada en el CAPM, la SML mide tanto la prima de riesgo del negocio como la prima de riesgo financiero en el periodo para el que fue calculada.

En los supuestos del CAPM hay una relación simple entre las betas apalancadas y las betas desapalancadas:

$$\beta^L = \beta^U \left(1 + \frac{D}{E}\right)$$

Alternativamente,

$$\beta^U = \frac{\beta^L}{1 + D/E}$$

Una beta apalancada de una acción es igual a su beta desapalancada multiplicada por un factor que incluye la razón de deuda capital contable  $D/E$ . Por lo tanto, la beta de una acción (y su rendimiento esperado) se incrementa cuando la razón de deuda se incrementa. El incremento en la beta refleja el riesgo sistemático adicional generado por el apalancamiento financiero. El incremento en el rendimiento esperado es el reflejo del aumento en la prima de riesgo financiero, este rendimiento adicional es exigido por los inversionistas como una compensación al riesgo extra aceptado.<sup>9</sup>

Estos resultados pueden ser empleados para estimar el impacto de un cambio en la estructura de capital de una empresa en el rendimiento esperado. Esto se ilustra en la tabla 3.7.1. Suponiendo que la empresa emplea correctamente la deuda en su estructura de capital su beta observada será la beta apalancada asociada con la razón actual de deuda a capital contable. La beta que tendría la acción si la empresa cambiara su razón de deuda podría ser estimada en dos pasos. El primero es desapalancar la beta de la acción. Dada la actual razón de deuda,  $D/E$ , y su beta actual,  $\beta^L$ , su beta desapalancada,  $\beta^U$ , puede ser calculada con la ecuación anterior.

---

<sup>9</sup> Esta relación es válida solamente cuando la deuda de la compañía no tiene riesgo sistemático. Sería inapropiado usar esto cuando la compañía ha emitido deuda con riesgo.

El segundo paso consiste en volver a apalancar la beta de la acción para reflejar el cambio en la estructura de capital. Dada  $\beta^U$  y la nueva razón de deuda hipotética, D/E, la otra ecuación presentada puede ser utilizada para calcular la nueva beta apalancada de la acción,  $\beta^L$ . Esta beta apalancada es una estimación de la beta que la acción tendría si la razón de deuda cambiara a aquella empleada en el segundo paso del procedimiento. El resultado estimado de la beta puede ser relacionado con el CAPM (línea de mercado de títulos) para estimar el rendimiento esperado de una acción asociada a una determinada razón de deuda.

**Tabla 3.7.1**  
**Relación del Rendimiento Esperado y el Apalancamiento Financiero con el CAPM**

Definiciones:

$R_S$  = Rendimiento Esperado de la Acción

$R_M$  = Rendimiento Esperado del Mercado

D/E = Razón de Deuda/Capital de la Empresa

$\beta^L$  = Beta Apalancada de la Acción de la Empresa si D/E > 0

$\beta^U$  = Beta no Apalancada de la Acción de la Empresa si D/E > 0

Ecuaciones del CAPM

Línea de Mercado de Títulos (SML):  $R_S = R_F + \beta(R_M - R_F)$

Beta Apalancada:  $\beta^L = \beta^U (1 + D/E)$

Beta no Apalancada:  $\beta^U = \frac{\beta^L}{1 + D/E}$

Para estimar el impacto de un cambio en la estructura de capital:

1.- Estimar la beta no apalancada.

Dados: La actual razón de deuda D/E, y la estimación actual de la beta apalancada  $\beta^L$ .

Cálculo de la beta desapalancada:  $\beta^U = \frac{\beta^L}{1 + D/E}$

2.- Estimar la beta apalancada asociada a la nueva razón de deuda D/E.

Dados:  $\beta^U$  del paso 1 y la nueva razón de deuda D/E

Apalancar beta =  $\beta^L = \beta^U (1 + D/E)$

La beta estimada con la nueva razón de deuda es utilizada en la ecuación de la Línea de Mercado de Títulos (SML), para estimar el rendimiento esperado asociado con la nueva razón de deuda.

Un ejemplo del apalancamiento y desapalancamiento de la beta y el rendimiento esperado se presenta en la tabla 3.7.2 Una reducción en la razón de deuda de la Empresa X1 de aproximadamente 0.33 a 0.11 disminuiría su beta de 1.24 a 1.03. La reducción en el riesgo financiero provocaría una reducción en la prima de riesgo financiero requerida por los inversionistas. Por lo tanto, el rendimiento esperado estimado en la acción de la Empresa X1 cae del 17% al 15%. De igual manera, un incremento en la razón de deuda de la Empresa X1 incrementaría su beta y su rendimiento esperado.

**Tabla 3.7.2**  
**Ejemplo del Análisis del Impacto del Apalancamiento Financiero en el Rendimiento Esperado con el CAPM de la Empresa X1**

Suposición.

$$R_M = 15\%, R_F = 7\%$$

Actual razón de deuda D/E, de la Empresa X1 = 0.33

$$\text{Actual } \beta_{X1} = 1.24$$

Beta desapalancada de la Empresa X1:

$$\beta_{X1}^U = \frac{\beta_{X1}^L}{1 + D/E} = \frac{1.24}{1 + 0.33} = 0.93$$

CAPM

**Ecuaciones:**                      **Beta Apalancada**                      **Línea de Mercado de Títulos (SML)**  
 $\beta_{X1}^L = \beta_{X1}^U (1 + D/E)$                        $R_S = R_F + \beta_{X1} (R_M - R_F)$

**Ejemplo:**

$$D/E \text{ Propuesta} = 1.00 \quad \beta_{X1}^L = 0.93 (1 + 1.0) = 1.86 \quad R_S = 7\% + 1.86 (15\% - 7\%) = 21.88\%$$

**Resumen de Resultados:**

Razón de Deuda	La Beta de la Empresa X1	Rendimiento Esperado de la Empresa X1, $R_S$
Actual = 0.33	1.24	16.92%
Desapalancada = 0	0.93	14.44%
Propuesta = 0.11	1.03	15.24%
Propuesta = 1.00	1.86	21.88%

El CAPM puede ser utilizado para separar el rendimiento esperado de una acción en sus componentes básicos. Esto se puede llevar a cabo combinando la ecuación que involucra la beta apalancada y la desapalancada y la ecuación del CAPM (la SML).

$$\text{Rendimiento Esperado} = \text{Rendimiento Libre de Riesgo} + \text{Prima de Riesgo del Negocio} + \text{Prima de Riesgo Financiera}$$

$$R_S = R_F + \beta^U(R_M - R_F) + \beta^U(D/E)(R_M - R_F)$$

Alternativamente

$$R_S = R_F + \beta^U(R_M - R_F) + (\beta^L - \beta^U)(R_M - R_F)$$

Por lo tanto, el rendimiento esperado de una acción puede ser descompuesto en (1) rendimiento libre de riesgo, (2) prima de riesgo del negocio sin deuda en la estructura de capital (es decir,  $D/E = 0$ ) y (3) la prima de riesgo adicional originada por la deuda en la estructura de capital. Si una Empresa tiene una estructura de capital sin deuda, el rendimiento esperado de su acción consta sólo de los dos primeros componentes. Los efectos del apalancamiento financiero están involucrados en el tercer componente. Con el CAPM este tercer componente, la prima de riesgo financiero, es simplemente el incremento en su beta,  $\beta^L - \beta^U$ , provocado por el apalancamiento financiero, multiplicado por la prima de riesgo del mercado,  $R_M - R_F$ . La deuda adicional aumenta el riesgo sistemático inherente a las operaciones de la Empresa e incrementa la beta y el rendimiento esperado de su acción.

El ejemplo presentado en la tabla 3.7.3 muestra el uso de estos conceptos descomponiendo el rendimiento esperado en dos acciones. El riesgo operativo<sup>10</sup> de la Empresa X2, es sustancialmente mayor que el de la Empresa X3. La beta desapalancada de la Empresa X2 es 0.88 contra 0.72 de la empresa X3, la prima de riesgo del negocio de la Empresa X2 es de 7.04% comparada con 5.76% de la empresa X3. El riesgo del negocio de la Empresa X2 es mayor por el nivel más alto de deuda en su estructura de capital que se ve reflejado en la prima de riesgo financiera, la cual es mayor de 1% que la de la empresa X3. Por lo tanto la prima de riesgo general de la Empresa X2, prima de riesgo del negocio más la prima de riesgo financiero, es sustancialmente mayor que la de la empresa X3. En consecuencia la beta apalancada de la Empresa X2 y el rendimiento esperado de su acción reflejan su nivel más alto de riesgo del negocio y financiero comparado con la empresa X3.

Un ejemplo de la descomposición del valor esperado de la acción de la Empresa X1 a diferentes niveles de deuda se presenta en la tabla 3.7.4. Observemos que la razón de deuda de la Empresa afecta solamente a la prima de riesgo financiero. La prima de riesgo financiero, la beta apalancada, y el rendimiento esperado de la acción de la Empresa X1 se incrementan con el aumento del apalancamiento financiero.

<sup>10</sup> Riesgo del beneficio de la explotación de la empresa.

El CAPM facilita el estudio del impacto del apalancamiento financiero en los rendimientos esperados, por lo tanto tiene una aplicación importante en las finanzas corporativas. El costo de capital de una empresa,  $K_E$ , es el rendimiento esperado (o requerido) de la acción de una empresa. Si la empresa no puede esperar ganar por lo menos  $K_E$  en la parte financiada con capital contable de sus inversiones, los flujos de efectivo deben regresarse a los accionistas, quienes pueden ganar  $K_E$  en otros títulos con el mismo nivel de riesgo en el mercado financiero. El CAPM puede ser utilizado por los gerentes financieros para estimar  $K_E$  y observar el impacto del apalancamiento financiero en  $K_E$ .

El costo de capital de una empresa es, por definición, el rendimiento esperado de su acción. Dado que la expresión del CAPM, la línea de mercado de títulos, estima los rendimientos esperados, sólo puede ser usada para estimar los costos del capital contable. De igual forma, los conceptos del CAPM y las técnicas relacionadas con rendimientos esperados y apalancamiento financiero pueden ser aplicados observando el impacto del apalancamiento financiero en el costo de capital. Los resultados anteriores pueden ser utilizados observando que  $R_S$ , el rendimiento esperado de una acción, es igual a  $K_E$  (costo del capital contable).

Para aplicar estos conceptos necesitamos conocer la tasa libre de riesgo,  $R_F$ , el rendimiento esperado del mercado,  $R_M$ , la beta de la acción, y la razón de deuda,  $D/E$ . Como con el CAPM,  $R_F$  puede ser estimada con el rendimiento de los T-bills y  $R_M$  el rendimiento esperado del índice S&P500. Al estimar la razón de deuda, el CAPM supone que los valores de deuda y capital contable que se emplean son los de mercado. Por definición los valores de mercado son los valores actuales de deuda y capital contable.

Para observar la relación entre el costo de capital y el apalancamiento financiero, los datos estimados deben ser sustituidos en las ecuaciones presentadas anteriormente. Los rendimientos esperados que resulten son por definición los costos del capital contable. Lo anterior muestra que el costo de capital de una empresa está relacionado positivamente con el nivel de deuda en su estructura de capital.

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

**Tabla 3.7.3** Ejemplo de la Descomposición del Rendimiento Esperado, de la Empresa X3 y la Empresa X2

	Empresa X3		Empresa X2
<b>Betas Desapalancadas:</b>			
Razón de Deuda	D/E = 0.25		D/E = 0.34
Beta Apalancada	$\beta^{L_{X3}} = 0.90$		$\beta^{L_{X2}} = 1.18$
Beta Desapalancada		$\beta^U = \frac{\beta^L}{1 + D/E}$	
Beta Desapalancada	$\beta^{U_{X3}} = 0.72$		$\beta^{U_{X2}} = 0.88$
<b>Cálculo del Rendimiento esperado y descomposición:</b>			
Suposiciones: $R_M = 15\%$ , $R_F = 7\%$			
Definiciones: BRP = Prima de Riesgo del Negocio, FRP = Prima de Riesgo Financiera			
	Empresa X3		Empresa X2
Descomposición del Rendimiento Esperado	$R_{X3} = R_F + \beta^{U_{X3}} (R_M - R_F) + (\beta^{L_{X3}} - \beta^{U_{X3}})(R_M - R_F)$		$R_{X2} = R_F + \beta^{U_{X2}} (R_M - R_F) + (\beta^{L_{X2}} - \beta^{U_{X2}})(R_M - R_F)$
Sustitución de valores	$R_{X3} = 7\% + 0.72 (15\% - 7\%) + (0.90 - 0.72) (15\% - 7\%)$		$R_{X2} = 7\% + 0.88 (15\% - 7\%) + (1.18 - 0.88) (15\% - 7\%)$
<b>Resultados</b>	14.20% = 7% + 5.76% + 1.44%		16.44% = 7% + 7.04% + 2.40%
	$R_{X3} = R_F + BRP_{X3} + FRP_{X3}$		$R_{X2} = R_F + BRP_{X2} + FRP_{X2}$

**Tabla 3.7.4 Ejemplo de la Descomposición del Rendimiento Esperado de Varias Razones de Deuda de la Empresa X1**

De la tabla 3.7.2	Razón de Deuda	Beta de la Empresa X1
Suposiciones:		
$R_M = 15\%$	Actual = 0.33	$\beta_{X1}^L = 1.24$
$R_F = 7\%$	Desapalancada = 0	$\beta_{X1}^U = 0.93$
	Propuesta = 0.11	$\beta_{X1}^L = 1.03$
	Propuesta = 1.00	$\beta_{X1}^L = 1.86$

**Descomposición del Rendimiento Esperado:**

$$R_{X1} = R_F + BRP_{X1} + FRP_{X1}$$

$$R_{X1} = R_F + \beta^U_{X1}(R_M - R_F) + (\beta^L_{X1} - \beta^U_{X1})(R_M - R_F)$$

Ejemplo:

Propuesta

D/E = 1.00       $R_{X1} = 7\% + 0.93(15\% - 7\%) + (1.86 - 0.93)(15\% - 7\%)$   
 21.88% = 7% + 7.44% + 7.44%

**Resumen de Resultados:**

Razón de Deuda	$R_{X1} = R_F + BRP_{X1} + FRP_{X1}$
Actual = 0.33	16.92% = 7% + 7.44% + 2.48%
Desapalancada = 0	14.44% = 7% + 7.44% + 0%
Propuesta = 0.11	15.24% = 7% + 7.44% + 0.80%
Propuesta = 1.00	21.88% = 7% + 7.44% + 7.44%

De acuerdo con el CAPM, existe una fuerte relación entre los rendimientos esperados y la beta como una medida de riesgo. Por último podemos decir que el CAPM representa una herramienta útil que los directores financieros podrían aprovechar en la difícil área de las finanzas corporativas.

**3.8 PROPOSICIÓN I DE MODIGLIANI Y MILLER (SIN IMPUESTOS)**

La estructura de capital que maximiza el valor de la empresa es la mejor para los accionistas. Modigliani y Miller (M&M) tienen el argumento convincente de que una empresa no puede cambiar el valor total de sus títulos en circulación mediante el cambio de proporciones de su estructura de capital. En otras palabras, el valor de la empresa siempre es el mismo con las diferentes estructuras de capital, es decir, ninguna estructura de capital es mejor o peor que otra para los accionistas de la empresa. Este resultado es la famosa proposición I de Modigliani y Miller, que de ahora en adelante denotaremos por I M&M.<sup>11</sup>

<sup>11</sup> El documento original apareció en 1958: F. Modigliani y M. Miller, "The Cost of Capital,

Para apreciar cómo funciona la proposición I M&M, imaginemos dos empresas idénticas en todo, excepto en sus estructuras de capital. La tabla 3.8.1 presenta los parámetros de las dos empresas. La Empresa X1 tiene un capital total,  $E_U$ , igual a 1,000 u.m., que es el mismo que el valor total de sus activos,  $V_U$ . La Empresa X2 tiene 500 u.m. de deuda. Por definición, el valor de su capital más el valor de su deuda es igual al valor de la empresa:  $E_L + D_L = V_L$ . Los términos  $E_L$  y  $V_L$  son incógnitas, aunque las despejaremos conforme avance nuestro ejemplo.

Consideremos invertir en la compra del 10 por ciento de la Empresa X1. Si lo hiciéramos, compraríamos el 10 por ciento de las acciones de la Empresa X1. Pagariamos  $0.10 E_U = 0.10 V_U$  y esperaríamos recibir 10 por ciento de los beneficios,  $\tilde{A}$  (donde la tilde,  $\sim$ , denota incertidumbre). Esto se ilustra como sigue:

Estrategia I (Comprar 10% de la Empresa X1)

Transacción	Inversión en u.m.	Rendimiento Anual en u.m.
Compra de 0.10 de \$1,000 = Compra de 0.10 de $V_U$	$0.10 \times \$1,000 = \$100$ $= 0.10 V_U$	$0.10 \tilde{A}$

Tabla 3.8.1

Estructura de Capital de la Empresa X2 y la Empresa X1.

Empresa X2	Empresa X1
$V_L = ?$	$V_U = \$1,000 = E_U$
$D_L = \$500$	$D_U = 0$
$E_L = ?$	
$r_{deuda} = 0.10$	

Ahora comparemos esta inversión con otra: la compra de la misma fracción, 0.10, del capital de la Empresa X2. El capital de la Empresa X2 es  $E_L$ , que en este punto es una incógnita. La deuda,  $D_L$ , es de 500 u.m.. El costo de la deuda de la empresa,  $r_{deuda}$ , es de 0.10. Puesto que la compañía no paga impuestos, entonces la inversión y el rendimiento serían:

Estrategia II (compra 10% de la Empresa X2)

Podríamos pensar que esta inversión es un poco más arriesgada porque las acciones de la Empresa X2 están apalancadas. Vemos que nuestra inversión inicial es menor, así como también son menores los pagos de intereses que la empresa debe hacer por concepto de su deuda. Así, las estrategias I y II no son comparables directamente.

Transacción	Inversión en u.m. <sup>12</sup>	Rendimiento Anual en u.m.
Compra de 0.10 de $E_L$	$0.10 E_L = 0.10 (V_L - D_L)$	$0.10 (\bar{A} - 0.10 \times \$500)$ $= 0.10 \bar{A} - \$5$ $= 0.10 (\bar{A} - r_{deuda} D_L)$

Formulemos otra estrategia.

1. Solicitamos un préstamo de  $0.10 D_L$  a nuestra cuenta a una tasa de interés de  $r_{deuda} = 10\%$ <sup>13</sup>
2. Después, utilizamos el préstamo y fondos propios para comprar 10 por ciento de la Empresa X1,  $0.10 V_U$ . (veamos que  $0.10 V_U = 0.10 E_U$ )

La estrategia se ilustra como sigue:

Estrategia III (compra 10% de la Empresa X1 mediante una combinación de los fondos propios más el préstamo personal)

Transacción	Inversión en u.m.	Rendimiento anual en u.m.
Solicitud de préstamo de $0.10 D_L$	$-0.10 D_L$	$-0.10 r_D D_L$
Compra de 0.10 de $V_U$	$0.10 V_U$	$0.10 \bar{A}$
Total	$0.10 (V_U - D_L)$	$0.10 (\bar{A} - r_{deuda} D_L)$

Dado que solicitamos un préstamo, nuestra inversión neta es de  $0.10 (V_U - D_L)$  en la estrategia III es menor que su inversión neta de  $0.10 V_U$  en la estrategia I. De modo similar, nuestro rendimiento en u.m. en la estrategia III es menor que nuestro rendimiento en u.m. en la estrategia I.

Ahora, comparemos las estrategias III y II la comparación que M&M emplean para establecer su importante proposición I. Veamos que los rendimientos en u.m. de las estrategias II y III son de  $0.10 (\bar{A} - r_{deuda} D_L)$ . En la estrategia II, recibimos una compensación como un dividendo en efectivo del 10 por ciento de  $\bar{A} - r_{deuda} D_L$  de la empresa apalancada. En la estrategia III, recibimos exactamente la misma compensación (10 por ciento de  $\bar{A} - r_{deuda} D_L$ ) como una combinación de un dividendo en efectivo de  $0.10 \bar{A}$  de la empresa no apalancada menos un pago de intereses de  $0.10 r_{deuda} D_L$  de nuestros préstamos. En cualquier caso, los rendimientos en u.m. son idénticos. Los costos de las dos estrategias son:

Costo de estrategia II	Costo de estrategia III
------------------------	-------------------------

<sup>12</sup> Como mencionamos con anterioridad, el valor de la empresa se define como la suma del valor de la deuda más el valor del capital. En este ejemplo  $V_L$  por definición equivale a  $E_L + D_L$ . Despejando tenemos  $E_L = V_L - D_L$ . Por lo tanto, la inversión en u.m. se puede expresar ya sea como  $E_L$  o como  $V_L - D_L$ .

<sup>13</sup> El suponer que podemos solicitar un préstamo a la misma tasa de interés que la empresa es importante para este ejemplo.

$$0.10 (V_L - D_L)$$

$$0.10 (V_U - D_L)$$

Ya que los rendimientos en u.m. de las dos estrategias son idénticos, los costos también deben ser iguales. Los costos de las dos estrategias son iguales sólo cuando  $V_L = V_U$ .<sup>14</sup>

Esto equivale a la proposición I M&M (Sin impuestos): El valor de la empresa no apalancada es igual que el valor de la empresa apalancada, esto es  $V_L = V_U$

Supongamos que nuestro resultado no es adecuado. Por ejemplo, consideremos que el valor de la empresa apalancada en realidad fuera mayor que el valor de la empresa no apalancada, es decir,  $V_L > V_U$ . Podríamos solicitar un préstamo e invertir en las acciones de la Empresa X1. Obtendríamos los mismos rendimientos en u.m. que si hubiéramos invertido en la empresa apalancada. Sin embargo, su costo sería menor porque  $V_L > V_U$ . La estrategia no sería solo para nosotros. Considerando que  $V_L > V_U$ , ningún inversionista sensato invertiría en la Empresa X2. Cualquier inversionista que deseara acciones de la empresa X2 obtendría el mismo rendimiento en u.m. a un costo menor mediante la solicitud de un préstamo para financiar una compra de acciones de la Empresa X1. El resultado de equilibrio sería, por supuesto, que el valor de la Empresa X2 disminuiría y el valor de la Empresa X1 aumentaría hasta que  $V_L = V_U$ . En este punto, los inversionistas no tendrían una mayor preferencia por la estrategia II ni por la estrategia III.

Modigliani y Miller obtuvieron el siguiente resultado: si las empresas apalancadas están valoradas muy alto, los inversionistas inteligentes sólo solicitarían préstamos personales para comprar acciones de empresas no apalancadas. En tanto que los inversionistas soliciten préstamos (y los otorguen) en los mismos términos que la empresa, pueden duplicar por cuenta propia los efectos del apalancamiento corporativo.

En el ejemplo anterior vimos que el apalancamiento no afecta el valor de la empresa. Ya que con anterioridad observamos que el bienestar de los accionistas se relaciona de manera directa con el valor de la empresa, el ejemplo indica que los cambios en la estructura de capital no pueden afectar el bienestar de los accionistas.

### 3.9 PROPOSICIÓN II DE MODIGLIANI Y MILLER (SIN IMPUESTOS)

M&M sostienen que el rendimiento esperado del capital se relaciona de manera positiva con el apalancamiento, porque el riesgo del capital se incrementa con el apalancamiento.

<sup>14</sup> La tabla 3.8.1 indica que  $V_U = 1,000$  u.m., por lo tanto  $V_L = 1,000$  u.m., puesto que  $V_L = E_L + D_L$ ,  $E_L = 500$  u.m.

Para desarrollar esta posición, recordemos que el costo ponderado de capital, CPC, se puede expresar como:<sup>15</sup>

$$\frac{(D)(r_{deuda}) + (E)(r_{capital})}{V} \quad (3.9.1)$$

Una implicación de la proposición I M&M es que CPC es una constante para una empresa determinada, sin que importe la estructura de capital.<sup>16</sup> Por ejemplo, la tabla 3.9.1 indica que CPC de la Empresa X1 es del 15%, con o sin apalancamiento. Definimos  $r_0$  como el costo de capital de una empresa financiada sólo con capitales propios. Para la Empresa X1,  $r_0$  se calcula como:

$$r_0 = \frac{\text{Beneficios esperados de la empresa no apalancada}}{\text{Capital no apalancado}} = \frac{\$1,200,000}{\$8,000,000} = 15\%$$

Tabla 3.9.1  
Cálculos del Costo de Capital para la Empresa X1.

$$\text{CPC} = \frac{(D)(r_{deuda}) + (E)(r_{capital})}{V}$$

$$\text{Empresa no apalancada:} \quad 15\% = \frac{0}{\$8'000,000} \times 10\% + \frac{\$8'000,000}{\$8'000,000} \times 15\%^{**}$$

$$\text{Empresa apalancada:} \quad 15\% = \frac{\$4'000,000}{\$8'000,000} \times 10\% + \frac{\$4'000,000}{\$8'000,000} \times 20\%^{***}$$

\* 10% es la tasa de interés

\*\* Supongamos que los beneficios esperados después de intereses son de 1'200,000 u.m. y que el capital es de 8'000,000 u.m. Así,  $r_{capital}$  de la empresa no apalancada es:

$$\frac{\text{Beneficios esperados después de intereses}}{\text{Capital}} = \frac{\$1'200,000}{\$8'000,000} = 15\%$$

\*\*\* También supongamos que los beneficios esperados después de intereses son de 800,000 u.m., y que el capital es de 4,000,000 u.m.. Así,  $r_{capital}$  de la empresa apalancada es:

$$\frac{\text{Beneficios esperados después de intereses}}{\text{Capital}} = \frac{\$ 800,000}{\$4,000,000} = 20\%$$

<sup>15</sup> Como en este caso no tenemos impuestos, el costo de la deuda es  $r_D$ , no  $r_D(1 - T_c)$ .

<sup>16</sup> Esta afirmación es válida para un mundo sin impuestos, pero no es válida para un mundo con impuestos, un punto que analizaremos más adelante en este capítulo (ver la gráfica 3.9.3).

Como se puede apreciar en la tabla 3.9.1, el CPC para la Empresa X1 es igual a  $r_0$ . De hecho, en un mundo sin impuestos corporativos, el CPC siempre debe ser igual a  $r_0$ .

La proposición II expresa el rendimiento esperado del capital en términos del apalancamiento. La relación exacta que se deriva de la definición de  $CPC = r_0$  y el nuevo orden de la fórmula (3.9.1) es:<sup>17</sup>

Proposición II M&M (sin impuestos):

$$r_{\text{capital}} = r_0 + \frac{D}{E} (r_0 - r_{\text{deuda}}) \quad (3.9.2)$$

La ecuación (3.9.2) indica que el rendimiento requerido del capital es una función lineal de la razón deuda-capital de la empresa. Mediante el análisis de la ecuación (3.9.2) podemos apreciar que si  $r_0$  excede la tasa de la deuda,  $r_{\text{deuda}}$ , entonces el costo de capital aumenta con los incrementos de la razón deuda-capital,  $D/E$ .<sup>18</sup>

La gráfica (3.9.1) corresponde a la ecuación (3.9.2). Como se puede apreciar, hemos ilustrado la relación entre el costo del capital,  $r_{\text{capital}}$ , y la razón deuda-capital,  $D/E$ , como una línea recta.

Lo que apreciamos en la ecuación (3.9.2) e ilustramos en la gráfica (3.9.1) es el efecto del apalancamiento del costo de capital. Conforme la empresa incrementa su razón deuda-capital, cada u.m. de capital se apalanca con deuda adicional. Esto aumenta el riesgo del capital y, por lo tanto, el rendimiento requerido,  $r_{\text{capital}}$ , del capital.

<sup>17</sup> Esto se puede derivar de la fórmula (3.9.1) definiendo el  $CPC = r_0$  y cambiando después los términos del lado opuesto:

$$r_0 = \frac{(D \times r_{\text{deuda}})}{V} + \frac{(E \times r_{\text{capital}})}{V} \quad (3.9.1)$$

Multiplicando ambos lados por  $(D + E)/E$ , tenemos:

$$r_0 \frac{V}{E} = r_{\text{capital}} + \frac{D}{E} r_{\text{deuda}}$$

Podemos expresar el lado derecho como:

$$\frac{D}{E} r_{\text{deuda}} + r_{\text{capital}} = \frac{D}{E} r_0 + r_0$$

Despejando  $r_{\text{capital}}$  al lado derecho tenemos:

$$r_{\text{capital}} = r_0 + \frac{D}{E} (r_0 - r_{\text{deuda}}) \quad (3.9.2)$$

<sup>18</sup> Normalmente,  $r_0$  debería exceder  $r_{\text{deuda}}$ . Puesto que aun el capital no apalancado tiene riesgo, éste debería tener un rendimiento esperado mayor que la de la deuda sin riesgo.

### 3.9.1 Valor del Ahorro Fiscal

En este análisis supondremos que todos los flujos de caja son constantes (es decir, a perpetuidad y sin crecimiento). Si BAI (Beneficios antes de intereses e impuestos) es el flujo de caja total de la empresa antes de intereses e impuestos, y si no consideramos el efecto de la depreciación al igual que otras partidas como los impuestos, entonces el beneficio gravable de una empresa financiada sólo con capitales propios es simplemente

BAI

Para una empresa financiada sólo con capitales propios, el total de impuestos es

$$(BAI)(T_c)$$

donde  $T_c$  son los impuestos corporativos. Los beneficios después de impuestos corporativos son

$$(BAI)(1 - T_c) \quad (3.9.3)$$

Para una empresa apalancada el beneficio gravable es

$$(BAI) - (r_{deuda}D)$$

El total de impuestos es

$$(T_c)(BAI - r_{deuda}D)$$

El flujo de caja destinado a los accionistas es

$$BAI - r_{deuda}D - T_c (BAI - r_{deuda}D) = (BAI - r_{deuda}D) (1 - T_c)$$

El flujo de caja que se destina tanto a los accionistas como a los tenedores de bonos es

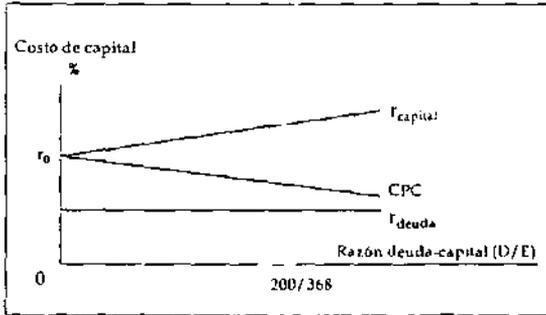
$$BAI (1 - T_c) + T_c r_{deuda}D \quad (3.9.4)$$

que depende explícitamente del importe de la financiación de la deuda.

Se puede apreciar la clave comparando la diferencia entre las expresiones (3.9.3) y (3.9.4). La diferencia  $T_c r_{deuda}D$  es el flujo de caja adicional que se destina a los inversionistas de la empresa apalancada. Usamos el término inversionistas para referirnos tanto a los accionistas como a los tenedores de bonos.

Gráfica 3.9.1

El costo de capital, el costo de la deuda, y el CPC: Proposición II M&M sin impuestos corporativos.



$$r_{\text{capital}} = r_0 + (r_0 - r_{\text{deuda}})D/E$$

$r_{\text{capital}}$  es el costo de capital

$r_{\text{deuda}}$  es el costo de la deuda

$r_0$  es el costo de capital de una empresa financiada sólo con capitales propios

CPC es el Costo Ponderado de Capital de una Empresa. En una economía sin impuestos el CPC de una empresa apalancada es igual a  $r_0$ .

El costo de capital,  $r_{\text{capital}}$ , se relaciona positivamente con la razón deuda-capital de la empresa.

En el análisis anterior vimos que la deuda tiene una ventaja tributaria o, de modo similar, el capital tiene una desventaja tributaria. Ahora queremos valorar esta ventaja. El flujo de caja de la empresa apalancada cada periodo es mayor que el flujo de caja de la empresa no apalancada por:

$$T_C r_{\text{deuda}} D \tag{3.9.5}$$

A menudo, se da el nombre a la expresión (3.9.5) de ahorro fiscal de la deuda.

Mientras que la empresa espera estar en una posición tributaria positiva, podemos suponer que el flujo de caja de la expresión (3.9.5) presenta el mismo riesgo que los intereses de la deuda. Por lo tanto, podemos determinar su valor mediante el descuento con la tasa de interés,  $r_{\text{deuda}}$ . Suponiendo que los flujos de caja son perpetuos, el valor del ahorro fiscal es

$$\frac{T_C r_{\text{deuda}} D}{r_{\text{deuda}}} = T_C D$$

### 3.9.2 Proposición 1 M&M (Impuestos corporativos)

Acabamos de calcular el valor actual del ahorro fiscal de la deuda. Nuestro paso siguiente es calcular el valor de la empresa apalancada. Hemos notado que el flujo de caja después de impuesto que se destina a los accionistas de la empresa apalancada es

$$BAII(1 - T_c) + T_c r_{deuda} D \quad (3.9.4)$$

El primer término de la expresión (3.9.4) es el flujo de caja después de impuestos de la empresa no apalancada. El valor de una empresa no apalancada (es decir, una empresa que no tiene deuda) es el valor actual del  $BAII(1 - T_c)$ ,

$$V_U = \frac{BAII(1 - T_c)}{r_0}$$

donde

$V_U$  = Valor actual de una empresa no apalancada

$BAII(1 - T_c)$  = Flujos de caja de la empresa después de impuestos corporativos

$T_c$  = Tasa tributaria corporativa

$r_0$  = El costo de capital para una empresa financiada sólo con capitales propios. Como podemos apreciar en la fórmula,  $r_0$  ahora descuenta los flujos de caja después de impuestos.

La segunda parte de los flujos de caja,  $T_c r_{deuda} D$ , es el ahorro fiscal. Para determinar su valor, debemos descontar el ahorro fiscal con  $r_{deuda}$ .

Como consecuencia, tenemos:<sup>19</sup>

Proposición 1 M&M (Impuestos corporativos):

$$V_L = \frac{BAII(1 - T_c)}{r_0} + \frac{T_c r_{deuda} D}{r_{deuda}}$$

$$V_L = V_U + T_c D \quad (3.9.6)$$

La ecuación (3.9.6) es la proposición I de M&M con impuestos corporativos. El primer término de la ecuación (3.9.6) es el valor de los flujos de caja de la empresa sin el ahorro fiscal de la deuda. En otras palabras, este término es igual a  $V_U$ , el

<sup>19</sup> Esta relación es válida cuando se supone que el nivel de deuda es constante con el paso del tiempo; se aplicaría una fórmula distinta si se asumiera que la razón deuda-capital no lo fuera.

valor de la empresa financiada sólo con capitales propios. El valor de la empresa es el valor de una empresa financiada sólo con capitales propios más  $T_c D$ , la tasa tributaria por el valor de la deuda.  $T_c D$  es el valor actual del ahorro fiscal en el caso de los flujos de caja a perpetuidad.

Por último, podemos decir que aumentando la razón deuda-capital, la empresa puede reducir los impuestos y, por lo tanto, incrementar su valor total. Las fuerzas que operan para maximizar el valor de la empresa parecerían llevarla a una estructura de capital consistente sólo en deuda.

Ejemplo.- La Empresa X1 actualmente es una empresa no apalancada; está considerando una reestructuración del capital que permita una deuda de 200 u.m.. La compañía espera generar 151.52 u.m. en flujos de caja antes de intereses e impuestos a perpetuidad. La tasa tributaria corporativa es del 34%, lo que implica flujos de caja después de impuestos de 100 u.m.. Su costo de endeudamiento es del 10 por ciento. Las empresas no apalancadas de la misma industria tienen un costo de capital del 20 por ciento. ¿Cuál será el nuevo valor de la Empresa X1?

El valor de la Empresa X1 equivaldrá a:<sup>20</sup>

$$\begin{aligned}
 V_L &= \frac{BAII(1 - T_c)}{r_0} + T_c D \\
 &= \frac{\$100}{0.20} + (0.34)(\$200) \\
 &= \$500 + \$68 \\
 &= \$568
 \end{aligned}$$

$V_L = D + E$  es el valor de la empresa apalancada, E es igual a  $568 \text{ u.m.} - 200 \text{ u.m.} = 368 \text{ u.m.}$  La gráfica 3.9.2 ilustra el valor de la Empresa X1 como una función del apalancamiento.

### 3.9.3 Proposición II M&M (Impuestos Corporativos):

La proposición II de M&M sin impuestos establece una relación positiva entre el rendimiento esperado del capital y el apalancamiento. Este resultado ocurre porque el riesgo del capital se incrementa con el apalancamiento. Se aplica la misma intuición en un mundo de impuestos corporativos. Para llegar a la fórmula exacta desarrollaremos lo siguiente:

<sup>20</sup> En un mundo con impuestos,  $r_0$  se usa para descontar los flujos de caja después de impuestos.

Podemos ver esta relación como sigue: considerando la proposición I M&M con impuestos, se puede expresar el balance general del valor de mercado de una empresa apalancada como:

$V_U$ = Valor de la empresa no apalancada	$D$ = Deuda
$T_c D$ = Ahorro fiscal	$E$ = Capital

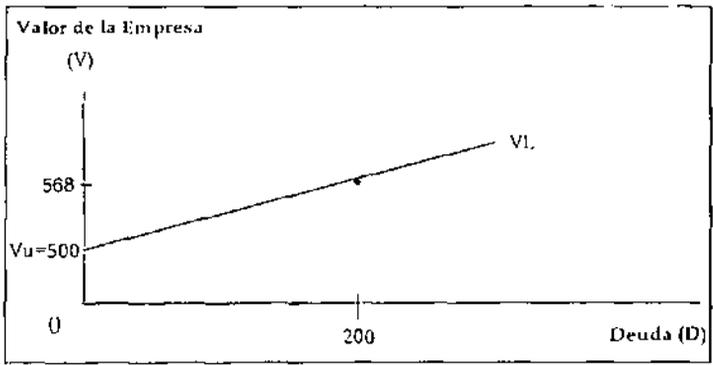
El valor de una empresa no apalancada es simplemente el valor de los títulos sin el beneficio del apalancamiento. El balance general indica que el valor de la empresa aumenta  $T_c D$  cuando se suma la deuda de  $D$ . El flujo de caja esperado del lado izquierdo del balance general se puede expresar como:

$$V_U r_0 + T_c D r_{deuda} \tag{a}$$

Dado que los títulos son arriesgados, la tasa de rendimiento esperado es  $r_0$ . El ahorro fiscal tiene el mismo riesgo que la deuda, de modo que su tasa de rendimiento esperado es  $r_{deuda}$ .

Gráfica 3.9.2

El efecto del apalancamiento financiero sobre el valor de la empresa: M&M con impuestos corporativos.



$$\begin{aligned}
 V_L &= V_U + T_c D \\
 &= \$500 + (0.34 \times \$200) \\
 &= \$568
 \end{aligned}$$

La deuda reduce la carga tributaria. Como consecuencia, el valor de la empresa se relaciona positivamente con la deuda.

El flujo de caja esperado por los tenedores de bonos y accionistas juntos es:

$$E r_{\text{capital}} + D r_{\text{deuda}} \quad (b)$$

La expresión (b) refleja el hecho de que el capital gana un rendimiento esperado de  $r_{\text{capital}}$  y la deuda gana una tasa de interés de  $r_{\text{deuda}}$ .

Ya que los flujos de caja se pagan como dividendos, los flujos de caja que se destinan a la empresa equivalen a los accionistas y acreedores. Por lo tanto (a) y (b) son iguales:

$$E r_{\text{capital}} + D r_{\text{deuda}} = V_U r_0 + T_C D r_{\text{deuda}} \quad (c)$$

Dividiendo ambos lados de (c) entre E, despejamos  $r_{\text{capital}}$ , tenemos

$$r_{\text{capital}} = \frac{V_U r_0}{E} - (1 - T_C) \frac{D}{E} r_{\text{deuda}} \quad (d)$$

Puesto que el valor de la empresa apalancada,  $V_L$ , equivale a  $V_U + T_C D = D + E$ , tenemos que  $V_U = E + (1 - T_C) D$ . Así, podemos expresar (d) como

$$r_{\text{capital}} = \frac{E + (1 - T_C) D}{E} r_0 - (1 - T_C) \frac{D}{E} r_{\text{deuda}} \quad (e)$$

Sumando los términos que implican  $(1 - T_C) \frac{D}{E}$  obtenemos la fórmula (3.9.7).

Proposición II M&M (Impuestos Corporativos):

$$r_{\text{capital}} = r_0 + \frac{D}{E} (1 - T_C) (r_0 - r_{\text{deuda}}) \quad (3.9.7)$$

Aplicando la fórmula a la Empresa X1, obtenemos:

$$r_{\text{capital}} = 0.2359 = 0.20 + \frac{200}{368} (1 - 0.34) (0.20 - 0.10)$$

La gráfica 3.9.3 ilustra este cálculo

Podemos verificar este cálculo descontando a  $r_{\text{capital}}$  para determinar el valor de la empresa apalancada. La fórmula algebraica para el capital apalancado es

$$E = \frac{(BAI - r_{\text{deuda}} D) (1 - T_C)}{r_{\text{capital}}} \quad (3.9.8)$$

El numerador es el flujo de caja esperado para el capital apalancado después de intereses e impuestos. El denominador es la tasa con la que se descuenta el flujo de caja a capital.

Para la Empresa X1, obtenemos:

$$\frac{[(\$151.52 - ((0.10)(\$200))(1 - 0.34)]}{0.2359} = \$368 \quad (3.9.9)$$

El mismo resultado que obtuvimos anteriormente.

### 3.9.4 El Costo Ponderado de Capital y los Impuestos Corporativos

Para la Empresa X1, el CPC equivale a:

$$\text{CPC} = \left[ \frac{(200)}{568} (0.10) (0.66) \right] + \left[ \frac{(368)}{568} 0.2359 \right]$$

$$= 0.1761$$

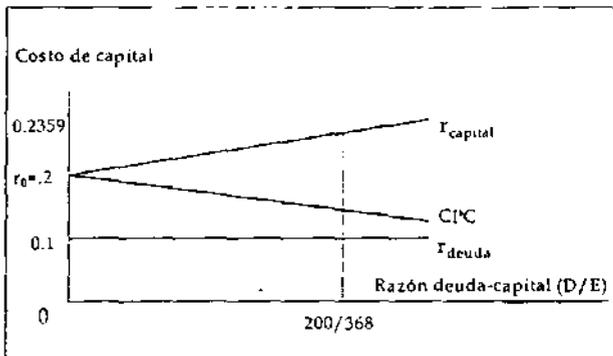
La Empresa X1 ha reducido su CPC de 0.20 (sin deuda) a 0.1761 con el uso de deuda. Este resultado es intuitivamente satisfactorio porque sugiere que, cuando una empresa reduce su CPC, el valor de ésta se incrementará. Usando el planteamiento del CPC, podemos constatar que el valor de la Empresa X1 es de \$568 u.m..

$$V_L = \frac{\text{BAII}(1 - T_C)}{\text{CPC}}$$

$$= \$568.$$

Gráfica 3.9.3

El efecto del apalancamiento financiero sobre el costo de la deuda y el capital



El apalancamiento financiero aumenta el riesgo del capital de la empresa. Como una compensación, el costo de capital se incrementa con el riesgo de la empresa.

$$r_{\text{capital}} = r_0 + (1 - T_C)(r_0 - r_{\text{deuda}})D/E$$

$$= 0.20 + [(0.66)(0.10) (200/368)]$$

$$= 0.2359$$

## 4.- CASO I DE FINANCIAMIENTO

### "EMPRESA PETROLERA PIONEER"

#### 4.1 ANTECEDENTES

En julio de 1991, uno de los problemas críticos que tenía la Dirección de la Empresa Petrolera *Pioneer* era la determinación de una tasa de rendimiento mínima aceptable para nuevas inversiones. El procedimiento actual de presupuesto de capital era aceptar todas las inversiones propuestas que tuvieran valor presente neto positivo usando un costo de capital apropiado. La pregunta en este momento era la forma de determinar dicha tasa de descuento.

La compañía se encontraba analizando dos criterios alternativos para determinar la tasa mínima de rendimiento: (1) usar una única tasa mínima basada en el costo ponderado de capital global de la compañía y (2) un sistema de múltiples tasas mínimas que reflejaran las características de riesgo-rendimiento de varios negocios o sectores económicos en los que operaban las subsidiarias de la compañía. La importancia de este asunto se había incrementado debido a la decisión de la Dirección de extender la aplicación de la tasa mínima a la evaluación de todas las operaciones e inversiones existentes. Se planeaba evaluar a los directores divisionales sobre la base de utilidades netas después de deducir el costo de la inversión empleada por la división.

La empresa petrolera *Pioneer* se formó en 1924 a través de la fusión de varias empresas independientes que refinaban petróleo, transportaban petróleo por medio de oleoductos y operaban en la industria química. Durante los siguientes 60 años, la compañía se dedicó a la exploración y producción de petróleo crudo y la comercialización de productos de petróleo refinados; además de introducirse en los mercados del plástico, químicos agrícolas y el desarrollo de bienes raíces. Se reestructuró en 1985 como una empresa basada en hidrocarburos, concentrándose en petróleo, gas, carbón y petroquímicos. *Pioneer* fue de los primeros productores de petróleo en Alaska y en 1990, Alaska proveía el 60% del petróleo de *Pioneer*. *Pioneer* también era uno de los refinadores de más bajo costo de la costa Oeste y contaba con una extensa red comercial. La producción de *Pioneer* en Alaska proveía todo el petróleo crudo para las operaciones de refinación y comercialización de la costa Oeste. Esta integración requería de colaboración y coordinación entre las divisiones para optimizar el rendimiento global y reducir el riesgo global de la empresa.

En 1990 los ingresos totales excedieron los 15,600 millones de U.M. y los ingresos netos fueron alrededor de 1,500 millones de U.M. (ver en el Anexo 1 el resumen financiero de las operaciones). La variabilidad de los precios de petróleo era importante para *Pioneer*. En el primer trimestre de 1990, por ejemplo, el precio para

el crudo *West Texas Intermediate* era aproximadamente 21.80 U.M. por barril, llegando a un mínimo de 15.50 U.M. a mediados de junio. Con la invasión iraquí a Kuwait, los precios subieron a más de 40 U.M. por barril, pero cayeron a 25 U.M. al final del año. El precio promedio para el *West Texas Intermediate* durante 1990 fue de 24.50 U.M. aproximadamente. La dirección enfatizaba la importancia de la flexibilidad financiera y operativa para responder a estos cambios de precio.

*Pioneer* destinó aproximadamente 3,100 millones U.M. a gastos de inversión en 1990 y pronosticó otros 4,500 millones U.M. para 1991. Algunos de estos gastos, como la adición de una planta de recuperación de azufre y la mejora de una planta *coker*, permitieron a sus refinerías procesar de manera más eficiente el crudo pesado de Alaska. Inversiones como éstas habían generado buenos rendimientos, y el rendimiento de productos ligeros del petróleo de las refinerías de *Pioneer*, era sustancialmente mayor que el promedio de la industria.

*Pioneer*, también invirtió en exploración y desarrollo conforme reemplazaba toda su producción de 1990 con nuevas reservas de pozos. La mayor parte de esta exploración se llevó a cabo en los 48 estados más hacia el sur y en el Golfo de México. También se dirigieron inversiones a proyectos ambientales y la empresa anticipaba un gasto adicional de 3,000 millones U.M. en los próximos cinco años para enfrentar los nuevos estándares de las enmiendas al *Clean Air Act* de 1990 y las regulaciones del *California Air Resources Board*. Estas regulaciones ambientales permitían que *Pioneer* capitalizara sus oportunidades, pues las gasolinas de *Pioneer* se encontraban dentro de las que se quemaban de manera más limpia en la industria. Su división química producía aproximadamente una tercera parte del abastecimiento de éter butil metil terciario (EBMT) en el mundo, el cual es utilizado en la producción de gasolinas de combustión más limpia. El mercado del EBMT había estado creciendo, y con las nuevas regulaciones se esperaba un crecimiento aún mayor. También, los centros de servicios SMOGMAN de *Pioneer* se especializaban en las pruebas de verificación de contaminantes y reparaciones relacionadas.

#### 4.2 COSTO PONDERADO DE CAPITAL DE LA EMPRESA

El costo ponderado de capital de la empresa fue calculado en tres etapas: primero, se estimaba la proporción futura de las fuentes de recursos; segundo, se les asignaba un costo a cada una de dichas fuentes; tercero, se calculaba un costo ponderado de capital en base a estas proporciones y costos (Tabla A).

**TABLA A**  
**Cálculo del Costo Ponderado de Capital para 1990**

Fuente	Proporción Estimada de las Fuentes Futuras de Fondos	Costo Futuro Estimado Después de Impuestos	Costo Ponderado
Deuda	0.5	7.92%	3.96%
Capital	0.5	9.76%	<u>4.88%</u>
			<u>8.84%</u>

Existía un consenso general en la dirección respecto a la combinación usada de los recursos futuros. Se había adoptado una política financiera: la cual establecía que la deuda debería representar aproximadamente el 50% de los recursos permanentes (definidos como deuda a largo plazo más capital contable) para balancear los objetivos de aumentar los rendimientos de los accionistas y mantener la flexibilidad financiera. La empresa estaba comprometida a utilizar su programa de pago de dividendos y recompra de acciones para mantener un apalancamiento financiero apropiado. Los dividendos en efectivo se incrementaron en un 10%, tanto en 1990 como en 1991. Su deuda se clasificaba como deuda tipo A<sup>21</sup>.

Para la asignación un costo a la deuda después de impuestos fue sencillo. Los banqueros de inversión, Steven, Mitchel y O'hara, pronosticaron a principios de 1990 que las emisiones futuras de deuda requerirían un cupón del 12%, suponiendo que no se modificara la política de endeudamiento y su clasificación A. A una tasa del 34%, esto representó un costo del 7.92% después de impuestos.

El costo del capital contable había sido más difícil de conceptualizar o de estimar. Después de un prolongado debate, *Pioneer* decidió utilizar el rendimiento de las utilidades por acción como el costo requerido tanto del nuevo capital contable como para las utilidades retenidas. Los defensores de esta propuesta apuntaron que no habría una disminución de las utilidades por acción si la empresa obtenía al menos este rendimiento en el nuevo capital contable. Con las utilidades por acción (UPA) estimadas en 6.15 U.M. en 1990 y un precio de mercado de 63 U.M., el costo del capital contable se había establecido en 9.76%.

#### 4.3 COSTOS DE CAPITAL DIVISIONAL

La alternativa propuesta por los partidarios de múltiples tasas mínimas, en lugar de una sola tasa a lo largo de toda la empresa, involucraba determinar el costo de

<sup>21</sup> Las obligaciones calificadas A tienen muchas condiciones de inversión favorables y se considera que están por encima de la media. Los factores de seguridad que afectan al principal e intereses se consideran adecuados. S&P otorga una calificación de acuerdo al nivel de seguridad de la deuda. "A" representa una calificación de "Buena".

capital de cada división. La tasa divisional reflejaría los riesgos inherentes en cada uno de los sectores económicos o industriales en las cuales trabajaban las subsidiarias. Por ejemplo, el costo de capital divisional para exploración y producción era del 20%, y el costo de capital divisional para transportación era del 10%. Todas las demás tasas divisionales caían dentro de este rango. La sugerencia era que estas tasas múltiples determinaran las tasas mínimas aceptables de rendimiento de las propuestas de inversión en cada una de las principales divisiones operativas de la empresa, y representaba el porcentaje cargado a cada uno de los diversos centros de utilidades por los recursos permanentes empleados. Sin embargo, aún existían áreas de ambigüedad. Por ejemplo, no estaba claro si todos los proyectos ambientales tendrían la misma tasa de descuento o emplearían la tasa de descuento de su división correspondiente.

El costo de capital divisional sería calculado utilizando el método del costo ponderado de capital para cada sector operativo. Los cálculos seguirían tres etapas: primero, se llevaría a cabo una estimación utilizando las proporciones usuales de deuda y capital de empresas financiadas independientes que operaban en cada división. Varias de estas empresas competían con las subsidiarias de *Pioneer*. Segundo, los costos de la deuda y el capital contable, dadas estas proporciones y sectores, se estimarían de acuerdo con los conceptos seguidos por la empresa para estimar su propio costo de capital. Tercero, estas proporciones y costos se combinarían para determinar el costo ponderado de capital, o tasa mínima aceptable de rentabilidad, para propósitos del cálculo de valor presente neto en cada división.

Estas tasas de descuento múltiples habían sido calculadas para varios períodos en el pasado, e invariablemente resultaba que su costo ponderado, cuando se ponderaba de acuerdo a la inversión relativa en cada sector de la empresa, excedía el costo ponderado de capital calculado para la empresa en su conjunto. La diferencia se atribuía al hecho de que el costo de capital divisional no consideraba los beneficios de la diversificación de todas las inversiones realizadas por *Pioneer*. Al comparar con empresas no integrales que operaban en cualquier rama, una empresa integrada como *Pioneer Petroleum* disfrutaba de alguna diversificación y de ciertos mercados cautivos. Por ejemplo, los riesgos asociados con una inversión en una refinería por una compañía integrada como *Pioneer*, eran mucho menores que una inversión idéntica realizada por una empresa independiente. Se había propuesto que esta prima por diversificación se reasignará y se dedujera de las tasas de descuento de las subsidiarias, calculadas previamente, en proporción a la relación entre la inversión en cada subsidiaria y el total de activos de la empresa.

#### 4.4 ANÁLISIS Y PREMISAS DE LA DIRECCIÓN

Conforme la Dirección de *Pioneer* iniciaba su última revisión de las alternativas de utilizar una o varias tasas de descuento mínimas aceptables, se les preguntó a cada uno de los directores de las diferentes subsidiarias que plantearan sus posiciones.

Aquellos que apoyaban el uso de una sola tasa de descuento argumentaban que los accionistas de *Pioneer* esperaban que la compañía invirtiera sus fondos en los proyectos disponibles más rentables. Sugerían que, sin excepción, los que apoyaban la alternativa de las tasas múltiples eran aquéllos que no tenían la capacidad de competir eficientemente por los nuevos fondos cuando eran comparados con el costo de capital corporativo. Más aún, no era claro que las categorías para agrupar los proyectos de acuerdo a su grado de riesgo, sugeridas por los partidarios de las tasas múltiples, fueran muy útiles. Por ejemplo, las recientes experiencias en buques-tanque habían sido desastrosas para muchas empresas y las inversiones en ellos serían iniciadas por la división de transporte y por lo tanto estarían sujetas a una tasa de descuento baja.

Los proponentes de los costos de capital divisionales argumentaban que una tasa única de descuento en toda la empresa subsidiaba a las divisiones de alto riesgo a costa de las divisiones de bajo riesgo. Dado que el costo de capital era demasiado alto para las divisiones de bajo riesgo, se llevaban a cabo muy pocas inversiones de bajo riesgo. Por otra parte, en las divisiones de alto riesgo ocurrían demasiadas inversiones, porque la tasa de descuento era demasiado baja. Como evidencia, los proponentes de las tasas múltiples hacían notar que *Pioneer* era la única empresa de las grandes empresas que continuaba invirtiendo fuertemente en exploración y desarrollo y que se encontraba detrás de sus competidores en las inversiones de comercialización y de transporte. Los proponentes también argumentaban que el costo de capital de toda la empresa era demasiado bajo, y que a las inversiones se les debería requerir que obtuvieran, cuando menos, tanto como una inversión en acciones comunes del 16.25% (ver Anexo 2) excedía substancialmente el 8.84% del costo de capital de la empresa. Si *Pioneer* pensaba seriamente en competir a largo plazo en industrias con características muy diferentes de riesgo, era absolutamente necesario relacionar tasas internas de rendimiento a cada negocio en lo particular.

#### 4.5 ANEXO 1

##### Resumen Financiero, 1983 - 1990.

	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Ventas (millones U.M.)	20,397	20,268	18,594	12,687	14,182	15,259	13,417	15,646
Utilidad neta (millones U.M.)	1,133	326	(297)	428	923	1,211	1,542	1,555
Utilidad por acción (U.M.)	3.38	2.27	.86	1.65	3.41	4.43	5.59	6.15
Dividendos por acción	1.75	1.5	1.2	2	2	2	2.2	2.45
Rend. sobre el capital contable %	15.9%	13%	4.8%	11.4%	19.6%	21.2%	26.3%	25%
Beta								.8

#### 4.6 ANEXO 2

##### Información sobre el mercado de capitales de los Estados Unidos, 1980-1990

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Rendimiento de emisiones recientes de industrias AA %.	11.8%	14%	13.4%	11.9%	12.9%	11.4%	9.4%	9.7%	9.9%	9.5%	9.4%
Rendimiento de Bonos de la Tesorería a 91 días	11.2	14.7	10.5	8.8	9.9	7.7	6.2	5.5	6.4	3.4	7.8
Rendimiento de S&P 500 en acciones comunes	32.4	-4.9	21.4	22.5	6.3	32.2	18.5	5.3	16.8	31.5	-3.2

## 4.7 SOLUCIÓN GENERAL DEL CASO I DE FINANCIAMIENTO

### 4.1 SOLUCIÓN GENERAL

Después de conocer la historia, los objetivos, la estructura financiera y el principal problema de la empresa Petrolera *Pioneer*, que es la determinación de una tasa de rendimiento mínima aceptable para nuevas inversiones, nos daremos a la tarea de encontrar la mejor solución a este problema.

Revisión de los principales hechos:

La política de inversión de *Pioneer* es aceptar todas las propuestas que tengan un valor presente neto positivo, utilizando una tasa de descuento apropiada.

Se tienen dos criterios alternativos para determinar la tasa mínima de rendimiento:

- 1) Usar una única tasa mínima basada en el costo ponderado de capital global de la compañía
- 2) Un sistema de múltiples tasas mínimas que reflejen las características de riesgo-rendimiento de los sectores económicos en los que operaban las subsidiarias de la compañía.

El costo ponderado de capital es calculado en tres etapas:

- 1) Se estima la proporción futura de las fuentes de recursos.
- 2) Se asigna un costo a cada una de dichas fuentes.
- 3) Se calcula un costo ponderado de capital en base a estas proporciones y costos.

La política financiera adoptada establecía que la deuda debería representar aproximadamente el 50% de los recursos permanentes.

Se estimó que las emisiones futuras de deuda requerirían un cupón del 12%, si no se modifica la política de endeudamiento y su clasificación A. A una tasa gravable del 34%, esto representa un costo del 7.92% después de impuestos.

Para el costo del capital contable se decidió utilizar el rendimiento de las utilidades por acción como el costo requerido tanto del nuevo capital contable como para las utilidades retenidas. Con las utilidades por acción estimadas en 6.15 U.M. en 1990 y un precio de mercado de 63 U.M., el costo del capital contable se había establecido en 9.76%.

En el caso de las múltiples tasas mínimas, se quería determinar el costo de capital de cada división. Esta tasa refleja los riesgos inherentes en cada uno de los sectores económicos o industriales. La idea es que estas tasas múltiples determinen las tasas

mínimas aceptables de rendimiento de las propuestas de inversión en cada una de las principales divisiones.

El costo de capital divisional se calcula con el costo ponderado de capital para cada sector operativo. En tres etapas:

- 1) Llevar a cabo una estimación utilizando las proporciones usuales de deuda y capital de empresas financiadas independientes que operaban en cada división.
- 2) Los costos de la deuda y el capital contable, se estiman de acuerdo con los conceptos seguidos por la empresa para estimar su propio costo de capital.
- 3) Estas proporciones y costos se combinan para determinar el costo ponderado de capital, o tasa mínima aceptable de rentabilidad, para calcular el valor presente neto en cada división.

El uso de una sola tasa de descuento se basa en que los accionistas de Pioneer esperan que la compañía invierta sus fondos en los proyectos disponibles más rentables.

Los directivos que apoyan los costos de capital divisional argumentan que una tasa única de descuento en toda la empresa subsidiaría a las divisiones de alto riesgo a costa de las divisiones de bajo riesgo. Dado que el costo de capital sería demasiado alto para las divisiones de bajo riesgo, se llevaría a cabo muy pocas inversiones de bajo riesgo. Por otra parte, en las divisiones de alto riesgo ocurrirían demasiadas inversiones, porque la tasa de descuento sería demasiado baja.

Si Pioneer intenta competir a largo plazo con industrias con riesgos y características diferentes a la compañía, es absolutamente necesario relacionar tasas internas de rendimiento a cada negocio.

El objetivo principal de Pioneer es determinar una tasa mínima aceptable para proyectos de riesgo similar a sus subsidiarias. El caso plantea los conceptos para un sistema de tasas de descuento múltiples diseñadas para ajustar las diferencias de riesgo entre divisiones. También se ejemplifica la relación riesgo rendimiento y su aplicación al presupuesto de capital.

El concepto fundamental es utilizar una estimación del costo de capital con los flujos de efectivo asociados con la nueva inversión y con los nuevos rendimientos.

Pioneer ha elegido la nueva proporción de deuda y capital contable a ser empleados en inversiones futuras, en lugar de las proporciones actuales. Dado que el costo de capital es usado al evaluar los flujos de efectivo asociado con nuevos proyectos, es apropiado usar los nuevos niveles de deuda y capital contable para invertir en proyectos en el futuro.

La estimación del costo de la deuda de Pioneer es razonable. El concepto elemental es que Pioneer debe ganar un rendimiento sobre la proporción del capital propio de cualquier inversión igual al rendimiento que los accionistas pueden ganar en otras inversiones con riesgo similar en el mercado financiero.

El costo de capital estimado de Pioneer está basado en las ganancias de sus acciones, (UPA) Utilidad por Acción/precio(p) por acción. El crecimiento del dividendo puede ser utilizado para estimar el costo de capital contable como el dividendo dado, DPA/p, más la tasa perpetua de rendimiento esperado, g, en dividendos por acción. Por lo tanto, el rendimiento de las ganancias da la estimación correcta del costo del capital contable para una compañía en donde el 100% de las ganancias se paga como dividendos (DPA=UPA) y una tasa de crecimiento esperada de cero. Para estas empresas el costo de capital contable es a menudo estimado en menos del costo de la deuda. Esto casi no ocurre, dado que el mayor riesgo asociado con el capital contable debe tener un rendimiento esperado mayor. Es cierto que las ganancias dadas representan el rendimiento del capital contable mínimo para evitar una disminución en las ganancias por acción actuales. Sin embargo, esta no es la definición del costo de capital, dado que el precio de acción de una empresa no es simplemente un múltiplo constante de UPA. Para una empresa en crecimiento, si un proyecto tiene un rendimiento esperado en capital contable mayor que las ganancias dadas pero menos que el costo real del capital contable, el precio de su acción baja. Aunque la actual UPA no será disminuido, la UPA futura podría bajar, y el capital contable involucra reclamos en flujos de efectivo y ganancias en el futuro.

El Costo de Capital Contable del corporativo es el siguiente (tabla A):

La beta de Pioneer es 0.8 (anexo 1), del anexo 2 el rendimiento libre de riesgo de los T-bills es 7.8%

$$r_{\text{capital}} = \frac{\text{Utilidad por acción}}{\text{Precio}}$$

Donde el precio de mercado es de 63 U.M. y las utilidades por acción estimadas en 6.15 U.M., por lo tanto:

$$r_{\text{capital}} = \frac{6.15}{63} = 0.0976 \Rightarrow 9.76\%$$

Por lo tanto, el costo de capital contable de Pioneer es 9.76%.

El Costo Ponderado de Capital es:

$$\text{CPC} = \left[ \frac{(D)}{V} (1 - T_c)(r_{\text{deuda}}) + \frac{(E)}{V} (r_{\text{capital}}) \right]$$

Donde  $r_{\text{deuda}} = 12\%$  y  $T_c = 34\%$

$$(1 - T_c)(r_{\text{deuda}}) = (1 - 0.34)(0.12) = (0.66)(0.12) = 0.0792 \Rightarrow 7.92\%$$

Con nuestra estructura de capital del 50% deuda y 50% capital, tenemos:

$$\therefore \text{CPC} = 0.5(7.92) + 0.5(9.76) = 3.96 + 4.88 = 8.84\%$$

Un cálculo alternativo del CPC utilizando el modelo CAPM es:

La beta de *Pioneer* es 0.8 (anexo 1), del anexo 2 el rendimiento libre de riesgo de los T-bills es 7.8% y la prima de riesgo esperada que se asegura es:

$$R_M = 16.25$$

$$R_F = 7.8$$

$$(R_M - R_F) = (16.25 - 7.8) = 8.45$$

$$r_{\text{capital}} = R_F + \beta (R_M - R_F) = 7.8 + 0.8(8.45) = 14.56$$

Por lo tanto, el costo de capital contable de *Pioneer* es 14.56%.

El costo ponderado de capital estimado como sigue:

$$\text{CPC} = \left[ \frac{(D)}{V} (1 - T_c)(r_{\text{deuda}}) + \frac{(E)}{V} (r_{\text{capital}}) \right]$$

Donde  $r_{\text{deuda}} = 12\%$  y  $T_c = 34\%$

$$(1 - T_c)(r_{\text{deuda}}) = (1 - 0.34)(0.12) = (0.66)(0.12) = 0.0792 \Rightarrow 7.92\%$$

Con nuestra estructura de capital del 50% deuda y 50% capital, tenemos:

$$\therefore \text{CPC} = 0.5(7.92) + 0.5(14.56) = 3.96 + 7.28 = 11.24\%$$

Esto es 2% más que el costo de capital calculado previamente. Si somos cautelosos utilizaríamos el CPC más alto. Y si al evaluar los proyectos con este CPC obtenemos un VPN positivo, deberíamos invertir en ese proyecto. Debemos enfatizar que este es el rendimiento apropiado para los proyectos de *Pioneer* con un nivel de riesgo promedio.

Considerando el rango entre estos resultados (9, 11.24), si al evaluar algún proyecto con el CPC mayor y no se obtuviera un VPN positivo podríamos ser más flexibles e irnos bajando un poco sin rebasar el 9%.

**TABLA B**  
**Cálculo del Costo Ponderado de Capital para 1990 Aplicando el CAPM**

Fuente	Proporción Estimada de las Fuentes Futuras de Fondos	Costo Futuro Estimado Después de Impuestos	Costo Ponderado
Deuda	0.5	7.92%	3.96%
C. Contable	0.5	14.56%	7.28%
			<u>11.24%</u>

Hemos obtenido una estimación del costo de capital para todo *Pioneer*. En el caso de las tasas de descuento múltiples, en lugar de utilizar el CPC para todo *Pioneer*, es conveniente utilizar tasas de descuento diferentes para evaluar los proyectos en las diferentes divisiones de *Pioneer*. Estas tasas de descuento divisionales podrían reflejar el riesgo del sector económico de cada división. El resultado sería tasas de descuento mayores que el CPC de *Pioneer* en las divisiones más riesgosas (por ejemplo, exploración) y menores tasas de descuento para subsidiarias con menor riesgo (por ejemplo, transportación).

El principio fundamental es que la tasa de descuento apropiada está asociada con el nivel de riesgo del proyecto. Las inversiones en divisiones menos riesgosas deben mostrar menos variabilidad y acercarse más a los valores esperados estimados que las inversiones en divisiones más riesgosas que tienen una mayor variabilidad.

Si usamos solo el CPC de *Pioneer* como la única tasa de descuento para evaluar proyectos de inversión, proyectos pobres en divisiones con alto riesgo serán aceptadas y buenos proyectos en divisiones con bajo riesgo rechazados. En las divisiones de alto riesgo podrían aceptarse proyectos que tienen un rendimiento esperado mayor que el CPC de *Pioneer* pero menor al requerido por el riesgo de su división, es decir *Pioneer* aceptaría proyectos improductivos que sus competidores rechazarían. Estos proyectos ganarían menos que inversiones alternativas con el mismo nivel de riesgo. El valor presente neto negativo de estos proyectos reduciría el valor de mercado de *Pioneer*.

## 5. CASO II DE FINANCIAMIENTO "CORPORATIVO MARRIOTT"

### 5.1 ANTECEDENTES

En abril de 1988, Dan Cohrs, vicepresidente financiero de proyectos de la Corporación Marriott, estaba preparando sus recomendaciones anuales, sobre las tasas de descuento requeridas en cada una de las tres divisiones de la empresa. Los proyectos de inversión de Marriott fueron seleccionados descontando apropiadamente los flujos de efectivo del proyecto a la tasa de descuento mínima de cada división.

En 1987, las ventas de Marriott crecieron en un 24% y su rendimiento de capital se mantuvo en un 22%. Las ventas y utilidad por acción<sup>22</sup> se habían duplicado durante los cuatro años anteriores y la estrategia operativa estaba dirigida a continuar esta tendencia. En 1987 el informe anual de Marriott declaró:

*"Nosotros pensamos seguir siendo una compañía de primera en crecimiento. Esto significa desarrollar agresivamente oportunidades apropiadas dentro de las líneas escogidas de negocio: hospedaje, contratación de servicios y los negocios relacionados. En cada una de estas áreas nuestra meta es ser el empleador preferido, el proveedor preferido, y la compañía más rentable".*

El Sr. Cohrs reconoció que las tasas de descuento divisionales de Marriott deberían tener un efecto significativo sobre las estrategias operativas y financieras de la empresa. Como una regla, al aumentar las tasas de descuento en un 1% (por ejemplo, de 12% a 12.12%), disminuiría el valor presente de los flujos generados por un proyecto en un 1%. Debido a que los costos permanecían aproximadamente fijos, estos cambios en el valor de los flujos generados se traducían en cambios en el valor presente neto de los proyectos. La gráfica A muestra el efecto sustancial de las tasas de descuento en el valor presente neto esperado de los proyectos. Si las tasas de descuento se incrementarían, el crecimiento de Marriott se vería reducido como consecuencia de que proyectos antes rentables ahora no llegarían a la tasa de descuento. Alternativamente, si las tasas de descuento decrecen, el crecimiento de Marriott se aceleraría.

Marriott también consideró utilizar las tasas de descuento para determinar las compensaciones por incentivos a sus ejecutivos. La compensación por incentivos anual constituía una parte significativa de la compensación total, la cual oscilaba entre un 30% y un 50% del salario base. El criterio para la asignación de bonos por estímulo dependía de las responsabilidades específicas del puesto; pero a menudo

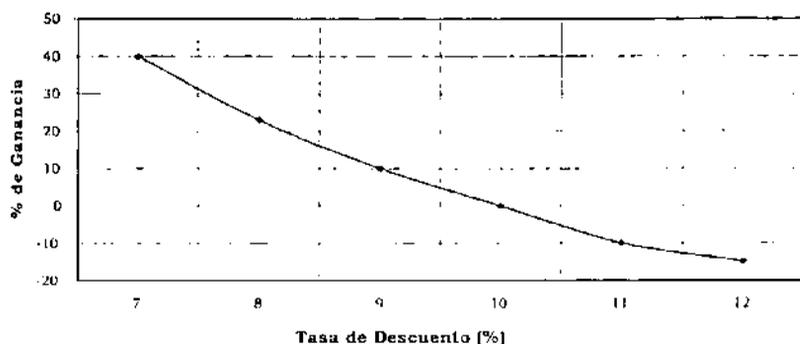
<sup>22</sup> La utilidad por acción (UPA), se define de la siguiente forma:

$$\text{Utilidad por acción} = \frac{\text{Utilidad Neta (Utilidad después de impuestos)}}{\text{Número de acciones en circulación}}$$

incluían los niveles de utilidades obtenidas, la habilidad de los directivos para cumplir con los presupuestos, y el desempeño global de la corporación. Existía algún interés en que la compensación por incentivos, se reflejara en el rendimiento divisional sobre activos netos y la tasa de descuento divisional del mercado. El plan de compensaciones tendería a reflejar las tasas de descuento, haciendo a los directivos más sensibles a la estrategia financiera de Marriot y a las condiciones del mercado de capitales.

Gráfica A

Tasa de Descuento y Ganancia Típica de un Hotel



Nota: El porcentaje de ganancia para un hotel es su valor presente neto dividido entre su costo.

La Corporación Marriot inició operaciones en 1927 con un negocio de cerveza de raíz de J. Willard Marriot. En los siguientes 60 años, el negocio creció hasta llegar a ser una de las compañías líderes de hospedaje y servicio de comidas en los Estados Unidos. Las utilidades de Marriot para el año de 1987 fueron 223 millones sobre ventas de 6.5 billones. El anexo 1 muestra un resumen de la historia financiera de Marriot.

Marriot tenía tres líneas principales de negocio: Hotelera, Contratación de Servicios y Restaurantera. El anexo 2 resume los datos de estas líneas de negocio. El funcionamiento del hospedaje incluye 361 hoteles con más de 100,000 cuartos en total. Los hoteles variaban desde hoteles y suites de servicio completo de alta calidad, hasta el Fairfield Inn, hotel de precio moderado. La división Hotelera generaba el 41% de las ventas de 1987 y el 51% de las utilidades.

La división de Contratación de Servicios ofrecía comida, así como administración de instituciones de salud, educación y corporaciones. También proporcionaba comida preparada para aerolíneas a través de su Marriot In-Flite Services y de las

operaciones de Host International. La Contratación de Servicios generó 46% de las ventas de 1987 y el 33% de las utilidades.

Los Restaurantes de Marriott incluían a Bob's Big Boy, Roy Rogers y Hot Shoppes. La División Restaurantera generó el 13% de las ventas de 1987 y el 16% de ganancias.

## 5.2 ESTRATEGIA FINANCIERA

Los elementos clave de la estrategia financiera de Marriot eran los siguientes:

1. Administración vs Compra de Activos Hoteleros.
2. Invertir en proyectos que incrementen el valor para el accionista.
3. Optimizar el uso de la deuda en su estructura de capital.
4. Arbitraje de las acciones de la empresa.

### 5.2.1 Administración vs compra de activos Hoteleros

En 1987 Marriot desarrolló instalaciones hoteleras con valor de más de 1 billón u.m. convirtiéndolas en uno de los diez principales promotores de bienes raíces en los Estados Unidos. Con un proceso de desarrollo totalmente integrado, Marriot identificaba mercados, creaba planes de desarrollo, diseñaba proyectos y evaluaba rendimientos potenciales.

Después del desarrollo hotelero, la compañía vendió los activos a socios limitados mientras retenía el control operativo como el socio general dentro de un contrato de operación de largo plazo. Los honorarios de operación regularmente eran iguales al 3% de los ingresos más el 20% de las utilidades antes de depreciaciones y servicios de deuda. El 3% de los ingresos normalmente cubría los gastos directos de administración del hotel. El 20% de las utilidades antes de depreciaciones y servicio de deuda, a menudo se apartaban hasta que los inversionistas lograban ganar un rendimiento previamente especificado. Marriot también respaldaba una parte de la deuda. Durante 1987, tres hoteles Marriot y 70 hoteles Courtyard fueron vendidos bajo este esquema por 890 millones u.m. En total Marriot operó hoteles -con este esquema- con un valor de alrededor de 7 billones u.m.

### 5.2.2 Invertir en proyectos que incrementen el valor para el accionista

La compañía utilizaba la técnica de flujos descontados para evaluar inversiones potenciales. La tasa de descuento asignada a un proyecto específico estaba basada en tasas de interés de mercado, el riesgo del proyecto, y estimados de primas de riesgo. Las proyecciones de los flujos de efectivo incorporaban un supuesto estándar aceptado en toda la compañía que limitaba la discreción en los estimados

de los flujos de efectivo y vertía alguna consistencia a través de los proyectos. Como lo ponía un ejecutivo de Marriot.

*“Nuestros proyectos son como si fuesen muchas pequeñas cajas parecidas. Existen datos macroeconómicos sobre inflación, márgenes de utilidad, vidas del proyecto, valores terminales, porcentaje de ventas requerido para remodelar, etc. Los proyectos son auditados a través de sus vidas para verificar y actualizar estos supuestos. Los directores divisionales tienen libertad sobre los supuestos específicos de las unidades, pero deben sujetarse a los aspectos generales de la empresa.”*

### **5.2.3 Optimizar el uso de la deuda en su estructura de capital**

Marriot determinaba la cantidad de deuda en su estructura de capital enfocándose en su habilidad para cubrir el servicio de la deuda. Utilizaba un sistema de cobertura de intereses en lugar de una razón deuda-capital. En 1987, Marriot tenía aproximadamente 2.5 billones de deuda: 59% del total de recursos permanentes (es decir, suma de deuda y capital contable).

### **5.2.4 Arbitraje de las acciones de la empresa**

Marriot regularmente calculaba un “valor garantizado del capital” para sus acciones comunes, y estaba comprometido a recomprarlas cuando el precio de mercado caía por debajo de ese valor. El valor garantizado del capital se calculaba descontando los flujos de capital de la empresa utilizando el costo del capital para la compañía. Este valor se monitoreaba comparando el precio de la acción de Marriot con el de otras empresas similares utilizando razones de precio-utilidad para cada negocio y valuando cada negocio bajo estructuras alternativas propias, tales como una compra apalancada. Marriot tenía más confianza en su medida de valor garantizado que en el precio de mercado diario de sus acciones. Una diferencia fuerte entre el valor garantizado y el precio de mercado, por lo tanto, normalmente disparaba recompras en lugar de una revisión del valor garantizado por medio de revisar las tasas de descuento. Más aún, la compañía creía que la recompra de acciones por debajo del valor de capital garantizado era el mejor uso de su flujo de efectivo y de su capacidad de deuda que lo que podrían ser las adquisiciones de bienes raíces. En 1987, Marriot recompró 13.6 millones de acciones comunes por 429 millones u.m.

### 5.3 COSTO DE CAPITAL

Marriot medía el costo de oportunidad de los recursos permanentes para inversiones de riesgo similar utilizando el costo ponderado de capital (CPC):

$$\text{CPC} = \frac{[D(1 - T_c) r_{\text{deuda}}]}{V} + \frac{(E r_{\text{capital}})}{V}$$

donde D y E son valores de mercado para la deuda y el capital, respectivamente,  $r_{\text{deuda}}$ , es el costo de la deuda antes de impuestos,  $r_{\text{capital}}$  es el costo del capital después de impuestos, V es el valor de mercado de la empresa ( $V = D + E$ ), y  $T_c$  es la tasa corporativa de impuestos. Marriot utilizaba este modelo para determinar el costo de capital de la corporación como un todo y para cada división.

Para determinar el costo de oportunidad del capital, Marriot requería tres datos de entrada: Capacidad de deuda, costo de la deuda, y costo del capital contable consistente con la cantidad de deuda adquirida. El costo de capital variaba entre las divisiones ya que las tres variables de entrada podían ser diferentes para cada división. El costo de capital para cada división era actualizado anualmente.

### 5.4 CAPACIDAD DE ENDEUDAMIENTO Y EL COSTO DE LA DEUDA

Marriot aplicaba su política financiera de cobertura para cada una de sus divisiones. También determinaba para cada división, la fracción de deuda que debería ser contratada con tasa variable de deuda, basada en la sensibilidad de los flujos de efectivo de cada división y los cambios en las tasas de interés. Si los flujos de efectivo aumentaban con el crecimiento de la tasa de interés, utilizar una tasa variable de deuda expandía la capacidad de deuda.

Como un riesgo corporativo de alta calidad, Marriot podría esperar pagar un margen por encima de las tasas de los bonos de gobierno actuales. Basaba el costo de la deuda para cada división en el costo de deuda como si fuera una compañía independiente. La separación entre la tasa de interés de la deuda y la tasa de los bonos de gobierno variaba por división debido a las diferencias en riesgo. La tabla A muestra el valor de mercado-niveles de apalancamiento planeado, el porcentaje de deuda a tasa variable, el porcentaje a una tasa fija, y la sobretasa del crédito para Marriot como un todo y para cada división. La sobretasa del crédito era la prima de la tasa de interés de la deuda por encima de la tasa del gobierno requerida para motivar a los inversionistas a prestar dinero a Marriot.

**TABLA A. Valor de mercado-niveles de apalancamiento planeado, y la sobretasa del crédito para Marriot y sus divisiones.**

	Porcentaje de deuda en capital	Fracción de deuda a tasa flotante	Fracción de deuda a tasa fija	Sobretasa de la deuda sobre la de Gobierno
Marrito	60	40	60	1.30
Hospedaje	74	50	50	1.10
Servicios Contratados	40	40	60	1.40
Restaurantes	42	25	75	1.80

Debido a que los activos para hospedaje, como hoteles tenían muchos años de vida útil, Marriot utilizaba el costo de la deuda de largo plazo para el cálculo del costo de capital de sus proyectos de Hotelería. Utilizaba deuda de menor plazo como el costo de la deuda para las divisiones de sus servicios de contratos y restaurantes, ya que esos activos tenían vidas útiles cortas.

La tabla B describe las tasas de interés para los bonos de gobierno de los EU en abril de 1988.

**Tabla B. Tasas de interés de los Bonos de Gobierno de los E.U., Abril 1988.**

Vencimiento	Tasa %
30 años	8.95
10 años	8.72
1 año	6.90

## 5.5 COSTO DE CAPITAL CONTABLE

Marriot reconocía que lograr su estrategia financiera, a través de involucrarse sólo en proyectos que incrementaran el valor para los accionistas, significaba que tendría que utilizar una medida del costo del capital de los accionistas. Marriot utilizaba el modelo para la valoración de activos de capital (CAPM) para estimar los costos del capital contable. El CAPM, originalmente desarrollado por John Lintner y William Sharpe a principios de los sesenta, había ganado gran aceptación entre los profesionistas de las finanzas. De acuerdo con el CAPM, el costo del capital contable o, de igual manera, el rendimiento esperado para el capital contable era determinado usando

$$\text{Rendimiento esperado} = E(R) = \text{Tasa libre de riesgo} + \beta[\text{Prima por riesgo}]$$

donde la prima por riesgo es la diferencia entre el rendimiento esperado del portafolio de mercado y la tasa libre de riesgo.

La visión clave en el CAPM era que el riesgo debería ser medido contra un portafolio totalmente diversificado de activos con riesgo tales como acciones comunes. Como acostumbramos decir "no pongas todos los huevos en una canasta", dictaba que los inversionistas podrían minimizar sus riesgos teniendo portafolios de activos totalmente diversificados. El riesgo de un activo no era medido como un riesgo individual. En su lugar, la contribución de ese activo al portafolio totalmente diversificado era lo que importaba. Este riesgo, normalmente llamado riesgo sistemático, era medido por el coeficiente ( $\beta$ ).

Las betas podían ser calculadas con datos históricos de los rendimientos en las acciones comunes utilizando un análisis de regresión lineal simple. La beta de Marriot, calculada utilizando rendimientos diarios de la acción durante 1986 y 1987, era de  $\beta=0.97$ .

Dos problemas limitaban el uso de las estimaciones históricas de la beta al calcular las tasas de descuento para los proyectos. Primero, las corporaciones generalmente tenían múltiples líneas de negocios; la beta de una compañía, por lo tanto, era el promedio ponderado de las betas de sus diferentes líneas de negocio. Segundo, el apalancamiento afectaba la beta, aumentar deuda a una empresa incrementaba la beta del capital contable aún si el riesgo de los activos se mantenía sin cambio, ya que los flujos de efectivo más seguros iban a los tenedores de deuda. Conforme la deuda se incrementaba, los flujos remanentes a los accionistas se volvían más riesgosos. La beta histórica de una empresa, por lo tanto, debía ser interpretada y ajustada antes de poder ser utilizada como la beta para un proyecto, a menos que el proyecto tuviera el mismo riesgo y el mismo apalancamiento que el total de la empresa.

El anexo 3 contiene la beta, apalancamiento y otra información relacionada para Marriot y compañías similares en el negocio del hospedaje y servicios de restaurante.

Para seleccionar la prima de riesgo apropiada para ser utilizada en los cálculos de la tasa de descuento, el Sr. Cohrs examinó una variedad de datos de los mercados de bonos y acciones. El anexo 4 provee información histórica sobre los rendimientos periódicos de bonos gubernamentales y corporativos y el índice S&P500 sobre acciones comunes. Los rendimientos periódicos son los rendimientos obtenidos por el tenedor de un valor, incluyendo cualquier pago en efectivo (por ejemplo dividendos para las acciones comunes, cupones para los bonos) recibidos por el tenedor más cualquier ganancia de capital o pérdida en el valor. Como ejemplos, el 5.23% de rendimiento periódico para el índice S&P500 de acciones comunes en 1987, es la suma del rendimiento del dividendo del 3.20% y la ganancia de capital del 2.03%. El -2.69% de rendimiento periódico para el índice de

los bonos de largo plazo del gobierno de los EU en 1987, es la suma del rendimiento del cupón del 7.96% y una ganancia de capital cuyo valor es -10.65%.<sup>23</sup>

El anexo 5 provee estadísticas de la sobretasa entre el rendimiento del portafolio S&P500 y el rendimiento periódico de los bonos del tesoro, los bonos del gobierno de los EU y los bonos corporativos de largo plazo de alta calidad.

El Señor Cohrs estaba preocupado por el intervalo de tiempo adecuado para medir estos promedios, especialmente por los altos rendimientos y variabilidad de los bonos de mercado mostrados en los anexos 4 y 5. Estaba preocupado también sobre la medida de rendimiento esperado que debería ser utilizada. Los anexos 4 y 5 presentan dos medidas diferentes del rendimiento anual promedio, el aritmético y el geométrico. El rendimiento promedio aritmético es la suma de los rendimientos anuales a lo largo del período de tiempo dividido entre el número de años de ese período. El rendimiento promedio geométrico es la tasa de crecimiento compuesta promedio a lo largo del intervalo de tiempo. Por ejemplo, si el rendimiento para un valor fue de -10% en el período 1 y de 30% en el período 2, los dos promedios serían:

Promedio aritmético:  $(-10\% + 30\%)/2 = 10.0\%$

Promedio geométrico:  $\sqrt{(0.9)(1.3)} - 1 = 8.2\%$

---

<sup>23</sup> Los pagos en efectivo se supone que son reinvertidos mensualmente en los valores respectivos.

## 5.6 ESTADOS FINANCIEROS DE LA EMPRESA

### ANEXO 1 HISTORIA FINANCIERA, 1978-1987 (MILLONES DE UNIDADES, EXCEPTO LOS DATOS POR ACCIÓN)

	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
<b>Resumen de operaciones</b>										
Ventas	\$1,174.1	\$1,426.0	\$1,633.9	\$1,905.7	\$2,458.9	\$2,950.5	\$3,524.9	\$4,241.7	\$5,266.5	\$6,522.2
Utilidad antes del pago de Intereses e Impuestos	107.1	133.5	150.3	173.3	205.5	247.9	297.7	371.3	426.5	489.4
Intereses	23.7	27.8	46.8	52.0	71.6	62.8	61.6	75.6	60.3	90.5
Utilidad antes de impuestos	83.5	105.6	103.5	121.3	133.7	185.1	236.1	295.7	366.2	398.9
Impuestos	35.4	43.8	40.6	45.2	50.2	76.7	100.8	128.3	168.5	175.9
Utilidad de las operaciones actuales*	48.1	61.8	62.9	76.1	83.5	108.4	135.3	167.4	191.7	223.0
Utilidad Neta	54.3	71.0	72.0	86.1	94.3	115.2	139.8	167.4	191.7	223.0
Fondos de las operaciones actuales <sup>b</sup>	101.2	117.5	125.8	160.8	203.6	272.7	322.5	372.3	430.3	472.8
<b>Recursos Permanentes y Rendimiento</b>										
Total activos	\$1,000.3	\$1,080.4	\$1,214.3	\$1,454.9	\$2,062.6	\$2,501.4	\$2,904.7	\$3,663.8	\$4,579.3	\$5,370.5
Capital Total*	826.9	891.9	977.7	1,187.5	1,634.5	2,007.5	2,330.7	2,861.4	3,561.8	4,247.8
Deuda a largo plazo	309.9	365.3	536.6	607.7	889.3	1,071.6	1,115.3	1,192.3	1,662.8	2,498.8
Capital Contable	418.7	413.5	311.5	421.7	516.0	628.2	675.6	848.5	991.0	810.8
Deuda largo plazo/Capital total	37.5%	41.0%	54.9%	52.1%	54.4%	53.4%	47.9%	41.7%	46.7%	58.8%
<b>Datos por acción y otros Datos</b>										
Utilidad por acción de las operaciones actuales*	\$0.25	\$0.34	\$0.45	\$0.57	\$0.61	\$0.78	\$1.00	\$1.24	\$1.40	\$1.67
Utilidad Neta	0.29	0.39	0.52	0.64	0.69	0.83	1.04	1.24	1.40	1.67
Dividendos en efectivo	0.26	0.34	0.42	0.51	0.63	0.76	0.93	1.13	1.36	1.7
Capital Contable por acción	2.28	2.58	2.49	3.22	3.89	4.67	5.25	6.48	7.59	6.82
Precio de mercado al final del año	2.43	3.48	6.35	7.18	11.70	14.25	14.70	21.58	29.75	30.00
Número de acciones en circulación	183.6	160.5	125.3	130.8	132.8	134.4	128.8	131.0	130.6	118.8
Rendimiento sobre el capital contable por acción	13.9%	17.0%	23.8%	23.4%	20.0%	20.0%	22.1%	22.1%	20.6%	22.2%

Fuente: Reportes de la Empresa.

a. Las operaciones del parque de operaciones fueron descontinuadas en 1984.

b. Los fondos proporcionados por las operaciones continuas consisten de los ingresos por las operaciones continuas más depreciación, impuestos diferidos, y otros conceptos que no afectan actualmente el capital de trabajo.

c. Los recursos permanentes representan el total de activos menos los pasivos de corto plazo.

Anexo 2. Resumen Financiero por Segmento de Negocio, 1982-1987 (millones de U.M.)

	1982	1983	1984	1985	1986	1987
<b>HOSPEDAJE</b>						
Ventas	\$1,091.7	\$1,320.5	\$1,640.8	\$1,898.4	\$2,233.1	\$2,673.3
Utilidad de Operación	132.6	139.7	161.2	185.8	215.7	263.9
Activos Identificables	909.7	1,264.6	1,786.3	2,108.9	2,236.7	2,777.4
Depreciación	22.7	27.4	31.3	32.4	37.1	43.9
Inversión en activos fijos	371.5	377.2	366.4	808.3	966.6	1,241.9
<b>CONTRATACIÓN DE SERVICIOS</b>						
Ventas	\$819.8	\$950.6	\$1,111.3	\$1,586.3	\$2,236.1	\$ 2,969.0
Utilidad de Operación	51.0	71.1	86.8	118.6	154.9	170.6
Activos Identificables	373.3	391.6	403.9	624.4	1,070.2	1,237.7
Depreciación	22.9	26.1	28.9	40.2	61.1	75.3
Inversión en activos fijos	127.7	43.8	55.6	125.9	448.7	112.7
<b>RESTAURANTES</b>						
Ventas	\$547.4	\$679.4	\$707.0	\$757.0	\$797.3	\$879.9
Utilidad de Operación	48.5	63.8	79.7	78.2	79.1	82.4
Activos Identificables	452.2	483.0	496.7	582.6	562.3	567.6
Depreciación	25.1	31.8	35.5	34.8	38.1	42.1
Inversión en activos fijos	199.6	65.0	72.3	128.4	64.0	79.6

Fuente: Reporte de la Cía.

## ANEXO 3

## Información Comparable sobre Compañías Hotelera y Restauranteras

Compañía y Naturaleza de Negocio	Rendimiento promedio Aritmético <sup>a</sup>	Rendimiento promedio Geométrico <sup>b</sup>	Beta de capital <sup>c</sup>	Apalancamien to de mercado <sup>c</sup>	Ingresos 1987 (\$ billones)
Marriott Corporation (Propietarios, manejo, dirige hoteles, restaurantes y proporciona servicios alimenticios a aerolíneas)	10.57%	10.01%	0.97	41%	\$6.52
Hoteles de Hilton Corporation (Propietarios, opera, franquicia de hoteles; restaurantes y opera casinos)	17.16	14.54	0.88	14	0.77
Holiday Corporation (Propietarios, opera, franquicia hoteles; restaurantes; opera casinos)	32.89	28.49	1.46	79	1.66
La Quinta Motor Inns (Propietarios, opera, franquicia hoteles y restaurantes)	-5.19	-10.14	0.38	69	0.17
Ramada Inns (Propietarios, manejo de hoteles, restaurantes)	10.57	-0.01	0.95	65	0.75
Church's Fried Chicken (Propietarios, franquicia de restaurantes, negocios de juego)	1.79	-0.64	0.75	4	0.39
Collins Food International (Maneja la franquicia de Kentucky Fried Chicken, y restaurantes de precios moderados)	24.32	19.69	0.60	10	0.57
Frisch 's Restaurants (Opera, franquicias de restaurantes)	45.83	51.66	0.13	6	0.14
Luby's Cafeterias de Cafeterias(Operan Cafeterias)	15.50	12.01	0.64	1	0.23
McDonald's (Operan, franquicias, y servicios de restaurantes)	23.93	22.72	1.00	23	4.89
Wendy's International (Operan, franquicias, servicios de restaurantes)	7.76	-0.39	1.08	21	1.05

Fuente: Las estimaciones del mercado

a. Calculado por el periodo 1983-1987.

b. Estimado de la regresión de mínimos cuadrados, usando datos diarios del periodo 1986-1987.

c. El valor del libro de deuda dividido por la suma del valor del libro de deuda más el valor del mercado de capital.

## ANEXO 4

Periodos anuales de rendimientos para valores seleccionados e índices de Mercado, 1926-1987

	Promedio aritmético	Promedio geométrico	Desviación estándar
<b>Rendimiento de T-Bill a corto plazo</b>			
1926-1987	3.54%	3.48%	.94%
1926-1950	1.01	1.00	.40
1951-1975	3.67	3.66	.56
1976-1980	7.80	7.77	.83
1981-1985	10.32	10.30	.75
1986	6.16	6.16	.19
1987	5.46	5.46	.22
<b>Rendimiento de bonos del Gobierno de Estados Unidos a largo plazo</b>			
1926-1987	4.58%	4.27%	7.58%
1926-1950	4.14	4.04	4.17
1951-1975	2.39	2.22	6.45
1976-1980	1.95	1.69	11.15
1981-1985	17.85	16.82	14.26
1986	24.44	24.44	17.30
1987	-2.69	-2.69	10.28
<b>Rendimiento de Bonos Corporativos de Alta Calidad a largo plazo</b>			
1926-1987	5.24%	4.93%	6.97%
1926-1950	4.82	4.76	3.45
1951-1975	3.05	2.86	6.04
1976-1980	2.70	2.39	10.87
1981-1985	18.96	17.83	14.17
1986	19.85	19.85	8.19
1987	-0.27	-0.27	9.64
<b>Índice de rendimiento de acciones comunes S&amp;P500</b>			
1926-1987	12.01%	9.90%	20.55%
1926-1950	10.90	7.68	27.18
1951-1975	11.87	10.26	13.57
1976-1980	14.81	13.95	14.60
1981-1985	15.49	14.71	13.92
1986	18.47	18.47	17.94
1987	5.23	5.23	30.50

Fuente: Las estimaciones basadas en estadísticas del centro para la investigación de precios de los valores de la Universidad de Chicago.

## ANEXO 5

### Comparación entre los rendimientos del S&P500 y tasas de Bonos, 1926-1987

	Promedio aritmético	Promedio geométrico	Desviación estándar
<b>Comparación entre los rendimientos del S&amp;P500 y rendimientos de T-Bills</b>			
1926-1987	8.47%	6.42%	20.60%
1926-1950	9.89	6.68	27.18
1951-1975	8.20	6.60	13.71
1976-1980	7.01	6.18	14.60
1981-1985	5.17	4.41	14.15
1986	21.31	12.31	17.92
1987	-0.23	-0.23	30.61

### Comparación entre los rendimientos del S&P500 y rendimientos de bonos gubernamentales de E. U. a largo plazo

1926-1987	7.43%	5.63%	20.78%
1926-1950	6.76	3.64	26.94
1951-1975	9.48	8.04	14.35
1976-1980	12.86	12.26	15.58
1981-1985	-2.36	-2.11	13.70
1986	-5.97	-5.97	14.76
1987	7.92	7.92	35.35

### Comparación entre los rendimientos del S&P500 y Rendimiento de Bonos Corporativos de Altos Ingresos a largo plazo

1926-1987	6.77%	4.97%	20.31%
1926-1950	6.08	2.92	26.70
1951-1975	8.82	7.40	13.15
1976-1980	12.11	11.56	15.84
1981-1985	-3.47	-3.12	13.59
1986	-1.38	-1.38	14.72
1987	5.50	5.50	34.06

Fuentes: Las estimaciones basadas en estadísticas del centro para la investigación de precios de los valores de la Universidad de Chicago

## 5.7 SOLUCIÓN GENERAL DEL CASO

Después de conocer la historia, los objetivos, la estructura financiera y el principal problema de Marriot, que es el determinar el costo ponderado de capital del corporativo, nos daremos a la importante tarea de encontrar la mejor solución a este problema.

Entonces nuestro objetivo principal es determinar el Costo Ponderado de Capital para cada una de sus divisiones y obtener el Costo Ponderado de Capital para todo el Corporativo Marriot.

Empezaremos con una revisión de los principales hechos:

Marriot inició sus operaciones en el año de 1927; contaba con tres giros principales de negocios: Hotelera, Contratación de Servicios y Restaurantes. En abril de 1988, el vicepresidente financiero Dan Cohrs (que es nuestro principal protagonista), preparaba sus recomendaciones anuales sobre las tasas mínimas requeridas a utilizar en cada una de las divisiones de la empresa, reconocía que las tasas mínimas divisionales tendrían un impacto significativo en la estrategia financiera y operativa de la empresa.

En 1987, las ventas de Marriot crecieron en un 24% y el rendimiento de la inversión de los accionistas se mantuvo en un 22%. Las ventas y las utilidades por acción se habían duplicado en los últimos cuatro años, y la estrategia operativa estaba enfocada a mantener esta tendencia.

Marriot consideraba utilizar las tasas mínimas para determinar las compensaciones por incentivos a sus ejecutivos, la cual oscilaba entre un 30% y 50% del salario base; el criterio de asignación del bono dependía de las responsabilidades del puesto, niveles de utilidades obtenidas, habilidades de los directivos para cumplir con los presupuestos y el rendimiento global de la corporación que requería tres datos: Capacidad de deuda; Costo de la deuda y Costo del capital contable (que depende de la cantidad de deuda adquirida).

Las utilidades de Marriot para el año de 1987 fueron 223 millones sobre ventas de 6.5 billones. La división Hotelera generó 41% de las ventas de 1987 y el 51% de las utilidades. La Contratación de Servicios generó 46% de las ventas de 1987 y el 33% de las utilidades. La División Restaurantera generó el 13% de las ventas de 1987 y el 16% de las ganancias.

La estrategia financiera consistía en:

1. Administrar vs compra de activos hoteleros
  - Por administrar se pedía el 3% del ingreso más 20% de las utilidades.
2. Inversión en proyectos que incrementan el valor para el accionista.

- Las tasas mínimas para cada proyecto estaban basadas en tasas de mercado, riesgo del proyecto y un estimado de la prima de riesgo.
  - Todos los proyectos se evaluaban con un criterio similar y en base a un consenso.
3. Optimizar el uso de la deuda en su estructura de capital
    - La meta de endeudamiento era tanto como pudiera cubrir de intereses.
    - En 1987 se tenían 2.5 millones de deuda equivalente al 59% del total de sus recursos permanentes.
  4. Arbitraje de las acciones de la empresa
    - Marriot calculaba un valor garantizado de capital para sus acciones comunes y los recompraba cuando el precio de mercado caía por debajo de ese valor.
    - En 1987 Marriot recompró 13.6 millones de acciones comunes por un valor de 429 millones.

Marriot medía el costo de oportunidad de los recursos permanentes para inversiones de riesgo similar utilizando el costo ponderado de capital.

Para determinar el costo de oportunidad del capital, Marriot requería tres datos de entrada: Capacidad de deuda, costo de la deuda, y costo del capital contable consistente con la cantidad de deuda adquirida. El costo de capital variaba para cada división, además de ser actualizado anualmente.

Una fracción de la deuda se obtenía con tasa variable. Como un riesgo corporativo de alta calidad, Marriot podría pagar un margen por encima de las tasas de los bonos de gobierno actuales.

Se utilizaba el costo de la deuda a largo plazo para proyectos hoteleros y de deuda a corto plazo para los de contratación de servicios y restaurantes

La empresa utilizaba el modelo CAPM para estimar su costo del capital contable

La visión clave de este modelo era que el riesgo debería ser medido contra un portafolio totalmente diversificado de activos riesgosos tales como acciones comunes. Las betas podían ser calculadas utilizando un análisis de regresión simple utilizando rendimientos diarios de las acciones durante 1986 y 1987, siendo de 0.97. Algunos problemas limitaban el uso de los estimados históricos de la beta al calcular las tasas mínimas para los proyectos: Las corporaciones tenían múltiples líneas de negocios, el apalancamiento afectaba la beta. La beta histórica de una empresa debía ser interpretada y ajustada antes de poder ser utilizada como la beta de un proyecto.

Ahora revisemos la estrategia financiera de Marriot para verificar si es consistente con su objetivo de crecimiento. Recordemos la misión de Marriot: "Pretendemos mantenernos como una compañía de primera en crecimiento. Esto significa desarrollar de manera agresiva las oportunidades apropiadas dentro de las líneas de negocio que hemos escogido: Hotelera, Contratación de Servicios y Restaurantes. En cada una de estas áreas, nuestra meta es ser el empleador preferido, el proveedor preferido y la compañía más rentable".

Un aspecto importante de la estrategia financiera es que tiene bien definido cuatro componentes (podría haber más) y sobre ellos trabaja de manera clara y específica. En el Anexo 3 se encuentran los rendimientos promedio para varias compañías hoteleras comparables, donde se puede observar que Marriot no ha logrado (con mucho) su objetivo de ser el más rentable.

Adicionalmente podemos observar que no todas sus estrategias financieras van encaminadas a optimizar la riqueza de la empresa, tenemos por ejemplo que el rubro de optimizar el uso de deuda en su estructura de capital está encaminada a una política de cobertura de intereses y no de optimización de su estructura de capital (punto donde se obtiene la mayor riqueza); por otro lado, en el rubro de recompra de acciones comunes se tiene demasiada confianza en el método empleado para la evaluación de precios de acciones que no se lleva a cabo una actualización ni revisión, como consecuencia se tiene que cuando se observa una "subvaluación" se lleva a cabo una compra masiva de acciones, además la compra se hace bajo el principio de que el rendimiento por la compra de acciones es mayor que el de inversión en bienes raíces lo cual no es cierto.

En relación a la estimación del Costo de Capital para los recursos permanentes de Marriot es calculado utilizando el Costo Ponderado de Capital para la empresa, dicho costo es diferente entre las divisiones ya que las variables de deuda, costo de la deuda y costo de capital contable son diferentes tanto para la empresa como un todo como para cada división.

**El Costo Ponderado de Capital de Marriot lo calcularemos como sigue:**

$$CPC = \frac{[D(1 - T_c) r_{deuda}]}{V} + \frac{(E r_{capital})}{V}$$

De la tabla 3 sabemos que el porcentaje de deuda en la estructura de capital es del 40%, por lo tanto el porcentaje de capital es del 60%, esto es

$$\frac{D}{D+E} = 0.4 \Rightarrow \frac{E}{D+E} = 0.6$$

También conocemos que la tasa de impuestos corporativos es del 44% es decir (ver tabla 1, obtenido del dato de impuestos pagados en 1987)

$$T_C = 0.44 \Rightarrow (1 - T_C) = 1 - 0.44 = 0.56$$

Ahora calculemos el costo de la deuda. Primero identificaremos nuestra tasa libre de riesgo  $R_F$ , en la tabla B nos muestran los rendimientos de los bonos gubernamentales, de la cual utilizaremos los que tienen un periodo de vencimiento a 30 años, con una tasa del 8.95%, más la prima o sobretasa que paga Marriot, se usó el plazo de 30 años para cubrir todos los periodos de las divisiones. El costo de la deuda es  $8.95 + 1.30 = 10.25\%$ .

Por la tabla B

$$r_{deuda} = 8.95\% + 1.3\% = 10.25$$

$\downarrow$                        $\downarrow$   
 Largo Plazo    Sobre Tasa

Para calcular el costo de capital necesitamos calcular la prima de riesgo:

Prima Riesgo = Promedio Aritmético (Rendimientos Acciones Comunes S&P500 (1926-1987)- Rendimiento de los Bonos Gubernamentales a Largo Plazo (1926-1987)

Prima de Riesgo =  $12.01\% - 4.58\% = 7.43$ , que también lo podemos observar en el anexo 5.

$$(R_M - R_F) = [12.01 - 4.58] = 7.43$$

$\downarrow$                        $\downarrow$   
 Anexo 4

Con los datos obtenidos tenemos que:

$r_{capital} = 8.95 + \beta(12.01 - 4.58) \Rightarrow r_{capital} = 8.95 + \beta(7.43)$ , ahora nuestro problema es el cálculo de la beta.

Del anexo 3 sabemos que el valor actual de beta es 0.97 y está asociado a un nivel de deuda de 41% (anexo 3). Sin embargo, se requiere el valor de beta asociado a un nivel de deuda del 60%.

Se procederá a desapalancar la beta y después a apalancarla al nivel requerido de deuda. Dado que

$$\beta_L = \beta_U \left[ 1 + \frac{D}{E} (1 - T_C) \right]$$

donde  $\beta_L$  es la beta con apalancamiento y  $\beta_U$  es la beta sin apalancamiento, mientras que D es el valor de la deuda y E el valor de mercado del capital contable.

La fracción de deuda es 0.41, esto es,  $D/(D+E) = 0.41$ . Por lo tanto  $D/E = 0.41/(1 - 0.41) = 0.6949$ . Es decir:

$$\frac{D}{D+E} = 0.41 \Rightarrow \frac{D/E}{\frac{D+E}{E}} = 0.41 \Rightarrow \frac{D/E}{\frac{D}{E} + 1} = 0.41$$

anexo 3

$$\Rightarrow \frac{D}{E} = \frac{0.41}{1-0.41} = 0.6949$$

$$0.97 = \beta_U [1 + 0.6949(1 - 0.44)]$$

$$\Rightarrow 0.97 = \beta_U [1.389144]$$

$$\therefore \beta_U = \frac{0.97}{[1.389144]} = 0.6982$$

$\beta_U = 0.6982$ . El nuevo valor de beta (con 60% deuda) es

$$\frac{D}{D+E} = 0.6 \Rightarrow \frac{D}{E} = \frac{0.6}{1-0.6} = 1.5$$

$$\beta_L = 0.6982[1 + 1.5(0.56)] = 1.2848$$

Rendimiento del capital contable

$$\text{Por lo tanto } r_{\text{capital}} = R_f + \beta[\text{Prima de riesgo}] = 8.95 + 1.2848(7.43) = 18.496$$

Ahora que contamos con todos los datos necesarios podemos determinar el **Costo Ponderado de Capital de Marriot**

$$\text{CPC} = 0.60(10.25)(0.56) + 0.40(18.496) = 10.8424\%$$

**El Costo Ponderado de Capital de Marriot en su división Hotelera:**

De la tabla A sabemos que el porcentaje de deuda en la estructura de capital es del 74%, por lo tanto el porcentaje de capital es del 26%, esto es

$$\frac{D}{D+E} = 0.74 \Rightarrow \frac{E}{D+E} = 0.26$$

También conocemos que la tasa de impuestos corporativos es del 44% es decir (ver anexo 1)

$$T_c = 0.44 \Rightarrow (1 - T_c) = 1 - 0.44 = 0.56$$

Ahora calculemos el costo de la deuda. Primero identificaremos nuestra tasa libre de riesgo  $R_f$ , en la tabla B nos muestran los rendimientos de los bonos gubernamentales, de la cual utilizaremos los que tienen un periodo de vencimiento a 30 años, con una tasa del 8.95%, más la prima o sobretasa que paga Marriot en su división hotelera, que es de 1.10. El costo de la deuda es  $8.95 + 1.10 = 10.05\%$ .

Por la tabla B

$$r_{deuda} = 8.95\% + 1.1\% = 10.05\%$$

$\downarrow$                        $\downarrow$   
 Largo Plazo    Sobre Tasa

Para calcular el costo de capital necesitamos calcular la prima de riesgo:

Prima Riesgo = Promedio Aritmético (Rendimientos Acciones Comunes S&P500

(1926-1987)- Rendimiento de los Bonos Gubernamentales a Largo Plazo (1926-1987)

Prima de Riesgo =  $12.01\% - 4.58\% = 7.43\%$ , que también lo podemos observar en la anexo 5.

$$(R_M - R_f) = [12.01 - 4.58] = 7.43$$

$\downarrow$                        $\downarrow$                        $\downarrow$   
 anexo 4            anexo 5

Con los datos obtenidos tenemos que:

$$r_{capital} = 8.95 + \beta(12.01 - 4.58) \Rightarrow r_{capital} = 8.95 + \beta(7.43), \text{ ahora nuestro problema es el cálculo de la beta.}$$

De la tabla 3 tomaremos los datos de las Compañías del mismo ramo, que son: "Hilton Hotels Corporation", "Holiday Corporation", "La Quinta Motor Inns", "Ramada Inns".

**Tabla 3**

HOTELES	Beta Apalancada $\beta_L$	Apalancamiento de mercado D/D+E	Beta no Apalancada $\beta_U$	Beta Apalancada al 42% $\beta_L$	D/E
Hilton Hotels Corporation	0.88	0.14	0.806	2.091	0.1628
Holiday Corporation	1.46	0.79	0.47	1.219	3.7619
La Quinta Motor Inns	0.38	0.69	0.169	0.438	2.2258
Ramada Inns	0.95	0.65	0.466	1.209	1.8571

Procederemos a desapalancar las betas y después a apalancarla al nivel requerido de deuda.

**Hilton Hotels Corporation:**

$$\frac{D}{D+E} = 0.14 \Rightarrow \frac{D}{E} = \frac{0.14}{1-0.14} = 0.1628$$

$$\beta_L = \beta_U \left[ 1 + \frac{D}{E} (1 - T_c) \right]$$

$$0.88 = \beta_U [1 + 0.1628 (1 - 0.44)]$$

$$\beta_U = \frac{0.88}{[1 + 0.1628 (1 - 0.44)]} \therefore \beta_U = 0.806$$

El nuevo valor de beta (con 74% deuda) es

$$\frac{D}{D+E} = 0.74 \Rightarrow \frac{D}{E} = \frac{0.74}{1-0.74} = 2.846$$

$$\beta_L = 0.806 [1 + 2.846 (0.56)] = 2.091$$

**Holiday Corporation**

$$\frac{D}{D+E} = 0.79 \Rightarrow \frac{D}{E} = \frac{0.79}{1-0.79} = 3.7619$$

$$1.46 = \beta_U [1 + 3.7619 (0.56)]$$

$$\therefore \beta_U = 0.47$$

El nuevo valor de beta (con 74% deuda) es

$$\frac{D}{D+E} = 0.74 \Rightarrow \frac{D}{E} = \frac{0.74}{1-0.74} = 2.846$$

$$\beta_L = 0.47 [1 + 2.846 (0.56)] = 1.219$$

### La Quinta Motor Inns

$$\frac{D}{D+E} = 0.69 \Rightarrow \frac{D}{E} = \frac{0.69}{1 - 0.69} = 2.2258$$

$$0.38 = \beta_U [1 + 2.2258 (0.56)]$$

$$\therefore \beta_U = 0.169$$

El nuevo valor de beta (con 74% deuda) es

$$\frac{D}{D+E} = 0.74 \Rightarrow \frac{D}{E} = \frac{0.74}{1 - 0.74} = 2.846$$

$$\beta_L = 0.169 [1 + 2.846 (0.56)] = 0.438$$

### Ramada Inns

$$\frac{D}{D+E} = 0.65 \Rightarrow \frac{D}{E} = \frac{0.65}{1 - 0.65} = 1.8571$$

$$0.95 = \beta_U [1 + 1.8571 (0.56)]$$

$$\therefore \beta_U = 0.466$$

El nuevo valor de beta (con 74% deuda) es

$$\frac{D}{D+E} = 0.74 \Rightarrow \frac{D}{E} = \frac{0.74}{1 - 0.74} = 2.846$$

$$\beta_L = 0.466 [1 + 2.846 (0.56)] = 1.209$$

El promedio de las betas es:

$$\Sigma \beta_L / 4 = 2.091 + 1.219 + 0.438 + 1.209 = 4.957 / 4$$

$$\therefore \beta_L = 1.239$$

Por tanto el rendimiento del capital contable es:

$$r_{\text{capital}} = R_f + \beta[\text{Prima de riesgo}] = 8.95 + 1.239(7.43) = 18.16$$

Ahora que contamos con todos los datos necesarios podemos determinar el Costo Ponderado de Capital de Marriott de su división Hotelera:

$$\text{CPC} = 0.74(10.05)(0.56) + 0.26(18.16) = 8.8863\%$$

### Costo Ponderado de Capital de Marriot en su división Restaurantera:

De la tabla A sabemos que el porcentaje de deuda en la estructura de capital es del 42%, por lo tanto el porcentaje de capital es del 58%, esto es

$$\frac{D}{D+E} = 0.42 \rightarrow \frac{E}{D+E} = 0.58$$

También conocemos que la tasa de impuestos corporativos es del 44% es decir (ver anexo 1)

$$T_C = 0.44 \Rightarrow (1 - T_C) = 1 - 0.44 = 0.56$$

Ahora calculemos el costo de la deuda. Primero identificaremos nuestra tasa libre de riesgo  $R_F$ , en la tabla B nos muestran los rendimientos de los bonos gubernamentales, de la cual utilizaremos los que tienen un periodo de vencimiento a 10 años, con una tasa del 8.72%, más la prima o sobretasa que paga Marriot en su división restaurantera, que es de 1.8. El costo de la deuda es  $8.72 + 1.8 = 10.52\%$ .

Por la tabla B

$$r_{deuda} = 8.72\% + 1.8\% = 10.52$$

↓                    ↓

Mediano Plazo    Sobre Tasa

Para calcular el costo de capital necesitamos calcular la prima de riesgo:

Prima Riesgo = Promedio Aritmético (Rendimientos Acciones Comunes S&P500 (1926-1987) - Rendimiento de los T-Bills (1926-1987))

Prima de Riesgo =  $12.01\% - 3.54\% = 8.47$ , que también lo podemos observar en la anexo 5.

$$(R_M - R_F) = [12.01 - 3.54] = 8.47$$

↓            ↓            ↓  
anexo 4    anexo 5

Con los datos obtenidos tenemos que:

$r_{capital} = 8.72 + \beta(12.01 - 3.54) \Rightarrow r_{capital} = 8.72 + \beta(8.47)$ , ahora nuestro problema es el cálculo de la beta.

De la tabla 3 tomaremos los datos de las Compañías del mismo ramo, que son: "Church's Fried Chicken", "Collins Food International", "Frisch 's Restaurants", "McDonald's" y "Wendy's International".

Tabla 4

RESTAURANTES	Beta Apalancada $\beta_L$	Apalancamiento de mercado $D/D+E$	Beta no Apalancada $\beta_U$	Beta Apalancada al 74% $\beta_L$	D/E
Church's Fried Chicken	0.75	0.04	0.733	1.03	0.042
Collins Food International	0.6	0.1	0.565	0.794	0.111
Frisch's Restaurants	0.13	0.06	0.126	0.177	0.0638
McDonald's	1	0.23	0.857	1.205	0.2987
Wendy's International	1.08	0.21	0.94	1.321	0.2658

Procederemos a desapalancar las betas y después a apalancarias al nivel requerido de deuda.

Church's Fried Chicken

$$\frac{D}{D+E} = 0.04 \Rightarrow \frac{D}{E} = \frac{0.04}{1 - 0.04} = 0.042$$

$$\beta_L = \beta_U \left[ 1 + \frac{D}{E} (1 - T_c) \right]$$

$$0.75 = \beta_U [1 + 0.042 (1 - 0.44)]$$

$$\beta_U = \frac{0.75}{[1 + 0.042 (1 - 0.44)]} \therefore \beta_U = 0.733$$

El nuevo valor de beta (con 42% deuda) es

$$\frac{D}{D+E} = 0.42 \Rightarrow \frac{D}{E} = \frac{0.42}{1 - 0.42} = 0.724$$

$$\beta_L = 0.733 [1 + 0.724 (0.56)] = 1.03$$

### Collins Food International

$$\frac{D}{D+E} = 0.1 \Rightarrow \frac{D}{E} = \frac{0.1}{1-0.1} = 0.111$$

$$0.6 = \beta_U [1 + 0.111 (0.56)]$$

$$\therefore \beta_U = 0.565$$

El nuevo valor de beta (con 42% deuda) es

$$\frac{D}{D+E} = 0.42 \Rightarrow \frac{D}{E} = \frac{0.42}{1-0.42} = 0.724$$

$$\beta_L = 0.565 [1 + 0.724 (0.56)] = 0.794$$

### Frisch 's Restaurants

$$\frac{D}{D+E} = 0.06 \Rightarrow \frac{D}{E} = \frac{0.06}{1-0.06} = 0.0638$$

$$0.13 = \beta_U [1 + 0.0638 (0.56)]$$

$$\therefore \beta_U = 0.126$$

El nuevo valor de beta (con 42% deuda) es

$$\frac{D}{D+E} = 0.42 \Rightarrow \frac{D}{E} = \frac{0.42}{1-0.42} = 0.724$$

$$\beta_L = 0.126 [1 + 0.724(0.56)] = 0.177$$

### McDonald's

$$\frac{D}{D+E} = 0.23 \Rightarrow \frac{D}{E} = \frac{0.23}{1-0.23} = 0.2987$$

$$1 = \beta_U [1 + 0.2987 (0.56)]$$

$$\therefore \beta_U = 0.857$$

El nuevo valor de beta (con 42% deuda) es

$$\frac{D}{D+E} = 0.42 \Rightarrow \frac{D}{E} = \frac{0.42}{1-0.42} = 0.724$$

$$\beta_L = 0.857 [1 + 0.724 (0.56)] = 1.205$$

Wendy's International

$$\frac{D}{D+E} = 0.21 \Rightarrow \frac{D}{E} = \frac{0.21}{1-0.21} = 0.2658$$

$$1.08 = \beta_U [1 + 0.2658(0.56)]$$

$$\therefore \beta_U = 0.94$$

El nuevo valor de beta (con 42% deuda) es

$$\frac{D}{D+E} = 0.42 \Rightarrow \frac{D}{E} = \frac{0.42}{1-0.42} = 0.724$$

$$\beta_L = 0.94 [1 + 0.724(0.56)] = 1.321$$

El promedio de las betas es:

$$\Sigma \beta_L / 5 = 1.03 + 0.794 + 0.177 + 1.205 + 1.321 = 4.527/5$$

$$\therefore \beta_L = 0.905$$

Por tanto el rendimiento del capital contable es:

$$r_{\text{capital}} = R_F + \beta[\text{Prima de riesgo}] = 8.72 + 0.905(8.47) = 16.39$$

Ahora que contamos con todos los datos necesarios podemos determinar el Costo Ponderado de Capital de Marriott de su división Restaurantera:

$$\text{CPC} = 0.42(10.52)(0.56) + 0.58(16.39) = 11.98\%$$

El Costo Ponderado de Capital de Marriott en su división Contratación de Servicios:

De la tabla A sabemos que el porcentaje de deuda en la estructura de capital es del 40%, por lo tanto el porcentaje de capital es del 60%, esto es

$$\frac{D}{D+E} = 0.40 \Rightarrow \frac{E}{D+E} = 0.60$$

También conocemos que la tasa de impuestos corporativos es del 44% es decir (ver tabla 1)

$$T_C = 0.44 \Rightarrow (1 - T_C) = 1 - 0.44 = 0.56$$

Para calcular el costo de la deuda debemos identificar la tasa libre de riesgo  $R_F$ , en la tabla B nos muestran los rendimientos de los bonos gubernamentales, de la cual utilizaremos los que tienen un periodo de vencimiento a 10 años, con una tasa del 8.72%, más la prima o sobretasa que paga Marriot en su división contratación de servicios, que es de 1.4. El costo de la deuda es  $8.72 + 1.4 = 10.12\%$ .

Por la tabla B

$$r_{deuda} = 8.72\% + 1.4\% = 10.12$$

$\downarrow$                        $\downarrow$   
 Mediano Plazo    Sobre Tasa

Para calcular el costo de capital necesitamos calcular la prima de riesgo:

Prima Riesgo = Promedio Aritmético (Rendimientos Acciones Comunes S&P500 (1926-1987)- Rendimiento de los T-Bills (1926-1987)

Prima de Riesgo =  $12.01\% - 3.54\% = 8.47$ , que también lo podemos observar en la anexo 5.

$$(R_M - R_F) = [12.01 - 3.54] = 8.47$$

$\downarrow$              $\downarrow$              $\downarrow$   
 anexo 4    anexo 5

Con los datos obtenidos tenemos que:

$$r_{capital} = 8.72 + \beta(12.01 - 3.54) \Rightarrow r_{capital} = 8.72 + \beta(8.47), \text{ ahora nuestro problema es el cálculo de la beta.}$$

Como no tenemos información de Empresas del ramo de servicios el valor de la beta no apalancada la obtendremos de la siguiente relación:

$$\beta_{marriot} = \alpha_H \beta_H + \alpha_R \beta_R + \alpha_S \beta_S$$

de donde  $\alpha_H$  es la fracción de activos de Marriot que corresponde a la división de Hoteles y  $\beta_H$  es su correspondiente Beta. Los valores restantes están asociados a las divisiones de restaurantes y servicios. Las fracciones se calcularon de los datos de activos identificables de cada división, por lo tanto:

$$\beta_u = 0.698 = \frac{(2,777.4)}{4582.7} 0.478 + \frac{(567.6)}{4582.7} 0.644 + \frac{(1,237.7)}{4582.7} \beta_S$$

$$\beta_u = 0.698 = 0.289384685 + 0.079763981 + 0.270080956 \beta_S$$

$$\therefore \beta_S = 1.2176$$

Y la beta apalancada es:

$$\beta_L = \beta_U \left[ 1 + \frac{D}{E} (1 - T_c) \right]$$

$$1.2176 \left( 1 + \frac{0.4}{0.6} (0.56) \right) = 1.67217$$

Por tanto el rendimiento del capital contable es:

$$r_{\text{capital}} = R_F + \beta[\text{Prima de riesgo}] = 8.72 + 1.67217(8.47) = 22.88$$

Ahora que contamos con todos los datos necesarios podemos determinar el **Costo Ponderado de Capital de Marriot de su división Contratación de Servicios:**

$$\text{CPC} = 0.4(10.12)(0.56) + 0.6(22.88) = 15.99\%$$

Finalmente en la siguiente tabla daremos un resumen de los resultados obtenidos:

**Tabla 5**

DIVISIONES	% de deuda	$\beta_U$	$\beta^L$	Costo de Deuda	$r_{\text{capital}}$	CPC
MARRIOT	60	0.698	1.2848	10.25	18.496	10.8424
HOTELERA	74	0.478	1.239	10.05	18.16	8.8863
RESTAURANTES	42	0.644	0.905	10.52	16.39	11.98
SERVICIOS	40	1.2176	1.672	10.12	22.88	15.99

## 6.- CONCLUSIONES

El riesgo se evalúa mejor en un contexto de portafolio. La mayor parte de los inversionistas no se la juegan a una sola carta: diversifican. De esta manera el riesgo efectivo de cada título no puede juzgarse analizando cada título por separado. Parte de la incertidumbre acerca del rendimiento de los títulos es siempre diversificada cuando se agrupan los títulos con otros en un portafolio.

La mayor parte de las acciones individuales tienen desviaciones estándar altas, pero buena parte de su variabilidad corresponde al riesgo único que puede eliminarse a través de la diversificación. La diversificación no puede eliminar el riesgo de mercado. Los Portafolios diversificados están expuestos a las variaciones del nivel general del mercado.

Los inversionistas que se encuentren limitados a tener acciones comunes deberían elegir un portafolio eficiente acorde con su actitud hacia el riesgo. Pero los inversionistas que puedan endeudarse y prestar al tipo de interés libre de riesgo deberían elegir el mejor portafolio de acciones comunes independientemente de su actitud frente al riesgo. Hecho esto, determinarían luego el riesgo de su portafolio decidiendo qué proporción de su dinero están dispuestos a invertir en acciones. Para un inversionista que tenga las mismas oportunidades y la misma información que todos los demás, el mejor portafolio de acciones coincidirá con el mejor portafolio de acciones para los otros inversionistas. En otras palabras, el inversionista debería adquirir una combinación del portafolio de mercado y la deuda libre de riesgo.

Si un portafolio es eficiente, existirá una relación lineal directa entre el rendimiento esperado de cada acción y su contribución marginal al riesgo del portafolio. De modo que si el portafolio de mercado es eficiente habrá una relación lineal directa entre el rendimiento esperado y la beta de cada acción. Esta es la idea fundamental del modelo para la valoración de activos de capital (CAPM), el cual dice que cada prima por riesgo esperado del título incrementa en proporción a su beta:

Prima de Riesgo Esperado = (Beta) (Prima por Riesgo del Mercado)

$$R_E = \beta(R_M - R_F)$$

Por otra parte vimos que el Costo Ponderado de Capital es una forma de estimar el costo de capital de la empresa, e incorpora a la vez un ajuste por los impuestos que la empresa se ahorra a medida que se endeuda. Estos impuestos son importantes porque los pagos realizados por intereses se deducen del cálculo de la renta antes de impuestos.

Lo que no debemos olvidar es que el Costo Ponderado de Capital es la tasa de rendimiento que la empresa debe esperar obtener de sus inversiones medias de

riesgo para proporcionar un rendimiento justo esperado a todos los poseedores de sus títulos, y utilizarlo para valorar nuevos títulos que tienen el mismo riesgo que los antiguos y soportan la misma razón de endeudamiento. Estrictamente hablando, el Costo Ponderado de Capital es una tasa de descuento apropiada sólo para proyectos que sean igual a los negocios existentes de la empresa.

Por otra parte cuando una empresa está totalmente financiada con capitales propios, es decir que no tiene deuda en su estructura de capital, la prima de riesgo de la acción es únicamente la prima de riesgo del negocio. La beta de la acción por lo tanto representa el riesgo sistemático relacionado con las operaciones de la empresa. Sin apalancamiento financiero, esta beta es la beta desapalancada de la acción. Esta beta desapalancada es la beta que la acción tendría si la empresa no tuviera deuda en su estructura de capital.

La presencia de deuda en la estructura de capital de una empresa implica riesgo adicional. El riesgo sistemático inherente de las operaciones de la empresa aumenta con el apalancamiento financiero. Con el apalancamiento financiero, la beta de la acción de una empresa representa el riesgo del negocio y el riesgo financiero. Si usamos una beta apalancada en el CAPM, la SML mide tanto la prima de riesgo del negocio como la prima de riesgo financiero en el periodo para el que fue calculada.

El CAPM facilita el estudio del impacto del apalancamiento financiero en los rendimientos esperados. Por lo tanto tiene una aplicación importante en las finanzas corporativas. El costo de capital de una empresa,  $K_E$ , es el rendimiento esperado (o requerido) en la acción de una empresa. Si la empresa no puede esperar ganar por lo menos  $K_E$  en la parte financiada con capital contable de sus inversiones, los flujos de efectivo deben regresarse a los accionistas, quienes pueden ganar  $K_E$  en otros títulos con el mismo nivel de riesgo en el mercado financiero. El CAPM puede ser utilizado por los gerentes financieros para estimar  $K_E$  y observar el impacto del apalancamiento financiero en  $K_E$ .

La estructura de capital que maximiza el valor de la empresa es la mejor para los accionistas. Modigliani y Miller (M&M) en su proposición I (sin impuestos), tienen el argumento convincente de que una empresa no puede cambiar el valor total de sus títulos en circulación mediante el cambio de proporciones de su estructura de capital. En otras palabras, el valor de la empresa siempre es el mismo con las diferentes estructuras de capital. Es decir, ninguna estructura de capital es mejor o peor que otra para los accionistas de la empresa.

La proposición II de M&M sin impuestos establece una relación positiva entre el rendimiento esperado del capital y el apalancamiento. Este resultado ocurre porque el riesgo del capital se incrementa con el apalancamiento. Se aplica la misma intuición en un mundo de impuestos corporativos.

## 7.- BIBLIOGRAFÍA

- Aggarwal Raj, *Capital Budgeting Under Uncertainty*, Prentice Hall, 1993.
- Coss Bu Raúl, "Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión", Noriega - Limusa (1991)
- Dimitris N. Chorafas, *The new Technology of Financial Management*, Ed. Willey 1992.
- Dimitris N. Chorafas, Heinrich Steinmann, *Expert System in Banking*, Ed. New York University Press, 1994.
- Elton E & Gruber M., *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis*, Ed. Willey, 1992
- Guajardo Cantú Gerardo, *Contabilidad Financiera*, MacGraw-Hill 2a. Edición
- Harrington Diana R., *Corporate Financial Analysis, Decisions in a global Environment*, Fourth Edition. Irwin
- Mier Statman, "How many stocks make a diversified portfolio", *Journal of Financial and Quantitative Analysis*. (September 1987).
- Moreno Bonett Alberto, *Análisis de Inversiones Modelos y aplicaciones*, División de estudios de posgrado de la Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Nuñez Estrada Rogelio, *Mercado de Dinero y Capitales*, Ed. Pac 1992.
- Ortega Ochoa, Rosa María, Villegas Hernández, Eduardo. *Análisis Financiero*, Ed. Pac, S. A. de C. V.
- Ross, Stephen A. Westerfield, Randolph W. Jaffe, Jeffrey F. "Corporate Finance". Second Edition. International Student Edition. Irwin 1990.
- Ross Westerfield Jordan, *Fundamentals of Corporate Finance*, Editorial Irwin. Third Edition
- Ross Westerfield Jordan, *Essentials of Corporate Finance*, Editorial Irwin Third Edition
- Timothy Heyman, *Inversión contra la inflación*, Ed. Milenio, 1992.

- Thomas E. Copeland, *Financial Theory and Corporate Policy*, Ed. Addison Wesley, 1988.
- W. Smithson Charles, Clifford W. Smith Jr, *Managing Financial Risk. A guide to derivative Products, Financial Engineering, and value maximization*.
- Weston J. Fred, Thomas E. Copeland, *Finanzas en Administración*, Mc Graw Hill, Novena Edición.