



FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES,
UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS

E-4

VALORACIÓN DE ACTIVOS, CON ENFOQUE SOBRE CAPM Y APT

Autor: Filip Czerwinski
Director: Rafael Rodríguez

Madrid
2014



Índice

Índice de gráficos y tablas	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
1. Introducción	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Objetivos	1
1.3. Metodología	2
2. Teoría moderna de carteras (<i>ingle. Modern Portfolio Theory</i>)	3
2.1. Teoría moderna del portafolio (MPT)	4
2.2. Modelo diagonal de Sharpe	9
2.3. Capital Market Line	12
3. Capital Asset Pricing Model	15
3.1. Security Market Line	17
3.2. El coeficiente beta (β)	18
3.3. Dual Beta	21
3.4. Beta apalancada	22
3.5. Crítica del CAPM	24
4. Teoría de Arbitraje (<i>ingle. The Arbitrage Pricing Theory</i>)	26
4.1. Los factores relevantes	28
4.2. Las críticas del APT	30
5. La relación entre el CAPM y el APT	31
6. Alternativas	33
6.1. Black-Litterman model	33
6.2. Modelo tres factorial de Fama-French	34
6.3. Post-modern Portfolio Theory (PMPT)	35
6.4. Otros Modelos	36
7. Conclusión	37
Bibliografía	i
Anexo	VI
Anexo 1. Rentabilidad	VI
Anexo 2. Riesgo	VI
Anexo 3. Mercado Eficiente	VI
Anexo 4. Racionalidad de inversores	VI
Anexo 5. Caso	VII

Índice de gráficos y tablas

Gráfico 1: La frontera eficiente.....	6
Gráfico 2: Evolución del riesgo (Y) en relación al número de activos (X).....	11
Gráfico 3: Frontera Eficiente.....	12
Gráfico 4: Capital Market Line.....	13
Gráfico 5: Security Market Line.....	17
Tabla 1: comparación entre autores.....	29
Tabla 2: Caso MPT.....	VIII
Tabla 3: Caso Diagonal de Sharpe.....	IX

Todos los gráficos y tablas son de elaboración propia con el programa Excel o GeoGebra.

Resumen

El objetivo de este trabajo fin de grado es debatir los métodos y teorías de valoración de activos desde el punto de vista de un inversor en la creación de su portfolio. El trabajo está enfocado hacia las dos perspectivas más importantes del mundo financiero: el "*Capital Asset Pricing Model (CAPM)*" y "*Arbitrage Pricing Theory (APT)*".

El CAPM intenta explicar la relación teórica entre riesgo y rendimiento y cómo un inversor puede maximizar el rendimiento y minimizar el riesgo de un activo añadido en un portfolio bien diversificado. Indica la importancia de una de las bases en la creación de un portfolio: la reducción del riesgo a través de la diversificación.

El APT por otro lado, contrasta activos individuales con un portfolio observando variables macroeconómicas como la inflación, crecimiento, etc. para poder encontrar el valor "real" de los activos y determinar si están infra- o sobrevalorados. Este método está muy relacionado con el campo de la econometría.

El trabajo explica también las partes teóricas y sus dinámicas, como el coeficiente Beta o la "*Capital Market Line (CML)*" y la "*Security Market Line (SML)*".

El informe identifica además los modelos y teorías básicas más importantes e influyentes que han conducido al desarrollo del CAPM. Al principio del trabajo se explican y evalúan sus suposiciones. A continuación, se examinarán en profundidad el CAPM y el APT, explicando sus supuestos en detalle, analizando y criticando sus fortalezas, debilidades y evalúa la utilidad en el mundo real. Para finalizar, el trabajo concluye con la explicación de alternativas para las debilidades y un breve resumen de los resultados.

Palabras claves: Capital Asset Pricing Model, Arbitrage Pricing Theory, Valuation, Modern Portfolio Theory, Beta,

Abstract

The main objective of this paper is to debate the methods and theories of asset valuation from the investor's point of view when creating a portfolio. The focus lies on the two most important models in the area of portfolio management:

The Capital Asset Pricing Model (CAPM) and the Arbitrage Pricing Theory (APT).

The CAPM attempts to explain the theoretical relationship between risk and returns and how an investor can maximize the returns and minimize the risk when adding an asset to a well-diversified portfolio. The paper also points out the importance of a fundamental strategy in portfolio management: risk reduction through effective diversification.

This work will explain the theory and discuss the dynamics behind the models, such as the beta coefficient, the Capital Market Line (CML) or the Security Market Line (SML).

In addition this dissertation points out and explains the most important and influential models and theories that have led to the development of the CAPM. These are discussed at the beginning of the paper. Then the CAPM and APT are analyzed in depth with their assumptions, strengths, weaknesses, criticism as well as their utility in practice. The paper finishes with the proposal and discussion of alternative models that overcome the limitations of the CAPM and APT and concludes with a summary of the findings.

Keywords: Capital Asset Pricing Model, Arbitrage Pricing Theory, Valuation, Modern Portfolio Theory, Beta

1. Introducción

1.1. Planteamiento del problema

Cuando una persona tiene una cantidad de dinero para invertir, siempre se encuentra con el mismo problema: ¿Cómo distribuir la inversión entre diferentes alternativas de activos y con qué ponderación para recibir la rentabilidad máxima y al mismo tiempo minimizar el riesgo? Éste es un problema universal, ante el que se encuentran no sólo inversores individuales, sino también los inversores institucionales.

1.2. Objetivos

El enfoque de la investigación en el área de las finanzas corporativas, es la parte de la teoría moderna del portafolio que trata justo de este problema e intenta solucionar tal dilema de la mejor manera posible. Es un campo de investigación que se ocupa en primer lugar de la inversión diversificada en varios activos específicos, con el fin de maximizar el retorno y al mismo tiempo minimizar el riesgo relativo y el hallazgo de activos infra- o sobrevalorados para la compraventa. Existe una relación positiva entre riesgo y retorno pero con ayuda de las técnicas de campo, se intenta encontrar el óptimo - mínimo riesgo o máximo retorno, dependiendo del factor al que se orienta. El informe explica las bases para la creación de una cartera usando el CAPM o APT y muestra tanto los riesgos como las debilidades de ambos modelos, que siempre se deben tener en cuenta. El concepto de rentabilidad y rendimiento están definidos en el Anexo 1. y Anexo 2. (Reilly & Brown, 2012)

La primera parte del trabajo trata de los modelos anteriores y de los conceptos fundamentales de los cuales ha surgido el CAPM. Este apartado incluye las definiciones y explicaciones de los conceptos básicos, como por ejemplo, "Capital Market Line (CML)", "Security Market Line (SML)" o la "frontera eficiente", para después facilitar la comprensión del modelo CAPM en profundidad.

La segunda parte estudia los dos modelos CAPM y APT en detalle, explicando sus teorías, su base, hipótesis, un análisis de las fortalezas y debilidades y sus críticas. Además, analiza su utilidad en la práctica. Al final del trabajo se proponen modelos alternativos y se concluye con un breve resumen de los resultados clave y preguntas todavía abiertas.

1.3. Metodología

La metodología utilizada en este Trabajo Fin de Grado es principalmente cualitativa y se basa en fuentes cualitativas y académicas, como libros y revistas académicas, al tratarse de fuentes fidedignas. Las fuentes académicas en la bibliografía, han sido utilizadas como base de este trabajo para poder entender y explicar el marco teórico de una manera profunda y para aportar diferentes perspectivas e informaciones complementarias.

La parte de la investigación que analiza la aplicación en la práctica, utiliza los resultados de estudios e informes mencionados en la bibliografía.

El campo de investigación es el de finanzas corporativas, más concretamente lo relativa a la valoración de activos. Es difícil de utilizar fuentes de información cuantitativa de una manera útil sin realizar un análisis profundo que iría más allá del ámbito de este trabajo, por esta razón, todo el trabajo tiene un carácter principalmente cualitativo.

2. Teoría moderna de carteras (*ingle. Modern Portfolio Theory*)

La moderna teoría de carteras es un campo de investigación bastante joven que fue fundado en 1959 por Harry Markowitz con su libro "Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments" y la teoría moderna de portafolio. Partiendo de su trabajo Sharpe (1964), desarrolló el modelo diagonal de Sharpe y posteriormente una nueva teoría muy importante llamada el "Capital Asset Pricing Model", que explica la relación directa entre el riesgo sistemático y el rendimiento esperado de un activo. La idea se basa en crear un portafolio observando el cambio relativo (correlación) entre los precios de los activos y el mercado, en lugar de tratar cada activo individualmente. Estas dos teorías han sido tan importantes, que Sharpe y Markowitz (y Merton Miller, pero por otra teoría) recibieron el Premio Nobel de Economía en 1990. (Elton & Gruber, 1977; Markowitz, 1991)

El otro modelo fundamental, y probablemente el más utilizado en la práctica, es el Arbitrage Pricing Theory (APT) del economista Stephen Ross del año 1976. El APT, de la misma manera que el CAPM, es un modelo de equilibrio que permite determinar el rendimiento de un determinado activo considerando variables explicativas, como por ejemplo crecimiento, inflación, etc. (Van Horne, 2002)

Todos los modelos discutidos en el capítulo 2. están aplicados a un caso en el año 2013 con acciones de Telefónica, Repsol y del Banco Sabadell que cotizan en el mercado del IBEX 35. El caso se encuentra en el Anexo 5.

2. Teoría moderna de carteras

2.1. Teoría moderna del portafolio (MPT)

El fundamento para la teoría moderna del portafolio fue introducido por Harry M. Markowitz, un economista y profesor de finanzas en la University of California en el año 1952. En este año escribió el artículo "Portfolio Selection", que se publicó en The Journal of Finance. Debido a la brevedad del artículo y a la pequeña extensión del texto - 4 de las 11 páginas - no recibió mucha atención. Siete años después, en 1959, su libro "Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments" se publicó, elaborando la base de la teoría moderna del portafolio en profundidad, creando este nuevo campo. Este trabajo analiza por primera vez el riesgo, la rentabilidad de los activos y la correlación entre ellos, así como su efecto sobre el rendimiento del portafolio, revelando la importancia de la diversificación. Esta ha sido una aportación que posibilita la reducción del riesgo de una cartera de activos, gracias a la diversificación seleccionada, sin cambiar el rendimiento esperado. (Markowitz, 2009, 1959)

El modelo tiene los siguientes requisitos (Chamberlain, 1983; Reilly & Brown, 2012; Markowitz 2009):

- No hay ningún coste de transacción en el mercado, ni tampoco impuestos, ni inflación.
- Los inversores son precio-aceptantes y sus acciones no influyen en el precio de los activos.
- Los inversores consideran el rendimiento de cada inversión como una variable, que sigue una distribución de probabilidad normal para el periodo de referencia. Esta variable se puede calcular matemáticamente.
- Hay una relación positiva entre riesgo y rendimiento, por eso un inversor siempre exige un mayor rendimiento para compensar un mayor riesgo. Además los inversores son adversos al riesgo.
- Todos los inversores tienen la misma información y al mismo tiempo.
- Los inversores pueden comprar títulos de cualquier tamaño.
- Las correlaciones entre activos son siempre fijas y constantes.
- No hay endeudamiento.
- Los inversores estiman el riesgo de un activo basándose en la variabilidad (desviación típica o varianza) de los rendimientos esperados.

2. Teoría moderna de carteras

- Los inversores basan su decisión racionalmente sobre sólo dos variables: rendimientos esperados y riesgos. Siempre quieren minimizar el riesgo y maximizar su rendimiento. Por ejemplo, un inversor elegiría, entre dos títulos con el mismo rendimiento, aquel que tenga menor riesgo y entre dos títulos con el mismo riesgo, el que tenga mayor rendimiento.
- Los mercados son eficientes y por eso no hay activos infra- o sobrevalorados (definición en el Anexo 3.)

La solución propuesta por Markowitz al problema de cómo invertir su dinero entre activos diferentes utiliza la varianza, media y correlación de rentabilidades esperadas entre activos para la creación de la frontera eficiente que consiste en las carteras eficientes. Una cartera eficiente es aquella que genera el mayor rendimiento esperado, dado un riesgo o el riesgo mínimo, dado un rendimiento esperado. Markowitz utiliza tres factores para su análisis: riesgo, rendimiento esperado y correlación entre rendimientos. En la práctica se llega al valor de estas variables observando el comportamiento de un activo en el pasado durante un determinado horizonte temporal y calculándolo con métodos estadísticos. (Elton & Gruber, 1977; Markowitz, 1959)

Este horizonte temporal normalmente incluye datos de los últimos dos a cinco años. La representatividad será mayor con un periodo mayor, si no ha habido cambios importantes durante este periodo ni en las empresas (fusiones, reestructuraciones, etc.), ni en el entorno de la empresa (crisis, guerra, etc.). Cada uno de estos cambios tendrá un impacto sustancial sobre la cotización y por eso falsificará las estadísticas. (Reilly & Brown, 2012)

En primer lugar, el riesgo de un activo se deduce de la volatilidad de sus rendimientos utilizando herramientas estadísticas como la varianza o la desviación estándar. Éstas muestran el rango teórico de cómo dicho valor puede oscilar por encima o por debajo de la media. Aunque la desviación estándar se puede calcular fácilmente, su representatividad como medida es cuestionable, en particular desde la crisis financiera de 2008. La crisis ha causado una fuerte caída e inestabilidad en las bolsas (y la política monetaria expansiva de la EU y los E.E.U.U. subidas artificiales después del año 2011), que resultan en una volatilidad (y por eso riesgo) más alta si utilizamos las herramientas estadísticas. Aunque este aumento en volatilidad afecta todas las bolsas y por eso no necesariamente falsifica la comparación de acciones entre sí, resultará en una imagen distorsionada si queremos comparar los resultados con datos anteriores a la crisis.

2. Teoría moderna de carteras

En segundo lugar, el rendimiento esperado, que se deriva de la media de rendimientos de un activo.

El tercer factor trata de la correlación entre los activos, que mide cómo se comportan entre sí. En otras palabras, si uno sube y otro también, tiene una correlación positiva; por otro lado si uno sube y el otro cae, tienen una correlación negativa. La importancia de este factor está en la posibilidad de protegerse o por lo menos suavizar el efecto del movimiento sobre la cartera. (Elton & Gruber, 1997; Shipway, 2009; Schulmerich, 2012)

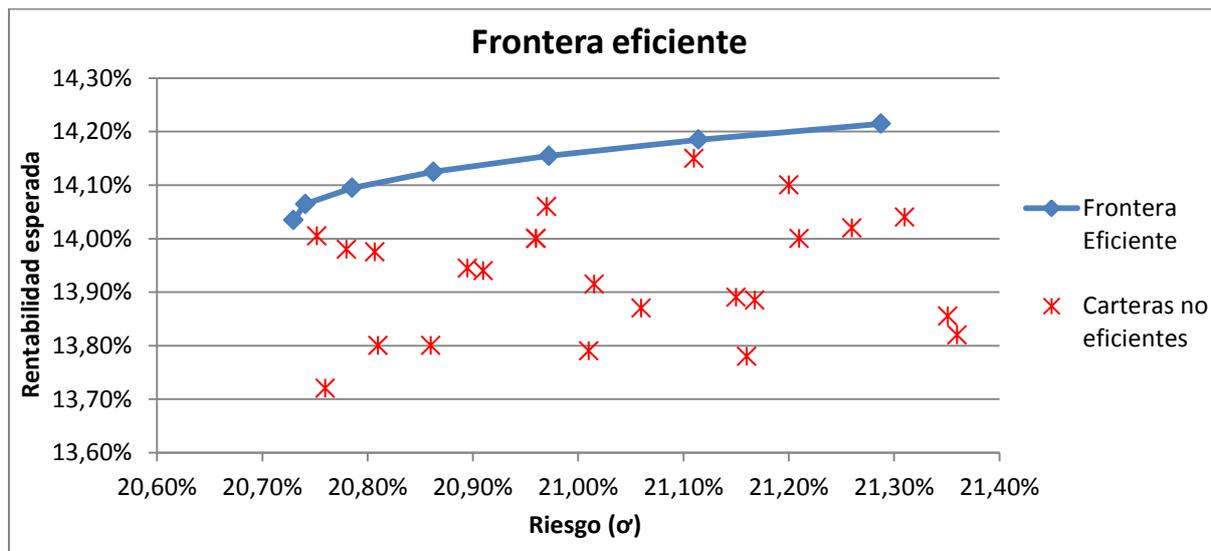


Gráfico 1: La Frontera Eficiente

El gráfico 1. representa la frontera eficiente. El eje X representa el riesgo, medido con la desviación típica. El eje Y muestra el rendimiento esperado, que es la media del pasado. La línea azul muestra la frontera eficiente y todas las carteras que se encuentran sobre ella son óptimas, mientras que todas las que están por debajo (puntos rojos) son sub-óptimas y no generan un rendimiento lo suficientemente alto como para compensar su riesgo. (Schulmerich, 2012; Reilly & Brown, 2012)

Cada inversor tiene preferencias diferentes en cuanto a riesgo o rendimiento, y su cartera(s) óptima(s) dependerá de su curva de utilidad. Esta curva puede tener formas diferentes, dependiendo de las expectativas de compensación por cada unidad adicional de riesgo. Por ejemplo, una persona adversa al riesgo va a esperar un rendimiento marginal mayor por cada unidad más de riesgo, mientras que una persona propensa al riesgo va a exigir un rendimiento marginal menor por cada unidad más de riesgo. Estas serán curvas de utilidad no lineal, pero podría haber una persona a la que le es indiferente y requiere una unidad más de rendimiento

2. Teoría moderna de carteras

por cada unidad más de riesgo, resultando en una línea con pendiente constante. La cartera óptima con una utilidad máxima para un inversor, se da en el punto de tangencia de su curva de utilidad con la frontera eficiente. (Elton & Gruber, 1997; Reilly & Brown, 2012)

La gran aportación de Markowitz arroja nueva luz sobre la creación de una cartera e intenta que los inversores no se centren sobre cada activo por separado y maximicen de esta manera los beneficios, sino que observen la cartera en su conjunto y cómo los activos están interrelacionados y sus precios se mueven conjuntamente. Esta teoría supuso la base para muchas otras que fueron desarrolladas en las décadas posteriores. Gracias a esta técnica, el inversor puede crear una cartera que maximiza el rendimiento esperado, con menos riesgo, que una cartera que considera cada activo por separado. (Elton & Gruber, 1997; Schipway, 2009)

Al tratarse de una teoría que simplifica mucho la realidad, hay muchas críticas y dudas de si sería aplicable en la práctica. Muchas de ellas vienen de los requisitos, como por ejemplo que en la vida real, hay costes de transacción, impuestos, no todos los inversores tienen toda la información ni al mismo tiempo, no pueden comprar títulos de cualquier tamaño, porque normalmente son de tamaño estandarizado y hay un número de contratos limitado... etc. (Elton & Gruber, 1997; Schulmerich, 2012)

Casi cada requisito y suposición pueden ser criticados en esta teoría, porque se trata de un modelo, de una simplificación de la realidad. Pero las críticas más relevantes son, por un lado, la representatividad de la desviación típica como manera de medir el riesgo, como ya se ha mencionado, especialmente en tiempos de crisis y con cambios coyunturales rápidos en un mundo globalizado con mercados financieros con alta sensibilidad.

Por otro lado, la inestabilidad de las fronteras eficientes, que cambian con los cambios de los tres factores, haciendo la determinación de la frontera eficiente representativa y estable en un tiempo casi imposible.

Otra cuestión muy discutida es la racionalidad de los inversores y la eficiencia de los mercados, porque ningún inversor compraría una cartera por debajo de la frontera eficiente, llegando a una caída en el precio de algunos títulos y finalmente un rendimiento equilibrado, creando un mercado equilibrado entre riesgo y rendimiento. Desde los años 90's existe un propio campo de investigación sobre la racionalidad y la psicología de los inversores llamado las finanzas de comportamiento. Existe evidencia empírica de que la suposición de la

2. Teoría moderna de carteras

racionalidad de los inversores es muy limitada, porque existen sesgos de la percepción del riesgo que influyen fuertemente nuestra toma de decisiones. Tversky & Kahneman (1981) han mostrado, que las personas toman las decisiones individuales por separado de una manera bastante racional, pero todas en su conjunto no óptimas. (elaborado en profundidad en Anexo 4.)

La teoría moderna de carteras es una teoría que intenta ayudar a los inversores con su decisión en el momento de crear una cartera y debe ser una nueva corriente de pensamiento sobre el tema. Además, ha sido el primer modelo de su tipo y por eso puede ser mejorado, como veremos en los capítulos siguientes. (Schulmerich, 2012; Omisore, Yusuf & Christopher, 2012; Siddharth, 2003)

2.2. Modelo diagonal de Sharpe

William Sharpe, un economista americano y conocido de Markowitz, ha seguido con el desarrollo de la teoría moderna de carteras, llegando finalmente al Capital Asset Pricing Model. El primer paso durante esta evolución, ha sido la creación del modelo diagonal de Sharpe, que introduce por primera vez la distinción entre riesgo específico (o diversificable) y el riesgo sistemático (no diversificable). Además, ha descubierto que los títulos no sólo tienen una correlación entre sí, sino que una gran parte de esa correlación se deduce de un índice general, por ejemplo del índice de la bolsa en la cual dichas acciones relacionadas cotizan. (Sharpe, Alexander & Bailey, 1998)

Este nuevo descubrimiento se puede expresar de la siguiente manera en términos matemáticos: $R_i = a_i + b_i * I + \varepsilon_i$

La expresión significa, que el rendimiento de un activo (R_i) está compuesto por el rendimiento independiente del mercado (a_i); por el coeficiente regresivo (b_i) (que muestra la variación del rendimiento del activo (R_i) dependiendo de la variación del índice (I)) multiplicado por el rendimiento del índice general (I); y por la perturbación (variación) aleatoria de dicho activo por otros factores desconocidos (ε_i). Los valores de a_i y b_i se pueden calcular a través del método de regresión lineal por mínimos cuadrados utilizando los datos históricos. (Sharpe, 1963)

El riesgo del activo según el modelo de Sharpe es: $\sigma_i^2 = \sigma_{\varepsilon_i}^2 + b_i^2 * \sigma_I^2$ y consiste, al igual que los rendimientos esperados de dos partes:

- 1) El riesgo específico del título ($\sigma_{\varepsilon_i}^2$), que es el riesgo de la empresa, que sólo afecta a ella exclusivamente. Un ejemplo sería si una empresa pierde una patente o si una empresa de petróleo causa un derrame y tiene que pagar indemnización.
- 2) El riesgo sistemático (σ_I^2), que afecta los resultados de todo el mercado (todas acciones de la bolsa). Esto podría ser una crisis global, como la posterior a 2009, o la alteración en algunos factores macroeconómicos como los tipos de cambio o en los tipos de interés de un país.

El coeficiente regresivo (b_i^2) muestra la fuerza y el impacto del riesgo de la bolsa sobre el riesgo del activo. Este coeficiente tiene que ser positivo, al estar elevado al cuadrado. (Sharpe, 1963; Sharpe, Alexander & Bailey, 1998)

2. Teoría moderna de carteras

Aplicando las fórmulas de cada activo a nuestra cartera nos encontramos con las fórmulas:

$$E_p = \sum_{i=1}^n * x_i * a_i + E(I) * \sum_{i=1}^n * x_i * b_i = a_p + E(I) * b_p$$
$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n * x_i^2 * \sigma_{\varepsilon x}^2 + b_p^2 * \sigma_I^2$$

La parte del riesgo específico ($\sum_{i=1}^n * x_i^2 * \sigma_{\varepsilon x}^2$) puede casi eliminarse si se aumenta el número de activos lo suficientemente. Con un mayor número de activos diferentes, menor será el riesgo específico debido al x_i^2 , que disminuye el resultado final exponencialmente hacia cero. De esta manera la cartera se deja solo con el riesgo sistemático ($b_p^2 * \sigma_I^2$). (Sharpe, 1963; Sharpe, Alexander & Bailey, 1998)

Este modelo simplifica el modelo de Markowitz, porque elimina las correlaciones entre los activos y las sustituye con una correlación a un índice de referencia. De esta manera, se pueden simplificar los cálculos en una cartera con muchos activos diferentes. Con su teoría, Sharpe ha apuntado la existencia del riesgo de mercado, que forma parte de cada activo invertido. Con este modelo, Sharpe ha llegado a la conclusión de que el riesgo de cada inversión se puede subdividir en dos categorías (gráfico 2):

- El riesgo específico (o diversificable), que se puede disminuir y casi eliminar a través de la diversificación de activos. Cuanto mayor sea el número de activos diferentes, menor será el riesgo.
- El riesgo sistemático (o no diversificable), que no se puede disminuir con diversificación. Se trata del riesgo de mercado que afecta toda la cartera.

2. Teoría moderna de carteras

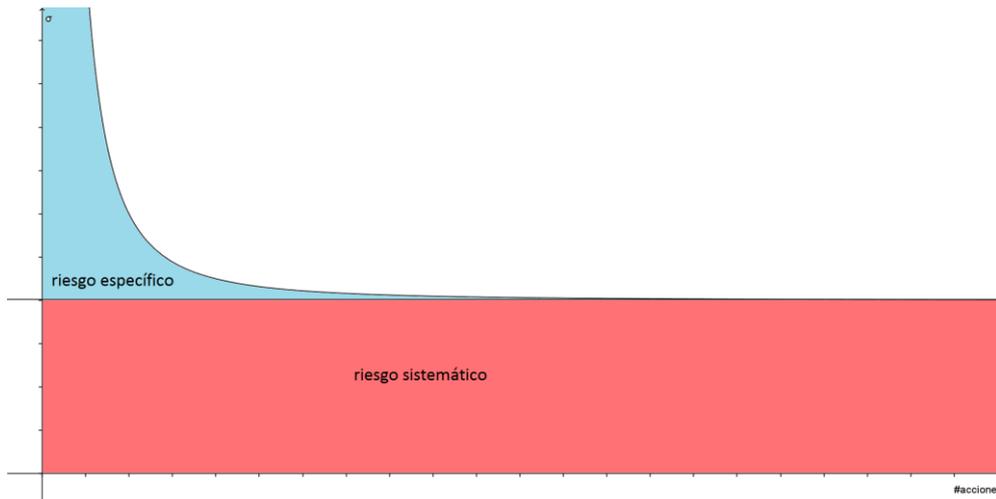


Gráfico 2: Evolución del riesgo (Y) en relación al número de activos (X)

La conclusión de su teoría es que un inversor, que no diversifica su cartera de una manera eficiente, asume un riesgo innecesariamente que no le aporta ninguna compensación. Por otro lado, un inversor puede reducir totalmente su riesgo específico con una diversificación eficiente y de esta manera llegar a altos rendimientos esperados, minimizando el riesgo. El factor crítico en el cálculo del número de activos necesarios para eliminar el riesgo específico es la correlación entre los activos, porque una menor correlación resulta en un mayor beneficio de la diversificación. Según Reilly & Brown (2012) la correlación entre acciones en los Estados Unidos es de 0,5-0,6. Con este supuesto es suficiente tener 20 diferentes acciones para llegar a una diversificación suficiente. La mayoría del beneficio (90%) de la diversificación viene de los activos entre 12-18 añadidos a la cartera. Otro estudio mencionado por Reilly & Brown (2012) concluye que si se añade costes de transacción, se necesita por mínimo 30 acciones para un inversor que toma prestado y 40 para un que concede el préstamo. Esta diferencia deriva del riesgo de insolvencia, un riesgo específico adicional que la persona que concede el préstamo está asumiendo.

El libro de Reilly & Brown (2012) recalca además que debido a la globalización durante las últimas décadas, el riesgo específico de empresas ha aumentado significativamente, que provoca que se necesita más activos para una diversificación eficiente. Según sus datos ya en los años 90's se necesitaba 50 acciones para tener la misma diversificación que en los años 60's con 20. (Sharpe, 1963; Sharpe, Alexander & Bailey, 1998; Reilly & Brown, 2012)

2. Teoría moderna de carteras

2.3. Capital Market Line

Hasta ahora la teoría de Markowitz y Sharpe ha considerado sólo la asignación del capital entre activos diferentes, ignorando la posibilidad de invertir el capital en activos sin riesgo. Tobin amplió y desarrolló la teoría, creando la "Capital Market Line" (CML). Ésta incluye la posibilidad de incluir activos sin riesgo, que proporcionan algún rendimiento, y también asume la posibilidad de endeudarse, resultando en una teoría más práctica y profunda que la de la frontera eficiente. (Lumby & Jones, 2011; Tobin, 1958)

Con la nueva suposición de poder invertir una parte en activos libres de riesgo, una cartera está parcialmente invertida en una cartera óptima de activos con riesgo (x) y el resto en activos sin riesgo ($1 - x$). El riesgo de la cartera total consiste en el riesgo de la parte invertida en activos con riesgo, porque del resto teóricamente se supone la ausencia de riesgo, por lo tanto nula volatilidad. Matemáticamente se puede resumir en:

$$E_p = x * E_a + (1 - x) * R_f \quad \text{y} \quad \sigma_p = x * \sigma_a$$

(Tobin, 1958; Reilly & Brown, 2012)

Con la introducción de la posibilidad de activos sin riesgo se crean nuevas posibilidades de carteras y de esta manera, un nuevo rango de carteras eficientes. Por ejemplo, si observamos

el gráfico 3, hay dos carteras X e Y, que se encuentran sobre la frontera eficiente. Según la teoría de Markowitz ambas serán óptimas, pero si añadimos la posibilidad de invertir una parte del dinero en activos sin riesgo, se da la posibilidad de crear carteras que están sobre la línea entre R_f -X y R_f -Y. Una cartera que consiste 100% en activos sin riesgo se encuentra en el punto R_f y una con 100% de activos con riesgo en el punto X o Y. Como podemos ver, existe la posibilidad de crear la cartera

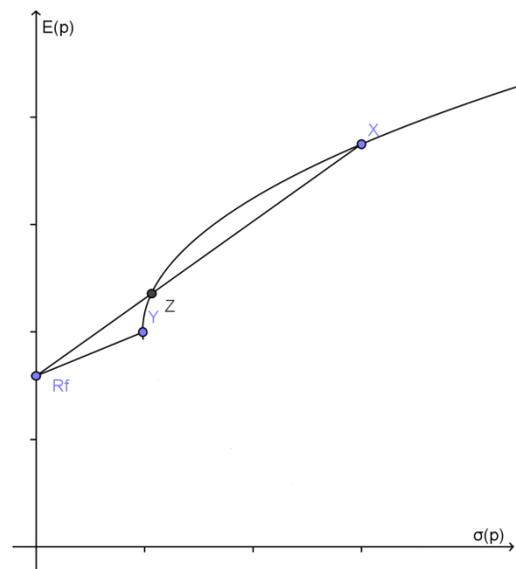


Gráfico 3: frontera eficiente

Z, que consiste en una parte invertida en X y la otra en activos sin riesgo, que tiene un mayor rendimiento que Y, pero el mismo riesgo, efectivamente comprobando que la cartera Y no es una cartera óptima. (Tobin, 1958; Reilly & Brown, 2012)

2. Teoría moderna de carteras

De esta observación podemos deducir, que cada combinación de R_f con una cartera sobre la frontera eficiente con mayor pendiente, será siempre más eficiente que las otras con una pendiente menor. Con esta observación se llega a la conclusión de que podemos llegar a una cartera óptima, que será aquella con la pendiente máxima, gráficamente mostrada en el punto de tangencia con la frontera eficiente. La pendiente muestra la relación entre la rentabilidad esperada y el riesgo, por eso un inversor siempre buscará la tangente con la pendiente máxima. Esta pendiente es también igual al Sharp ratio.¹ Las carteras sobre esta tangente se denominan carteras súper-eficientes. El punto de tangencia es llamada la cartera de mercado y la tangente de la rentabilidad sin riesgo y la frontera eficiente se domina la Capital Market Line (CML) y fue el siguiente paso en el desarrollo del Capital Asset Pricing Model. La cartera en del mercado (M) contiene todos activos con riesgo que negocian y por eso es tan diversificada, que el riesgo específico es eliminado. (Tobin, 1958; Reilly & Brown, 2012; Farrell, 1997)

En un mercado eficiente, todos los inversores serán conscientes, de que las carteras sobre esta tangente (combinaciones entre la cartera óptima y parte sin riesgo) son óptimas y por ello invertirán dinero según su utilidad personal y preferencia de riesgo. Desde un punto de vista teórico, la cartera súper-eficiente óptima para un inversor estará en el punto donde su curva de utilidad sea tangente con la CML. En la realidad es muy difícil estimar esta curva de utilidad al estar influida por muchos factores.

Los activos que, por cualquier razón, no están en esta cartera o no estén demandados en el mercado, se depreciarán y desaparecerán o perderán valor hasta que su rentabilidad esté en equilibrio.

La posibilidad de endeudarse siguiendo la teoría de

Tobin, crea la posibilidad de invertir en aún más carteras, precisamente todas ellas sobre la tangente detrás del punto de tangencia. Mientras más a la derecha se encuentra la cartera, mayor será el rendimiento esperado, pero también mayor será el riesgo. Todas carteras en frente del punto de tangencia están diversificadas con

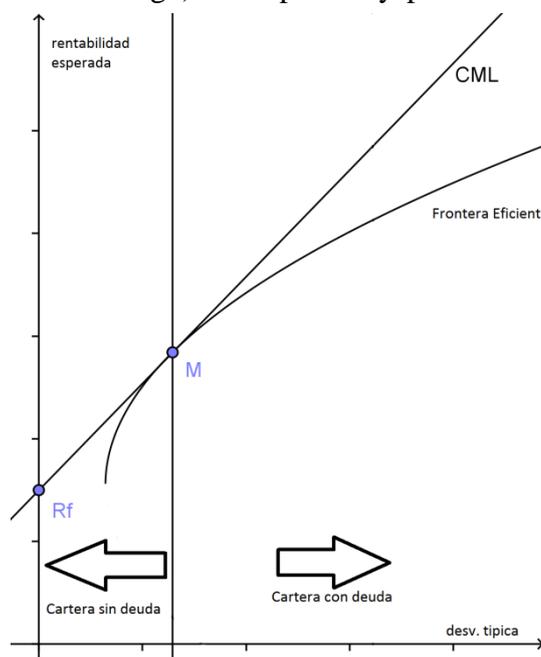


Gráfico 4: Capital Market Line

¹sharp ratio: ratio para medir un rendimiento ajustado por su riesgo. $Pendiente = \frac{Rentabilidad - Risk\ free}{Riesgo}$

2. Teoría moderna de carteras

activos sin riesgo, donde el inversor presta el dinero a una tasa sin riesgo. En esta teoría el riesgo y rendimiento son constante y linear, como lo vemos en el gráfico X (Tobin, 1958; Reilly & Brown, 2012; Farrell, 1997)

La rentabilidad de la cartera se puede calcular matemáticamente con la siguiente formula:

$$E_p = R_F + \sigma_p * \frac{E_M - R_F}{\sigma_M}$$

La fórmula consiste en dos partes: la parte sin Riesgo (R_F) y la parte del riesgo de la cartera (σ_p), multiplicado por la pendiente ($\frac{E_M - R_F}{\sigma_M}$). En otras palabras un inversor que invierte en una cartera recibirá una compensación de un parte por la prestación (sin riesgo), que será el rendimiento de activos sin riesgo y por otro lado una prima por el número de unidades de riesgo (σ_p). (Reilly & Brown, 2012)

Además Tobin ha creado con esta teoría el separation theorem, que separa dos decisiones que un inversor hace con esta teoría. Por un lado hace la decisión de invertir en la cartera M, que es la decisión de inversión, y por otro lado hace la decisión de financiación, en otras palabras, donde sobre la CML se será la cartera. A la izquierda del punto M, da un préstamo al tipo de interés R_f , mientras que a la derecha, toma un préstamo al tipo de interés R_f . (Reilly & Brown, 2012)

3. Capital Asset Pricing Model

El Capital Asset Pricing Model ha sido creado independientemente por cuatro personas diferentes - Jack Treynor, William Sharpe, John Linter y Jan Mossin - durante el periodo 1961 hasta 1966. Se trata de un desarrollo de la teoría moderna de Markowitz.

Hoy W. Sharpe está considerado como el fundador del CAPM y ha recibido el Premio Nobel con Markowitz y Miller por su contribución al campo de las finanzas en el año 1990. La razón viene de la relación cercana entre Markowitz y Sharpe, en la cual Markowitz fue el tutor extra-oficial para el trabajo de doctorado de Sharpe llamado “Portfolio Analysis Based on a Simplified Model of the Relationships Among Securities”, que consistió del modelo CAPM. (Chong, Jin & Phillips, 2013, Markowitz, 1991)

La ventaja de este modelo es su sencillez y funcionalidad en el mundo real. Es utilizado por muchas empresas y fondos para la determinación del coste del capital. Un gran beneficio es que puede ser utilizado para la evaluación de mercados diferentes. La desventaja es que el modelo asume un mercado eficiente y las presuposiciones de la parte 2.1. La única diferencia es que el CAPM asume la posibilidad de prestar dinero a un tipo de interés sin riesgo (endeudamiento). Además supone que todos los inversores tienen las mismas expectativas del riesgo y rendimiento de un activo y se basan sobre el mismo horizonte temporal de un año. El CAPM ha sido creado con la intención de explicar las diferencias entre diferentes activos que tienen que pagar diferentes primas de riesgo. La teoría amalgama las teorías hasta ese momento e intenta explicar la rentabilidad esperada en función del riesgo sistemático (o de mercado) para la valoración de un activo. La razón por la que utiliza el riesgo sistemático es porque el riesgo específico se puede eliminar o por lo menos reducir a través de diversificación, como se muestra en la parte 2.2. con la diagonal de Sharpe. Una encuesta de Graham & Harvey (2001) ha resultado en que 73,5% de los directivos encuestados utilizan el CAPM para la valoración del coste de capital. (Van Horne, 2002; McGrattan & Jagannathan, 1995, Graham & Harvey, 2001)

3. Capital Asset Pricing Model

La fórmula matemática de esta teoría es $E_A = R_F + \beta_A * (R_M - R_f)$. La fórmula explica la rentabilidad del activo (E_A) con la rentabilidad de un activo sin riesgo (R_F) y añade la prima de un determinado mercado ($R_M - R_f$) - que es la constante prima de rentabilidad por unidad más de riesgo - multiplicados por el coeficiente beta (β_A) del activo. El coeficiente beta será elaborado en detalle en el siguiente capítulo.

Todos los activos que están en equilibrio según el modelo se encuentran sobre la Security Market Line, que significa que la rentabilidad esperada corresponde al nivel del riesgo del activo. (Reilly & Brown, 2012)

3. Capital Asset Pricing Model

3.1. Security Market Line

El riesgo en los modelos anteriores ha sido medido con la desviación típica del rendimiento (pasado), que en una cartera óptima proporciona una relación lineal entre rentabilidad esperada y riesgo. Esta teoría no se cumple en todas las otras carteras, por no ser súper-eficientes.

Con el próximo desarrollo, la Security Market Line (SML), se puede representar el rendimiento esperado de un activo o una cartera en función de su riesgo sistemático, medido con la Beta. Es la representación gráfica del CAPM. Hay dos ventajas muy importantes que la SML tiene sobre la CML. La diferencia más importante entre la CML y SML, es que la CML mide el riesgo total con la desviación típica, que incluye todo el riesgo, mientras que la SML mide solo el riesgo sistemático, medido con la beta. Además la CML se puede utilizar solo con una cartera de mercado, que ya está completamente diversificada, mientras que la SML puede ser utilizada por un activo individual o una cartera con cualquier composición. (Van Horne, 2002; Reilly & Brown, 2012)

Todos los activos que se sitúan sobre la Security Market Line están en equilibrio. Una posición donde el rendimiento se sitúa debajo del rendimiento esperado, muestra una sobrevaloración; por otro lado, un rendimiento más alto significa una infravaloración. La infra- o sobrevaloración puede ser medida con la Alpha, que mide la rentabilidad excesiva sobre la rentabilidad esperada.

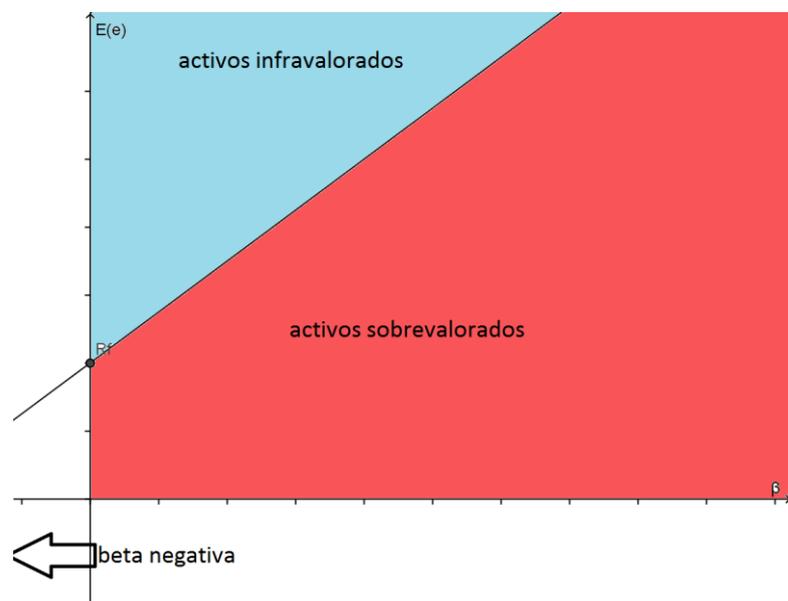


Gráfico 5: Security Market Line

Una Alpha positiva muestra un activo infravalorado, porque ofrece un mayor rendimiento, que debería, al contrario una Alpha negativa muestra un activo sobrevalorado. El rendimiento esperado consiste en una combinación de la rentabilidad sin riesgo y la prima pagada por el riesgo adicional. . (Reilly & Brown, 2012; Lumby & Jones, 2011)

3. Capital Asset Pricing Model

Un inversor que invierte en un tipo de activo será expuesto al riesgo sistemático y específico, pero recibirá solo una compensación en forma de rendimiento esperado adicional por el riesgo sistemático, ya que el específico se podría evitar con diversificación. (Reilly & Brown, 2012; Lumby & Jones, 2011)

El riesgo en este escenario deriva de la covarianza entre el rendimiento del activo y el mercado. Esta correlación está expresada con la Beta (β) y se elaborará en profundidad en el próximo capítulo. De esta manera, cada activo que se añade a la cartera no se añade automáticamente al riesgo total, sino se mide por su riesgo sistemático (o no diversificable). El mercado no compensa por el riesgo específico y por eso un inversor que quiere maximizar el rendimiento de su cartera, tendrá que diversificar su cartera para reducir los riesgos innecesarios, precisamente específicos, al mínimo. (Brealey & Myers, 2000; Lumby & Jones, 2011)

3.2. El coeficiente beta (β)

Para poder calcular el rendimiento esperado de un activo, siempre se necesita el coeficiente beta del activo. Es el coeficiente que mide la volatilidad de los rendimientos, precisamente el riesgo sistemático de un activo o una cartera en comparación con la volatilidad de los rendimientos del mercado. El rendimiento medio tanto del activo como del índice consiste del precio y los dividendos repartidos. Hasta ahora el riesgo total de un activo ha sido medido con la varianza o desviación estándar, pero con el descubrimiento del riesgo sistemático y específico, la beta ha sido introducido para medir sólo el riesgo sistemático de un activo.

El coeficiente beta se puede calcular con la ayuda de la regresión lineal de datos históricos. La fórmula exacta es: $\beta_a = \frac{Cov_{a,M}}{\sigma^2_M}$. Se calcula dividiendo la covarianza del rendimiento del activo y del mercado por la varianza (volatilidad) del rendimiento del mercado.

La beta puede ser medida sólo para empresas cotizadas, aunque existen herramientas para acercarse al valor de la beta de una empresa no cotizada comparándola con empresas cotizadas similares.

Los betas de cada activo en una cartera están ponderados y sumados, para llegar a la beta de la cartera. (Reilly & Brown, 2012; Van Horne, 2002)

3. Capital Asset Pricing Model

Si un activo o cartera se mueve paralelo al mercado, la beta será 1, que significa que el activo tendrá también el mismo rendimiento y riesgo que el mercado. Una beta entre 0 y 1 significa o que el activo tiene un riesgo menor que el mercado o que el rendimiento no está correlacionado con el movimiento del mercado. Para determinar el caso se necesita mirar los datos estadísticos. Si otro activo tiene una beta de 2, tiene un movimiento del rendimiento dos veces más fuerte que el mercado. En el ejemplo si el mercado sube 2%, el activo subirá 4%. Una beta negativa significa que el activo tiene un riesgo menor que el mercado y su aportación a la cartera disminuye el riesgo de ella. Normalmente tendrá un rendimiento menor al de un activo sin riesgo o aun un rendimiento negativo. Un ejemplo será una opción put, vender un forward o inversión en oro. Los activos sin riesgo tienen una beta de cero, porque su rendimiento es independiente del mercado. Para identificar el nivel de significación de la beta es importante de mirar la correlación. Con una mayor correlación, mayor será la significación del factor. Un otro factor muy importante para la comparación entre empresas es el nivel de endeudamiento o apalancamiento de la empresa. La beta normalmente medida es la beta apalancada, que ya incluye el nivel de endeudamiento de la empresa. Para poder comparar entre empresas (especialmente en el mismo sector) se debe de ajustar el nivel de apalancamiento. Esto es descrito en profundidad en la parte 3.4. (McGrattan & Jagannathan, 1995; Finch, Fraser & Sheff, 2011; Reilly & Brown, 2012)

Puede ocurrir que un activo con alta volatilidad tenga una beta de cero, que no significa que se trate de un activo sin riesgo, sino que los rendimientos del activo no tienen ninguna correlación con los rendimientos del mercado. Es muy importante mirar los datos antes de interpretar la beta. La beta se puede calcular de dos maneras - utilizando datos históricos y haciendo proyecciones basadas sobre la evolución pasada, o analizando los valores y el mercado para realizar estimaciones a futuro en los casos en que la información histórica no sea representativa. (McGrattan & Jagannathan, 1995; Finch, Fraser & Sheff, 2011; Reilly & Brown, 2012)

Las problemáticas de calcular la beta derivan del horizonte temporal y mercado de referencia. El horizonte temporal es difícil de estimar y varía según los activos utilizados y las empresas e industrias subyacentes. Acciones de empresas de bienes con una alta y estable demanda como Nestlé o Procter & Gamble son normalmente menos cíclicos que su índice y por eso tienen una beta menor que 1, mientras que otras industrias más inestables como empresas de tecnologías o empresas dependiente del turismo tienen una beta mayor que 1.

3. Capital Asset Pricing Model

En general el valor de la beta varía entre 0,7 y 1,4, pero hay muchas excepciones, especialmente los "penny stocks". No existe un rango del valor de la beta. (Van Horne, 2002; Finch, Fraser & Sheff, 2011)

Además hay una gran influencia por ciclos coyunturales. Aunque normalmente se utiliza los últimos dos hasta cinco años, desde la crisis financiera de 2008 es difícil encontrar un horizonte temporal representativo, ya que hay gran fluctuación en los mercados y además la recesión no es representativa para el futuro. Otro gran factor importante para este tipo de valoración son decisiones o sucesos relevantes que afectan a la empresa. Éstos falsificarán los resultados obtenidos.

El intervalo de medición de los rendimientos históricos puede variar y ser diario, semanal, mensual, trimestral o anual, pero tienen que ser uniformes. Normalmente se utiliza los rendimientos mensuales, para evitar fluctuaciones (por ejemplo temporales en algunos sectores) y que sean representativos.

Como mercado de referencia para un activo se utiliza normalmente el índice o la bolsa en la cual el activo cotiza. (Van Horne, 2002; Reilly & Brown, 2012; Finch, Fraser & Sheff, 2011)

Existe el problema de inestabilidad de la beta, que muestra que en la práctica una beta estimada basándose sobre datos históricos no es representativa para el futuro. Esto se da, porque con el tiempo los rendimientos pueden tener valores anormales (debajo o encima del valor normal). Para suavizar este efecto y hacerlo más útil en la práctica se utiliza muchas veces una "beta ajustada" que es más representativa, porque hay evidencia que la beta de un activo se aproxima al beta del índice en el tiempo. En práctica muchas empresas financieras como Merrill Lynch o Bloomberg utilizan la Beta ajustada, que consiste de 2/3 de la beta histórica del activo y 1/3 de la beta del índice.

Lo más importante en la práctica es siempre tener en cuenta, que la beta es un resultado estadístico y por eso se debe mirar si se trata de un valor significativo (R^2 suficientemente alto). (Reilly & Brown, 2012; Lumby & Jones, 2011)

Una beta más grande implica un riesgo sistemático más alto y un inversor racional va a exigir una rentabilidad más alta para activos con mayor riesgo. Este mayor rendimiento no significa automáticamente que el activo va a tener una mayor rentabilidad, porque siendo más arriesgado, puede también causar altas pérdidas. (McGrattan & Jagannathan, 1995)

3. Capital Asset Pricing Model

Hay diferentes críticas sobre la beta y su representatividad del riesgo de un activo. El argumento más importante es si la fluctuación en precios pasados es representativa para el riesgo de un activo. El riesgo medido viene en su mayor parte de la opinión del mercado sobre el precio de un activo y no considera los factores esenciales como la empresa en sí misma, el entorno macroeconómico o el propio valor del activo, especialmente si hay control sobre la empresa debido a una participación mayoritaria.

Por otra parte tiene debilidades que derivan de la herramienta estadística, como por ejemplo igualar el riesgo al alza y a la baja derivado de la volatilidad entre activo y mercado y extrapolar el pasado al futuro. En el mundo real dinámico, con ciclos de vida de productos más cortos y avances tecnológicos rápidos, es aún más difícil deducir el futuro del rendimiento pasado. Existe evidencia empírica que muestra que la beta normal calculada utilizando la industria como índice, subvalora en dos de tres casos el riesgo a la baja, resultando en una sobrevaloración del activo. Esta evidencia viene de un estudio de Chong, Jin & Phillips (2013) que ha investigado 4.500 acciones de países emergentes y desarrollados. (Klarman & Williams, 1991; Chong, Jin & Phillips, 2013; Finch, Fraser & Sheff, 2011)

3.3. Dual Beta

Partiendo de las debilidades de la beta normal, que iguala el riesgo al alza y a la baja y que asume una distribución normal y simétrica de los rendimientos, el concepto de la dual-beta ha sido desarrollado. Esta teoría subdivide la beta en dos betas - beta a la baja (downside beta) y beta al alza (upside beta) - para separar el riesgo al alza del riesgo a la baja. Esta separación deriva de la diferencia de la percepción de los movimientos al alza o a la baja como riesgo. La parte más importante para un inversor es el riesgo a la baja, porque son pérdidas, por eso en la práctica la prioridad del inversor es no perder lo que ha invertido. Esta observación ha sido hecha por primera vez por Roy en el año 1952. Como consecuencia, un inversor va a exigir un rendimiento esperado más alto, si el riesgo a la baja es mayor. El riesgo a la baja puede ser calculado en referencia a una media o un resultado de referencia, haciendo esta herramienta muy útil para evaluar también la eficacia de una determinada cartera. (Chong, Jin & Phillips, 2013; Bakaert, Harvey & Viskanta, 1998)

3. Capital Asset Pricing Model

En 1977 Bawa & Lindenberg han escrito un artículo como el CAPM puede ser modificado para poder utilizar la beta a la baja. La fórmula matemática de la beta es: $\beta_{baja} = \frac{Cov_{a,M} \parallel R_M > \mu}{\sigma^2_M \parallel R_M > \mu}$

La fórmula es la misma que la de la beta normal, pero se calcula los valores $Cov_{a,M}$ y σ^2_M sólo si la rentabilidad del mercado (R_M) es mayor que la media o resultado de referencia (μ).

Como ya mencionado, Chong, Jin & Phillips (2013) han mostrado empíricamente con varios estudios que en la práctica, inversores que asumen un riesgo a la baja (beta a la baja) mayor van a recibir rendimientos mayores. Esto ha mostrado el análisis de acciones, ya mencionado en el apartado 3.1, con el resultado de que acciones individuales con mayor beta a la baja tienen un mayor rendimiento esperado durante el mismo periodo. Eso es aplicable al mercado emergente y desarrollado. Utilizando la beta normal las rentabilidades esperadas no compensan normalmente por el riesgo a la baja y hay gran discrepancia en la práctica entre las dos betas. Eso se da aún más en mercados emergentes, debido a una mayor volatilidad de las acciones. El artículo pone como ejemplo, que la beta media de una empresa india es 0,54, mientras que la beta a la baja media es 1,1. Estos aparentemente pequeños cambios en valor de beta pueden tener gran efecto sobre la valoración efectiva. Además el artículo muestra que el riesgo a baja no puede explicarse con las herramientas habituales como la beta normal, riesgo de liquidez o características del momento.

En conclusión se puede resumir, que para la aplicación en el mundo real el modelo dual beta está mejor y representa el riesgo de una manera más fiable. (Chong, Jin & Phillips, 2013; Chong, James, Phillips, 2011)

3.4. Beta apalancada

Un tipo de riesgo muy importante para la solvencia de una empresa es el riesgo crediticio. Es la capacidad de la empresa de hacer frente a sus pagos en el momento de vencimiento, sino llegará a una quiebra. Con mayor apalancamiento, en otras palabras endeudamiento utilizado para financiar la empresa, mayor será el riesgo de insolvencia de una empresa. El beneficio para la empresa de endeudarse es, que los intereses para la deuda son deducibles fiscalmente. Por eso hay una gran incentiva para las empresas de endeudarse, que al mismo tiempo aumenta el riesgo de insolvencia para la empresa. En teoría una empresa debería endeudarse hasta el punto en que los ahorros fiscales del pago de los intereses son igual al coste de capital adicional debido al riesgo de insolvencia (con un mayor endeudamiento, mayor será el coste de capital). Este punto varía entre empresas o sectores y es difícil a encontrar o medir en

3. Capital Asset Pricing Model

práctica. Existe mucha crítica que la crisis financiera de 2009 ha ocurrido debido a un apalancamiento demasiado grande, por un parte de los hogares para la compra de sus inmuebles en los Estados Unidos, y por otro parte instituciones financieras como Lehman Brothers. (Fernandez, 2003)

La beta calculada con los datos históricos de la bolsa incluye la estructura financiera de la empresa y por eso el apalancamiento. Para neutralizar el efecto y los beneficios del apalancamiento sobre la empresa y sus resultado, se desapalanca la beta. Esto permite además la comparación entre empresas de la misma industria de una manera más fiable y representativa, ya que cada empresa tiene una estructura financiera diferente.

Existen varias teorías y formulas sobre como calcular la beta desapalancada. Damodaran (1994) propone la fórmula para el cálculo de la beta desapalancada:

$$\beta_{desapalancada} = \frac{\beta_{apalancada}}{(1+(1-t)*\frac{Deuda}{Recursos Propios})} \quad (\text{Fernandez, 2003})$$

Su fórmula parte de la suposición que todo el riesgo del negocio esta soportado por los recursos propios. En teoría la beta de la deuda será entonces cero. Aunque en realidad la deuda tiene obviamente riesgo y no se puede contar solo su beneficio, esta fórmula es la más famosa y frecuentemente utilizado por instituciones financieras, porque introduce algún coste del apalancamiento en la valoración. Como alternativa si se asume un nivel de riesgo para la deuda financiera en forma de beta propone la fórmula:

$$\beta_{desapalancada} = \frac{\beta_{apalancada} + \beta_{deuda} * \frac{Deuda}{Recursos Propios}}{(1+(1-t)*\frac{Deuda}{Recursos Propios})} \quad (\text{Fernandez, 2003})$$

Con el tiempo muchas teorías han sido desarrolladas sobre la influencia del apalancamiento sobre la beta. Ejemplos serán Taggart (1991), Myers (1974) o Copeland, Koller & Murrin (2000), que incluyen más factores como el crecimiento perpetuo de la empresa o parten de otras suposiciones, pero la más popular y utilizada es de Damodaran (1994). (Fernandez, 2003)

3. Capital Asset Pricing Model

3.5. Crítica del CAPM

La aplicación del CAPM en la práctica ha sido criticada mucho. Primero por las presuposiciones del modelo y su fuerte simplificación de la realidad. El mayor defecto es la representatividad del pasado para el futuro, como ya se mencionó en la parte 3.1 y 3.2. Otro ejemplo es que activos sin riesgo son bonos de tesorería, por ejemplo alemanes. Aunque la quiebra y el impago son muy improbables, un rendimiento real no está garantizado. Debido a la inflación, que si es mayor que el rendimiento, resultará en una pérdida en el valor del activo. (Brealey, Myers & Allen, 2011, Van Horne, 2002)

Otro problema deriva del dilema de qué rendimiento sin riesgo se debe utilizar. Existen varios activos sin riesgo: letras del tesoro, que tienen un vencimiento entre 3 y 18 meses, bonos del estado, que tienen un vencimiento mayor a 18 meses y menos de 10 años, y obligaciones del estado que tienen un vencimiento de 10 o más años. Los títulos con mayor vencimiento van a exigir una mayor rentabilidad para compensar por su mayor riesgo.

Hay diferentes opiniones sobre cuál rendimiento se debe utilizar. El CAPM es un modelo de un periodo, por eso hay personas que recomiendan la utilización del tipo de interés cortoplacista, por eso las letras del tesoro. Por otro lado hay personas que recomiendan la utilización del tipo de interés a largo plazo - obligaciones del estado - porque una inversión debería estar hecha al largo plazo. Además hay los que utilizan los tipos de interés del medio plazo, para eliminar el efecto de fluctuaciones en los del corto plazo, y porque intentan vender la inversión en el medio plazo. Dependiendo de los objetivos y la estrategia de la inversión se utilizarán rentabilidades diferentes.

Otro aspecto muchas veces criticado es el valor de la prima de riesgo del activo calculado. Según el modelo, la prima de riesgo es mayor, si los tipos de interés sin riesgo están bajos, y menor, si los tipos de interés sin riesgo están altos. Por eso el tipo de interés que se elige resulta en diferentes valores en la prima de riesgo para el activo, haciendo su fiabilidad y representatividad cuestionable. (Brealey, Myers & Allen, 2011, Van Horne, 2002; Reilly & Brown, 2012)

Otra gran crítica es la representatividad de un índice del mercado (la bolsa) como un proxy representativo del mercado total, ya que un mercado no consiste sólo de los títulos que cotizan sino además de empresas privadas, bonos, mercado inmobiliario o capital humano. El economista Richard Roll ha hecho esta crítica famosa, que el mercado para el CAPM no es

3. Capital Asset Pricing Model

observable en realidad, porque debería incluir todos los activos y sus rentabilidades posibles. (Van Horne, 2002; Roll, 1977)

Existe varia evidencia empírica que cuestiona la utilidad y representatividad de la beta para calcular la rentabilidad esperada en el mundo real. Existen diferentes observaciones que muestran que algunas características de empresas falsifican los resultados obtenidos, haciendo la aplicación del CAPM imposible. Un ejemplo es el "small stock effect", que muestra que empresas con una pequeña capitalización tienen un mayor rendimiento, que empresas con una gran capitalización. Eso deriva por un lado del mayor potencial de crecimiento y por otro lado debido al menor precio, que provoca una apreciación mayor que en empresas con gran cotización, si el precio sube. De este efecto G. Fama y K. French han desarrollado el "three factor model", que explica la rentabilidad esperada basado no sobre un factor (la beta en el CAPM), sino dos otros más: tamaño de capitalización y ratio precio/valor contable. Un test del modelo con datos reales ha mostrado, que los dos nuevos factores son más explicativos y que la beta no es útil en el mundo real. Este modelo está explicado en más profundidad en el capítulo 6.2. (Fama & French 2012; Brealey & Myers, 2000)

Otros problemas con la utilidad del CAPM es que la beta deriva la rentabilidad esperada sólo del riesgo sistemático (de mercado), que asume una cartera suficientemente diversificada, que el riesgo específico desaparece, e ignora el resto de tipos de riesgo. Además supone un mercado eficiente, donde todos los activos se encuentran sobre la SML y su riesgo-rentabilidad están en equilibrio. (Reilly & Brown, 2012)

Cochrane (1996) apunta que modelos estadísticos como el CAPM pueden describir los rendimientos basado sobre datos pasados, pero no pueden explicar cómo o porque se producen. (Li, Vassalou & Xing, 2000)

Aunque el modelo tiene sus debilidades, es utilizado bastante frecuentemente en la práctica debido a su sencillez y la ausencia de modelos mejores que no requieren una amplia investigación. Las suposiciones del modelo son poco realistas, pero cambiarlos no va a cambiar realmente sus implicaciones y conclusiones. Además un modelo no debería estar juzgado por sus suposiciones, sino por su funcionalidad y posibilidad de uso. No es un modelo que se utiliza solamente, sino como complementario con otros tipos de valoración. (Reilly & Brown, 2012)

4. Teoría de Arbitraje (*ingle. The Arbitrage Pricing Theory*)

La teoría de arbitraje ha sido desarrollada en el año 1976 por Stephen Ross, un economista y profesor, que ha hecho grandes aportaciones al campo de finanzas y economía. El modelo de arbitraje es un modelo más complejo que el CAPM y también su utilización es más reducida porque requiere un mayor análisis personalizado a cada caso. El arbitraje es la posibilidad de aprovecharse de la diferencias en precio de un activo a través de compra-venta del activo. La posibilidad de arbitraje sólo se da en mercados ineficientes. (Reilly & Brown, 2012)

El modelo es también un modelo de equilibrio e intenta determinar el precio de un activo, pero en vez de ser un modelo unifactorial, como el CAPM, es un modelo multifactorial e intenta explicar el rendimiento de un activo a través de varios factores independientes influyentes. En contraste con el CAPM no asume la eficiencia de una cartera, sino calcula el rendimiento de un activo por sí mismo a través de varios factores, parcialmente macroeconómicos, que influyen en gran parte en la empresa. La teoría se basa sobre la idea, que la prima de riesgo de un activo deriva del riesgo de factores que influyen sobre la empresa. El modelo es más representativo que el CAPM en la práctica, porque considera factores diferentes. El CAPM se puede ver como un caso especial de un modelo de arbitraje, que tiene sólo un factor explicativo - el mercado. (Van Horne, 2002; Huberman & Wang, 2005; Lumby & Jones, 2011)

Hay muchas personas que opinan que la teoría de arbitraje es mejor que el CAPM en la práctica. El principal problema del APT es que no se puede especificar precisamente qué información y variables son necesarios para la valoración de un activo, porque depende de sus circunstancias y factores influyentes. La teoría no da ningún información sobre qué factores son relevantes, ni porqué. Sólo dice que el rendimiento de un activo depende de un número de factores relevantes, que en realidad tienen una naturaleza más empírica. La gran diferencia con el CAPM es que explica el movimiento conjunto de varios activos no debido al movimiento del mercado, sino por factores compartidos o comunes a dichos activos, que explican el movimiento. Cada factor está ponderado con un coeficiente beta. (Van Horne, 2002; Huberman & Wang, 2005; Lumby & Jones, 2011)

4. The Arbitrage Pricing Theory

El APT tiene menos suposiciones que el CAPM. Los cuatro presupuestos principales del modelo son que: primero un modelo multifactorial puede describir el rendimiento esperado de una cartera o un activo. Segundo que el inversor quiere maximizar sus beneficios, minimizando sus riesgos y por eso tiene una cartera tan bien diversificada, que el riesgo específico puede ser ignorado. Tercero que los mercados son eficientes, no existe oportunidad de arbitraje y por eso todos los precios de activos se encuentran en equilibrio. Cuarto, para testar el modelo se debería saber el número de los factores y cuáles son. Las dos suposiciones sobre que no hay oportunidad de arbitraje y que los rendimientos de un activo están generados por algunos factores, son bastante realistas y se pueden asumir en la realidad. Las otras dos sobre un número infinito de activos y el conocimiento de los factores relevantes son suposiciones poco aplicables en la práctica. (Wei, 1988; Van Horne, 2002)

Es un modelo muy relacionado con el campo de la econometría y la determinación de las variables es como en un modelo econométrico. La variable dependiente (o endógena) es la rentabilidad esperada de una acción que se intenta determinar a través de diversas variables explicativas (o exógenas). Diferentes expertos y autores tienen diferentes percepciones sobre qué y cuantas variables explicativas se debe utilizar y además varían entre diferentes empresas, industrias y economías. Además pueden cambiar con el tiempo. (Reilly & Brown, 2012)

Matemáticamente se puede explicar con la fórmula:

$$E_A = R_F + \beta_{A1} * PR_1 + \beta_{A2} * PR_2 + \dots + \beta_{An} * PR_n$$

La fórmula dice que la rentabilidad esperada (E_A) resulta de dos partes: la rentabilidad sin riesgo (R_F) y la suma de los coeficientes beta de cada factor (β_{Ax}), que mide la sensibilidad del rendimiento del activo en relación al factor, multiplicado por la prima de riesgo de cada factor (PR_x). El coeficiente beta se estima a través de regresión multivariante o lineal por mínimos cuadrados. La prima de riesgo de cada factor (PR_x) viene de la rentabilidad del factor menos la rentabilidad sin riesgo ($R_{Factor} - R_f$).

El modelo será solo útil si se puede encontrar suficientes factores relevantes y si cada variable - β_{Ax} , PR_x - se puede determinar y medir exactamente, que en la práctica es difícil. (Reilly & Brown, 2012; Wei, 1988)

4. The Arbitrage Pricing Theory

Un activo (o una cartera) con todos los coeficientes beta de cero será o un activo sin riesgo o un activo que no tiene ninguna relación con los factores elegidos. En este caso se debería revisar los factores y su relevancia. Si no se encuentra ningún error con los factores, se debería tratar como un activo sin riesgo y deberá ofrecer la misma rentabilidad esperada que una letra des tesoro. Si la rentabilidad es mayor, será una oportunidad de arbitraje, que podría ser aprovechada comprando este activo (o esta cartera). Si la rentabilidad es menor, se debería vender el activo (o la cartera) porque no tiene una rentabilidad suficientemente grande. (Cetin, Jarrow & Potter, 2003)

4.1. Los factores relevantes

Es difícil de determinar los factores relevantes y existen grandes diferencias en opiniones sobre este tema entre los autores y expertos. Hay algunas propiedades de los factores, que son recomendadas por Burmeister & Wall (1986) para que sean útiles. Estas son:

- el impacto del factor sobre la rentabilidad del activo se puede observar a través de los movimientos imprevistos.
- el impacto del factor debería ser de naturaleza no diversificable, por eso los factores relevantes son normalmente macroeconómicos. Esto resulta del presupuesto que la cartera está suficientemente bien diversificada para que el riesgo específico sea irrelevante, por eso los factores relacionados con este riesgo no deberían ser relevantes.
- La información sobre los factores debería ser medible, relevante, representativa y de un horizonte temporal significativo.
- el impacto del factor debería ser justificable y explicable teóricamente.

Uno de los presupuestos del APT es la ausencia del riesgo específico debido a la diversificación de la cartera. Por eso el riesgo relevante del activo o la cartera es el riesgo sistemático que está afectado por factores del mercado, normalmente macroeconómicos. Los factores macroeconómicos más frecuentemente utilizados son cambios imprevistos en la actividad industrial o del PIB, la inflación, tipo de interés cortoplacista, prima de riesgo de insolvencia o cambios en la estructura temporal de tipos de interés. Además se utiliza muchas veces también diferentes índices relevantes a la industria de la empresa, por ejemplo el precio de la materia prima como petróleo si tiene una influencia grande en la empresa. La

4. The Arbitrage Pricing Theory

rentabilidad del mercado no es necesariamente un factor relevante, pero lo puede ser. (Chen, Roll & Stephen, 1986; Brealey & Myers, 2000)

Diferentes autores recomiendan diferentes factores macroeconómicos. La tabla abajo compara los tres autores Van Horne (2002), Lumby & Jones (2011) y Burgmeister, Ross & Roll (1994). (Van Horne 2002, Lumby & Jones 2011, Reilly & Brown 2012)

Van Horne (2002)	Lumby & Jones (2011)	Burgmeister, Ross & Roll (1994)
Cambios en inflación esperada	Cambios en el nivel de producción industrial	Riesgo de confianza
Cambios en inflación inesperados	Cambios en la estructural temporal del tipo de interés	Riesgo del horizonte temporal
Cambios inesperados en la producción industrial	Cambios en la prima de riesgo	Riesgo de inflación
Cambios inesperados en los tipos de interés de bonos de alta y baja clasificación	Cambios en la inflación	Riesgo coyuntural
Cambios inesperados en los tipos de interés de bonos de corto y largo plazo	Cambios en el tipo de interés real	"market-timing risk"
	Nivel de consumo privado	
	Nivel de dinero en circulación	

Tabla 1: Comparación de autores

Como se puede ver la mayoría de los factores es parecida y cada uno tiene una gran influencia sobre la actividad de cada empresa. La idea se basa en que cada cambio en uno de estos factores afectará todas las empresas de una economía de una u otra manera. La fuerza del impacto será diferente y medida por el coeficiente beta, que muestra la sensibilidad del activo a un factor. La empresa Exxon Mobil, por ejemplo, será más sensible (mayor beta) a movimientos en el precio del petróleo, que Google. En fin, cada factor tiene una prima de riesgo, porque afecta a todas las empresas, por eso forma parte del riesgo sistemático. Esto es la principal diferencia con el CAPM, porque explica el riesgo sistemático más detalladamente y con muchos factores en vez de un solo riesgo de mercado. Una cartera que consiste de empresas de una industria o que dependen de la misma materia prima puede tener esta como factor explicativo, porque se trata de un riesgo sistemático en este caso que afecta toda la cartera. (Van Horne, 2002; Lumby & Jones, 2011)

4. The Arbitrage Pricing Theory

4.2. Las críticas del APT

La primera crítica más importante del modelo - ya mencionada - es que los factores relevantes, que forman la base para la valoración, no están especificados ni conocidos fundadamente. El modelo sólo nos dice que la rentabilidad esperada se puede explicar por una variedad de factores comunes, cuyos cambios causan cambios en la rentabilidad esperada, pero que nunca se conocen. Además el APT asume una relación lineal entre un factor y la rentabilidad, pero en realidad no es así necesariamente, especialmente si algunos factores están correlacionados. (Brealey, Myers & Allen, 2011, Van Horne, 2002; Wei, 1988)

Roll & Ross (1980) han conducido una evaluación empírica del modelo para probar su utilidad. El test ha consistido de una base de datos con 42 carteras con 30 acciones y utilizado un periodo de 10 años (1962-1972) diariamente. El resultado ha sido que el número máximo razonable de factores es cinco, pero solo dos hasta cuatro son relevantes, concluyendo que el APT está respaldado, pero no hasta que nivel. (Reilly & Brown, 2012)

No existen muchas críticas sobre el APT, porque es un modelo muy amplio y sin definición específica (en comparación con el CAPM) por eso no existe una base concreta que se puede criticar. Las críticas de las suposiciones del modelo ya están mencionadas al principio del capítulo 4. (Reilly & Brown, 2012)

5. La relación entre el CAPM y el APT

Saber comparar los dos modelos es fundamental para entenderlos y poder utilizarlos para la valoración de un activo. Son dos herramientas muy frecuentemente utilizadas en la práctica y las más importantes del campo de las finanzas corporativas.

El CAPM (1961) ha sido desarrollado antes del APT (1976) y explica el riesgo sistemático de un activo como una función de la covariancia con el mercado. El rendimiento esperado viene de una observación del mercado. El APT es un modelo que va más allá y explica el riesgo sistemático como una combinación de covariancias de varios factores, normalmente macroeconómicos, que afectan al activo. De esta manera permite un análisis de varias fuentes de riesgo (normalmente independiente del mercado y centrado en el entorno operativo de la empresa) para explicar el movimiento de los rendimientos. La primera diferencia más importante son los factores que se utilizan para explicar la rentabilidad. Ambos modelos son modelos de equilibrio, pero el CAPM es un modelo estadístico basado sobre la media y varianza, mientras que el APT es un modelo más explicativo basado sobre factores que generan el rendimiento del activo. Si la prima de riesgo para cada factor es proporcional al riesgo del mercado, ambos modelos darán el mismo resultado. También si se crea un modelo APT con solo un factor explicativo, que es el mercado, resultará en el CAPM.

La diferencia más importante, principalmente, es que el modelo CAPM utiliza herramientas estadísticas para observar la relación del movimiento con el mercado y puede describir el rendimiento esperado, pero no explicarlo. El APT, por otro lado, es un modelo explicativo que incluye factores explicativos que intentan predecir los rendimientos esperados y sus movimientos.

La segunda diferencia más importante viene de las suposiciones. El CAPM tiene muchas, como lo hemos visto en la parte 2.1. y además la posibilidad de endeudarse al tipo de interés sin riesgo. La mayoría de estas suposiciones es cuestionable, pero son necesarias para facilitar la utilidad del modelo. El APT como alternativa tiene algunas condiciones similares, pero en total sólo cuatro.

El APT tiene algunas ventajas sobre el CAPM debido a algunas suposiciones implícitas. El APT asume una relación lineal entre un factor y la rentabilidad esperada, por eso en comparación con el CAPM no hace ningún supuesto ni sobre la distribución del rendimiento de un activo, ni la utilidad de un inversor.

5. La relación entre el CAPM y el APT

Además asume que el rendimiento esperado está influido por más cosas que solo el rendimiento del mercado.

El APT puede calcular los rendimientos esperados, sin medir el rendimiento del mercado, mientras que el CAPM no funciona sin los rendimientos del mercado. Por eso los inversores que utilizan el APT no tienen el problema de medir o estimar los rendimientos del mercado. Para el funcionamiento del CAPM se supone la eficiencia de los mercados y que están en equilibrio; si esto no es el caso, y hay evidencia empírica que no es así, la valoración de todos los activos tendrá un error. Como ya hemos mencionado en la parte 3. una de las críticas del CAPM es que no se puede testar, porque tendríamos que incluir todas las posibilidades de inversión en el cálculo de la rentabilidad del mercado, no sólo las que cotizan. El APT por otro lado se puede testar, si se puede descubrir el número y los factores relevantes.

La explicación de las desviaciones de rendimientos al valor de referencia será también diferente. El APT no especifica la manera de elegir los factores, por eso una desviación del rendimiento propuesto por el modelo podría ser debido a la elección de un factor inapropiado u otra acción que ha ocurrido en realidad. En el CAPM por otro lado un inversor no puede decir si la desviación de la SML es un resultado de elección de proxy inapropiado o una acción que ha ocurrido en realidad.

El CAPM es más utilizado en la práctica que el APT debido a su simplicidad, pero el APT ofrece resultados más exactos.

6. Alternativas

6.1. Black-Litterman model

El Black-Litterman model ha sido desarrollado en el año 1990 por el economista Fischer Black (que desarrolló también el modelo de Black-Scholes) y Robert Litterman. Se trata de un modelo influido más por la subjetividad, porque incorpora las propias expectativas del inversor, y menos frágil, porque resulta en una ponderación menos concentrada y no tan sensible a cambios de las variables introducidas, que la teoría moderna de carteras. (Idzorek, 2002)

El modelo intenta solucionar el problema de asignación de los recursos a activos, que tienen los inversores institucionales grandes en la práctica. Especialmente si hay limitaciones para una cartera, es útil para calcular la rentabilidad esperada de los activos. La teoría moderna de carteras de Markowitz muestra cómo - en teoría - se debería asignar los recursos para llegar a una cartera eficiente, si se tiene la covarianza y rentabilidad esperada de cada activo. Esto en teoría es sencillo, pero como ya hemos visto en el apartado 2.1. no es tan fácil en la práctica, debido a la dificultad de estimar la rentabilidad esperada para cada activo y la medición de todos los activos, que existen en grandes cantidades, especialmente si se opera en diferentes bolsas. El segundo problema es posible de solucionar gracias a la tecnología, digitalización y los sistemas informáticos de hoy. (Idzorek, 2002, He & Litterman 1999)

El modelo de Black-Litterman ofrece una solución práctica para el primer problema, pensando hacia atrás. En vez de asumir rentabilidades esperadas, que derivan de datos pasados, para llegar a la ponderación de una cartera y después calcular la rentabilidad de la cartera, da la oportunidad al inversor de insertar sus propias percepciones sobre los rendimientos esperados de una serie de activos o carteras y el modelo combina las percepciones con el equilibrio de las rentabilidades esperadas del mercado, resultando en una cartera óptima, adaptada a las estimaciones propias del inversor. La percepción se puede expresar en términos absolutos, por ejemplo activos tipo A serán 3% más rentables que activos tipo B, o en términos relativos, por ejemplo activos A subirán 23 puntos básicos más que activos B. Un ejemplo de tal percepción podría ser más general como una rentabilidad esperada de 3% más en el mercado alemán, o específico como un aumento en tipo de interés de 0,35% para los bonos estadounidenses. (Idzorek, 2002, He & Litterman 1999)

6. Alternativas

Si el inversor no tiene ninguna percepción sobre el rendimiento esperado, el modelo da como resultado el punto de equilibrio del mercado y por eso la cartera resultante es la misma que la cartera de mercado. Por otro lado si un inversor tiene otra estimación a la del mercado, el modelo va a mover la cartera hacia la dirección de la estimación. No hay límite para el número de percepciones y el modelo permite la utilización de restricciones (ponderación de un activo, beta, short-selling) y niveles de confianza para las percepciones para la inversión, por eso es más útil que la teoría moderna de carteras.

Las matemáticas detrás del modelo y su explicación en profundidad son complejas y no será tratada en este trabajo debido a la restricción de longitud.

(Black & Litterman, 1992; He & Litterman, 1999)

6.2. Modelo tres factorial de Fama-French

El modelo de Fama-French es una extensión del modelo CAPM y ha sido desarrollado por los dos economistas Eugene Fama y Kenneth French en el año 1992. El modelo expande el modelo CAPM clásico por dos factores adicionales: tamaño de capitalización y ratio precio/valor contable.

Los dos economistas han hecho la observación que empresas con una menor capitalización y ratio precio/valor contable más alto tienen tendencialmente un rendimiento más alto.

$$E_A = R_F + \beta_A * (R_M - R_f) + \beta_{cap} * SMB + \beta_{ratio} * HML$$

La fórmula explica la rentabilidad del activo (E_A) con la rentabilidad de un activo sin riesgo (R_F); añade la prima de un determinado mercado ($R_M - R_f$) - que es la constante prima de rentabilidad por unidad más de riesgo - multiplicados por el coeficiente beta (β_A) del activo; añade el segundo coeficiente beta (β_{cap}) multiplicado por el factor SMB (Small-Minus-Big), que mide el exceso de rentabilidad que tienen empresas con una menor capitalización sobre empresas con una capitalización mayor; y añade el tercer coeficiente beta (β_{ratio}) multiplicado por el factor HML (High-Minus-Low), que mide el exceso de rentabilidad que tienen empresas con una mayor ratio P/VC sobre empresas con una ratio menor. La razón porque una empresa con un mayor ratio P/VC tiene una rentabilidad más alta, es porque son normalmente empresas de valor ya establecidas y tienen un rendimiento mayor y estable que empresas con menor P/VC, porque son normalmente empresas de crecimiento. El modelo está utilizado muy frecuentemente como una alternativa al CAPM debido a los dos factores adicionales, su facilidad y mejor funcionalidad. (Reilly & Brown, 2012; Fama & French 2012)

6. Alternativas

Hay mucha controversia sobre la base de los efectos y si son un resultado de eficiencia del mercado. Los dos factores se derivan de estudios empíricos y no sobre teoría fundamental económica o financiera.

La razón por la que una empresa con menor capitalización tiene un mayor rendimiento es porque el cambio tiene un mayor efecto relativo. El aumento de 1€ tiene un efecto de 10% sobre una acción que cotiza a 10€, mientras que serán solo 1% para una otra con un precio de 100€.

Además no se sabe si el efecto se da debido a un mercado eficiente o ineficiente. Por un lado hay autores que defienden que la razón para la rentabilidad mayor es debido al mayor riesgo, por otro lado hay autores que sugieren que el mayor rendimiento se da debido a mercados ineficientes y una infravaloración de las empresas que esta corregido con el tiempo.

(Reilly & Brown, 2012; Fama & French, 2012)

6.3. Post-modern Portfolio Theory (PMPT)

La post-modern portfolio theory ha sido creado en el año 1991 por B.M. Rom y K. Ferguson como una extensión de la teoría moderna de carteras de Markowitz, intentando de solucionar las dos limitaciones de la MPT que es la medición de riesgo utilizando la varianza y la suposición que los rendimientos siguen una distribución normal. La diferencia más importante entre los dos modelos es que la MPT intenta de maximizar el rendimiento utilizando la varianza de los rendimientos como riesgo, mientras que la PMPT se centra sobre la tasa interna de retorno (TIR) necesitada para poder hacer frente a los pagos, en otras palabras el rendimiento mínimo exigido. El riesgo y rendimiento en la PMPT están medido relativo a la TIR y de esta manera el riesgo puede estar adaptado a las especificaciones del inversor. No asume el riesgo como una distribución elíptica, sino lo separa en riesgo al alza y a la baja. Como en el modelo dual-beta, el riesgo a la baja es el riesgo más importante para el inversor porque es lo que puede perder y por eso solo esta desviación esta utilizado para maximizar el rendimiento. Este riesgo a la baja esta medido con tres dimensiones: la frecuencia de bajas (porcentaje de rendimientos debajo de la TIR), desviación media a la baja (media de desviaciones debajo de la TIR) y magnitud a la baja (el peor caso de bajada). Las tres dimensiones están utilizadas para crear una distribución adecuada (normalmente log-normal) con las tres imputaciones para medir el riesgo a bajo. Con esta nueva teoría y suposición de riesgo las carteras optimas son diferentes que con la MPT y pueden estar personalizadas a preferencias y percepciones de riesgo. Según las pruebas empíricas de Swisher (2005) este

6. Alternativas

modelo es más representable y sus carteras óptimas tienen mejores resultados en la práctica. Las matemáticas detrás son más complejas y necesitan un gran esfuerzo, pero con el avance tecnológico y potencial de ordenadores, se pueden hacer fácilmente y rápidamente, haciendo este modelo una buena alternativa o por lo menos un buen complemento a los otros. (Swisher, 2005; Ferguson & Rom 1993)

6.4. Otros Modelos

El problema del CAPM es que se trata de un modelo puramente estadístico, que describe los rendimientos esperados futuros basado solamente sobre una tendencia pasada, pero no es explicativo de ningún manera sobre el cómo o porque se producen. Por eso hay muchos modelos diferentes que han sido desarrollados partiendo del CAPM, que añaden un factor explicativo para los rendimientos.

Un ejemplo es el Investment-Growth Asset Pricing Model desarrollado por Li, Vassalou & Xing (2000), que parte del CAPM y añade la tasa de crecimiento de las inversiones (activos) para explicar los rendimientos, incluyendo la en la única beta. (Li, Vassalou & Xing, 2000)

Otro será el "Intertemporal Asset Pricing Model with stochastic consumption and investment opportunities" de Breeden (1979), que incluye el consumo agregado, pero utilizando solo una beta (en comparación con la APT). El equilibrio de la beta se da por la función de utilidad del consumo del inversor, siendo en el punto óptimo cuando la utilidad marginal del consume es igual a la utilidad marginal de riqueza. (Bhattacharya & Constantinides, 2005)

Existen muchos modelos de este tipo (International CAPM, Production-based CAPM, etc.), que incluyen la influencia de otras variables explicativas en la beta, pero son complejos y no aplicables a todos casos. Además no han sido probados empíricamente para poder decir que son mejores o útiles en el mundo real. (Bhattacharya & Constantinides, 2005)

7. Conclusión

La valoración de activos es una parte muy importante de las finanzas corporativas y fundamental no solo para gestores profesionales de carteras, sino para cada persona que tiene algunos ahorros que quiere invertir. Los dos modelos - CAPM y APT - elaborados en profundidad en este trabajo son relativamente fácil de entender y utilizar.

La teoría moderna de carteras de Markowitz ha sido un descubrimiento muy importante para la valoración de carteras, porque ha llevado a la fundación del campo y todas las teorías siguientes, incluyendo el CAPM y APT. La frontera de eficiencia, que consiste de combinaciones de carteras optimas, que ofrecen el mayor rendimiento esperado dado un nivel de riesgo, ha sido una gran revolución para la gestión de carteras, recalando la importancia de la correlación entre activos y de mirar la cartera en su conjunto y no cada activo por separado.

El siguiente desarrollo - la diagonal de Sharpe - ha introducido la separación entre riesgo específico y riesgo sistemático, mostrando que existe un parte del riesgo que puede estar eliminado a través de una diversificación de la cartera.

El próximo paso más importante ha sido la introducción del Capital Asset Pricing Model por Sharpe. Este modelo es sencillo y fácil de utilizar y explica el rendimiento esperado con la correlación con la cartera del mercado. La medida del riesgo sistemático (o volatilidad) se hace con la beta, que mide la covarianza con la cartera del mercado. El trabajo elabora las fortalezas y debilidades de la beta y muestra betas alternativas que pueden estar utilizado para dar resultados más representativos. Las tres alternativas propuestas en este trabajo son:

En primer lugar, la Dual Beta, que separa la volatilidad a la baja y al alza para redefinir el riesgo como las posibles pérdidas, que es lo más importante para un inversor.

En segundo lugar, la Beta apalancada, que es una beta ajustada por la estructura financiera de la empresa, para considerar el riesgo derivado del nivel de apalancamiento.

Por último, la beta ajustada, que es la beta ajustada debido al efecto del mercado en la realidad. Este ajuste tiene su origen en la práctica y está siendo utilizado por la mayoría de las instituciones financieras.

El principal problema del CAPM, es que se trata de un modelo que describe los rendimientos esperados y el riesgo a través del análisis de los datos del pasado con herramientas

7. Conclusión

estadísticas, pero no explica cómo ni por qué se dan dichos rendimientos. Es un modelo fácil y sencillo, pero por esta razón, también impreciso.

El siguiente modelo, desarrollado por S. Ross en el año 1976, es el Arbitrage Pricing Theory, que utiliza varios factores para explicar el rendimiento esperado. El riesgo sistemático en este caso proviene de los factores que afectan al activo o a la cartera. Este modelo consta de la parte explicativa que falta en el CAPM y por eso se considera más precisa, pero su debilidad principal es que los factores explicativos son desconocidos y es más complicado que el CAPM por eso se utiliza sólo de forma complementaria.

Como alternativas a los dos modelos más famosos, este trabajo propone el Fama-French Model, Black-Litterman Model y Post-modern Portfolio Theory, porque son buenas alternativas que eliminan algunas limitaciones del CAPM y APT o al menos proponen otras soluciones alternativas posibles.

Todos los modelos discutidos en este trabajo intentan explicar el concepto más importante para un inversor: el binomio rentabilidad-riesgo y su relación. Son conceptos analíticos que están siendo utilizados para valorar un activo, su rendimiento esperado en el futuro y para poder minimizar el riesgo y al mismo tiempo maximizar los rendimientos, como el hallazgo de activos sobre- e infravalorados. No se debe utilizar o elegir sólo uno de los modelos, porque cada uno tiene sus fortalezas y debilidades. Es crucial entender la teoría que hay detrás y utilizarlos en conjunto como una ayuda en la toma de decisiones de inversiones. El futuro es siempre desconocido y no existen maneras de predecirlo, pero con las técnicas descritas en este trabajo se intenta hallar en la medida de lo posible el verdadero valor de un activo.

Bibliografía

Bawa, V. & Lindenberg, E.. (1977). *Capital market equilibrium in a mean-lower partial moment framework*. Journal of Financial Economics. 5: 189-200.

Bekaert, G., Erb C., Harvey, C. & Viskanta, T..(1998). *Distributional characteristics of emerging market returns, and asset allocation*. Journal of Portfolio Management. 24: 102-116.

Bhattacharya, S., George, M.. (2005). *Theory of Valuation*. 2 Edition. World Scientific Publishing Company.

Black F., Litterman R.. (1992). *Global Portfolio Optimization*. Financial Analysts Journal: 28–43.

Brealey, R., Myers, S.C., Allen, F.. (2011) . *Principles of Corporate Finance*. McGraw Hill Higher Education.

Breeden, D.. (1979). *An Intertemporal Asset Pricing Model with Stochastic Consumption and Investment Opportunities*. Journal of Financial Economics, 7: 265-296.

Burmeister, E., Wall, K.D.. (1986). *The arbitrage pricing theory and macroeconomic factor measures*. Financial Review. 21(1): 1–20.

Çetin, U., Jarrow, R.A.& Protter, P., (2003). *Liquidity risk and arbitrage pricing theory*. Finance and Stochastics, vol. 8: 311-341.

Chamberlain, G.. (1983). *A characterization of the distributions that imply mean-variance utility functions*. Journal of Economic Theory. 29: 185-201.

Chandra, S. (2003). *Regional economy size and the growth-instability frontier: Evidence from Europe*. Journal of regional science. 43 (1): 95–122.

Chen, N. F., Ingersoll, E.. (1983). *Exact Pricing in Linear Factor Models with Finitely Many Assets: A Note*. Journal of Finance. 38(3): 985–988.

Chen, N.F., Roll, R., Ross, S.. (1986). *Economic Forces and the Stock Market*. Journal of Business. 59(3): 383–403.

Bibliografía

- Chong, J., Jin Y., Phillips M.. (2013). *The Entrepreneur's Cost of Capital: Incorporating Downside Risk in the Buildup Method*. MacroRisk Analytics.
- Chong, J., Phillips, M.G.. (2012). *Measuring risk for cost of capital: The downside beta approach*. Journal of corporate treasury management : the official publication of the Finance and Treasury Association. 4(4).
- Copeland, T.E., Koller, T.& Murrin, J.. (2000) *Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies*. 5th Edition. Wiley.
- Damodaran, A.. (1994). *Damodaran on Valuation*. John Wiley and Sons. New York.
- Dimson E., Mussavian M.. (1999). *Three centuries of asset pricing*. Journal of Banking & Finance. 23 (1): 1745-1769.
- Elton, E.J., Gruber, M.J.. (1997). *Modern portfolio theory, 1950 to date*. Journal of Banking & Finance. 21 (1): 1743-1759.
- Fama, E.F., French, K.R.. (2012). *Size, value, and momentum in international stock returns*. Journal of Financial Economics. 105(3).
- Farrell, J.. (1997). *Portfolio Management*. McGraw Hill. Nueva York.
- Fernández, P.. (2003). *Levered and unlevered beta*. IESE Business School - WP. 44 (1), 1-18.
- Finch, J.H. Fraser, S.P. & Scheff, S.R.. (2011). *Teaching the CAPM in the Introductory Finance*. JOURNAL OF ECONOMICS AND FINANCE EDUCATION : 1-6.
- Graham, J.R., Harvey, C. R.. (2001). *The theory and practice of corporate finance: evidence from the field*. Journal of Financial Economics. 60(2): 187-243.
- He G., Litterman R.. (1999). *The Intuition Behind Black-Litterman Model Portfolios*. Goldman Sachs Quantitative Resources Group. 1 (1): 1-20.
- Huberman, G., & Wang, Z.. (2005). *Arbitrage Pricing Theory*. Federal Reserve Bank of New York staff report : 2-21.
- Idzorek, T.M.. (2002). *A step-by-step guide to the Black-Litterman Model*. Ibbotson Associates. 1(1): 1-34.
- Kasanen E., Trigeorgis L..(1994). *A market utility approach to investment valuation*. European Journal of Operational Research. 74 (1): 198-309.

Bibliografía

Kent, D.D., Hirshleifer, D. & Subrahmanyam, A.. (2001) *Overconfidence, Arbitrage and Equilibrium Asset Pricing*. Journal of Finance. 56(3): 921-965.

Klarman, S., Williams, J.. (1991). *Beta*. Journal of Financial Economics. 5(3).

Li, Q., Vassalou, M. & Xing, Y.. (2000). *An Investment-Growth Asset Pricing Model*. Columbia University . 1 (1), 1-58.

Lumby S., Jones C.. (2011). *Corporate Finance - Theory and Practice*. 8th edition. South-Western: 167 - 190.

Markowitz, H. M.. (1971). *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*. (Cowles Foundation Monograph: No. 16). Edition. Yale University Press.

Markowitz, H.M.. (1959). *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*. New York: John Wiley & Sons.

Markowitz, H.M.. (1991). *Autobiography*. Nobel Prize Committee.

Markowitz, H.M.. (1991). *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*. 2 Edition. Wiley.

Markowitz, H.M.. (2009). *Harry Markowitz: Selected Works*. World Scientific Publishing Company: 20 - 56.

McGrattan, E. R., Jagannathan R.. (1995). *The CAPM Debate*. Federal Reserve Bank of Minneapolis: 2-17.

Myers, S.C.. (1974). *Interactions of Corporate Financing and Investment Decisions - Implications for Capital Budgeting*. Journal of Finance: 1-25.

Omisore, I., Yusuf, M. & Christopher, N.. (2012). *The modern portfolio theory as an investment decision tool*. Journal of Accounting and Taxation Vol. 4(2): 19-28.

Reilly, F.K., Brown, K.C. (2012). *Investment Analysis and Portfolio Management*. 7ª edición. Thomson South-Western.

Bibliográfia

Reinganum, M.R.. (1981). *The Arbitrage Pricing Theory: Some Empirical Results*. The Journal of Finance. 36 (2): 313-321.

Roll, R., Ross, S.. (1980). *An empirical investigation of the arbitrage pricing theory*. Journal of Finance. 35(5): 1073–1103.

Roll, R.. (1977). *A critique of the asset pricing theory's tests Part I: On past and potential testability of the theory*. Journal of Financial Economics. 4(2): 129–176.

Rom, B. M., Ferguson, K.. (1993). *Post-Modern Portfolio Theory Comes of Age*. Journal of Investing. 4(2): 27-33.

Schulmerich, M.. (2012). *The Efficient Frontier in Modern Portfolio Theory: Weaknesses and How to Overcome Them*. IMCA's Investment & Wealth Monitor: 1-6.

Shanken, J.. (1982). *The Arbitrage Pricing Theory: is it Testable?*. The Journal of Finance. 37 (5): 1-13.

Sharpe, W., Alexander, G. & Bailey, J.. (1998). *Investments*. Prentice Hall. Englewood Cliffs (NY) - 6 ed.

Sharpe, W.. (1963). *A Simplified Model for Portfolio Analysis*. Management Sciences. 9(2): 277-293.

Shipway, I.. (2009). *Modern Portfolio Theory*. Trusts & Trustees. Vol. 15(2): 66-71.

Sullivan, E. J. (2008). *A brief history of the capital asset pricing model*. Journal of business and economic perspectives: 207-210.

Swisher, P.. (2005). *Post-Modern Portfolio Theory*. FPA Journal. 1 (7), 1-11.

Taggart, R.A. Jr.. (1991). *Consistent valuation and cost of capital: Expressions with corporate and personal taxes*. National Bureau Of Economic Research: 1-34.

Tobin, J.. (1958). *Liquidity Preference as Behavior Towards Risk*. Review of Economic Studies 25(2): 65-85.

Tversky, A., Kahneman, D.. (1981). *The Framing of Decisions and the Psychology of Choice*. Science - New Series. 211(4481): 453-458.

Van Horne, J. C.. (2002). *Financial Management Policy*. Jersey: Prentice Hall: 60 - 228.

Bibliografia

Wei, K.C.J.. (1988). *An Asset-Pricing Theory Unifying the CAPM and APT*. The Journal of Finance. 43 (4): 881-892.

Anexo

Anexo 1. Rentabilidad

El concepto rentabilidad hace referencia a las ganancias o pérdidas medidas durante un periodo determinado. Éstas consisten en el dinero pagado por un activo directamente en forma de dividendos, cupones etc., o indirectamente a través de cambios en el precio del activo. La rentabilidad se mide como un porcentaje del dinero invertido. Su fórmula se puede expresar de la siguiente manera:

$$R = \frac{\text{Dividendos} + (P_t - P_{t-1})}{P_{t-1}}$$

(Reilly & Brown 2012)

Anexo 2. Riesgo

Existen varias definiciones de riesgo y de cómo medirlo. Reilly & Brown (2012) lo definen como la incertidumbre/probabilidad de obtener resultados negativos. Es una definición muy amplia porque unos resultados negativos pueden ser todos los resultados indeseados.

En la teoría de carteras de Markowitz y en el CAPM regular, el riesgo se mide con la volatilidad de los rendimientos, concretamente con la desviación estándar: a mayor volatilidad, mayor riesgo. Matemáticamente: $\sigma^2 = \sum_{t=1}^n \frac{(R_t - R)^2}{k-1}$ Reilly & Brown (2012)

Anexo 3. Mercado Eficiente

La hipótesis de mercados eficientes asume que los mercados son eficientes en términos de información y por eso, los precios de los activos incorporan toda la información - privada y pública. Consecuentemente, todos los precios de los activos se encuentran en equilibrio y es imposible batir el mercado y recibir rendimientos en exceso constantemente. Esta hipótesis no se cumple en la vida real, por ejemplo, existen oportunidades de arbitraje o insider trading.

Anexo 4. Racionalidad de inversores

En su experimento se ha encuestado a un grupo de personas sobre su toma de decisiones en las siguientes dos situaciones.

Anexo

Problema 1:

1. decisión: A) recibir 240\$ B) 25% de ganar 1.000\$, 75% de ganar nada

2. decisión: A) pérdida de 750\$ B) 75% de perder 1.000\$ y 25% de ganar nada

1. Problema 2:

Decisión: A) 25% de ganar 240\$ y 75% de perder 760\$

B) 25% de ganar 250\$ y 75% de perder 750\$

El resultado ha sido que un 84% de personas han elegido A) de la 1. decisión y 87% B) en la 2. decisión del primer problema. En el segundo problema, todos han elegido la respuesta B). La cosa interesante en este experimento es, que si se combina la respuesta A) (1. decisión) y B) (2. decisión) del primer problema, resulta la respuesta A) del segundo problema, que nadie ha elegido. Con este experimento, Tversky & Kahnemann han mostrado, cómo la gente no es racional y cómo el "framing" del problema puede influir en nuestra toma de decisiones.

Anexo 5. Caso

Los datos del caso elaborado aquí es de la asignatura "Gestión de Carteras" de la Profesora Amalia Echegoyen en la universidad Pontificia de Comillas (año 2014) y son de las acciones de Telefónica, Repsol y Banco Sabadell, que cotizan en el IBEX 35 en el periodo 11/12/2012 hasta 10/12/2013. Asumimos que el riesgo máximo que el inversor está dispuesto a asumir es 21%. (volatilidad). Además si el rendimiento esperado esta negativo (como en el caso del Banco Sabadell, se utiliza la rentabilidad esperada calculada con el CAPM)

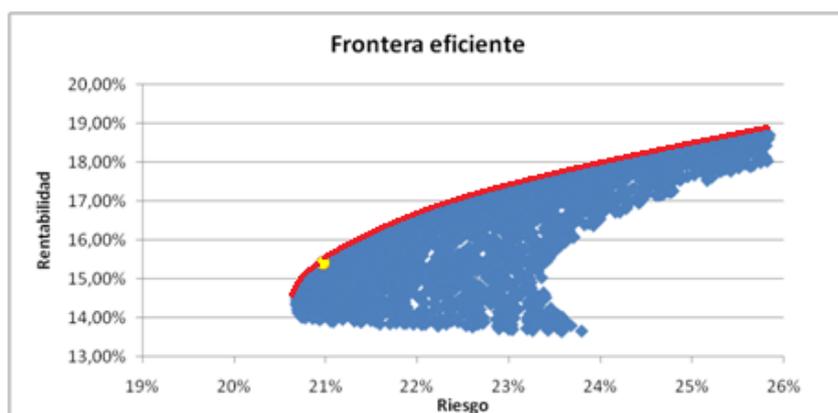
Teoría moderna de Carteras (Frontera eficiente)

	TEF	REP	IBEX-35	SAB	SAB merc.	
Rend Total	14,21%	13,62%	19,16%	23,20%	-10,89%	
Desv típica diaria	1,3305%	1,4894%	1,1795%	2,3591%		
Desv típica anualizada	21,2874%	23,8300%	18,8725%	37,7455%		
Varianza anual	4,5316%	5,6787%	3,5617%	14,2472%		
Varianza diaria	0,0177%	0,0222%	0,0139%	0,0557%		
	TEF-REP	TEF-IBEX	REP-IBEX	TEF-SAB	REP-SAB	SAB-IBEX
Correlación	0,7349	0,8738	0,8247	0,4709	0,4511	0,618417
Covarianza anual	3,7278%	3,5103%	3,7091%	3,7835%	4,0575%	0,044053
Covarianza diaria	0,0146%	0,0137%	0,0145%	0,0148%	0,0158%	0,0172%
Beta				1,236846681		
Risk-free market				2,1%		
SAB				23,20%		
	Peso TEF	Peso REP	Peso SAB	Rentabilidad	Riesgo	
Mejor Cartera	65,98%	19,56%	14,46%	15,40%	20,98%	OPTIMA

Tabla 2: Caso MPT

En este caso se trata de tres activos, por eso el número de combinaciones de carteras diferentes aumenta radicalmente. He creado más de 3000 combinaciones diferentes, para aproximarse a la frontera eficiente. Utilizando como riesgo máximo los 21% c, nos sale que la cartera optima consiste de: 65,98% invertido en Telefónica, 19,56% en Repsol, 14,46% en Banco Sabadell.

Debido al hecho que el banco Sabadell tiene una rentabilidad de -10,98%, si se utiliza los datos históricos, he utilizado como rendimiento esperado el valor que sale si lo calculamos con el CAPM (20,23%). La línea roja muestra la frontera eficiente.



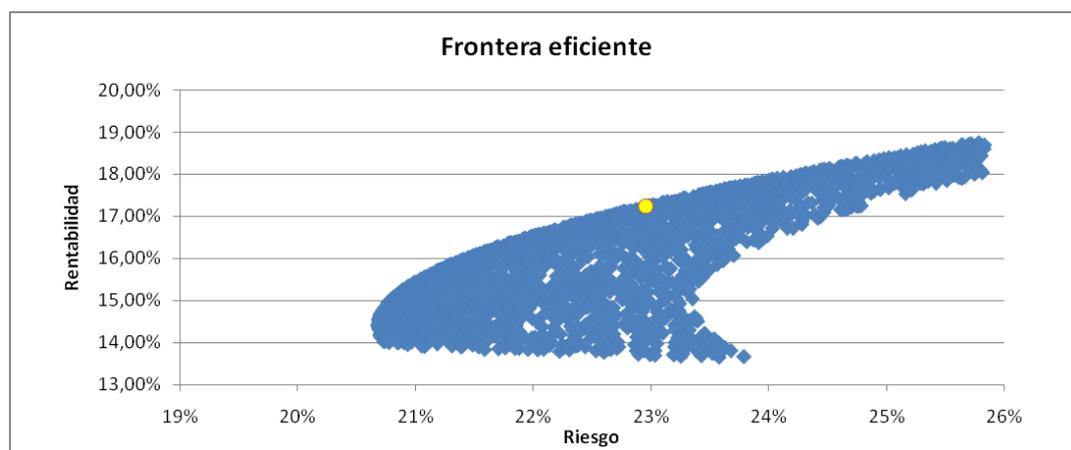
MPT con Diagonal de Sharpe

<u>Peso TEF</u>	<u>Peso REP</u>	<u>Peso SAB</u>	<u>Rentabilidad</u>	<u>Riesgo</u>	<u>Pendiente</u>
57,69%	8,20%	34,11%	17,23%	22,96%	0,6589

RF	2,1%
vol max	21%
Inversion Mercado	91,45%
Inversion RF	8,55%

% de total	
TEF	52,76%
REP	7,5%
SAB	31,19%

Tabla 3: Caso Diagonal de Sharpe



Incluyendo la posibilidad de invertir el dinero en activos sin riesgo, que nos dan un rendimiento de 2,1%, nos sale una nueva cartera más eficiente. La inversión en activos sin riesgo debería estar 8,55% del dinero disponible y el resto (91,45%) en una cartera de activos de renta variable. Esta cartera debería consistir de 57,69% en Telefónica, 8,2% en Repsol y 34,11% en banco Sabadell.

Es la cartera con la mayor pendiente (0,6589) (sobre la frontera eficiente), considerando las preferencias del cliente. (riesgo max. de 21%) Esta cartera de renta variable (no la cartera total) crea una rentabilidad esperada de 17,23%. La cartera total tiene un riesgo casi de 21% (20,99692%) y ofrece un rendimiento esperado de 15,94%, que es mayor que en el ejemplo anterior. La pendiente se calcula con la fórmula: $Pendiente = \frac{Rentabilidad - Risk\ free}{Riesgo}$

