



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**INTRODUCCIÓN AL VALOR EN RIESGO**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**A C T U A R I O**

P R E S E N T A:

**PEDRO YAÑEZ SALINAS**

DIRECTOR DE TESIS:  
ACT. RICARDO VILLEGAS AZCORRA



**FACULTAD DE CIENCIAS  
UNAM**

2005

m. 343219





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



GOBIERNO NACIONAL  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
MEXICO

**ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ**  
**Jefe de la División de Estudios Profesionales de la**  
**Facultad de Ciencias**  
**Presente**

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

Introducción al Valor en Riesgo

realizado por Pedro Yañez Salinas

con número de cuenta 09641408-6 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Actuaría

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis      Act. Ricardo Villegas Azcorra  
Propietario

Propietario      Act. Miguel Angel Martínez Herrera

Propietario      Act. Oscar Pablo Herrera Villalobos

Suplente      Act. Jéssika Dilhery Lucas Flores

Suplente      Act. Felipe Zamora Ramos

Consejo Departamental de Matemáticas

Act. Jaime Vázquez Alamilla

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.  
NOMBRE: Pedro Yañez Salinas

FECHA: 18 abril de 2005

*Agradecimientos:*

*Primeramente a Dios, por permitirme cumplir sueños y metas difíciles de lograr y que sin su ayuda serían imposibles.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México y a todas aquellas personas que de alguna manera colaboraron en mi formación académica y que lograron hacer posible el término de este trabajo.*

*De manera especial a mis padres y hermanos en quienes siempre he encontrado un apoyo incondicional y siempre me han dado aliento y fuerzas para salir adelante.*

*A mi director de Tesis Act. Ricardo Villegas Azcorra y a mis sinodales: Act. Miguel Angel Martínez Herrera, Act. Oscar Pablo Herrera Villalobos, Act. JéssiKa Dilhery Lucas Flores y Act. Felipe Zamora Ramos, por toda la confianza puesta en mi y darme un apoyo incondicional para poder cumplir una de mis principales metas.*

*A mis amigos de la Facultad de Ciencias por todos los gratos momentos compartidos.*

*Abril de 2005*

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCION</b>	<b>3</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>INTRODUCCION A LA ADMINISTRACION DE RIESGOS</b>	<b>5</b>
<b>1.1. ANTECEDENTES DE LA ADMINISTRACION DE RIESGOS</b>	<b>6</b>
<b>1.2. DEFINICION DE RIESGO</b>	<b>9</b>
<b>1.3. DIFERENTES TIPOS DE RIESGOS FINANCIEROS</b>	<b>11</b>
<b>1.4. OBJETIVO DE LA ADMINISTRACION DE RIEGOS</b>	<b>12</b>
<b>1.5. RESPONSABILIDADES EN LA ADMINISTRACION DE RIESGOS</b>	<b>14</b>
<b>1.6. DESASTRES FINANCIEROS</b>	<b>15</b>
<b>1.7. MARCO REGULATORIO</b>	<b>17</b>
<b>CAPITULO 2</b>	
<b>RIESGO, RENDIMIENTO Y VOLATILIDAD.</b>	<b>19</b>
<b>2.1. RENDIMIENTO</b>	<b>21</b>
<b>2.2. MEDICION DEL RIESGO</b>	<b>23</b>
<b>2.3. DISTRIBUCION NORMAL</b>	<b>24</b>
<b>2.4. CORRELACION</b>	<b>28</b>
<b>2.5. VOLATILIDAD</b>	<b>29</b>
<b>CAPITULO 3</b>	
<b>VALOR EN RIESGO</b>	<b>32</b>
<b>3.1. INTRODUCCION AL VALOR EN RIESGO</b>	<b>33</b>
<b>3.2. VALOR EN RIESGO</b>	<b>34</b>
<b>3.3. METODO PARAMETRICO</b>	<b>36</b>
<b>3.4. METODO NO PARAMETRICO O DE SIMULACION HISTORICA</b>	<b>46</b>

## **CAPITULO 4**

<b>VALOR EN RIESGO EN INSTRUMENTOS DE DEUDA</b>	<b>50</b>
<b>4.1. INSTRUMENTOS DE DEUDA</b>	<b>51</b>
<b>4.2. TASAS DE INTERES</b>	<b>52</b>
<b>4.3. ESTRUCTURA DE TASAS DE INTERES</b>	<b>53</b>
<b>4.4. VALUACION DE BONOS</b>	<b>55</b>
<b>4.5. DURACION</b>	<b>57</b>
<b>4.6. CONVEXIDAD</b>	<b>58</b>
<b>4.7. VALOR EN RIESGO PARA UN INSTRUMENTO DE DEUDA.</b>	<b>61</b>
<b>4.8. MEDIDAS DE DESEMPEÑO AJUSTADAS POR RIESGO</b>	<b>64</b>

## **CAPITULO 5**

<b>RIESGO DE CREDITO</b>	<b>68</b>
<b>5.1. DEFINICIONES BASICAS</b>	<b>69</b>
<b>5.2. METODOLOGIAS</b>	<b>72</b>
<b>5.3. CreditMetrics</b>	<b>72</b>

<b>CONCLUSIONES</b>	<b>78</b>
---------------------	-----------

## **ANEXO**

<b>ADMINISTRACION DE PORTAFOLIOS</b>	<b>79</b>
--------------------------------------	-----------

<b>Glosario</b>	<b>87</b>
-----------------	-----------

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>92</b>
-----------------------------------	-----------

*“ INTRODUCCION AL VALOR EN RIESGO ”*

## INTRODUCCION

Al hablar de “riesgos” se piensa en la posibilidad de que ocurran eventos no deseados. Pero una parte de los riesgos en los mercados financieros ocurren por sucesos a los cuales no se les asocia ninguna probabilidad. Asignar una probabilidad a todos los eventos que puedan alterar las utilidades de las empresas, es lo que se denomina “Análisis de Riesgos”. Financieramente, se puede definir el “Riesgo” como la probabilidad de que los precios de los activos que se tengan en un portafolio se muevan adversamente ante cambios en las variables macroeconómicas que los determinan. Por lo tanto, es de interés toda distribución futura de utilidades, asociándole así una probabilidad a cada posible valor que puedan alcanzar las utilidades, con el objeto de caracterizar el perfil de riesgo que representa cada escenario factible.

La rentabilidad de las empresas está directa o indirectamente vinculada con los precios de activos financieros; la sobrevivencia misma de las compañías depende de los movimientos en dichos mercados. Razón por la cual, se ha tornado cada vez más relevante poder anticipar las posibles variaciones de las tasas de intereses, las cotizaciones de las acciones en los mercados bursátiles y el tipo de cambio, entre otras variables. No habría ninguna decisión financiera que tomar, si se pudiera determinar con precisión los cambios en estas variables. En la medida en que se enfrenta a la incertidumbre del futuro de estas variables, es necesario considerar los distintos cursos de acción posibles y las consecuencias que cada uno de ellos tiene si se presentan diferentes escenarios. Por este motivo el análisis de riesgos está íntimamente relacionado con el proceso de toma de decisiones de portafolio, de hecho en el área financiera se estudian de manera paralela.

El fin de la década de los noventa está marcado por la mayor movilidad internacional de los recursos, la diversificación de los productos financieros y el resurgimiento de la volatilidad a nivel global. Todos los elementos anteriores confluyen en la necesidad de adoptar métodos y procedimientos para el control de riesgos, cada vez más completos, como una herramienta indispensable de la administración moderna.

El objetivo del presente trabajo es contar con un instrumento que sirva como apoyo en materia de administración de riesgos y *que sea una herramienta práctica* para el Administrador de riesgos, además de conocer las técnicas generalmente aceptadas para la medición y control del riesgo de mercado y del riesgo de crédito haciendo uso de la metodología “*Valor en Riesgo*”. Esta diseñado para ser leído desde el inicio hasta el final, o bien, para ser utilizado como referencia en secciones específicas y con la intención de que el lector pueda entender y manejar los conceptos de manera sencilla.

En el primer capítulo se elabora una introducción a la función de la administración de riesgos en el cual se dan elementos para entender la importancia y la naturaleza de los diferentes tipos de riesgos, se mencionan algunas lecciones de desastres financieros en ausencia de la Administración de Riesgos.

En el capítulo dos, se describen las bases estadísticas previas para el cálculo del Valor en Riesgo, el cual se describe en los capítulos tres y cuatro, para instrumentos de mercado de capitales e instrumentos de deuda respectivamente. El capítulo cinco es dedicado al *Riesgo de Crédito* y se describe la metodología *CreditMetrics* para el cálculo del Valor en Riesgo.

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCION A LA ADMINISTRACION DE RIESGOS**

La administración de riesgos se ha definido como un proceso continuo que requiere que las organizaciones desarrollen políticas, métodos e infraestructura. Las políticas son el resultado de definiciones sobre estrategias para atender los riesgos, las tolerancias y la difusión interna y externa de la exposición a esos riesgos. Los métodos incorporan formulas de valuación de los distintos tipos de riesgos a que puede estar expuesta una organización. Son centrales los riesgos de mercado, de crédito, de liquidez y operacionales. La infraestructura se refiere no solo a la creación de bases de datos con información pertinente y el equipamiento de físico y de sistemas, sino también a la necesaria capacitación de personal y el desarrollo de habilidades técnicas y gerenciales.

El riesgo es un concepto subjetivo que se define como un cambio adverso en las condiciones esperadas, con la posibilidad de causarnos una pérdida o un daño y se caracteriza por presentar dos factores: la incertidumbre y la exposición a los mismos.

# INTRODUCCION A LA ADMINISTRACION DE RIESGOS

## **1.1. ANTECEDENTES DE LA ADMINISTRACION DE RIESGOS**

La Administración de Riesgos Financieros tuvo un gran crecimiento dentro del mundo de los negocios en la década de los ochentas. Tal vez la más importante y sencilla razón para este crecimiento fue que el riesgo provenía de las fluctuaciones en las tasas de interés, tipos de cambio, y además los precios de los bienes consumo se incrementaron dramáticamente a finales de los setenta y principios de los ochentas, en comparación con la primera era de la posguerra.

Al final de la segunda Guerra Mundial, se tuvo una gran estabilidad que incluyó a los precios de los bienes y servicios (Índices de inflación estables), así como las tasas de interés y tipos de cambio, y dado que habiendo ganado la guerra los aliados y siendo Estados Unidos la más fuerte y menos dañada economía en el mundo, fue quien ampliamente estableció los términos para un sistema de economía que prevaleciera con pocos cambios por aproximadamente veinte años.

Un importante elemento de este sistema fue la estabilidad de los precios de bienes y servicios dentro de los Estados Unidos y por consiguiente una estabilidad para las tasas de interés denominadas en dólares, pero esta estabilidad también se extendió a los tipos de cambio, vía el sistema de tipo de cambio fijo establecido en Bretton Woods, New Hampshire en julio de 1944, a través del acuerdo de 44 países importantes dentro del comercio internacional ( conocido como el tratado de Bretton Woods ). Los líderes de los países aliados, quienes ganaron la guerra, determinaron crear un ambiente económico en el cual no solo se prometía prosperidad para el mundo, sino además en donde las oportunidades de riesgo excesivo fueran verdaderamente remotas.

Los ingredientes importantes del Sistema de Estabilidad creado en la temprana era de la posguerra, incluyó un sistema de tipo de cambio fijo entre monedas, ligando a la moneda predominante en el mundo, el dólar con el oro. Si el valor del dólar podía permanecer estable y si los tipos de cambio fueran administrados y cambiaran esporádicamente y debido a la acción del gobierno, entonces el riesgo de las fluctuaciones de tipo de cambio serían minimizados para todos los participantes del mercado.

Es importante reconocer que en los primeros años de la era de la posguerra, la economía de los Estados Unidos era menos dependiente del comercio internacional, de lo que es ahora, por ello el tipo de cambio significaba más para otros países, principalmente europeos, los cuales tenían economías más abiertas. Algo importante del sistema creado al final de los cuarentas fue la estabilidad del dólar, así como la tasa de inflación en Estados Unidos; en tanto la tasa de inflación de Estados Unidos permaneciera baja y estable, entonces las tasas de interés podían permanecer de igual forma, al igual que el precio del oro en dólares.

El sistema de estabilidad de precios, tipos de cambio y tasas de interés, trabajo adecuadamente bien en tanto la inflación permaneciera bajo control, sin embargo, al entrar Estados Unidos a la guerra de Vietnam, a principios de los sesenta y al mismo tiempo iniciar una serie de programas de Gobierno de asistencia domestica, la estabilidad de la tasa de inflación fue sacrificada, de tal forma en que la tasa de inflación creciera en E.U., vino a ser imposible mantener la estabilidad en las tasas de interés y los tipos de cambio, esto forzó a la Reserva Federal a incrementar gradualmente las tasas de interés en tanto la inflación siguiera un camino ascendente, pero dichos incrementos eran controlados o manipulados por la Reserva Federal. No es sino hasta 1971 cuando se anuncio que las tasas de interés entrarían a un sistema de flctación libre, el cual sería determinado por el mercado.

Una historia similar se dio con el oro, el cual se fijaba en términos de dólares, y con el acuerdo de Bretton Woods de un sistema de tipo de cambio fijo y un incremento en la tasa de inflación, E.U. produjo significantes pérdidas en los poseedores de dólares alrededor del mundo, lo cual hizo atractivo cambiar dólares por oro; pero en 1968 la Reserva Federal se rehusó a intercambiar dólares por oro con ciudadanos extranjeros, y es en 1971 cuando determino realizar los intercambios sólo con bancos centrales extranjeros, lo cual oficialmente señalo el fin de la era del tratado de Bretton Woods de tipos de cambio fijos. En 1973 fue cuando oficialmente se adopto un tipo de cambio libre o flexible.

Todo lo anterior significó que el mundo entrara a una era, en la cual hubo una creciente volatilidad tanto de precio de bienes y servicios así como de tasas de interés y tipos de cambio, pero el mundo financiero no estaba preparado, lo cual llevo al auge de la administración de riesgos financieros en la década de los ochentas.

En el periodo comprendido entre 1970 y 2000, la proliferación de nuevos instrumentos financieros ha sido notable, así como el incremento en la volatilidad de las variables que afectan el precio de esos instrumentos. Destaca en particular el desarrollo de productos derivados (futuros, opciones y *swaps*) en este periodo.

El desarrollo más importante probablemente se dio en 1973 con la contribución que hicieron Fisher Black y Myron Scholes al proponer la fórmula para valorar el precio de las opciones financieras.

En 1994 el banco JP Morgan propuso en su documento técnico denominado *Ris metrics*, el concepto de “Valor en Riesgo” como modelo para medir cuantitativamente los riesgos de mercado en instrumentos financieros o portafolios con varios tipos de instrumentos. El Valor en Riesgo (VaR) es un modelo estadístico basado en la teoría de probabilidad.

No obstante que la palabra estadística se deriva del latín *status*, que significa “estado” y que el concepto tradicional de estadística se asocia con la presentación de resúmenes, información ordenada y relevante, así como gráficas que representan el “estado” de algún aspecto económico, demográfico o político, el concepto moderno de valor en riesgo esta muy lejos de estar asociado con un simple conjunto descriptivo de números y gráficas.

Con la propuesta de JP Morgan, en la cual se incorporan los conceptos de estadística desarrollados desde el siglo XVII, la administración de riesgos moderna en los umbrales del siglo XXI se concibe como una adopción de un enfoque más proactivo, que transforma la manera de medir y monitorear los riesgos.

Con el tiempo los matemáticos han transformado la teoría de probabilidad, de ser un instrumento aplicado al pronóstico de ganar o perder juegos de azar, a una poderosa herramienta que involucra información de posiciones en riesgo en grandes corporaciones, para su medición y monitoreo.

Hoy en día existe una mejor definición de riesgos, nuevos estándares en la medición cuantitativa de los mismos y se han diseñado nuevas estructuras organizacionales con vocación de investigación aplicada en modelos matemáticos y técnicas especializadas.

En adición al enfoque organizacional en las instituciones para realizar una efectiva administración de riesgos, vale la pena señalar que los avances en la tecnología han facilitado el proceso de identificación, evaluación y control de riesgos. El bajo costo de la computadora ha permitido procesar considerables volúmenes de información en un tiempo muy reducido.

Lo anterior no sorprende si se observa la evolución tanto de los mercados financieros en México y en el ámbito internacional como el de la regulación que esta cada vez mas especializada en lograr una medición de riesgos más completa, objetiva y cuantitativa.

Así, el control de riesgos es primeramente una herramienta de administración para la alta dirección de instituciones financieras y productivas. Opera tanto como instrumento de medición como de control y auditoría. Su contribución en esas esferas es tan significativa que se utiliza crecientemente con relación a actividades de la banca central, los fondos y sociedades de inversión y personas físicas.

## 1.2. DEFINICION DE RIESGO

Originalmente, la palabra riesgo significa roca peligrosa. Es una palabra que se deriva de los vocablos latinos riesco e italiano risco; donde risco significa la acción de adentrarse por el camino más escarpado.

En el siglo XVI ya se tenía una concepción moderna del riesgo, ya que se definía como una contingencia que podría presentarse. Posteriormente, a mediados del siglo XX los conceptos de riesgo e incertidumbre se trataron de manera indistinta; sin embargo, hoy en día existe una gran diferencia muy clara entre incertidumbre y riesgo, mientras la incertidumbre es subjetiva y no medible, lo que implica una distribución de frecuencia desconocida, el riesgo es cuantificable y objetivo, con una distribución de frecuencia conocida.

Para instituciones financieras, generalmente el riesgo se define como la variación del valor de la cartera de inversión con respecto de su valor actual, debido a movimientos en los factores de riesgo o por cambios en las variables crediticias y de liquidez, o por la presencia de problemas operativos. Esto significa que a diferencia de lo que se considera generalmente, tanto las desviaciones positivas y negativas del valor del portafolios se consideran riesgo. Entonces así, ya que, a menos que existan mercados imperfectos (que permitan realizar funciones de arbitraje con riesgo cero), rendimientos extraordinarios sólo se alcanzarían con posiciones con gran exposición al riesgo.

### 1.2.1. El riesgo y la toma de decisiones

La rentabilidad de las empresas está directa o indirectamente vinculada con los precios de activos financieros; la sobrevivencia misma de las compañías depende de los movimientos en dichos mercados. Razón por la cual, se ha tornado cada vez más relevante poder anticipar las posibles variaciones de las tasas de interés, las cotizaciones de las acciones en los mercados bursátiles y el tipo de cambio, entre otras variables. No habría ninguna decisión financiera que tomar, si se pudiera determinar con precisión los cambios en estas variables.

En la medida en que se enfrenta a la incertidumbre del futuro de estas variables, es necesario considerar los distintos cursos de acción posibles y las consecuencias que cada uno de ellos tiene si se presentan diferentes escenarios. Por este motivo el análisis de riesgos está íntimamente relacionado con el proceso de toma de decisiones de portafolios, de hecho en el área financiera se estudian de manera paralela.

El problema en la administración de riesgos se torna más complejo al tener que diferenciar entre distintos riesgos financieros. Una clasificación de los tipos de riesgo que se puede realizar es la siguiente:

- ◆ *Riesgos de mercado*, los cuales están asociados con los movimientos en precios de los activos que componen un portafolio.

- ◆ *Riesgos de crédito*, los cuales están relacionados con la probabilidad de impago de la contraparte.
- ◆ *Riesgos de liquidez*, son los riesgos relacionados con la probabilidad de no poder comprar o vender los activos o instrumentos que se tengan o se deseen tener en posición en las cantidades requeridas.
- ◆ *Riesgos operacionales* “se refiere a las pérdidas potenciales resultantes de sistemas inadecuados, fallas administrativas, controles defectuosos, fraude, o error humano”
- ◆ *Riesgos Legales* “se presenta cuando una contraparte no tiene la autoridad legal o regulatoria para realizar una transacción”.

En todos los casos, el riesgo consiste en movimientos adversos de los precios de los instrumentos financieros. Si se analizan los riesgos de liquidez, interesan los posibles cambios de precio que sufriría una posición si se intentara liquidar cuando el mercado es poco profundo, mientras que al estudiar riesgos de mercado interesan las fluctuaciones normales de precios. El riesgo crediticio está directamente asociado a una posible disminución del precio que sufre un título financiero cuando existe la posibilidad de que el suscriptor incumpla.

En todo proceso de toma de decisiones de portafolios es necesario considerar sistemáticamente los elementos fundamentales de riesgo y permitir la agregación consistente de riesgos a través de las mesas de operación, teniendo presente las coberturas naturales que puedan existir entre ellas. También, el proceso de toma de decisiones debe permitir optimizar portafolios con un enfoque prospectivo considerando la visión de mercado que se tenga.

Hasta una pequeña sociedad de corretaje cuyo negocio fundamental es el intermediar títulos de renta fija para clientes institucionales, está expuesta a los mismos tipos de riesgo que los grandes Bancos. Hasta ahora la mayoría de las gerencias de riesgo de las pequeñas instituciones financieras ha sido de carácter empírico, basada en la experiencia en los mercados, el conocimiento personal de sus contrapartes y el manejo conservador con respecto a los instrumentos.

La infraestructura tecnológica, por lo general, es una red de área local; los sistemas de información son un sistema administrativo-contable “off the shelf” y hojas de cálculo para llevar la posición e inventario de instrumentos de mercado. En una sociedad de corretaje pequeña es usual encontrar una estructura organizativa conformada por: un operador de mercado, dos personas de *Back Office* y el director ejecutivo; generalmente se realizan entre 3 a 5 operaciones por día.

### **1.3. DIFERENTES TIPOS DE RIESGOS FINANCIEROS**

Las empresas están expuestas a diferentes tipos de riesgos que se clasifican principalmente en riesgo de mercado, riesgo crédito, riesgos de liquidez, riesgo operacional y riesgo legal.

#### **Riesgo de Mercado.**

El Riesgo de Mercado es la pérdida que puede sufrir un inversionista debido a la diferencia en los precios que se registran en el mercado o en movimientos de los llamados factores de riesgo (tasas de interés, tipos de cambio etc.). Se puede definir más formalmente como la posibilidad de que el valor presente neto de un portafolios se mueva adversamente ante cambios en las variables macroeconómicas que determinan el precio de los instrumentos que componen una cartera de valores.

El riesgo de mercado incluye el riesgo base, el cual se presenta cuando se rompe o cambia la relación entre los productos utilizados para cubrirse mutuamente, y el riesgo gama, ocasionado por relaciones no lineales entre los subyacentes y el precio o valor del derivado. Los tenedores de posiciones largas de derivados se han visto afectados por riesgos base y gama, aún cuando pensaban que estaban completamente cubiertos.

El riesgo de mercado puede asumir dos formas; el riesgo absoluto y el riesgo relativo, relacionado con un índice base. Mientras el primero se concentra en la volatilidad de las ganancias totales, el segundo mide el riesgo en términos de desviación respecto al índice.

#### **Riesgo de Crédito.**

El Riesgo de crédito se presenta cuando las contrapartes están poco dispuestas o imposibilitadas para cumplir sus obligaciones contractuales. Su efecto se mide por el costo de reposición de flujos de efectivo si la otra parte incumple. En términos generales, el riesgo de crédito también puede conducir a pérdidas cuando los deudores son clasificados duramente por las agencias crediticias, generando con ello una caída en el valor de mercado de sus obligaciones.

El riesgo de crédito también incluye el riesgo soberano. Esto ocurre, por ejemplo, cuando los países imponen controles a las divisas extranjeras que imposibilitan a las contrapartes a cumplir sus obligaciones. Mientras que el riesgo de incumplimiento es generalmente específico de una empresa, el riesgo soberano es específico de un país.

#### **Riesgo de Liquidez.**

El riesgo de liquidez se refiere a las pérdidas que puede sufrir una institución al requerir una mayor cantidad de recursos para financiar sus activos a un costo posiblemente inaceptable.

Se refiere también a la imposibilidad de transformar en efectivo el portafolios (imposibilidad de vender un activo en el mercado). Este riesgo se presenta en situaciones de crisis, cuando en el mercado existen únicamente vendedores.

### **Riesgo Operacional.**

El riesgo operacional se refiere a las pérdidas potenciales resultantes de sistemas inadecuados, fallas administrativas, controles defectuosos, fraude, o error humano. Es el riesgo de pérdidas derivadas en los procesos internos, en los sistemas, en la actuación del personal, por eventos externos, o por procesos internos no adecuados. El riesgo operacional no esta asociado a productos ni a contrapartes, sino a procesos, por lo que la forma de controlarlo reside en una buena gestión de los procesos que lo originan.

### **Riesgo Legal.**

El riesgo legal existe cuando la contraparte no tiene la regulación legal para poder realizar transacciones. El riesgo existe no sólo en el emisor, sino también en el tenedor del bien, la transacción más común donde existe el riesgo legal es el swap, ya que el riesgo existe en ambas partes a diferencia de los instrumentos físicos, pues el riesgo legal tiene más peso en el emisor que en el comprador, en esta operación el comprador tendrá solo el riesgo legal en caso de que dicha empresa se encuentre en default.

## **1.4. OBJETIVO DE LA ADMINISTRACION DE RIEGOS**

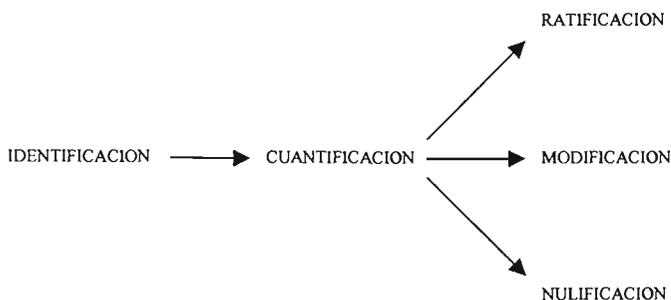
La administración de riesgos, es el proceso mediante el cual se identifica, se mide y se controla la exposición al riesgo, su objetivo puede ser expresado en dos sentidos:

- Asegurarse de que una institución o inversionista no sufra pérdidas económicas inaceptables (no tolerables)
- Mejorar el desempeño financiero de dicho agente económico, tomando en cuenta el desempeño ajustado por riesgo.

Lo anterior se logra entendiendo los riesgos que toma la institución, midiendo dichos riesgos, estableciendo controles de riesgo y comunicando dichos riesgos a los órganos colegiados correspondientes (Comité de Riesgos o Consejo de Administración).

El procedimiento para tener una buena administración de riesgos, debe presentar una rigurosa y genérica apreciación de la exposición al riesgo.

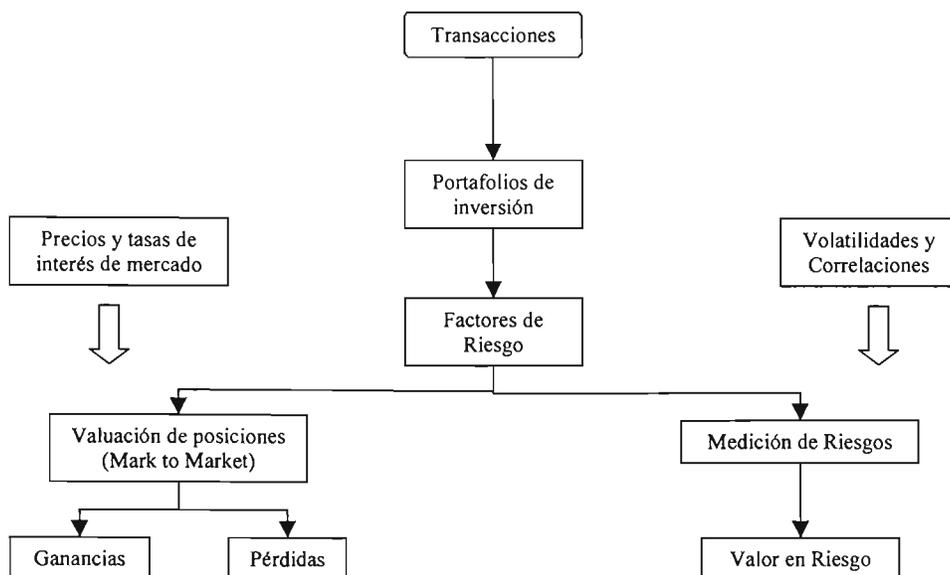
El proceso de la administración de riesgos implica, en primer lugar, la identificación de los riesgos, en segundo su cuantificación y control mediante el establecimiento de límites de tolerancia al riesgo, y finalmente, la modificación o nulificación de los riesgos. A continuación se muestra esquemáticamente este proceso:



Para lograr una efectiva identificación de riesgos es necesario considerar las diferentes naturalezas de riesgos que se presentan en una transacción. Los riesgos de mercado se asocian a la volatilidad, estructura de correlaciones y liquidez, pero estos no pueden estar separados de otros, como riesgos operativos o riesgos de crédito.

El siguiente paso en el proceso de la administración de riesgos se refiere a la cuantificación. Este aspecto ha sido suficientemente explorado en materia de riesgo de mercado. Existen una serie de conceptos que cuantifican el riesgo de mercado entre ellos: valor en riesgo, duración convexidad, peor escenario, análisis de sensibilidad etc. Todas ellas pueden ser utilizadas, pero en este material se pone especial atención al valor en riesgo, aunque no se dejará de mencionar los distintos conceptos mencionados.

En el siguiente diagrama se muestra la función de cuantificación del riesgo de mercado, por una parte se debe contar con los precios y tasas de interés de mercado para la valuación de instrumentos y, por otra, cuantificar las volatilidades y correlaciones que permitan obtener el valor en riesgo por instrumento, por grupo de instrumentos y la exposición al riesgo global.



## 1.5. RESPONSABILIDADES EN LA ADMINISTRACION DE RIESGOS

Para desarrollar una adecuada administración del riesgo surgen responsabilidades importantes algunas de las cuales se mencionan en los siguientes puntos:

- El papel de la alta dirección. Definir las políticas y controles asegurándose de que estén por escrito en un documento que sirva de base a clientes, reguladores y auditores. Las políticas deben incluir los límites que deben respetar las áreas de negocios.
- Valuación a mercado de las posiciones de riesgo. Este término se conoce como Mark-to-Market y consiste en medir el valor justo o de mercado de un portafolios. La pérdida o ganancia no realizada de la posición de riesgo se calcula mediante la diferencia entre el valor de adquisición de la posición y el valor de dicha posición a mercado. Esta valuación se debe hacer de preferencia diario para evitar sorpresas.

- Medición cuantitativa de riesgos. La medición de riesgos de mercado se logra mediante el cálculo de lo que se conoce como Valor en Riesgo, el cual mide la pérdida potencial máxima que se puede sufrir en una posición de riesgo dado un nivel de confianza elevado y en un periodo de tiempo determinado.
- Simulaciones extremas o de *stress*. Se deben valorar las posiciones en condiciones extremas o adversas de mercado. El valor en riesgo solo es útil en condiciones normales de mercado.
- Independencia en la medición de riesgos. El objetivo es evitar conflictos de interés que pueden surgir cuando las áreas de negocios emiten sus propios reportes, miden sus propios riesgos y se monitorean a sí mismas. El administrador de riesgos debe ser completamente independiente de las áreas de registros contables y de las áreas de operación de la empresa.
- Experiencia y conocimiento de estadísticas y sistemas. La mayor parte de las técnicas para calcular el valor en riesgo tienen un fuerte soporte estadístico y la información debe ser entendible y accesible para medir el riesgo de manera oportuna.

## 1.6. DESASTRES FINANCIEROS

Las empresas participan en el negocio de la administración de riesgos, las más competentes lo consiguen, otras fallan. Mientras que algunas empresas asumen pasivamente los riesgos financieros, otras intentan crear una ventaja competitiva a través de una exposición juiciosa a estos tipos de riesgos.

En ambos casos, sin embargo, los riesgos financieros deberían ser vigilados cuidadosamente ya que significan un alto potencial de pérdidas financieras importantes. A continuación se mencionan algunos casos recientes de desastres financieros debidos a una mala administración de riesgos.

El Banco de Negara, banco central de Malasia, perdió más de \$3 mil millones en 1992 y \$2 mil millones en 1993 después de las malas operaciones con el tipo de cambio. El banco había especulado que la libra esterlina permanecería dentro del Sistema Monetario Europeo (EMS), sin embargo, el banco de Inglaterra, bajo un fuerte de los especuladores, dejó que la libra se retirara del EMS en septiembre de 1992.

La defensa de la libra costó miles de millones a los contribuyentes británicos. Algunos de los jugadores fueron los fondos de cobertura, uno de los cuales (el de George Soros) reportó haber logrado ganancias de \$2 mil millones de dólares.

En diciembre de 1993, el Banco de España asumió el control de Banesto, uno de los cinco bancos de España más grandes. Banesto tenía un “hoyo negro” de \$4.7 mil millones en pérdidas, fuera de una hoja de balance de \$43 mil millones; los préstamos incobrables y las inversiones en industrias dudosas se agravaron por la crisis de la economía española. El Banco quebró y fue comprado subsecuentemente por Banco Santander.

Los contribuyentes franceses pagaron el rescate más grande de todos los tiempos por una institución en 1994. Credit Linnais, el banco gubernamental más grande del país fue mantenido a flote con un subsidio gubernamental de \$10 mil millones. Los problemas del banco se derivaron de una expansión muy agresiva y una mala administración. Entre las dificultades resalta una enorme exposición en bienes raíces, con lo que sufrió amplias pérdidas durante la recesión de 1992-1993. Pero el banco también sufrió por sus inversiones estatales generadoras de pérdidas e incluso con un estudio cinematográfico estadounidense.

### **La caída de Barings; una lección de riesgo.**

El 26 de febrero de de 1995, la reina de Inglaterra se despertó con la noticia que Barings PLC, un venerable banco con 233 años de antigüedad, había caído en bancarrota. Aparentemente, el desplome del banco se debió a un solo operador, Nicholas Leeson, de 28 años de edad, quien perdió \$1.3 mil millones en operaciones con derivados. Esta pérdida aniquiló todo el capital social de la empresa.

La pérdida fue causada por una enorme exposición al riesgo en el mercado accionario japonés, a través del mercado de futuros. Lesson, el operador jefe de futuros de Barings, en Singapur, había estado acumulando posiciones en futuros sobre índices accionarios, en particular el índice Nikkei. La posición de Barings en las bolsas de Singapur y de Osaka sumaba \$7 mil millones. Como el mercado cayó más del 15 por ciento en los primeros meses de 1995, Barings sufrió una gran pérdida, la cual empeoró al tomar posiciones cortas sobre opciones, lo que implica una apuesta a un mercado estable. Como las pérdidas se acumularon, Lesson incrementó el tamaño de la posición, con la obstinada creencia que estaba en lo correcto. Entonces, incapaz de realizar los pagos en efectivos requeridos por las bolsas, Lesson simplemente huyó el 23 de febrero.

Como Barings era visto como un banco conservador, la quiebra sirvió como una llamada de atención para las instituciones financieras de todo el mundo.

### **Condado de Orange.**

El caso del Condado de Orange representa quizás la forma más extrema de riesgo de mercado no controlado, en un fondo gubernamental local. A Bob Citron, tesorero del condado, le fue confiado un portafolio de \$7.5 mil millones de dólares pertenecientes a escuelas y ciudades del condado, distritos especiales y al propio condado.

Para adquirir una ganancia mayor a estos miles de millones, Citron efectivamente obtuvo prestamos por cerca de \$12.5 mil millones, a través de acuerdos de recompra inversa, por un total de \$20 mil millones que fueron invertidos en bonos privados con un vencimiento promedio de alrededor de cuatro años. En un entorno en donde los costos de financiamiento de corto plazo eran más bajos que los rendimientos de mediano plazo, la estrategia altamente apalancada se desempeñó excesivamente bien, especialmente mientras caían las tasas de interés.

Desafortunadamente, el incremento en las tasas de interés que inicio en febrero de 1994, descubrió la estrategia. Durante todo el año, las pérdidas de papel en el fondo condujeron a llamadas de margen de los intermediarios de Wall Street que habían proporcionado el financiamiento de corto plazo. En diciembre, al difundirse las noticias sobre la pérdida, los inversionistas trataron de retirar su dinero. Finalmente dado que el fondo no cumplió en los pagos colaterales, los intermediarios empezaron a liquidar su colateral y el Condado de Orange se declaro en bancarota. Durante el siguiente mes, también fueron liquidados los valores restantes del portafolio, conduciendo a una pérdida de \$1.64 mil millones de dólares.

El común denominador de estos desastres fue la falta de políticas y sistemas de administración de riesgos que permitieran medir y monitorear efectivamente las pérdidas potenciales de las posiciones en que estaban involucradas dichas corporaciones.

### **El colapso del peso mexicano**

En diciembre de 1994, la actividad de los mercados emergentes se volvió una amarga experiencia cuando México devaluó el peso 40 por ciento. La devaluación fue ampliamente considerada como un error gubernamental y condujo a un colapso del mercado accionario mexicano. Los inversionistas que habían colocado varias sumas de dinero en las economías en desarrollo de Latinoamérica y Asia, enfrentaron grandes pérdidas, ya que la devaluación mexicana condujo a una baja generalizada en los mercados emergentes en todo el mundo.

## **1.7. MARCO REGULATORIO**

A principios de la década de los ochenta, las autoridades regulatorias internacionales eligieron el modelo de regulación prudencial para supervisar los niveles de capitalización en las instituciones financieras. En éste, los modelos de valor en riesgo son fundamentales para determinar los niveles de capitalización, consistentes en los niveles de riesgo al que están expuestas estas entidades.

En el caso del sistema financiero mexicano, el Banco de México, la Comisión Nacional Bancaria y de Valores, la Comisión de Seguros y Fianzas y la Comisión Nacional del Sistema de Ahorros para el Retiro al igual que las instituciones reguladoras internacionales, se han adherido al principio de regulación prudencial.

Las principales medidas regulatorias que las autoridades han adoptado son:

- En 1991 se determino que el capital neto de los bancos debería ser de al menos 8% del total de los activos ponderados por riesgo.
- En 1995 el Banco de México estableció que las instituciones financieras que pretendan participar en los mercados de coberturas cambiarias, compraventa de dólares a futuro y de opciones de compra y venta de dólares, deberán cumplir con 31 puntos entre los cuales destacan:

Se involucra a la dirección general y al consejo de administración de las instituciones financieras, en la definición de la operación, límites de riesgo y aprobación de nuevos productos.

Se crea la unidad de Control de Riesgos, independientemente de las áreas de *trading* con la función de medir y de informar diariamente a la dirección general sobre la exposición al riesgo de la institución.

Se destaca que las unidades de control de riesgos deberán contar con sistemas de estimación y valuación de riesgos.

- El 28 de junio de 1996 la CNBV emitió las reglas para los requerimientos de capitalización de las casas de bolsa.
- En 1995 la CNBV estableció los nuevos criterios contables para las instituciones financieras. Con estas modificaciones se homogeneizaron los criterios contables en México con los estándares internacionales.
- En enero de 1999 la CNBV emitió las disposiciones de carácter prudencial en materia de Administración Integral de Riesgos.

## **CAPITULO 2**

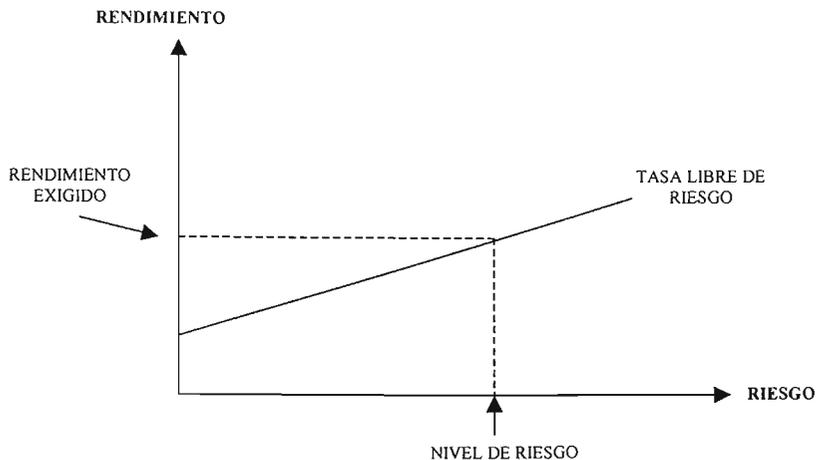
### **RIESGO, RENDIMIENTO Y VOLATILIDAD.**

La administración del riesgo es el proceso mediante el cual se identifica, se mide y se controla la exposición al riesgo, en el cual interviene la toma de decisiones. Puesto que las situaciones en las que hay que tomar decisiones complejas requieren casi siempre algún tipo de análisis estadístico, nunca se insistirá lo suficiente en la importancia que tiene la estadística inferencial para el tomador de decisiones. En las instituciones financieras las ganancias dependen principalmente del riesgo de mercado, el cual puede ser medido o estimado y a su vez controlado mediante la implementación de políticas y procedimientos que limiten la pérdida, la cual será calculada por medio de modelos matemáticos basados en la estadística y probabilidad.

## **RIESGO, RENDIMIENTO Y** **VOLATILIDAD**

En el entorno financiero existen dos variables básicas que es preciso entender y saber calcular para tomar decisiones de inversión: el rendimiento y el riesgo. En medida que una inversión es más riesgosa debe exigírsele un mayor rendimiento.

El riesgo puede ser definido en términos generales como la incertidumbre sobre los flujos futuros o resultados futuros. Esto se explica mejor en términos de probabilidad, la cual tiene sus raíces en los problemas de distribución justa. De hecho, en la edad media la palabra probabilidad significaba “una opinión certificada por la autoridad”. La preocupación por la justicia condujo a las nociones de equivalencia entre las expectativas. Y el estudio de las expectativas preparó el escenario para la teoría de probabilidad.



## 2.1. RENDIMIENTO

El rendimiento se define como una retribución para cualquier suscriptor de un activo financiero. Puede ser explícito (mediante un tipo de interés fijo o variable) o implícito (diferencia entre el precio pagado en la emisión y la cantidad recibida al vencimiento). El rendimiento mixto es la combinación de ambos.

El rendimiento de un activo o portafolios es el cambio de valor que registra en un periodo de tiempo con respecto a su valor inicial, matemáticamente se expresa como sigue:

$$R = \frac{\Delta \text{valor}}{\text{valor}_{\text{inicial}}}$$

$$R = \frac{\text{valor}_{\text{final}} - \text{valor}_{\text{inicial}}}{\text{valor}_{\text{inicial}}}$$

Como ejemplo numérico considérese que el precio del día de ayer de la acción Apasco fue de 87.29 pesos y el día de hoy su precio es de 88.7 pesos, el rendimiento de un día esta dado por:

$$R = \frac{88.7 - 87.29}{87.29} = 1.6\%$$

es decir, el rendimiento de un día que presenta la acción Apasco es de 1.6% .

El rendimiento promedio se define como la suma de los rendimientos de cada uno de los activos, entre el número de activos, matemáticamente:

$$R_{prom} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}$$

El rendimiento anualizado esta dado por:

$$R_A = (1 + R_n)^n - 1$$

En donde  $n$  representa el número de periodos que se tiene dentro del año ( si se tiene un rendimiento diario entonces  $n = 252$ ), para encontrar el rendimiento de un periodo distinto al que se tiene, se utiliza la misma fórmula de rendimiento anualizado utilizando el número de periodos  $n$  adecuado, en el siguiente cuadro se muestra un ejemplo numérico en el que se analiza el rendimiento de la acción Apasco en el periodo del 11 de noviembre al 11 de diciembre de 2003, se tiene el rendimiento diario a partir del cual se obtiene el rendimiento mensual.

Fecha	Precio	Rendimiento
11/12/2003	88.70	1.62%
10/12/2003	87.29	-0.69%
09/12/2003	87.90	0.92%
08/12/2003	87.10	0.13%
05/12/2003	86.99	0.36%
04/12/2003	86.68	0.67%
03/12/2003	86.10	0.13%
02/12/2003	85.99	0.14%
01/12/2003	85.87	-0.68%
28/11/2003	86.46	1.32%
27/11/2003	85.33	0.78%
26/11/2003	84.67	-0.72%
25/11/2003	85.28	-0.61%
24/11/2003	85.80	-1.38%
21/11/2003	87.00	-0.31%
19/11/2003	87.27	-0.77%
18/11/2003	87.95	-0.27%
17/11/2003	88.19	-0.92%
14/11/2003	89.01	1.14%
13/11/2003	88.01	0.85%
12/11/2003	87.27	0.00%
<b>Rendimiento Promedio Diario</b>		<b>0.08%</b>
<b>Rendimiento Mensual</b>		<b>2.45%</b>

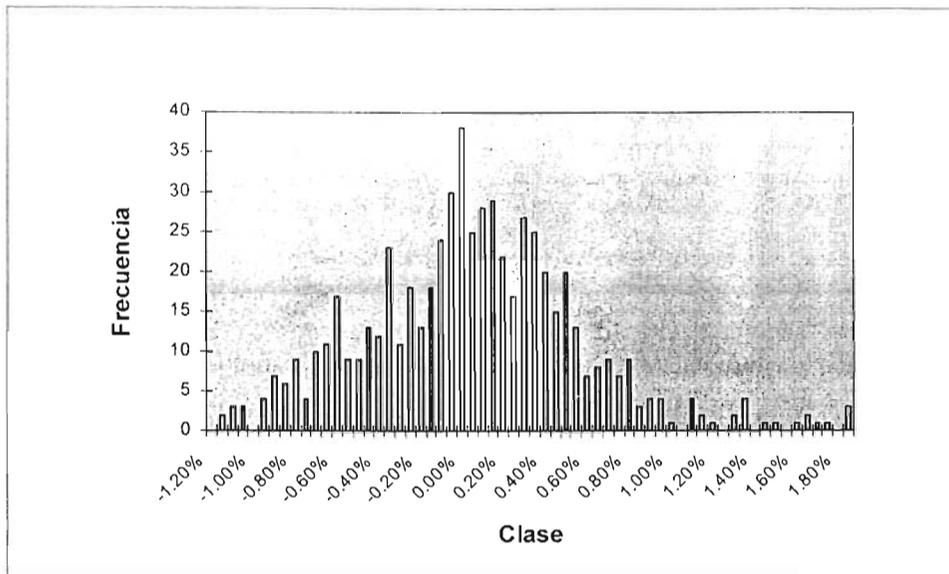
El rendimiento de un portafolios se define como la suma ponderada de los rendimientos individuales de los activos que componen el portafolios. Matemáticamente:

$$R_p = \sum_{i=1}^n W_i R_i$$

## 2.2. MEDICION DEL RIESGO

Para observar la manera como los rendimientos de algún activo o portafolios se han comportado durante un periodo de tiempo en el pasado es necesario graficar una distribución de frecuencias.

Enseguida se muestra el comportamiento de los rendimientos del tipo de cambio peso-dólar en el periodo del 04 de junio de 2001 al 31 de octubre de 2003.



Lo que es el foco de nuestra atención son las orillas del histograma, las observaciones extremas. Si queremos comprar dólares el riesgo es que la variable tome los valores extremos de la parte derecha, puesto que indican un tipo de cambio mucho mas elevado. Observemos que cuando esta distribución se grafica asume una figura en particular.

### 2.3. DISTRIBUCION NORMAL

Los instrumentos financieros presentan por lo general una distribución de probabilidad normal, la cual esta definida por una curva simétrica en forma de campana.

La distribución normal tiene un papel muy importante en cualquier campo de la estadística y en particular, en la medición de riesgos en finanzas. Los parámetros más importantes que la definen son la media y la desviación estándar, siendo la notación más conocida como  $N(\mu, \sigma)$ .

Otros indicadores que definen a la distribución normal son el sesgo y la kurtosis. El sesgo mide el grado de simetría de la distribución, para tener una simetría de la curva perfecta el sesgo debe ser cero. La kurtosis mide cuan puntiaguda es la distribución y debe ser igual a tres ya que en tres desviaciones estándar se cuenta con el 99.7% de las observaciones.

Algunas de las propiedades de la distribución normal se enlistan a continuación:

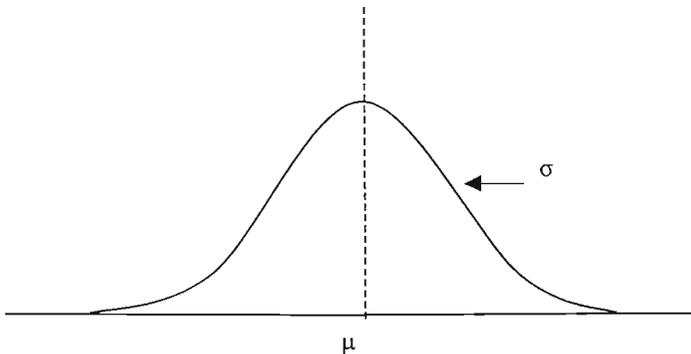
- Media  $\mu$
- Varianza  $\sigma^2$
- Desviación típica  $\sigma$
- Coeficiente de sesgo  $\alpha_3 = 0$
- Coeficiente de kurtosis  $\alpha_4 = 3$

En estadística es posible demostrar que si consideramos una muestra de tamaño  $n$  perteneciente a una población que se distribuye normalmente ( con media  $\mu$  y desviación estándar  $\sigma$  ), dicha muestra tendrá una distribución normal de media  $x$  y desviación estándar  $\sigma/\sqrt{n}$  . el teorema del límite central establece que aun cuando la muestra de tamaño  $n$  es suficientemente grande, la distribución de la muestra es aproximadamente normal, sin importar la distribución de la población. En este sentido, la distribución normal juega un papel importante en el desarrollo de las finanzas y procedimientos en la administración de riesgos.

La distribución de probabilidad normal de una variable aleatoria se puede representar como un histograma de frecuencias de una forma suavizada y basada en número grande de observaciones. La distribución normal tiene como función de densidad la siguiente expresión:

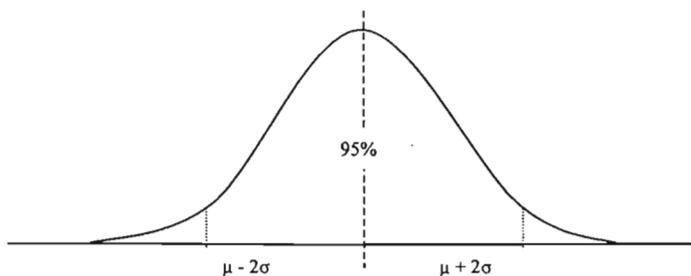
$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

y se representa por:



La función de densidad normal es caracterizada por dos parámetros  $\mu$  y  $\sigma^2$  que corresponden con el valor esperado o valor medio de la variable  $x$  y  $\sigma^2$  es su varianza.

Otra propiedad interesante de la distribución normal es que en el intervalo  $[\mu - \sigma^2, \mu + \sigma^2]$  se encuentra el 68% del área o probabilidad y en el intervalo  $[\mu - 2\sigma^2, \mu + 2\sigma^2]$  se encuentra el 95% del área.



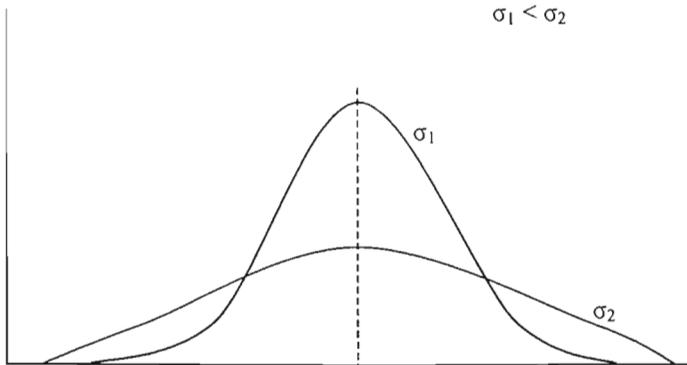
La curva normal esta centrada alrededor de la media, la variación o dispersión alrededor de la media se expresa en unidades de la desviación estándar. En un portafolios, la media es simplemente su rendimiento promedio, y la desviación estándar se define como la volatilidad. Las expresiones para su cálculo son:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} \qquad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \mu)^2}{n - 1}}$$

$$\mu = \sum_{i=1}^n P_i R_i \qquad \sigma = \sum_{i=1}^n p_i (R_i - \mu^2)$$

En donde  $P_i$  es la probabilidad de ocurrencia.

A continuación se muestra una gráfica de dos distribuciones de probabilidad normal que tienen la misma media pero diferente dispersión.



En la gráfica se aprecia que la distribución de probabilidad 2 tiene mayor dispersión que la distribución 1 y, por tanto, mayor riesgo.

La función de densidad normal es simétrica con respecto a la media, y por tanto, solo se necesita tabular las áreas de un lado de la media. Las áreas, son áreas a la derecha o a la izquierda de valores de  $z$ , donde  $z$  es la distancia de un valor  $x$  respecto a la media, expresada en unidades de desviación estándar.

Adicionalmente a la media y a la desviación estándar, la curva de la distribución normal tiene dos características importantes: el sesgo y la kurtosis, a los cuales se les conoce como el tercer y cuarto momento respectivamente.

El sesgo es un indicador que mide la simetría de la curva. En el caso de una normal perfecta, el sesgo es igual a cero. Si éste es distinto de cero, estará sesgado hacia la izquierda o hacia la derecha, según el signo del sesgo.

La kurtosis es el indicador que mide el nivel de levantamiento de la curva respecto a la horizontal. Esta situación se presenta cuando existen pocas observaciones muy alejadas de la media. La kurtosis de una distribución normal perfecta es igual a tres. Las fórmulas para determinar el sesgo y la kurtosis son;

$$Sesgo = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^3}{(n-1)\sigma^3}$$

$$Kurtosis = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^4}{(n-1)\sigma^4}$$

Por otra parte, vale la pena señalar que la media y la desviación estándar de un periodo pueden ser transformadas a otro periodo. Por ejemplo, si tenemos la media y la volatilidad diaria, es posible determinar los parámetros anuales mediante las siguientes expresiones:

$$\mu_{anual} = \mu_{diaria} \cdot t$$

$$\sigma_{anual} = \sigma_{diaria} \sqrt{t}$$

Los ajustes en la volatilidad a diferentes horizontes de tiempo deben realizarse con la raíz cuadrada del periodo, y por tanto, la volatilidad es una función del tiempo expresado en una forma no lineal.

## 2.4. CORRELACION

La correlación es de fundamental importancia en el cálculo del Valor en Riesgo. Suele utilizarse para medir el grado de movimiento conjunto entre dos variables o la relación lineal entre ambas. El coeficiente de correlación de Pearson se calcula en función de los rendimientos observados de la siguiente manera:

$$corr(x_i, y_i) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x)^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \mu_y)^2}}$$

La correlación se encuentra entre -1 y +1, el signo positivo significa que las dos variables se mueven en la misma dirección, mientras más cercano a la unidad mayor es el grado de dependencia mutua.

El signo negativo indica que las dos variables se mueven en sentidos opuestos, asimismo, mientras más cercano a cero sea el coeficiente de correlación, mayor será el grado de independencia de las variables.

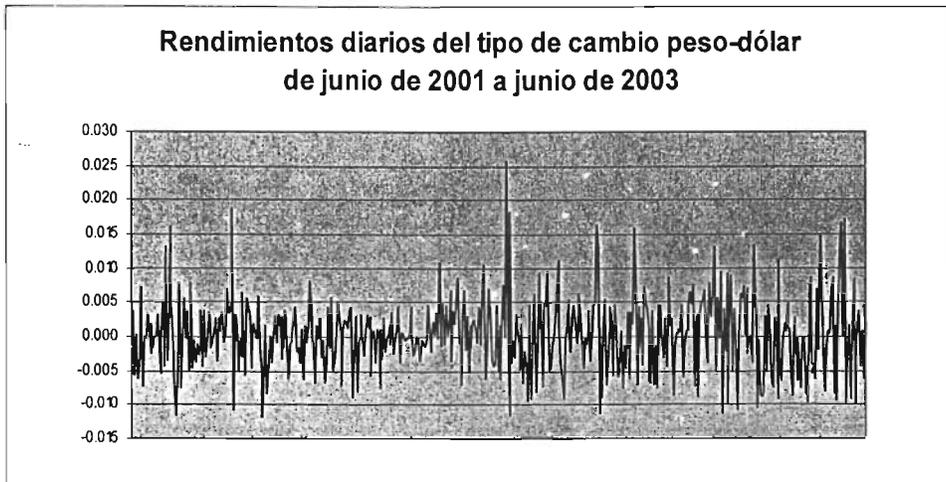
## 2.5. VOLATILIDAD

Sin lugar a dudas, el análisis de la volatilidad y el diseño de modelos para su pronóstico es una de las ramas de las finanzas más exploradas en los años recientes. La volatilidad es la variable más importante para determinar el Valor en Riesgo de un portafolios de activos.

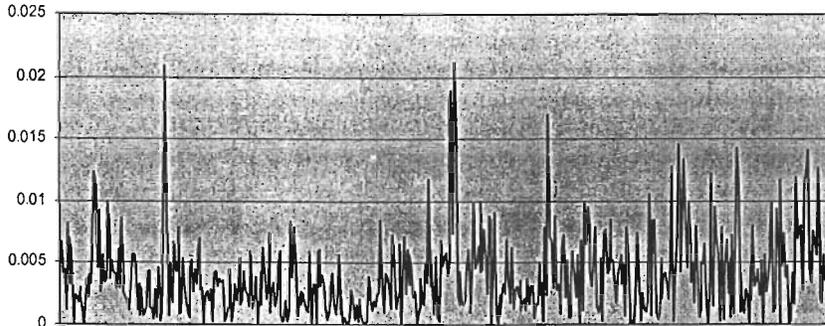
La volatilidad es la desviación estándar (o raíz cuadrada de la varianza) de los rendimientos de un activo o un portafolios. Es un indicador fundamental para la cuantificación de los riesgos de mercado, debido a que representa una medida de dispersión de los rendimientos con respecto al promedio o la media de los mismos en un periodo determinado.

La mayor parte de los rendimientos se sitúan alrededor de un punto (generalmente el promedio de los rendimientos) y poco a poco se van dispersando, hacia las colas de la curva de la distribución normal. Esa es la medida de volatilidad.

En las gráficas siguientes se muestra el comportamiento de los rendimientos y volatilidad del tipo de cambio peso-dólar de junio de 2001 a junio de 2003.



### Volatilidad diaria del tipo de cambio peso-dólar de junio de 2001 a junio de 2003



Como se observa en la gráfica, la volatilidad muestra las siguientes características:

- La volatilidad varía a lo largo del tiempo y sigue un comportamiento similar a los rendimientos diarios.
- Volatilidades elevadas persisten por periodos prolongados antes de disminuir sus niveles de largo plazo (propiedad “*clustering*”).
- La volatilidad varía más que proporcionalmente cuando los rendimientos aumentan que cuando los rendimientos disminuyen. Esta característica se conoce como “efecto de apalancamiento”.

No obstante que la volatilidad varía a través del tiempo, bajo algunos supuestos se puede pronosticar. Esta es la característica más importante en el proceso de estimación del VaR. Pronósticos de la volatilidad confiables permitirán alcanzar estimaciones del VaR de alta calidad.

Es importante señalar que no es lo mismo la volatilidad de rendimientos de precios que la volatilidad de tasas de interés. La fórmula siguiente puede utilizarse para convertir la volatilidad de tasas de interés a volatilidad de precios:

$$\sigma_p = \frac{\Delta p}{\Delta r} \times r \times \sigma_r$$

Donde  $\frac{\Delta p}{\Delta r}$  es la sensibilidad del precio de un bono a un cambio a las tasas de interés (*duración*),  $r$  es la última tasa de interés y  $\sigma_r$  es la volatilidad de tasas.

Existen varias formas para estimar la correlación y la volatilidad, tantas, como para ocupar un capítulo de correlación y uno de volatilidad, sin embargo, para efectos del presente trabajo no se desarrollarán a fondo estos temas, se deja al criterio del lector una investigación más profunda.

## VOLATILIDAD HISTORICA

Un método muy común para estimar la volatilidad y en el cual se basará el presente trabajo, es el método de volatilidad histórica, en el cual no se hace énfasis en el pasado inmediato, es decir, todas las observaciones tienen el mismo peso específico y el pronóstico esta basado en observaciones históricas.

Para el cálculo de la volatilidad se utiliza la misma fórmula de la desviación estándar que se estableció anteriormente:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \mu)^2}{n - 1}}$$

En la investigación que se ha realizado para contar con estimadores de la varianza, se ha demostrado que es mejor considerar únicamente el cuadrado de los rendimientos, por lo que una forma más práctica de calcular la volatilidad histórica sería la siguiente:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n r_i^2}{n}}$$

Lo que recomienda el Banco Internacional de Liquidaciones (BIS) es considerar un horizonte de 250 días (hábiles) de operación, equivalente a un año calendario.

## **CAPITULO 3**

### **VALOR EN RIESGO**

En los aceleradamente evolutivos mercados financieros actuales, los sistemas de administración de riesgos ofrecen una protección esencial contra el riesgo de mercado. El Valor en Riesgo (VaR por sus siglas en inglés “Value at Risk”) es un componente importante en tales sistemas, dado que permite a las empresas medir y controlar sus riesgos financieros. Las instituciones a la vanguardia de la administración de riesgos han establecido comités de administración global de riesgos, que reportan directamente a la alta dirección. Estos equipos agregan los riesgos de toda la empresa en una sola medida de VaR que es fácil de comunicar a la alta dirección y a los accionistas. El VaR resume en un solo número la pérdida máxima esperada (o peor pérdida) a lo largo de un horizonte de tiempo objetivo dentro de un intervalo de confianza dado.

## VALOR EN RIESGO

Cuando se usa la medida del valor en riesgo, el gestor de una cartera de instrumentos financieros está interesado en hacer declaraciones del siguiente estilo:

“Estamos seguros en un X por ciento de que no perderemos más de V pesos (dólares Etc.) en los próximos N días.

La variable V es el VaR de la cartera. Es función de dos parámetros: N es el horizonte de tiempo y x es el nivel de confianza. El VaR es el nivel de pérdidas que no se sobrepasará a lo largo de N días con X por ciento de seguridad.

La metodología para el cálculo del Valor en riesgo, fue promovida y difundida por J. P. Morgan en 1994, y se usa como un nivel de referencia y un estándar en los mercados financieros, lo que permite comparar la exposición de riesgo de mercado entre diversas instituciones.

### **3.1. INTRODUCCION AL VALOR EN RIESGO**

El Valor en Riesgo (VaR) es un método para cuantificar el riesgo, el cual utiliza técnicas estadísticas estándar que se usan de manera rutinaria en otros campos técnicos. En términos formales, *el VaR mide la peor pérdida esperada en un intervalo de tiempo determinado bajo condiciones normales del mercado con un intervalo de confianza dado*. Con sólidas bases científicas, el VaR proporciona a los usuarios una medida resumida del riesgo de mercado. Por ejemplo una empresa podría decir que el VaR diario de su portafolios de inversión es de 2 millones de pesos con un nivel de confianza de 99 por ciento. En otras palabras, solo hay una posibilidad en cien, bajo condiciones normales del mercado, de que ocurra una pérdida mayor de 2 millones de pesos. Esta cifra sola resume la exposición de la empresa al riesgo de mercado. Accionistas y administradores pueden entonces decidir si están de acuerdo a no con el nivel de riesgo. Si la respuesta es no, el proceso que condujo a obtener el VaR puede utilizarse para decidir en donde reducir el riesgo.

### 3.2. VALOR EN RIESGO

En un determinado instante de tiempo  $t$ , se define el  $VaR_t$  como la máxima pérdida monetaria que puede alcanzar un activo financiero o una cartera de activos, en un horizonte de tiempo  $[t, t+1]$  con una probabilidad establecida  $c$ , lo que también se conoce como *nivel de confianza*.

La definición del  $VaR_t$  se puede formalizar probabilísticamente de la siguiente forma. Sea  $P_t$  el valor inicial de la cartera (usualmente representa el valor presente de la cartera) y sea  $P_{t+1}$  el valor de la cartera transcurrido el horizonte de tiempo en consideración. La definición implícita del  $VaR_t$  en términos probabilísticos es:

$$Pr (P_{t+1} - P_t < -VaR_t) = 1 - c \quad (1)$$

en donde el signo negativo se usa porque generalmente el VaR se expresa con signo positivo. Alternativamente se puede definir al  $VaR_t$  en función del rendimiento de la cartera producido en el horizonte de tiempo, lo que denotaremos por  $R_{t+1}$ .

De esta forma es trivial observar que  $R_{t+1} = (P_{t+1} - P_t) / P_t$ , con lo que sustituyendo en (1) encontramos que el  $VaR_t$  debe cumplir:

$$Pr (R_{t+1} < -VaR_t / P_t) = 1 - c \quad (2)$$

Si llamamos  $Q_{1-c}(R_{t+1})$  al percentil  $(1 - c)$  de la variable rendimiento de la cartera después del horizonte de tiempo, entonces (2) nos conduce a la siguiente expresión para el  $VaR_t$ :

$$VaR_t = -P_t Q_{1-c}(R_{t+1}) \quad (3)$$

Por lo que en términos estadísticos el  $VaR_t$  corresponde con el percentil  $(1 - c)$  de la distribución de los rendimientos de la cartera.

Las ecuaciones anteriores asignan propiedades probabilísticas al VaR, sin embargo, también resultan interesantes sus posibles propiedades frecuentistas, ya que estas pueden servir como herramientas de gestión a mediano y largo plazo.

Analizando la ecuación (1) podemos intuir que si calculamos el VaR, sobre un alto número de periodos ( moviendo  $t$  ), la proporción de periodos en donde el cambio de la cartera no será superior al VaR, será aproximadamente  $(1 - c)$ .

Debido a que el valor en riesgo es el cálculo estadístico de las pérdidas potenciales de una cartera, independientemente del método utilizado para su estimación, su valor depende de la elección del periodo de mantenimiento de la cartera y el nivel de confianza seleccionado.

El periodo de mantenimiento es el horizonte de tiempo para el cual queremos estimar la máxima pérdida de nuestra cartera, con lo que implícitamente se supone que las posiciones de la cartera se mantienen constantes durante dicho periodo. Los periodos de tiempo generalmente utilizados oscilan entre un día y un mes.

En la elección del horizonte de tiempo deben considerarse diferentes aspectos, como la liquidez en los mercados en que opera la institución o la posibilidad de que la entidad reajuste las posiciones en la cartera. En el primer caso, el horizonte de tiempo ideal sería el tiempo necesario para asegurar la liquidación de las posiciones en ese mercado. En cuanto al segundo aspecto, si el horizonte de tiempo es demasiado largo, es muy probable que los gestores realicen cambios en la composición de la cartera, de manera que éstos hacen que la medida del VaR sea menos significativa. Por lo tanto, cuanto más corto sea el periodo de tiempo, más real será el supuesto de que la cartera se mantiene sin movimientos durante dicho periodo.

La elección del nivel de confianza dependerá en parte del uso que se le quiera dar al cálculo del VaR. Bajo este punto de vista es importante distinguir entre los diferentes usos del VaR:

- Es un mecanismo para la determinación de los fondos propios requeridos por las autoridades supervisoras, para cubrir el riesgo de mercado de las posiciones de negociación de la institución
- Como sistema interno para la gestión de riesgos de la entidad

Si la medida del VaR se utiliza para determinar los fondos propios requeridos por los reguladores, los parámetros del VaR, incluyendo el nivel de confianza vienen determinados por el regulador.

En la práctica, las entidades calculan diariamente el VaR y lo remiten periódicamente a las autoridades, por lo que el VaR puede ser utilizado por los supervisores para comparar el nivel de riesgo asumido por las diferentes instituciones.

Dicha comparación no ofrecerá problema alguno si asumimos que los rendimientos de las distintas carteras se pueden describir a través de una función de distribución de probabilidades normal, ya que un nivel de probabilidad se puede modificar para originar un valor del VaR comparable al de otra institución. En este caso, la elección del nivel de probabilidad no ofrece problema alguno. Sin embargo, sin el supuesto de normalidad, el VaR calculado para un determinado nivel de probabilidad nos diría muy poco del VaR correspondiente a otro nivel de probabilidad distinto.

En el caso de que el VaR se utilice como sistema interno para la gestión de riesgos, el nivel de confianza dependerá básicamente de la aversión al riesgo del gestor con respecto a los riesgos asociados a casos extremos.

En términos generales para estimar la función de probabilidad y el VaR es necesario seguir cuatro etapas:

1. Identificar los factores de riesgo que pueden influir en el valor a mercado del portafolio de inversión.
2. Estimar la distribución de probabilidad de los cambios de los factores de riesgo que podrían ocurrir durante el horizonte de inversión.
3. Construir la distribución de probabilidad de los cambios en el valor a mercado del portafolio, a partir de la combinación de las distribuciones de probabilidad estimadas en la fase anterior.
4. Calcular el VaR de las posiciones individuales y de todo el portafolio de inversión,

En función de los supuestos y alcances que se consideran para realizar las fases anteriores, el valor en riesgo se puede calcular por métodos paramétricos y métodos no paramétricos.

### **3.3 METODO PARAMETRICO**

La cuantificación del VaR puede simplificarse considerablemente si se puede suponer que los rendimientos del activo en cuestión se distribuyen de acuerdo a una distribución de densidad de probabilidad normal. Cuando este es el caso, el VaR puede derivarse directamente de la desviación estándar del portafolio, utilizando un factor multiplicativo que depende del nivel de confianza. Este enfoque es denominado algunas veces paramétrico debido a que implica la estimación de un parámetro, la desviación estándar, en lugar de la simple lectura del cuantil fuera de la distribución empírica.

### 3.3.1. VaR DE UN ACTIVO INDIVIDUAL

Asumiendo que los rendimientos de un activo son normales de media cero (se asume que la media es igual a cero debido al supuesto de que la magnitud de la media es muy pequeña en relación a la desviación estándar) y de varianza constante en el tiempo. Además se supone que los rendimientos son independientes en el tiempo.

Denotando por  $F$ , el percentil  $c$  de la distribución normal tipificada, encontramos que:

$$Q_{1-c}(R_t) = F_{1-c} \sigma = -F_c \sigma$$

Sustituyendo en (3) se tiene:

$$VaR_t = P_t F_c \sigma$$

Por lo que el modelo paramétrico que determina el valor en riesgo de una posición es:

$$VaR = F \times S \times \sigma \times \sqrt{t}$$

En donde:

$F$  es el factor que determina el nivel de confianza.

$S$  es el monto total de la inversión o la exposición total al riesgo.

$\sigma$  es la desviación estándar de los rendimientos del activo.

$t$  es el horizonte de tiempo al cual se pretende calcular el VaR.

Como ejemplo supongamos que un inversionista tiene una posición de 100,000 pesos invertidos en acciones de Apasco y quiere saber cual es el valor en riesgo a uno y cinco días con un nivel de confianza del 95 %, tomando como datos históricos los datos proporcionados en el capítulo 2 (trabajaremos con 21 datos históricos para fines del ejemplo, en la práctica se aconseja tener 252 datos históricos como mínimo). Calculemos el VaR diario y el VaR con horizonte a cinco días utilizando las formulas dadas.

Apasco		
Fecha	Valor	Rendimiento
11/12/2003	88.70	0.01615
10/12/2003	87.29	-0.00694
09/12/2003	87.90	0.00918
08/12/2003	87.10	0.00126
05/12/2003	86.99	0.00358
04/12/2003	86.68	0.00674
03/12/2003	86.10	0.00128
02/12/2003	85.99	0.00140
01/12/2003	85.87	-0.00682
28/11/2003	86.46	0.01324
27/11/2003	85.33	0.00779
26/11/2003	84.67	-0.00715
25/11/2003	85.28	-0.00606
24/11/2003	85.80	-0.01379
21/11/2003	87.00	-0.00309
19/11/2003	87.27	-0.00773
18/11/2003	87.95	-0.00272
17/11/2003	88.19	-0.00921
14/11/2003	89.01	0.01136
13/11/2003	88.01	0.00848
12/11/2003	87.27	0.00000

<b>Media</b>	0.0008
<b>Volatilidad.</b>	0.0083
<b>Dist.Normal</b>	1.6449
<b>Posición</b>	100,000
<b>Var 1 día</b>	1,359.67
<b>Var 5 días</b>	3,040.31

Esto significa que el inversionista esta dispuesto a aceptar que en sólo cinco de cada cien casos las pérdidas observadas sean superiores a \$1,359.67 pesos. Por otra parte, manteniendo la inversión durante cinco días se espera que en cinco de cada cien casos las pérdidas observadas sean superiores a \$3,040.31 pesos, esto, en condiciones normales del mercado.

Donde existe una relación directa entre el horizonte de inversión y el VaR, ya que en la medida que un portafolio se mantenga por más tiempo, el riesgo será mayor.

**3.3.2. VaR DE UN PORTAFOLIO DE ACTIVOS ( Método de varianza-covarianza o delta-normal ).**

El modelo analítico, de portafolio o de varianza-covarianza parte de la teoría de Markowitz. Para entender este concepto, tómese el caso más sencillo: suponga un portafolios con dos activos riesgosos en cuyo caso se tiene un peso específico del activo 1 en el portafolios,  $w_1$ , y un peso específico del activo 2 en el portafolios,  $w_2$ , de tal manera que  $(w_1 + w_2) = 1$ . De acuerdo con la teoría desarrollada por Markowitz la varianza del portafolios es:

$$\sigma_p^2 = w_1^2 \sigma_1^2 + w_2^2 \sigma_2^2 + 2w_1 w_2 \rho_{12} \sigma_1 \sigma_2$$

Donde  $\rho$  es el coeficiente de correlación entre los rendimientos de los dos activos. El VaR del portafolios es:

$$VaR = F \sigma_p S \sqrt{t} = F \sqrt{(w_1^2 \sigma_1^2 + w_2^2 \sigma_2^2 + 2w_1 w_2 \rho_{12} \sigma_1 \sigma_2)} S \sqrt{t}$$

Así:

$$VaR = \sqrt{(VaR_1^2 + VaR_2^2 + 2 \rho_{12} VaR_1 VaR_2)}$$

A este VaR se le conoce también como VaR diversificado porque toma en cuenta las correlaciones de los rendimientos entre instrumentos. Una observación que es importante es que el VaR diversificado es menor a la suma aritmética de los VaR individuales, esto, debido al efecto que produce la correlación entre los rendimientos de los activos, siempre y cuando la correlación sea menor que uno. Para el caso general en el que se tienen más de dos activos en el portafolios se llega a lo siguiente:

$$VaR = F \sigma_p S \sqrt{t} = F \sqrt{(w \sigma C \sigma w^T)} S \sqrt{t} = \sqrt{(VaR x C x VaR^T)}$$

Donde VaR es un vector de VaR individuales de  $(1 \times n)$ , C es la matriz de correlaciones de dimensiones de  $(n \times n)$  y  $VaR^T$  es el vector transpuesto de VaR individuales de  $(n \times 1)$ .

Para el cálculo del Valor en riesgo de un portafolios de n activos, es necesario utilizar y conocer matrices. A continuación se dan las características sobre las matrices más importantes para efecto del presente trabajo.

### 3.3.3. MATRICES

Una matriz muy importante en la medición de riesgos es la llamada matriz de varianza-covarianza. La diagonal de la matriz esta compuesta de las varianzas y los elementos fuera de la diagonal por covarianzas, a saber:

$$[\Sigma]=\begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \text{cov}(r_1,r_2) & \text{cov}(r_1,r_3) & \text{cov}(r_1,r_4) \\ \text{cov}(r_2,r_1) & \sigma_2^2 & \text{cov}(r_2,r_3) & \text{cov}(r_2,r_4) \\ \text{cov}(r_3,r_1) & \text{cov}(r_3,r_2) & \sigma_3^2 & \text{cov}(r_3,r_4) \\ \text{cov}(r_4,r_1) & \text{cov}(r_4,r_2) & \text{cov}(r_4,r_3) & \sigma_4^2 \end{bmatrix}$$

Otra matriz interesante es la llamada matriz de correlación, denotada por C. la diagonal de la matriz esta compuesta por unos y los elementos fuera de la diagonal son los llamados coeficientes de correlación, que se obtienen mediante la siguiente expresión:

$$\rho_{ij}=\frac{\text{cov}(r_i,r_j)}{\sigma_i \sigma_j}$$

Y la matriz de correlación es:

$$[C]=\begin{bmatrix} 1 & \rho_{12} & \rho_{13} & \rho_{14} \\ \rho_{21} & 1 & \rho_{23} & \rho_{24} \\ \rho_{31} & \rho_{32} & 1 & \rho_{34} \\ \rho_{41} & \rho_{42} & \rho_{43} & 1 \end{bmatrix}$$

Una vez comprendidas estas matrices, es importante saber como determinar la matriz de varianza-covarianza.

Sea una matriz cuadrada en la cual la diagonal esta compuesta por las volatilidades (desviaciones estándar) de cada activo del portafolios y los elementos fuera de la diagonal son ceros, a saber:

$$[\sigma]=\begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sigma_4 \end{bmatrix}$$

La matriz de varianza-covarianza denotada por  $\Sigma$  será aquella que se obtiene de multiplicar las siguientes matrices:

$$[\Sigma] = [\sigma][C][\sigma]$$

Donde C es la matriz de correlación explicada anteriormente. Al realizar este producto de matrices obtenemos:

$$[\Sigma] = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \rho_{12}\sigma_1\sigma_2 & \rho_{13}\sigma_1\sigma_3 & \rho_{14}\sigma_1\sigma_4 \\ \rho_{21}\sigma_2\sigma_1 & \sigma_2^2 & \rho_{23}\sigma_2\sigma_3 & \rho_{24}\sigma_2\sigma_4 \\ \rho_{31}\sigma_3\sigma_1 & \rho_{32}\sigma_3\sigma_2 & \sigma_3^2 & \rho_{34}\sigma_3\sigma_4 \\ \rho_{41}\sigma_4\sigma_1 & \rho_{42}\sigma_4\sigma_2 & \rho_{43}\sigma_4\sigma_3 & \sigma_4^2 \end{bmatrix}$$

La cual se denomina Matriz de varianza-covarianza.

### 3.3.4. VaR DE UN PORTAFOLIOS

Utilizando la teoría moderna de portafolios es posible medir el riesgo de mercado de una canasta o portafolios de activos. Para determinar el VaR del portafolio es necesario considerar los efectos de diversificación con las correlaciones entre los rendimientos de los activos que conforman el portafolios. La metodología que se sigue y es llamada también método de matriz de varianza-covarianza o delta-normal es la siguiente:

$$VaR = F \times S \times \sigma_p \times \sqrt{t}$$

$$\sigma_p = \sqrt{(w)^T (\Sigma) (w)}$$

$$[\Sigma] = [\sigma][C][\sigma]$$

Donde:

F es el factor que determina el nivel de confianza.

S es valor del portafolios.

$\sigma_p$  es la volatilidad del portafolios (1 x 1).

$t$  es el horizonte de tiempo al cual se pretende calcular el VaR.

$[\Sigma]$  es la matriz de varianza-covarianza que incluye las correlaciones entre los rendimientos de los activos del portafolios.

$[C]$  es la matriz de correlaciones de los rendimientos de los activos del portafolios.

$[w]$  es el vector de pesos de las posiciones del portafolios (n x 1).

$[w]^r$  es el vector transpuesto de los pesos de las posiciones del portafolios (1 x n).

Como ejemplo se muestra el cálculo del valor en riesgo de un portafolios de cinco activos:

Precios				
Apasco	Arca	Bimbo	Desc	Modelo
88.7	22.1	19.64	3.04	26.9
87.29	21.8	19.25	3	26.7
87.9	22	19.35	3	26.85
87.1	22.7	19.3	3	26.99
86.99	22.56	19.01	3	27
86.68	22.01	19.39	3.1	26.96
86.1	22.7	19.5	3.1	26.74
85.99	22.4	19.66	3.1	27.16
85.87	22.5	20.26	3.1	27.66
86.46	22.7	19.9	3.3	27.44
85.33	22.49	19.24	3.3	27.1
84.67	22.25	19.09	3.3	26.91
85.28	22.5	19.02	3.3	27
85.8	22.26	17.94	3.3	26.9
87	22.35	19.1	3.3	27.3
87.27	22.35	19.39	3.3	27.48
87.95	22.7	19.41	3.3	27.87
88.19	22.7	19.45	3.3	28.1
89.01	22.51	19.8	3.3	28.29
88.01	21.9	20.36	3.2	28.33
87.27	22	19.3	3.2	28.33

Rendimientos				
Apasco	Arca	Bimbo	Desc	Modelo
0.016	0.014	0.020	0.013	0.007
-0.007	-0.009	-0.005	0.000	-0.006
0.009	-0.031	0.003	0.000	-0.005
0.001	0.006	0.015	0.000	0.000
0.004	0.025	-0.020	-0.032	0.001
0.007	-0.030	-0.006	0.000	0.008
0.001	0.013	-0.008	0.000	-0.015
0.001	-0.004	-0.030	0.000	-0.018
-0.007	-0.009	0.018	-0.061	0.008
0.013	0.009	0.034	0.000	0.013
0.008	0.011	0.008	0.000	0.007
-0.007	-0.011	0.004	0.000	-0.003
-0.006	0.011	0.060	0.000	0.004
-0.014	-0.004	-0.061	0.000	-0.015
-0.003	0.000	-0.015	0.000	-0.007
-0.008	-0.015	-0.001	0.000	-0.014
-0.003	0.000	-0.002	0.000	-0.008
-0.009	0.008	-0.018	0.000	-0.007
0.011	0.028	-0.028	0.031	-0.001
0.008	-0.005	0.055	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Matriz de volatilidades $\sigma$					
	Apasco	Arca	Bimbo	Desc	Modelo
Apasco	0.008266	0	0	0	0
Arca	0	0.015247	0	0	0
Bimbo	0	0	0.027579	0	0
Desc	0	0	0	0.016966	0
Modelo	0	0	0	0	0.008632

Matriz de Correlación C					
	Apasco	Arca	Bimbo	Desc	Modelo
Apasco	1	0.2209	0.3160	0.3236	0.5150
Arca	0.2209	1	-0.0017	0.1542	0.1394
Bimbo	0.3160	-0.0017	1	-0.1064	0.5937
Desc	0.3236	0.1542	-0.1064	1	-0.2032
Modelo	0.5150	0.1394	0.5937	-0.2032	1

Matriz de Varianza-Covarianza $\Sigma$					
	Apasco	Arca	Bimbo	Desc	Modelo
Apasco	6.833E-05	2.7845E-05	7.2029E-05	4.538E-05	3.6746E-05
Arca	2.7845E-05	0.00023246	-6.9618E-07	3.988E-05	1.8348E-05
Bimbo	7.2029E-05	-6.9618E-07	0.00076061	-4.9801E-05	0.00014135
Desc	4.538E-05	3.988E-05	-4.9801E-05	0.00028785	-2.9762E-05
Modelo	3.6746E-05	1.8348E-05	0.00014135	-2.9762E-05	7.4517E-05

Vector de pesos  $[w]$ :

<b>W</b>
20%
20%
20%
20%
20%

Resultados del VaR:

<b>Posición Total</b>	5,000,000
<b>Volatilidad</b>	0.0090032
<b>Dist. Normal</b>	1.6448535
<b>VaR</b>	<b>74,044.35</b>

<b>VaR individual</b>	
Apasco	13,596.70
Arca	25,078.66
Bimbo	45,363.72
Desc	27,906.86
Modelo	14,198.93
<b>Total</b>	<b>126,144.85</b>

El efecto de diversificación es:

<b>Efecto de diversificación</b>
----------------------------------

52,100.50
-----------

Como se puede observar, el valor en riesgo del portafolios es menor que la suma de los valores en riesgo individuales. A esta diferencia se le conoce como el efecto de diversificación y se debe a que los activos presentan correlaciones distintas de cero.

### **3.3.5. FACTORES DE RIESGO**

Cuando se tiene un portafolios de diferente naturaleza, es preciso identificar los factores de riesgo, a fin de construir una matriz de varianza-covarianza que refleje los riesgos del portafolios. Un solo activo podría representar cientos de activos individuales.

El factor de riesgo se define como *un parámetro cuyos cambios en los mercados financieros causarán un cambio en el valor presente neto del portafolios.*

En este sentido los factores de riesgo más comunes son: los precios de las acciones, las tasas de interés, las sobretasas en instrumentos en mercado de dinero, los tipos de cambio, los precios de materias primas (*commodities*), etc.

### **3.3.6. METODO PARAMETRICO DENOMINADO SIMULACION MONTECARLO**

Este método fue propuesto por Boyle y consiste en la generación de números aleatorios (*random*) para calcular el valor del portafolios generando escenarios.

Un nuevo número sirve para generar un nuevo valor del portafolios con igual probabilidad de ocurrencia que los demás y determinar la pérdida o ganancia del mismo. Este proceso se repite un gran número de veces (10,000 escenarios) y los resultados se ordenan de tal forma que pueda determinarse un nivel de confianza específico.

La mayor ventaja de utilizar este método es la posibilidad de valuar instrumentos no lineales, como las opciones.

Este efecto no se puede obtener de las dos metodologías descritas anteriormente, sin embargo, la complejidad de este método crea inevitablemente problemas. Por un lado es computacionalmente muy intenso y, por otro. Requiere de una dotación de personal muy calificado.

### 3.4. METODO NO PARAMETRICO O DE SIMULACION HISTORICA

Consiste en utilizar una serie histórica de precios de la posición de riesgo para construir una serie de tiempo de precios y/o rendimientos simulados o hipotéticos, con el supuesto que se ha conservado el portafolios durante el periodo de tiempo de la serie histórica.

Para poder aplicar esta metodología se deben identificar primero los componentes de los activos del portafolios y reunir los datos de los precios diarios históricos considerando un periodo que oscila entre 250 y 500 datos. A partir del histograma de frecuencias de los rendimientos simulados se calcula el cuantil correspondiente a dicho histograma.

Existen tres tipos de simulación histórica: crecimientos absolutos, crecimientos logarítmicos y crecimientos relativos. A continuación se describen los pasos a seguir en cada uno de estos métodos.

#### 3.4.1. SIMULACION HISTORICA CON CRECIMIENTOS ABSOLUTOS

Pasos a seguir:

1. Obtener una serie de tiempo de precios de la posición en riesgo (250 a 500 datos)
2. Calcular las pérdidas/ganancias diarias de dicha serie de tiempo mediante la expresión:

$$\Delta p_i = p_i - p_{i-1}$$

3. Determinar una serie de precios simulados sumando a la  $\Delta p$  al precio más reciente o actual de acuerdo con lo siguiente:

$$P_i^* = P_0 + \Delta P_i$$

Note que  $P_0$  es fijo en la serie de tiempo.

4. Determinar una serie de tiempo de rendimientos simulados, a partir de los precios hipotéticos y referidos a la observación más reciente, como sigue:

$$R_i^* = \frac{P_i^* - P_0}{P_0}$$

5. Calcular el valor en riesgo tomando el percentil que esta de acuerdo con el nivel de confianza deseado, del histograma de rendimientos simulado.

Note que el valor en riesgo, en este caso, estará dado como rendimiento en porcentaje, por lo que será necesario multiplicar por el valor del portafolios vigente para obtener dicho valor en riesgo.

### 3.4.2. SIMULACION HISTORICA CON CRECIMIENTOS LOGARITMICOS

Pasos a seguir:

1. Obtener una serie de tiempo de precios de la posición en riesgo (250 a 500 datos)
2. Conseguir los rendimientos de los precios de la siguiente manera:

$$rend_t = Ln \left( \frac{P_t}{P_{t-1}} \right)$$

3. Determinar una serie de tiempo simulada de crecimientos de acuerdo con lo siguiente:

$$P_t^* = P_0 (1 + rend_t)$$

4. Obtener una serie de tiempo simulada de pérdidas/ganancias:

$$P_0 - P_t^*$$

5. Calcular el valor en riesgo tomando el percentil que esta de acuerdo con el nivel de significancia deseado, del histograma de pérdidas/ganancias simulado

### 3.4.3. SIMULACION HISTORICA CON CRECIMIENTOS RELATIVOS

El procedimiento es similar al de crecimientos logarítmicos, pero en lugar de obtener dichos rendimientos con el logaritmo del cociente de precios, se obtienen con la siguiente expresión:

$$Rend_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}$$

Este método tiene muchas ventajas entre ellas:

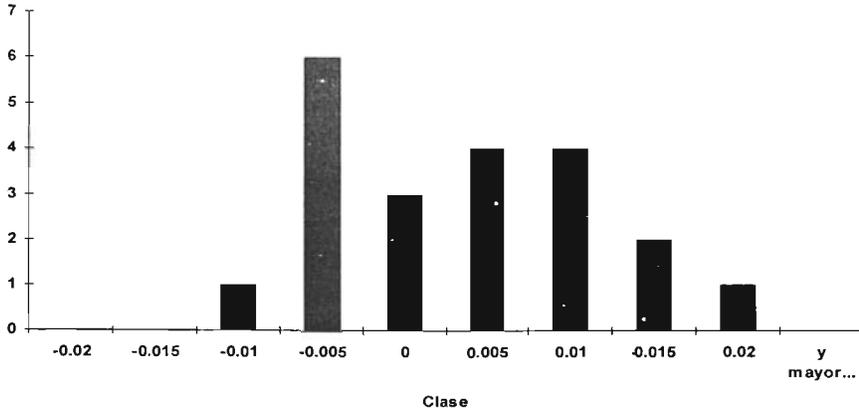
- Es fácil de entender por parte de los ejecutivos que no son expertos en conceptos estadísticos
- Es realista, pues se basa en serie de datos reales
- No se apoya en supuestos de correlaciones y volatilidades que en situaciones de movimientos extremos del mercado pueden no cumplirse
- Es aplicable a instrumentos no lineales

Aunque a éste método no paramétrico se le intuye ante la aparición de observaciones de rendimientos atípicos, en términos estadísticos las técnicas no paramétricas suelen ser menos potentes que las paramétricas.

A manera de ejemplo considérese los datos dados en 3.3.1 y calculemos el VaR mediante el método de simulación histórica: con crecimientos absolutos:

Para el ejemplo se muestra el histograma que se obtuvo de la serie de tiempo de rendimientos simulados, se toma una probabilidad del 95%, una posición de \$100,000 pesos y un horizonte a 5 días.

Histograma de rendimientos simulados



Precio	Rendimientos	Precios simulados	Rendimientos simulados
88.70	1.410	88.680	0.0162
87.29	-0.610	86.660	-0.0070
87.90	0.800	88.070	0.0092
87.10	0.110	87.380	0.0013
86.99	0.310	87.580	0.0036
86.68	0.580	87.850	0.0066
86.10	0.110	87.380	0.0013
85.99	0.120	87.390	0.0014
85.87	-0.590	86.680	-0.0068
86.46	1.130	88.400	0.0129
85.33	0.660	87.930	0.0076
84.67	-0.610	86.660	-0.0070
85.28	-0.520	86.750	-0.0060
85.80	-1.200	86.070	-0.0138
87.00	-0.270	87.000	-0.0031
87.27	-0.680	86.590	-0.0078
87.95	-0.240	87.030	-0.0028
88.19	-0.820	86.450	-0.0094
89.01	1.000	88.270	0.0115
88.01	0.740	88.010	0.0085
87.27	0.000	87.270	0.0000

Sacando el percentil correspondiente al nivel de confianza deseado y multiplicando por la posición y el horizonte de tiempo deseados se obtiene un VaR de \$2,101.04 pesos.

Si comparamos el VaR obtenido mediante el método paramétrico en la sección 3.3.1 con el VaR obtenido en el ejemplo anterior con un método no paramétrico, se observa una diferencia de \$939.27 pesos a favor del método paramétrico de lo que se deduce una mayor precisión del mismo.

## **CAPITULO 4**

### **VALOR EN RIESGO EN INSTRUMENTOS DE DEUDA**

El precio de los instrumentos de deuda está relacionado directamente con tasas de interés y los días por vencer de los mismos por lo que acumulan valor aunque no haya operaciones, se debe de considerar lo anterior al estimar el precio de una inversión de acuerdo a los niveles de las tasas del mercado para considerar el riesgo del instrumento. Estos atributos que tienen los instrumentos de deuda hace que su medición de riesgos sea más compleja que en el caso de títulos accionarios o divisas.

## VALOR EN RIESGO EN INSTRUMENTOS DE DEUDA

### 4.1. INSTRUMENTOS DE DEUDA

Los instrumentos de deuda representan una parte de un pasivo colectivo que suscribe la entidad o empresa que lo emite, al decir colectivo significa que se presupone más de un acreedor (todos los que compran de la misma emisión). Los acreedores son los inversionistas que compran el instrumento, y que esperan obtener ingresos periódicos por concepto de intereses así como la devolución del principal (monto prestado) ya sea al final o en parcialidades (amortizaciones parciales). El principal se determina con base en el valor nominal o el valor nominal actualizado de los títulos, y éste también sirve para calcular los intereses.

Los instrumentos de deuda son muy variados y dependiendo de cada caso las características específicas resultan de mayor relevancia, sin embargo los ingresos por concepto de intereses se generan principalmente a través de las modalidades de bonos con cupón y bonos cupón cero (sin cupón). Pero antes de seguir más allá es muy importante entender que los instrumentos de deuda no garantizan un rendimiento periódico de intereses igual durante toda la vida del instrumento. Los únicos instrumentos que podrían clasificarse como de renta fija porque prometen un interés fijo desde su emisión al vencimiento son: CETES, Pagaré Financiero y Papel Comercial.

Los instrumentos emitidos a tasa fija, son aquellos con cupón que garantice una tasa para toda la vida de la emisión (es decir que no variará aunque suban o bajen las tasas de mercado).

Cuando se compra el instrumento, el responsable de pagar los intereses y las amortizaciones es el emisor y no el intermediario (casa de bolsa o sociedad de inversión). El único caso en que el intermediario ( banco o casa de bolsa ) está obligado a pagar intereses es cuando se realizan reportos con él.

*Mientras mayor es la tasa que paga el instrumento de deuda mayor es el plazo y el riesgo.*

El *valor nominal* y el *valor nominal ajustado*, son dos de los conceptos más importantes en el caso de los instrumentos de deuda. El *valor nominal*, es el compromiso que tiene el emisor de reintegrar (amortizar) el capital invertido al tenedor del título de crédito (cualquier instrumento de deuda), y este mismo valor es el que sirve para calcular el interés periódico.

El valor nominal ajustado, se presenta cuando en la emisión se estipula que el valor nominal se “actualizará” para que represente conceptos como la inflación, el tipo de cambio, la capitalización o amortizaciones parciales; en estos casos se puede decir que el instrumento se ajusta de acuerdo con un factor o que está indizado a cierto indicador (UDIs, dólares). De acuerdo a lo que se estipule en la emisión, el *valor nominal* actualizado puede servir para calcular el interés periódico y el valor de amortización del instrumento.

Todos los instrumentos de deuda privados, es decir aquellos emitidos por empresas, bancos, estados y municipios, tienen la exigencia de designar un representante común. Éste, entre otras responsabilidades, tiene la tarea de vigilar que el emisor cumpla con sus compromisos de una forma precisa (verificar la actualización del valor nominal y cálculo de intereses, entre otros), así como de realizar los actos necesarios para preservar los derechos de los tenedores. De modo que en caso de incumplimiento del emisor, los tenedores de los instrumentos de deuda pueden acudir con él para conocer el estado de la reclamación del pago. El pago al representante común es parte de las obligaciones del emisor.

Los instrumentos de deuda sólo pagan sus intereses o su valor nominal en las fechas que les corresponde de acuerdo a los plazos que se señalen en el mismo instrumento. Otro aspecto importante a tomar en cuenta para cada emisión son las fechas de revisión de tasa (semestral, trimestral, cada 28 días, esto aplica para los instrumentos con pagos periódicos de interés). Los plazos entre pagos y cálculo de la tasa de interés en todos los casos afectan el rendimiento: “*a mayor plazo, mayor riesgo*”, porque en tanto mayor es el plazo puede ocurrir una variación al alza en las tasas que afecta en mayor medida el precio de mercado. Una medida para evitar tomar una pérdida en estos casos es invertir en largo plazo sólo aquella cantidad de dinero que está seguro de no utilizar antes del vencimiento o fecha de recálculo de la tasa.

## **4.2. TASAS DE INTERES**

El concepto de tasas de interés se utiliza normalmente para describir el crecimiento de una ganancia potencial asociada a una cantidad de dinero. Los tipos de tasas de interés que existen y el contexto en que son aplicadas son motivo frecuente de confusión.

Es posible definir la tasa de interés como la tasa de crecimiento o decrecimiento del valor de un activo en un periodo de tiempo. Es la medida relativa del valor de un activo entre dos fechas distintas (presente y futuro).

Los mercados de capitales proveen una mecánica eficiente para transferir capital entre agentes económicos. El prestamista recibe un interés por el uso de su capital. Por ello la información eficiente de las tasas de interés para diferentes plazos depende de la eficiencia del mercado de dinero que involucra al prestamista y al prestatario.

A las tasas que fijan los bancos para otorgar créditos se les denominan tasas activas, mientras que las tasas que se fijan para pagar a los ahorradores, se les denominan tasas pasivas.

Las tasas de interés se pueden transformar de una base a otra mediante la siguiente expresión:

$$\left(1 + \frac{r_1}{b_1}\right)^{b_1} = \left(1 + \frac{r_2}{b_2}\right)^{b_2}$$

Donde  $r_1$  y  $r_2$  son tasas de interés y  $b_1$  y  $b_2$  son diferentes bases (diversos periodos de reinversión o capitalización de dichas tasas),

### 4.3. ESTRUCTURA DE TASAS DE INTERES

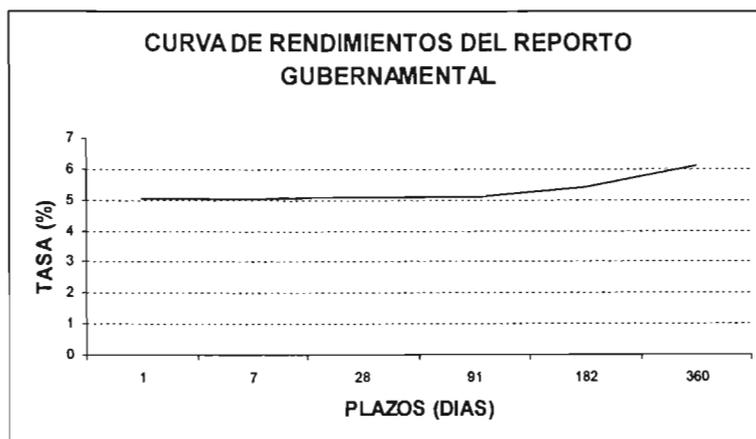
En el mercado de dinero se deben manejar frecuentemente diferentes tasas de interés o tipos de tasas de interés expresadas en diversas bases y diferentes plazos. Para que las tasas de interés sean comparables se deben expresar en la misma base y ser del mismo tipo. Cuando esto sucede, es posible obtener una estructura temporal de tasas de interés. Es decir, dicha estructura es una manera consistente de mostrar las tasas de interés en diferentes plazos o periodos.

A la gráfica que describe la relación entre las diferentes tasas de interés (rendimientos de instrumentos de mercado de dinero) para diferentes periodos o plazos se le conoce como la curva de rendimientos de tasas de interés (*yield curve*).

La gráfica se construye observando las diferentes tasas de rendimientos para cada plazo que se opera en el mercado de dinero. Esta curva es fundamental en la valuación de prácticamente todos los instrumentos de deuda porque cualquier instrumento puede analizarse como una serie de bonos cupón cero. Sin embargo, se debe destacar que esta curva considera rendimientos libres de riesgo de contraparte o de crédito, por lo que valorar instrumentos que tengan dicho riesgo de contraparte es necesario descontar a valor presente con tasas libres de riesgo al plazo que paga el cupón más un diferencial (sobre tasa) que refleje tanto el riesgo de crédito como el riesgo de liquidez del instrumento.

A continuación se muestra un ejemplo para el caso del reporte gubernamental para una fecha determinada.

PLAZO	TASA
1	5.025
7	5.0487
28	5.1161
91	5.0891
182	5.4144
360	6.0833



En los mercados desarrollados existen curvas de rendimiento (libres de riesgo) o *yield curve* que representan plazos hasta de treinta años. En el caso mexicano la mayor liquidez en el mercado de dinero se registra hasta en un año.

Esta curva puede ser creciente o decreciente. Existen tres teorías que explican la forma que puede adquirir dicha curva, a saber: la de expectativas, la de segmentación de mercados y la de preferencia a la liquidez.

La teoría de expectativas consiste en que la estructura de la curva corresponde a las expectativas que tiene el mercado respecto a las tasas de interés futuras. La curva será creciente cuando el mercado espere que las tasas suban y será decreciente cuando el mercado espere que las tasas bajen.

La teoría de segmentación de mercado asume que los inversionistas operan instrumentos de deuda en ciertos rangos o periodos a efecto de minimizar su riesgo. El riesgo, por tanto, es una barrera de entrada para instrumentos con periodos específicos. Por ejemplo, empresas que tienen que invertir recursos de corto plazo en su tesorería para realizar pagos inmediatos, no invertirán en bonos de largo plazo porque representan mucho riesgo. Esto significa que la estructura de la curva de rendimientos se definirá con la oferta y la demanda de dinero y, por tanto, en función de las necesidades de inversión y de fondeo de cada participante en el mercado.

La teoría de preferencia de liquidez considera que los inversionistas toman sus decisiones para adquirir bonos en el mercado de deuda en función de su riesgo y rendimiento. Esto es, bonos a largo plazo tendrán más riesgo, y por tanto los inversionistas exigirán un premio por ese riesgo (mayor rendimiento). El premio por riesgo explica en gran medida que la estructura de la curva de rendimiento sea creciente en la mayor parte de los casos.

#### 4.4. VALUACION DE BONOS

El precio de cualquier instrumento financiero es igual al valor presente de los flujos de efectivo esperados sobre dicho instrumento, por lo cual para determinar el precio se requiere una estimación de los mismos, así como una estimación apropiada del rendimiento requerido. Para algunos instrumentos los flujos de efectivo esperados son fácil de calcular, en tanto que para otros la tarea es más difícil.

El primer paso para calcular el precio de un bono es conocer sus flujos de efectivo, los cuales consisten en los pagos periódicos de intereses o cupones hasta la fecha de vencimiento del bono. La periodicidad de los pagos puede variar de acuerdo a cada bono, en forma general, se supondrá que dentro de un año se tienen  $m$  pagos de cupón, es decir, cada  $m$ -ésimo de año se recibirá un pago por concepto de los intereses generados, así durante los años de vida del bono, que de forma general serán  $n$  años, implica tener un total de  $m*n$  pagos de cupón.

La tasa de cupón será anual y para calcular el valor de cada uno de los cupones se utilizará la siguiente expresión matemática

$$C = \frac{TC_m}{m} * VN$$

donde:

$C$  es el valor del cupón

$TC_m$  es la tasa de cupón

$M$  es el número de cupones al año

$VN$  es el valor nominal

Teniendo ya calculados los flujos de efectivo, el precio del bono será la suma de los valores presentes de los mismos, ahora bien, con el hecho de hablar de los valores presentes implica tomar en cuenta una tasa de interés o un rendimiento al vencimiento con el cual se realizará el descuento para cada flujo.

El rendimiento se determina con base a los rendimientos ofrecidos en el mercado por instrumentos semejantes, por lo tanto, el precio de un bono será determinado mediante la siguiente expresión:

$$PB = \sum_{i=1}^{mn} VP(C_i) + VP(VN)$$

El pago de los cupones puede verse como una anualidad, teniendo como el valor de la renta el valor del cupón por lo que se puede calcular el valor presente de los mismos utilizando la fórmula de una anualidad mediante la siguiente expresión:

$$\sum_{i=1}^{mn} VP(C_i) = \left( \frac{1 - \left(1 + \frac{i}{m}\right)^{-mn}}{\frac{i}{m}} \right)$$

Si calculamos el precio de un bono con plazo a dos años y pagos de cupón semestrales teniendo una tasa de cupón del 8% y un rendimiento al vencimiento de 10% anual con capitalizaciones semestrales, con un valor nominal de \$100 el resultado es:

$$C = \frac{TC_m}{m} * VN = 4$$

$$\sum_{i=1}^{mn} VP(C_i) = \left( \frac{1 - \left(1 + \frac{i}{m}\right)^{-mn}}{\frac{i}{m}} \right) = 14.1838$$

El valor presente del valor nominal es: \$82.2702

Por lo tanto el valor del bono es de \$ 96.4540

## 4.5. DURACION

Observemos que los bonos con plazo de vencimiento mayor presentan movimientos de precios más grandes. Sin embargo, el vencimiento es una medida imperfecta del riesgo porque solo contabiliza el riesgo del principal e ignora todos los pagos de cupón. En contraste, la duración proporciona una mejor medición del riesgo de mercado, porque contabiliza todos los pagos y no solo el principal. La duración también mide la sensibilidad del precio de un activo o movimientos en la tasa de rendimiento, por esta razón la duración es una herramienta muy valiosa para la administración de riesgos.

El concepto de duración es muy útil en el mercado de dinero, especialmente, como un indicador de riesgo, su definición es la siguiente: *la duración es el cambio en el valor de un bono o instrumento de mercado de dinero cuando se registra un cambio en las tasas de interés del mercado*. Matemáticamente, la duración es la derivada del precio del bono con respecto a las tasas de interés. La expresión para determinar la duración se deduce a continuación:

El precio del bono es:

$$PB = \frac{c_1}{1+r} + \frac{c_2}{(1+r)^2} + \frac{c_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{c_n}{(1+r)^n} + \frac{VN}{(1+r)^n}$$

donde  $c_i$  son los cupones del bono,  $r$  es la tasa de rendimiento y  $VN$  es el valor nominal.

La derivada del precio del bono con respecto a las tasas de interés es la siguiente:

$$\frac{dP}{dr} = -\frac{c_1}{(1+r)^2} - \frac{2c_2}{(1+r)^3} - \frac{3c_3}{(1+r)^4} - \dots - \frac{nc_n}{(1+r)^{n+1}} - \frac{nXVN}{(1+r)^{n+1}}$$

dividiendo la ecuación de ambos lados entre el precio se tiene:

$$\frac{1}{P} \frac{dP}{dr} = -\frac{1}{1+r} \left[ \frac{c_1}{1+r} + \frac{2c_2}{(1+r)^2} + \frac{3c_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{nc_n}{(1+r)^n} - \frac{nXVN}{(1+r)^n} \right] \frac{1}{P}$$

A esta expresión se le conoce con el nombre de *duración modificada*, y a la expresión que se encuentra dentro del corchete multiplicado por  $1/P$  se le llama *duración de Macaulay*<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> La duración fue definida por primera vez por Macaulay en 1938 como el plazo ponderado de cada pago del bono, donde las ponderaciones son proporcionales al valor presente de los flujos de efectivo.

Así:

$$\frac{1}{P} \frac{dP}{dr} = - \text{Duración Modificada}$$

$$\text{Duración Modificada} = - \frac{\text{Dur. Macaulay}}{1+r}$$

De la expresión de la duración modificada se puede despejar  $dP$  como sigue:

$$\frac{dP}{P} = - \text{Duración Modificada} \times dr$$

Esta expresión se puede interpretar también de la siguiente manera:

$$\text{Cambio (\%) del Precio} = - \text{Duración Modificada} \times \text{Cambio (\%) en la tasa de interés} \times 100$$

De tal suerte que si las tasas de interés suben 1% (100 puntos base), el bono sufriría una pérdida porcentual igual a la duración modificada:

$$\text{Cambio (\%) del Precio} = - \text{Duración Modificada} \times .01 \times 100 = - \text{Duración Modificada}$$

Así la duración modificada se define como el cambio porcentual en el precio del bono, cuando las tasas cambian el 1%.

#### 4.6. CONVEXIDAD

La convexidad es un efecto de segundo orden que describe la forma en la cual la duración cambia conforme el rendimiento cambia. Cuando los cambios en los rendimientos son muy pequeños basta con el uso de la duración, pero teniendo cambios más grandes el uso de la convexidad proporciona una mejor estimación de los precios. La convexidad se obtiene con la segunda derivada del precio del bono con respecto a la tasa de rendimiento y dividiendo por el precio, es decir, derivando la duración. Una vez que se aplica la segunda derivada a la fórmula de valuación de un bono y simplificando algebraicamente, se obtiene la siguiente expresión para calcular la convexidad:

$$C = \frac{\left[ 2C(1+r)^2 \left( (1+r)^n - \frac{1+r+rn}{1+r} \right) + [n(n+1)r^2(r-c)] \right]}{r^2(1+r)^2 [C((1+r)^n - 1) + r]}$$

En el caso de un bono cupón cero ( $C = 0$ ), la expresión de la convexidad se reduce como sigue:

$$C = \frac{n(n+1)}{(1+r)^2}$$

#### 4.6.1. USO DE LA DURACION Y CONVEXIDAD PARA DETERMINAR LA SENSIBILIDAD DEL BONO

Supongamos que ha invertido dinero en un bono, el cual lo compró a un Rendimiento  $X$ , puede ser que no se lo quede hasta el vencimiento sino que en algún momento lo quiera vender. Claro, el problema será a cómo lo venderá, lo cual dependerá de cómo estén las tasas de interés (rendimiento) del mercado en ese momento. Entonces surge una pregunta ¿cuánto variará el Precio del bono ante algún cambio en el Rendimiento? en ese caso, realmente se está preguntando ¿cuán sensible es su bono? para medir la sensibilidad del bono usamos precisamente la Duración y la Convexidad. Conocemos ante todo que el Precio de un bono está en función de su Rendimiento:

$$P = f(R)$$

Para ser más específicos hablaremos del Precio Sucio, lo que es igual al Valor Presente del papel, y del Rendimiento Efectivo Anual. Tenemos que tomar en cuenta, además, que en una función cualquiera:

$$y = f(x)$$

la variación que sufrirá  $y$  cuando ocurre un cambio en  $x$  estará dada por lo que se conoce como Aproximación de Taylor:

$$\Delta y = \Delta x \left( \frac{\partial y}{\partial x} \right) + \frac{1}{2} \Delta x^2 \left( \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \right) + e$$

Es decir, que multiplicaremos la variación en  $x$  por la primera derivada, más la misma variación en  $x$  elevada al cuadrado multiplicada por la segunda derivada y por  $1/2$ , más un término de error (este último se omite en la práctica). Por tanto, si usamos ese mismo criterio para la función del Precio, reemplazando el Rendimiento en  $x$  y el Precio en  $y$ , tendríamos que el cambio en el Precio (Valor Actual) ante un cambio en el Rendimiento estará dado por la siguiente expresión:

$$\Delta P = \Delta R \left( \frac{\partial P}{\partial R} \right) + \frac{1}{2} \Delta R^2 \left( \frac{\partial^2 P}{\partial R^2} \right) + e$$

Así que lo que tenemos que calcular es la primera y segunda derivada de la función de Precio, que es lo que representa la *Duración Modificada* y la *Convexidad*

Si reemplazamos esas derivadas (*Duración Modificada* y la *Convexidad*) en la expresión anterior, la de la Aproximación de Taylor, el cambio en el Precio quedaría expresado entonces de la siguiente manera:

$$\Delta P = \Delta r \frac{-Dur.Macaulay}{1+r} + \frac{1}{2} \Delta r^2 C + e$$

Con esta nueva expresión, entonces, podemos estimar cuánto variará el Precio de un Bono cuando ocurra algún cambio en el Rendimiento.

La *Duración Modificada* y la *Convexidad* son indicadores que comúnmente se presentan en la información referente a cada Bono en diversas publicaciones, porque con ellos fácilmente se puede estimar cuál será el cambio en el Precio ante un cambio en el Rendimiento, es decir, su sensibilidad. Vale indicar que algunos textos incluyen dentro de la fórmula de la Convexidad el factor  $1/2$ , sin embargo esto no debería ser así ya que esa fracción proviene realmente de la aproximación de Taylor y no de la Convexidad en sí.

#### 4.6.2 EJEMPLO PRACTICO DE APLICACION DE DURACION Y CONVEXIDAD

Supongamos que nos ofrecen un Bono del Estado con un Plazo total de 10 años y amortización al vencimiento. Se emitió el 15 de febrero del 2003 y vence el 15 de febrero del 2013. El interés que paga el Bono es 6% anual fijo y se paga cada semestre. Lo compramos el 15 de junio del 2004 con un Rendimiento Efectivo del 9%.

El Precio Sucio del Bono es en dólares y es de \$8,521.94. Nos interesa saber cuánto cambiará ese precio si aumentamos el Rendimiento Efectivo del 9% al 9.3%, en este caso, al hacer la nueva valoración, el nuevo Precio Sucio sería \$8,370.74, dólares.

Si utilizamos la Duración y Convexidad llegamos a ese resultado sin necesidad de valorar nuevamente el Bono. La Duración en Dólares y la Convexidad en Dólares iniciales son: \$-51,013.48 y \$414,180.36 respectivamente, si aplicamos esos valores en la expresión proveniente de la Aproximación de Taylor tenemos:

$$\Delta P = 0.003(-51,013.48) + \frac{1}{2} 0.003^2 (414,180.36) = -151.1766$$

Con esa variación estimada llegamos a un Precio Sucio en dólares de \$8,370.76, muy cercano al valor real \$8,370.74. En la práctica esa diferencia con el valor real es aceptada, si se quisiera llegar a un valor mucho más exacto, es decir, sin el término de error  $e$ , se debería utilizar la Aproximación de Taylor por completo, lo cual implica calcular la cuarta, quinta, sexta derivada y así sucesivamente, agregando más derivadas según se quiera ganar más exactitud.

#### 4.7. VALOR EN RIESGO PARA UN INSTRUMENTO DE DEUDA.

Una vez estudiado los puntos anteriores, tenemos las herramientas para el cálculo del Valor en Riesgo en instrumentos de deuda, así, para el cálculo tenemos que:

$$\frac{dP}{dr} = -D^m P$$

donde  $D^m$  es la Duración modificada, el cambio porcentual en el precio es entonces:

$$\frac{dP}{P} = -D^m r \frac{dr}{r}$$

La volatilidad de los rendimientos de precios del bono es:

$$\sigma_p = -D^m r \sigma_r$$

donde  $\sigma_r$  es la volatilidad de rendimientos de tasas de interés y  $r$  es la última tasa de interés conocida. Por tanto, asumiendo normalidad en el comportamiento de los rendimientos, el Valor en Riesgo de un bono es:

$$VaR_{bono} = -FB\sigma_r\sqrt{t}$$

donde  $F$  es el factor relacionado con el nivel de confianza y  $B$  es el precio del bono a valor presente.

Por lo tanto, la información que se requiere para determinar el valor en riesgo de un bono es la duración modificada, el rendimiento del bono y su precio. En lo que se refiere a la volatilidad de rendimientos en tasas de interés, su cálculo es muy sencillo como se vio en el capítulo 2.

Note que en estricto rigor debería agregarse el efecto de la convexidad en la fórmula del VaR; sin embargo, debido a que este es un efecto marginal, la fórmula se simplifica al suponer que la convexidad es igual a cero.

Como ejemplo numérico, si tenemos un bono con una duración modificada de 9.3, tasa de interés vigente del 7% anual, una volatilidad de rendimiento de las tasas de 1.5% anual y su precio es de \$99.36, el valor en riesgo anual con un nivel de confianza de 95% es:

$$VaR_{bono} = -1.65 \times 99.36 \times 9.3 \times .015 \times .07 = -\$1.6009 \text{ anual}$$

Lo cual significa que la pérdida máxima potencial con una probabilidad del 95% es de \$ 1.6009, que representa el 1.61% del valor del bono.

#### **4.7.1. VALOR EN RIESGO PARA UN PORTAFOLIOS DE INSTRUMENTOS DE DEUDA.**

Cuando se tiene un portafolios de instrumentos de deuda (bonos cupón cero) y se desea calcular el valor en riesgo, es necesario seguir los siguientes pasos:

- Calcular el valor presente del bono cupón cero, tanto para activos como pasivos (reportos), mediante la siguiente expresión:

$$B = \frac{VN}{1 + r \frac{t}{360}}$$

Donde  $VN$  es el valor nominal del bono,  $r$  la tasa de interés de rendimiento de la curva *spot* y  $t$  el periodo del bono cupón cero.

*Nota: vale la pena señalar que los activos deben tener signo positivo y los pasivos signo negativo.*

- Determinar el peso específico de cada instrumento (Ponderar) en el portafolios de la siguiente manera:

$$w_i = \frac{x_i}{x_T}$$

Donde  $w_i$  es el peso específico de cada instrumento en el portafolios,  $x_i$  el valor presente de cada instrumento y  $x_T$  la suma de todos los valores presentes del portafolios (instrumentos de deuda).

- Con base en la serie de tiempo de tasas de interés para cada vértice de la curva de rendimientos *spot* (*yield curve*), calcular los rendimientos diarios y su volatilidad.
- Construir la matriz de correlaciones de rendimientos de las tasas de interés.
- Calcular la duración modificada para cada instrumento del portafolios.

$$D^m = \frac{\text{Plazo}}{1 + r \frac{t}{360}}$$

- Obtener la volatilidad de rendimientos de precios para cada instrumento de deuda. A este arreglo se le conoce como matriz de volatilidades de precios (que es una matriz diagonal con ceros en los elementos que no están en la diagonal, la expresión es la siguiente:

$$\sigma_p = -D^m r \sigma_r$$

- Calcular la volatilidad del portafolios utilizando la matriz de volatilidad de precios como sigue:

$$\sigma_{port} = \sqrt{[w]^T [\sigma][C][\sigma][w]}$$

Donde  $C$  es la matriz de correlaciones,  $w$  el vector de precios del portafolios y sigma la matriz de volatilidades.

- El valor en riesgo del portafolios considerando media cero se determina mediante la siguiente expresión:

$$VaR_{port} = -F\sigma_{port}B_T\sqrt{t}$$

Donde  $F$  es el factor relacionado con el nivel de confianza del VaR y  $B_T$  la suma algebraica de todos los valores presentes de de los instrumentos de deuda (Activos y Pasivos).

#### 4.8. MEDIDAS DE DESEMPEÑO AJUSTADAS POR RIESGO

Para determinar la contribución de las diferentes áreas de negocio al capital de las instituciones financieras, es necesario utilizar indicadores de desempeño que consideren el rendimiento generado y el riesgo expuesto.

Tradicionalmente en el sistema financiero mexicano, todavía en un gran número de bancos, casas de bolsa, instituciones de seguros y fondos de inversión, por nombrar a los principales, la evaluación y gestión se realizan con base en indicadores de volumen.

Con estas medidas, la comparación de las líneas de negocios no se puede realizar con un parámetro estándar. Adicionalmente, en ningún caso la evaluación de las áreas se realiza con base en el capital que utilizan, que es la contraparte de la exposición al riesgo de esas áreas.

Como ejemplo considere dos portafolios de activos: I y II. El portafolios I genero \$20,000,000 de pesos de utilidad en un año y el portafolios II \$24,000,000 de pesos en el mismo lapso. Aparentemente el portafolios II genero más utilidad ya que solamente se conoce el dato de utilidad. Pero el manejo de portafolios esta relacionado con el rendimiento y con el riesgo, por tanto, es necesario medir el riesgo y relacionarlo con el rendimiento.

Supongamos que el portafolios I tuvo un VaR anualizado de \$100,000,000 de pesos durante el mes, y el portafolios II registro un VaR anualizado de \$240,000,000 de pesos, la relación de utilidades VaR sería la siguiente:

$$\text{Portafolios I: } \frac{\text{Utilidades}}{\text{VaR}} = \frac{20}{100} = 20\%$$

$$\text{Portafolios II: } \frac{\text{Utilidades}}{\text{VaR}} = \frac{24}{240} = 10\%$$

Ahora se observa que el portafolios I tuvo mejor desempeño que el portafolios II. Esto significa que el portafolios II generó más utilidades que el I, pero requirió mucho más riesgo.

En general, las medidas de desempeño en portafolios de inversión son indicadores de utilidad o rendimiento, ajustados por riesgo.

#### 4.8.1. INDICADOR DE SHARPE

El indicador de Sharpe es muy útil para evaluar el desempeño de un portafolios y compararlo con otros. Este indicador mide el rendimiento del portafolios en exceso de la tasa libre de riesgo, en relación con la volatilidad mostrada por dicho portafolios, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{Sharpe} = \frac{R_p - r_f}{\sigma_p}$$

En donde:

$R_p$  es el rendimiento registrado por el portafolios.

$r_f$  es la tasa libre de riesgo (Cetes a 28 días como referencia).

$\sigma_p$  es la volatilidad observada del rendimiento del portafolios en el mismo periodo.

El rendimiento del portafolios debe ser calculado después de costos por unidad de negocio.

Uno de los problemas que se presentan en la aplicación del indicador de Sharpe es que se requiere conocer el monto del capital originalmente invertido, a efecto de medir el rendimiento del portafolios, por lo que este indicador debe usarse únicamente cuando es claro el capital que se utilizó en la inversión.

El indicador de Sharpe puede utilizarse para evaluar el desempeño de portafolios sobre una base histórica en un periodo específico.

#### 4.8.2. INDICADOR DE UTILIDAD ESPERADA

De acuerdo con Markowitz, las decisiones de inversión se pueden realizar con base, exclusivamente, en la información del valor esperado y de la varianza de los rendimientos, lo que significa que la utilidad esperada  $UE$  que se deriva de invertir en un portafolios será equivalente a:

$$UE = R - \phi \sigma^2$$

En donde:

$R$  es el rendimiento promedio del portafolios.

$\phi$  es la medida de aversión al riesgo del inversionista.

$\sigma^2$  es la varianza de los rendimientos.

Este indicador generalmente se considera como una medida, que los inversionistas quisieran maximizar, eso podría lograrse si cada inversionista evaluara el comportamiento de su portafolios suponiendo su propia medida de aversión al riesgo.

#### 4.8.3. INDICADOR DE TREYNOR

El indicador de Treynor es similar al de Sharpe, pero en lugar de utilizar la volatilidad como medida de riesgo, utiliza la beta (riesgo sistemático).

La expresión es la siguiente:

$$Treynor = \frac{R_p - r_f}{\beta_p}$$

En donde

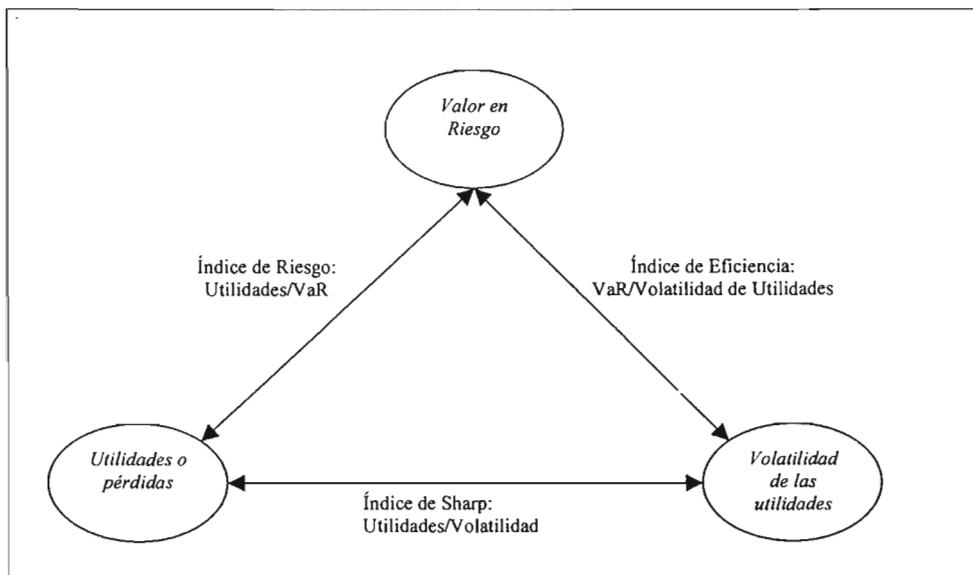
$R_p$  es el rendimiento registrado por el portafolios.

$r_f$  es la tasa libre de riesgo (Cetes a 28 días como referencia).

$\beta_p$  es la relación del rendimiento del portafolios en relación con el mercado.

#### 4.8.4. IDICADOR DE DESEMPEÑO Y EFICIENCIA

Otro indicador para evaluar el desempeño de las áreas de negocio es la que muestra J.P. Morgan y consiste en la construcción de tres indicadores que relacionan las utilidades o pérdidas de las unidades de negocio, con la volatilidad de esas utilidades/pérdidas y con el valor en riesgo de la posición. La relación entre esas variables se muestra a continuación en el siguiente diagrama:



El índice de eficiencia compara el riesgo estimado con el observado, e indica la capacidad de una unidad de negocio de trasladar el riesgo estimado en resultados financieros poco volátiles. Este indicador también se puede utilizar para verificar la calidad de las estimaciones del modelo del valor en riesgo.

Por su parte el índice de riesgo es muy parecido al de Treynor; en tanto que la definición del índice de Sharpe que J.P. Morgan utiliza es muy diferente a la mencionada anteriormente, ya que supone que no hay un portafolios de referencia.

## **CAPITULO 5**

### **RIESGO DE CREDITO**

El riesgo de crédito es el más antiguo y el que mayor importancia tiene en términos de las pérdidas potenciales que su inadecuado manejo puede implicar para una institución de crédito. En tiempos recientes se han renovado las técnicas de medición de este tipo de riesgo, básicamente sobre las siguientes líneas:

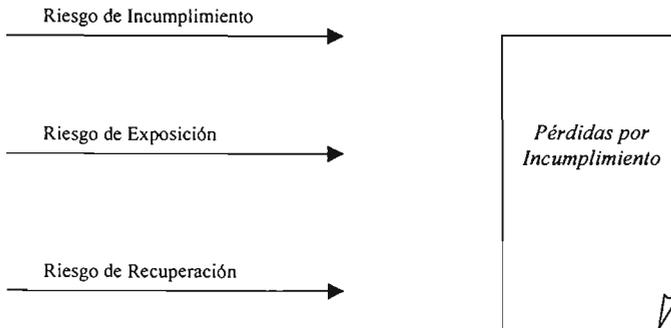
- Medidas de riesgo de crédito para la cartera de créditos
- Medidas de riesgo de crédito para los instrumentos de mercado
- Determinación del VaR para el riesgo de crédito

En el presente capítulo se trabaja en el modelo de riesgo de crédito llamado CrediMetrics, el cual es un modelo desarrollado por un grupo de instituciones financieras encabezadas por J.P, Morgan.

## RIESGO DE CREDITO

### 5.1. DEFINICIONES BASICAS

En el contexto de riesgo de crédito todos los temas son complejos desde su definición. El riesgo de crédito puede ser analizado en tres dimensiones básicas:



El riesgo de crédito se define como las pérdidas esperadas de un incumplimiento por parte del acreditado, o los efectos que produciría el deterioro de la calidad de crédito del acreditado. Esta definición simplificada esconde varios riesgos, la cantidad de riesgo, es el saldo existente del crédito otorgado. La "calidad" resulta, tanto de la probabilidad de que ocurra el incumplimiento, como de las garantías que reducen la pérdida en caso de incumplimiento. La cantidad en riesgo, el saldo al momento del incumplimiento, difiere de la pérdida, debido a la recuperación potencial que se puede hacer del crédito, lo que depende de cualquier elemento que mitigue el riesgo, tales como las garantías reales, los avales, la capacidad de negociar con el acreditado entre otros.

El incumplimiento es un elemento incierto y por otro lado, la exposición al riesgo de crédito al momento del incumplimiento generalmente no se conoce. Asimismo, la recuperación que se pueda hacer de un crédito no se conoce de antemano.

### ***RIESGO DE INCUMPLIMIENTO***

El riesgo de incumplimiento se define como la probabilidad de que se presente un incumplimiento en el pago de un crédito. Existen varias definiciones para “incumplimiento”, el no cumplimiento de una obligación de pago, el rompimiento de un acuerdo en el contrato de crédito o el incumplimiento económico.

Generalmente, se detectará incumplimiento de pago, cuando un pago programado no se ha realizado dentro de un plazo determinado, o se efectúa con posterioridad a la fecha en que estaba programado dicho pago.

Por ejemplo la CNBV ha establecido un plazo de tres meses para la cartera comercial y de ciento ochenta días para la hipotecaria.

El rompimiento de un acuerdo (*Covenant*) del contrato de crédito se refiere a las obligaciones señaladas en el mismo que el acreditado debe cumplir, ya que de no hacerlo, se dará por vencido el crédito (cláusulas suspensivas). Los covenant se refieren generalmente al cumplimiento de acuerdos o al mantenimiento de determinados índices o razones financieras.

A la violación de dichos covenant se les conoce como “incumplimiento técnico”, el cual generalmente lleva a las partes a negociar, en especial debido a que en ocasiones este tipo de incumplimiento no pone en peligro la sobrevivencia del acreditado, sin embargo, algunos de estos acuerdos pueden obligar al acreditado a hacer un pago anticipado del monto total adeudado.

Ante esta situación, si el acreditado no obtiene las salvedades (“Waivers”) necesarias es probable que pudiera llegar al extremo de declararse en quiebra debido a que no podría hacerle frente al pago anticipado total.

El incumplimiento puede ser puramente “económico”, es decir, que no está asociado a ningún evento específico; esto ocurre cuando el valor económico de los activos se reduce por debajo del saldo remanente del adecuado.

La definición de incumplimiento es importante al estimar la probabilidad de incumplimiento, por ejemplo al utilizar para ello datos históricos, sobre todo si se considera que, generalmente, el simple echo de incumplimiento no genera pérdidas inmediatas aunque sí incrementa la probabilidad de incumplimiento total. Por ejemplo el hecho de que un acreditado no cumpla con uno o dos pagos no necesariamente implica una pérdida, sin embargo si aumenta la probabilidad de que dicho crédito pase a cartera vencida.

El riesgo de incumplimiento se mide a través del cálculo de la probabilidad de que ocurra el incumplimiento en un periodo dado de tiempo. El riesgo de incumplimiento depende de la situación crediticia del acreditado, la cual, a su vez, depende de numerosos factores. Por ejemplo un crédito corporativo dependerá, entre otros aspectos de la situación del mercado en que se desenvuelva la empresa, el tamaño de la misma, los factores de competencia y la calidad de su administración. Existen además factores externos a la empresa que pueden incidir en el incumplimiento, tales como, la situación económica del país, el comportamiento de los mercados financieros nacionales e internacionales, entre otros.

Por otra parte es importante estimar la tasa de deterioro (“roll rate”), es decir, cuantos de los acreditados que incumplen una o dos o tres veces llegarán al incumplimiento total.

### ***RIESGO DE EXPOSICION***

El riesgo de exposición se genera por la incertidumbre respecto a los montos futuros en riesgo. En muchos casos, el crédito debe amortizarse de acuerdo a una tabla de amortización o a fechas preestablecidas de pago y por lo tanto, en un momento determinado, es posible conocer anticipadamente el saldo remanente; sin embargo, no todos los créditos que la banca otorga tienen estas características, un ejemplo clásico es el de los créditos otorgados a través de tarjetas de crédito.

Por otra parte, cuando los créditos pueden pagarse total o parcialmente de manera anticipada, en especial cuando no existe penalización, se presenta el riesgo de exposición, ya que no se conoce con exactitud el plazo de liquidación y por ello se dificulta la estimación de los montos en riesgo.

Otro riesgo de exposición es el que generan los productos derivados. En este caso, el factor de incertidumbre no está relacionado al comportamiento del acreditado, por lo que el valor de liquidación del derivado depende de las constantes fluctuaciones del mercado, lo que sucede en especial con los productos “over-the-counter”, ya que cada instante el valor de la liquidación es positivo, existe riesgo de crédito, ya que si la contraparte no cumple con el pago, se pierde el dinero.

### ***RIESGO DE RECUPERACION***

En el evento de un incumplimiento, la recuperación no se puede predecir, ya que depende del tipo de incumplimiento y de numerosos factores relacionados con las garantías que se hayan recibido, el tipo de garantía de que se trate y su situación al momento de incumplimiento. La existencia de una garantía minimiza el riesgo de crédito si ésta se puede realizar fácil y rápidamente a un valor adecuado de acuerdo al monto adecuado, incluyendo los accesorios /moratorios, gastos, etc.). en el caso de los avales también existe incertidumbre, pero sobre todo modifica el riesgo de crédito, ya que en caso de incumplimiento se traslada del acreditado al avalista. Esto no implica una simple transferencia de riesgo, ya que podría suceder que tanto el acreditado como el aval incumplieran al mismo tiempo: la probabilidad correspondiente es una probabilidad conjunta de incumplimiento.

Por otra parte, para estimar la recuperación, es importante que se consideren los aspectos legales que ésta pudiera conllevar, tales como el proceso de reconocimiento del adeudo, el tipo de acción legal, el tiempo que toma dicha acción y obviamente la probabilidad de que la acción legal no sea exitosa. Por lo anterior, la acción de recuperación también involucra el riesgo legal.

## 5.2. METODOLOGIAS

Los modelos de medición del riesgo de crédito buscan cuantificar el riesgo de enfrentar el incumplimiento en el pago de los créditos otorgados, es decir, medir la probabilidad de incumplimiento. El cálculo de esta probabilidad tiene implícita la aplicación de una teoría financiero económica.

Por otra parte, existe un sin número de factores que pueden afectar la probabilidad de incumplimiento; algunos de ellos son las tasas de interés imperantes en los mercados financieros, tanto nacionales como internacionales, la variación en el precio de los insumos, la aparición de nuevos productos que compiten con amplia ventaja con el producto que produce la empresa acreditada, etc.

Adicionalmente, existen factores de índole personal que también pueden afectar ésta probabilidad, tales como divorcio, enfermedad etc. Los modelos matemáticos pueden anticipar estos eventos y con ello determinar el riesgo crediticio con mayor precisión.

Existe una gama de herramientas que son utilizadas en la construcción de los modelos, entre ellas la econometría, simulaciones, optimización, o, incluso, una combinación de ellas.

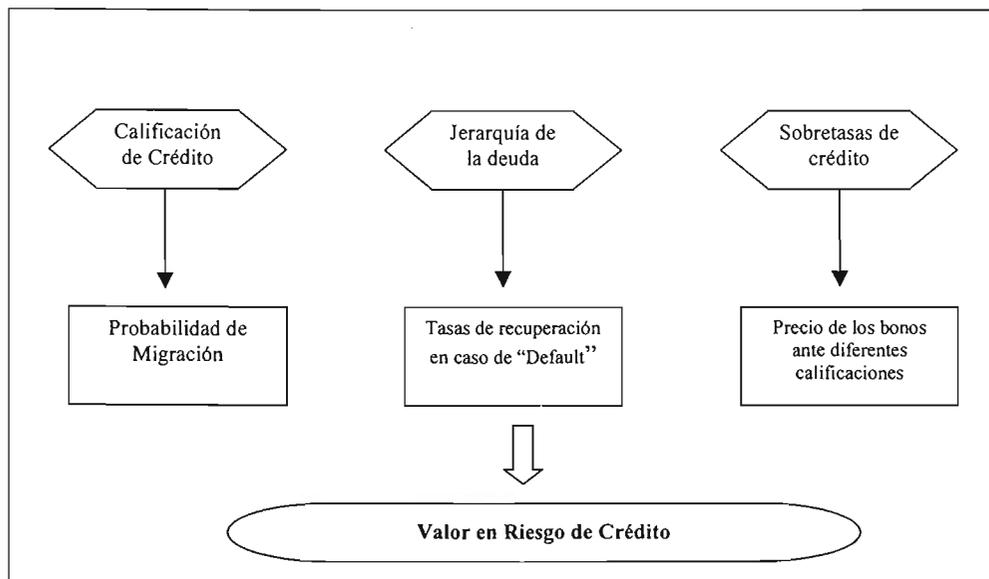
Para diseñar un modelo, es necesario partir de establecer las relaciones entre las diversas variables que afectan el riesgo de incumplimiento, para a partir de ellas construir el modelo, las herramientas deben emplearse para estimar el riesgo o simular resultados ante diversos cambios esperados.

## 5.3. CreditMetrics

El modelo CreditMetrics fue desarrollado por un grupo de instituciones financieras encabezadas por J.P. Morgan en el año de 1997 como un marco de referencia de VaR para aplicar a la evaluación y riesgo de activos no negociables, tales como créditos y bonos colocados en forma privada.

El modelo tiene como propósito estimar el VaR de crédito, en el contexto del paradigma del mercado, es decir, el modelo supone que el riesgo de crédito depende de los cambios en la calificación crediticia y en la tasa de incumplimiento. CreditMetrics fundamenta la estimación de una *distribución de probabilidad de pérdidas y ganancias crediticias discreta* lo que se denomina como modelos de migración.

Para estimar el valor en riesgo de crédito con este modelo se requieren cinco fases, las cuales se resumen en el siguiente diagrama.



Las cinco fases se describen a continuación y se ejemplifican con una estimación del riesgo de un bono.

#### *Fase uno.*

Con base en la información en de las empresas calificadoras, o con sistemas de calificación internos se construye la matriz de probabilidades de transición (migración). En México existen tres empresas que se dedican a calificar la calidad crediticia de los instrumentos de deuda. Estas empresas son: Clasificadora de Riesgos, Duff & Phelps de México y Standar & Poor's. Como propósito ilustrativo se presenta la matriz de transición con seis estados, estimada por la Consar con información de dichas empresas.

Fin	AAA	AA	A	BBB	BB/B/CCC	D
Inicio						
AAA	81.8	13.3	0	4.9	0	0
AA	4.9	83.5	10.4	1.2	0	0
A	0.5	4.5	77.8	12.8	4.4	0
BBB	0.2	0.8	5.7	84.5	6	2.7
BB/B/CCC	0	0	27.8	0	69.1	3.1
D	0	0	0	0	0	100

Matriz de probabilidades de transición. Horizonte un año

Esta matriz se construyó como el promedio de las matrices anuales de migración de 1991 a 1996, donde la información más reciente recibe más peso. El grado crediticio que aparece en la matriz corresponde a una clasificación que homologa las calificaciones de las empresas. Las matrices de transición estimadas suponen que los cambios de calidad crediticia de estos papeles se presentan cada año.

Las principales características de esta matriz son:

- La mayor parte de los activos permanece en el mismo grupo crediticio durante el periodo de riesgo, característica que se observa en la diagonal principal de la matriz.
- La suma de las probabilidades a lo largo de cada uno de los renglones de la matriz de transición es 100%.
- La probabilidad de que los papeles mejoren de grado crediticio es reducida
- La probabilidad de que una parte incumpla, habiendo estado en un grado pobre de calidad crediticia, es muy baja. Situación que puede obedecer a que las deudas se reestructuran antes de entrar en suspensión de pagos.

#### Fase dos

Se estima el valor de recuperación del instrumento en caso de presentarse un incumplimiento en el pago. Para fines del presente ejemplo se supone una tasa de recuperación del 50%.

#### Fase tres

Se estima el precio de mercado del activo ante los diferentes escenarios de calificación crediticia. Para fines del ejemplo, se considerará un bono con las siguientes características:

- Plazo: 2 años
- Valor Nominal: 100 Pesos
- Tasa Cupón: Anual de 0.3. Pago Trimestral

- Calificación Crediticia: A y se mantiene durante el primer año, al inicio del segundo año puede variar.

Las sobretasas del bono, ante las diferentes calificaciones son las siguientes:

Sobretasas	AAA	AA	A	BBB	BBB/CCC	D
	0.03	0.04	0.05	0.06	0.7	No aplica

Sobretasas del bono ante los diferentes calificaciones de crédito

Así mismo, como la calificación del bono es A, la submatriz de transición relevante corresponde al tercer renglón de la matriz de probabilidades de transición.

Inicio / Fin	AAA	AA	A	BBB	BB/CCC	D
A	0.5	4.5	77.8	12.8	4.4	0

Submatriz de transición

Estimando la sensibilidad del precio del bono ante diferentes escenarios de calificación crediticia se obtiene la siguiente tabla:

Periodo	Sobretasa	AAA	AA	A	BBB	BBB/CCC	Flujos	Flujos desc.	
1	0.3	0.03	0.04	0.05	0.06	0.7	7.5	6.897	
2	0.3	0.03	0.04	0.05	0.06	0.7	7.5	6.342	
3	0.3	0.03	0.04	0.05	0.06	0.7	7.5	5.831	
4	0.3	0.03	0.04	0.05	0.06	0.7	7.5	5.362	
							Suma	30.000	24.432

Precio del bono durante el primer año

Segundo año

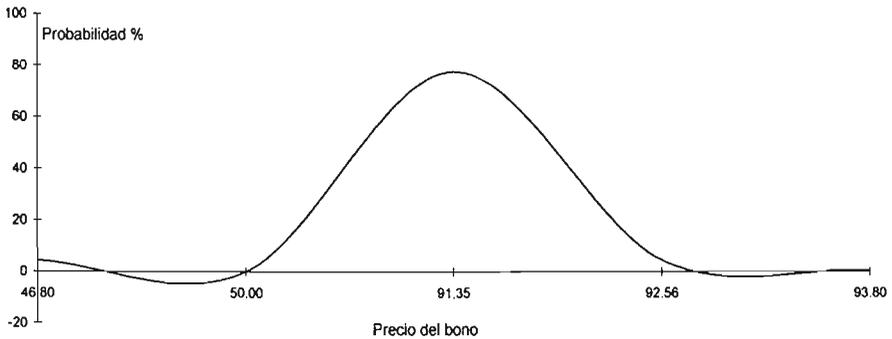
Flujos	Mejora	Mejora	Permanece	Empeora	Empeora
7.5	5.046	4.988	4.931	4.874	2.458
7.5	4.661	4.597	4.534	4.472	1.966
7.5	4.306	4.237	4.169	4.103	1.573
7.5	3.978	3.905	3.834	3.764	1.258
Suma	42.422	42.159	41.900	41.645	31.687
VP.Bono	53.04	52.07	51.12	50.19	16.78
Precio Bono	95.46	94.23	93.02	91.83	48.46

FLUJOS DESCONTADOS CON LAS DIFERENTES CALIFICACIONES

El precio del bono ante los diferentes escenarios de calificación crediticia varía entre \$46.80 y \$93.80, si el bono mantiene su calificación crediticia durante el segundo año su precio es de \$91.35.

### Fase cuatro

Se construye la función de probabilidad del precio del bono, dadas las diferentes calificaciones de crédito. Eso se logra al combinar las probabilidades de migración con el precio del bono consistente con esa calificación. Por ejemplo existe una probabilidad de 77.8% de que el precio del bono sea \$91.35.



*Distribución de probabilidad del precio del bono*

### Fase cinco

Por último se estima el VaR crediticio, para ello CreditMetrics utiliza como indicador a: la desviación estándar.

CreditMetrics supone que la distribución de probabilidades del precio del bono es normal, por lo que el VaR se puede calcular de manera paramétrica. La estimación consiste en los siguientes pasos:

- ◆ Se estima el precio promedio y la desviación estándar de la distribución, el procedimiento se muestra en la siguiente tabla:

A	B	C	D=B*C	E=C-90.97	F=E^2*B
Calidad de Crédito	Probab. (%)	Precio del Bono	Probabilidad Ponderada	Diferencia Prec.-Prom.	Prob. % * Dif. al cuad.
AAA	0.5	95.46	0.48	4.49	0.10
AA	4.5	94.23	4.24	3.25	0.48
A	77.8	93.02	72.37	2.05	3.25
BBB	12.8	91.83	11.75	0.86	0.09
BB/B/CCC	4.4	48.46	2.13	-42.51	79.50
D	0	50.00	0	-40.97	0.00
<i>Media =</i>			90.97	<i>Varianza =</i>	83.43
				<i>Desv.Estand.=</i>	9.13

- ♦ Una vez obtenida la desviación estándar, se elige el nivel de confianza y, dado el supuesto de normalidad, se determina el múltiplo de la desviación estándar que se requiere para calcular el VaR. Para nuestro ejemplo se determina un nivel de confianza de 95%, es decir, el múltiplo de la desviación estándar es 1.65.

Por lo que el VaR es:  $VaR = 9.13 \times 1.65 = 15.07$

## CONCLUSIONES

*La Administración de Riesgos, a pesar de la complejidad de sus conceptos matemáticos, es una actividad que ha registrado un crecimiento muy importante en nuestro país y en el ámbito internacional en los últimos años y se hace necesario contar con personas cada vez más competitivas para el área.*

*E principal atractivo del Valor en Riesgo radica en su simplicidad: un solo número ofrece información sobre la pérdida potencial a la que una empresa puede estar expuesta durante un tiempo.*

*Existen diferentes niveles de probabilidad apropiados para el cálculo del VaR, éstos dependen de cual sea el propósito de dicho cálculo y no existe una razón para que una institución trabaje con un único nivel de probabilidad.*

*En la elección del horizonte de tiempo se deben considerar diferentes aspectos como la liquidez en el mercado en que opere la institución y la posibilidad de hacer ajustes en la cartera.*

*Algunas características sobresalientes del Valor en Riesgo son:*

- *Resume en solo número correlaciones, volatilidad y factores de riesgo que existen en una posición de riesgo*
- *Es una herramienta esencial para cualquier administrador de riesgos*
- *Tiene un alcance que cubre cualquier instrumento o portafolios, desde lo más simple hasta lo más complejo*
- *Una vez calculado, es fácil de entender por los altos ejecutivos*
- *Es de gran apoyo en la toma de decisiones*

## **ANEXO**

### **ADMINISTRACION DE PORTAFOLIOS**

#### ***RENTABILIDAD, RIESGO Y OPTIMIZACION DE PORTAFOLIOS (CARTERAS)***

##### **INTRODUCCION.**

Por cartera de valores entenderemos una determinada combinación de Instrumentos Financieros (acciones, bonos o liquidez).

En el campo de la teoría de la formación de carteras. Markowitz ocupa sin duda un lugar muy destacado. Dicho autor elabora un modelo para la obtención de una cartera óptima, recogiendo de forma explícita en su modelo de conducta racional del inversionista, que consiste en maximizar el rendimiento esperado y minimizar el riesgo.

##### **ESTRATEGIAS DE GESTION: VISION GENERAL**

Se pretende dar una visión sobre las diversas estrategias de gestión de carteras de renta variable. En un intento de clasificación, las podemos agrupar del siguiente modo:

- Estrategias activas. En las que se pretende, mediante el movimiento de la cartera, superar el rendimiento de una cartera objetivo (normalmente un índice bursátil)
- Estrategias pasivas. Se pretende minimizar el movimiento de la cartera y replicar con la máxima similitud el comportamiento de un índice.
- Estrategias de gestión de riesgo. Se pretende limitar o incluso eliminar el riesgo inherente a la cartera.
- Estrategias de arbitraje. Pretenden aprovechar las diferencias de precios entre productos similares o entre el mismo producto cotizado en diversos mercados.

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

Cada una de estas estrategias se puede llevar a cabo con diversas técnicas e instrumentos, que comentamos a continuación.

## **ESTRATEGIAS ACTIVAS**

Las estrategias activas (Active Strategies) pretenden superar la rentabilidad-riesgo de una cartera específica que se utiliza como objetivo, normalmente un índice bursátil. La gestión activa supone siempre movimiento de la cartera.

## **ANALISIS FUNDAMENTAL**

El análisis fundamental asume que la bolsa, representada por un índice bursátil, debe reflejar la marcha de las variables macroeconómicas clave (tales como tipos de interés, crecimiento, etc.), lo que se conoce como fundamentales de la economía. Del mismo modo, la cotización de una empresa debe reflejar sus beneficios esperados, cashflows, posicionamiento de mercado, etcétera. Lo que se conoce como fundamentales de la empresa.

## **ANALISIS MACROECONOMICO**

El análisis macroeconómico, o Top-Down Analysis. Consiste en la previsión de las principales variables económicas del país y en la relación que éstas tienen con la bolsa. A partir de aquí obtenemos una estimación de la rentabilidad y riesgo esperado de cada tipo de activo (acciones, bonos y liquidez) y del momento del ciclo económico en que nos encontramos. Con esta información podemos:

Invertir en una cartera representativa del mercado (cartera índice). Si el análisis top-down nos indica que la bolsa va a tener un buen comportamiento. Se asume que el factor predominante dentro de la rentabilidad de la cartera es el comportamiento del mercado.

Invertir en aquellos sectores que sean más favorecidos por una situación económica determinada (por ejemplo, sectores anticíclicos, cíclicos, etc.).

Hacer la distribución estratégica de activos (Strategic Asset Allocation), por la que fijamos qué parte de la cartera invertimos en liquidez. En bonos y acciones. De acuerdo con los requerimientos de riesgo y rentabilidad que le pedimos a la cartera.

## **ANALISIS TECNICO**

El análisis técnico asume que las acciones y los índices siguen unas determinadas tendencias que se pueden identificar y también que muestran comportamientos que se repiten en el tiempo.

El análisis técnico se basa en la información pasada sobre volúmenes y precios, o en determinados indicadores técnicos, para prever el movimiento futuro de las acciones.

Las técnicas e instrumentos utilizados son variados. La más conocida es el chartismo, que estudia e identifica determinadas figuras que forma el gráfico de los precios de una acción. Estas figuras tienen un significado bajista o alcista. Así, por ejemplo, si la acción sube hasta un precio determinado dos veces y no consigue superarlo, se considera una señal bajista. Otra técnica es la de las medias móviles: cada vez que el precio de una acción supera el precio medio de las últimas sesiones (60, 90, 120 sesiones, etc.) se considera una señal alcista.

## **MODELOS CUANTITATIVOS**

Se agrupan aquí las técnicas de gestión que se basan en la teoría de carteras, y en datos históricos de los diversos activos, para hacer una previsión de rentabilidades de las acciones e índices. El CAPM y el modelo de mercado nos permiten obtener la rentabilidad esperada de una acción a partir de datos históricos de riesgo y de la previsión de rentabilidad que tengamos para el mercado.

El modelo de optimización nos permite componer la carrera (Asset- Allocation,) a partir de las expectativas de rentabilidad, riesgo y correlación entre las diversas acciones. Este modelo es compatible con todos los anteriores; Por ejemplo, obtenemos la rentabilidad esperada de un conjunto de acciones a partir, del modelo de mercado o del análisis fundamental. Con estos datos usamos la optimización para construir la cartera adecuada al perfil de riesgo que buscamos.

## **ESTRATEGIAS PARA GESTION DEL RIESGO**

Las estrategias de gestión del riesgo pretenden eliminar o limitar el riesgo de nuestra cartera a un nivel dado, medido por la desviación estándar de la cartera. Hasta que aparecieron los futuros y opciones, el único modo de disminuir o eliminar el riesgo era liquidar parte de la cartera e invertirla en liquidez (riesgo cero); ahora se puede también mantener la cartera y usar futuros y opciones sobre índices bursátiles para controlar el riesgo.

## **COBERTURA DE RIESGO**

La cobertura o Hedging consiste en eliminar el riesgo sistemático (el riesgo de mercado) colocándonos en liquidez (activo con riesgo cero). Esto se puede realizar vendiendo toda la cartera e invertir en liquidez, o manteniendo la cartera y vender futuros sobre un índice bursátil.

Podemos eliminar sólo parte del riesgo sistemático de la cartera, hasta dejarlo en el nivel deseado. Para ello combinamos activos con riesgo (acciones) y activos sin riesgo (letras) en la proporción adecuada.

Otra posibilidad es vender futuros sobre índices, que es equivalente a situarnos en liquidez, hasta alcanzar el nivel de riesgo adecuado. También se puede aumentar nuestro riesgo a base de comprar futuros sobre índices, lo que equivale a aumentar el apalancamiento de la cartera.

El riesgo no sistemático es el propio de cada acción en concreto; aquel que no proviene de los movimientos del mercado, sino de las peculiaridades de una determinada empresa. Este riesgo tiende a desaparecer cuando la cartera está convenientemente diversificada, permaneciendo sólo el riesgo de mercado (o riesgo sistemático). Para eliminar o limitar el riesgo no sistemático basta con diversificar ó también vender aquellas acciones con más riesgo no sistemático.

## **CRITERIOS PARA LA FORMACION DE CARTERAS Y ASIGNACION DE ACTIVOS**

La gestión de carteras y la distribución en las distintas categorías de activos (renta fija, renta variable y liquidez), conocida como Asset Allocations, depende de los objetivos y restricciones del inversionista.

### Proceso de formación de la cartera

Los criterios para la formación de carteras pretenden establecer una sistemática en la construcción y gestión de la cartera que sea compatible con los objetivos del cliente y evite decisiones arbitrarias, reacciones de pánico o euforia en determinados momentos. Los pasos a seguir son los siguientes:

- Especificaciones del cliente: características, restricciones y perfil de riesgo.
- Objetivos de la cartera.
- Estrategia de gestión a seguir.
- Selección estratégica de activos,
- Selección de valores.
- Control y medición de resultados.
- Especificaciones del cliente

El primer paso para la construcción de la cartera es conocer las características del inversor, para definir su perfil de riesgo. Existen diversas restricciones, establecidas por el cliente o no, que limitan la libertad de acción del gestor y condicionan los objetivos de inversión de la cartera. Las tratamos a continuación.

## **OBJETIVOS DE LA CARTERA**

Una vez conocidas las características y restricciones del inversor, que se concretan en un determinado perfil de riesgo, estamos en condiciones de establecer los objetivos de la cartera.

Los objetivos generales para la gestión de carteras son:

- Rentabilidad.
- Seguridad o nivel de riesgo.
- Liquidez.
- Fiscalidad.

Estos objetivos son, al mismo tiempo, criterios para decidir sobre la estrategia de gestión y la composición de la cartera del cliente.

Conviene hacer notar que muchas veces estos objetivos son contrapuestos, especialmente en el caso de rentabilidad, riesgo o seguridad: cuanta mayor rentabilidad queramos, más riesgo tendremos que asumir. El mercado es coherente y da una mayor rentabilidad sólo como pago a un mayor riesgo.

El objetivo más general será la maximización de la rentabilidad. Pero no siempre sucede así. En el caso de un fondo de pensiones, el objetivo puede ser el poder hacer frente con seguridad a una serie de pagos futuros que se tendrán que efectuar necesariamente. Este puede ser el caso, con ciertas variantes, de las compañías de seguros. Los bancos por ejemplo, pueden querer fijar un margen de diferencia entre el tipo de interés de sus activos y el de sus pasivos. Determinadas instituciones pueden estar interesadas en flujos de dinero que se reciben periódicamente; otras preferirán la acumulación de rendimientos, etc.

## **LIMITACIONES EN LA INVERSION**

Muchas instituciones tienen fijado por ley unos límites mínimos en la diversificación de la cartera (determinados porcentajes en renta fija a corto y largo plazo, en acciones etc.). Este es el caso, de los fondos de inversión mobiliaria, por ejemplo.

Otras, además, establecen límites en sus testamentos: limitaciones o prohibición absoluta de adquirir determinados activos, por considerarlos muy arriesgados, o simplemente por motivos políticos, ideológicos, etc.

## **PERFIL RIESGO/RENTABILIDAD**

De la consideración de los apartados anteriores podremos extraer una idea bastante aproximada sobre el perfil de riesgo y rentabilidad del cliente. Sin embargo, puede ser útil especificar al máximo este perfil, especialmente en lo que se refiere al riesgo. Es muy frecuente que clientes individuales, e incluso instituciones, no sepan definir exactamente su nivel de riesgo. Algunas preguntas clave pueden ayudar a definirlo:

## **ORIGEN Y DESTINO FUTURO DEL PATRIMONIO**

Por ejemplo, las puntas de tesorería de una empresa con la que se tiene que hacer frente a pagos futuros no admiten mucho riesgo, parece obvio; sin embargo, en épocas de euforia bursátil se ha podido ver a más de un director financiero que, atraído por las suculentas ganancias a corto, ha invertido todo o parte de su tesorería en acciones, y el sistema ha funcionado... hasta que ha dejado de funcionar

## **CUÁNTO DINERO SE ESTÁ DISPUESTO A PERDER**

Riesgo es, básicamente, la probabilidad de perder y en qué cuantía. El origen y destino de los fondos nos dan una idea clara de qué pérdidas son asumibles y cuáles no. Pero además, en orden a cuantificar el riesgo, puede ser práctico formular esta pregunta al cliente. También puede ser útil presentar alternativas riesgo/rentabilidad del tipo:

- Opción A: Ganar un 50% o perder un 50%.
- Opción B: Ganar un 12 % o perder un 5%.

Este tipo de preguntas nos ayudará a establecer un tope mínimo de pérdidas y un objetivo numérico de riesgo/rentabilidad

La determinación del perfil riesgo/rentabilidad señalará, en algunos casos con toda precisión, qué estrategia de gestión de carteras seguir

- Técnicas para medir el riesgo
- Análisis de sensibilidad
- Análisis de escenarios

Las dos últimas se describen a continuación:

## **ANALISIS DE SENSIBILIDAD (STRESS TESTING)**

Se refiere a cambios en el valor presente neto ante cambios en una variable de insumo permaneciendo las otras constantes. El análisis de sensibilidad empieza con una situación de un caso básico, la cual se desarrolla usando valores esperados para cada insumo.

En este análisis, cada variable se modifica unos cuantos puntos porcentuales específicos por arriba o por debajo del valor esperado, manteniendo constante todo lo demás; posteriormente se calcula el nuevo VPN para cada uno de estos valores, y, finalmente, el conjunto de VPN se gráfica contra la variable que se haya cambiado. Las pendientes de las líneas que aparecen en las gráficas muestran que tan sensible es el VPN a los cambios en cada uno de los insumos: Entre más inclinada sea la pendiente, más sensible será el VPN a un cambio en la variable.

## **ANALISIS DE ESCENARIOS**

En general, el riesgo individual de un proyecto dependerá tanto de la sensibilidad de su VPN a los cambios en las variables fundamentales, como del rango de los valores probables para estas variables.

El análisis de escenarios es una técnica de análisis de riesgo que tiene en cuenta tanto la sensibilidad de su VPN a los cambios en las variables fundamentales, como, el rango de los valores probables para las variables.

En este análisis se le pide a los administradores de riesgo que elijan un “mal” conjunto de circunstancias y un “buen” conjunto. Posteriormente, los VPN bajo las condiciones buenas y malas se calculan y se comparan con el esperado, o con el VPN del caso básico.

## **RIESGO Y RENDIMIENTO TEORIA DE LA ELECCION**

Las razones financieras se han utilizado durante años como regla empírica para ayudar a comprender la intercompensación entre riesgo y rendimiento; pero solo tocan la superficie.

Podemos hacer uso de la teoría de la cartera para entender las finanzas corporativas puesto que la empresa se puede entender como una cartera de activos y pasivos riesgosos.

El administrador debe seleccionar la mejor combinación de riesgo y rendimiento para cumplir con el objetivo básico financiero. Supondremos que quienes toman decisiones tienen aversión al riesgo, esto es, prefieren tener un rendimiento medio más alto y una varianza de rendimientos más baja, además supondremos que solo la media y la varianza tienen importancia para el inversionista y por lo tanto serán objeto de elección.

En teoría podemos identificar 3 actitudes frente al riesgo: Deseo, aversión e indiferencia.

- Deseo: Buscador de riesgo, prefiere el riesgo, en inversiones de igual rendimiento prefiere la más riesgosa.
- Aversión: Evita el riesgo, de dos inversiones de igual rendimiento prefiere la menos riesgosa.
- Indiferente: no le importa el riesgo, no lo percibe.

Lógicamente existen individuos en los tres tipos pero la lógica y la observación empírica indican que los administradores y los accionistas evitan el riesgo.

## *Glosario*

### **Acción:**

Parte alícuota del capital social de una empresa. Suelen otorgar ciertos derechos a sus propietarios, entre otros, derecho a parte de los beneficios, a una cuota de la liquidación en caso de disolución, a voto en las juntas generales y derecho preferente de suscripción de acciones nuevas.

### **Activo:**

Parte del balance de una empresa donde se representan sus bienes y sus derechos, por extensión, se conoce con este nombre a todos los elementos que en él figuran.

### **Activo sin riesgo:**

Es un bien, normalmente de carácter financiero, que asegura al propietario una renta y/o un precio de venta, antes de su compra.

### **Activo Subyacente:**

Es un activo que, en los mercados de productos derivados, está sujeto a un contrato normalizado y es el objeto de intercambio. Es decir, es aquel activo sobre el que se efectúa la negociación de un activo derivado.

### **Administración de efectivo:**

Esta actividad es llevada a cabo por los gestores de las empresas con el propósito de reducir la liquidez para utilizarla en actividades más rentables. Esto se debe hacer sin comprometer la capacidad de pago de la empresa.

### **Análisis fundamental:**

Tipo de análisis cuyo propósito es calcular el valor intrínseco de una acción. Para ello se sirve de toda la información disponible sobre la empresa y su entorno. La idea central de este análisis es que el valor de una acción es el valor actual de los ingresos futuros del accionista.

### **Análisis técnico:**

Tipo de análisis que pretende encontrar señales de compra y de venta de valores siguiendo el estudio de las cotizaciones y volúmenes negociados. Trata de identificar tendencias y su herramienta principal son los gráficos.

**Aversión al riesgo:**

Supuesto que se suele hacer en finanzas respecto al comportamiento de los inversores: se supone que a los inversores no les gusta el riesgo, por tanto para que alguien acepte asumir un mayor riesgo al realizar una inversión deberá esperar un mayor rendimiento de la misma.

**Bono:**

Título valor de renta fija que emiten diversas para conseguir fondos directamente del mercado. El emisor se compromete a devolver el principal junto con unos intereses.

**Bono Convertible:**

Bonos que se pueden canjear por acciones de nueva emisión de la empresa a un precio que ha sido fijado con anterioridad. Algunas entidades ofrecen este tipo de títulos con el fin de pagar unos intereses más bajos.

**Bonos del estado:**

Títulos del Tesoro a medio plazo, su nominal es de 10000 pts. y sus intereses anuales.

**Capital:**

Partida del balance que refleja las aportaciones de los socios o accionistas a la sociedad. En finanzas también se denomina capital a la cantidad monetaria invertida en una operación.

**CAPM:**

Modelo muy utilizado en las finanzas modernas que predice las relaciones entre la rentabilidad y el riesgo de una inversión. Su herramienta principal es la beta.

**Cartera índice:**

Cartera de acciones que un inversor forma con los mismos valores que conforman un índice bursátil determinado y dando a cada acción la misma ponderación que tiene en el índice.

**Cartera de varianza mínima:**

Cartera diversificada de tal manera que la varianza sea mínima, es decir que se elimine el riesgo específico de cada activo individual.

**Coefficiente de correlación:**

Es una medida estadística que trata de medir la relación entre dos variables, oscila entre -1 y 1, siendo el signo, la dirección de la relación (proporcional o inversamente proporcional) y la cifra, la magnitud de la relación.

**Coefficiente de Determinación:**

Es el cuadrado del coeficiente de correlación, mide la independencia entre dos variables y oscila entre 0 y 1, el 0 muestra independencia y el 1 lo contrario.

**Covarianza:**

Medida estadística utilizada para valorar la relación entre distintas variables.

**Cupón:**

Proviene de los antiguos títulos físicos de donde había que recortar un cupón para cobrar los dividendos o derechos de suscripción. Hoy en día se denominan así los pagos o intereses que paga un título valor.

**Cupón cero:**

Característica de algunos títulos de renta fija que no pagan intereses durante la vida del título, suelen ser a corto plazo y emitirse al descuento.

**Desviación Estándar:**

Es la raíz cuadrada de la varianza. Es utilizada para medir el riesgo de un activo.

**Devaluación:**

Reducción, por decisión de la autoridad monetaria, del valor de la moneda propia respecto a las extranjeras. Es lo equivalente a una depreciación monetaria en un sistema de tipo de cambio fijo.

**Diversificación:**

Reducción del riesgo de una cartera mediante la adecuada combinación de activos.

**Media móvil:**

Promedio que suaviza la curva de precios de un determinado valor y se convierte en una línea curva de tendencia. Es uno de los instrumentos más utilizados en el análisis técnico.

**Mercado "Over The Counter" (OTC):**

Mercados no oficiales que se caracterizan porque no tienen una localización física, y sus operaciones se realizan a través de redes de telecomunicación.

**Mercado Primario:**

Se conoce también por Mercado de Emisión, es donde todos los activos se negocian por primera vez y donde el emisor recibe esta nueva financiación.

**Mercado Secundario:**

Tras la emisión y venta de activos en el mercado primario, muchos pueden seguir negociándose y cambiar de manos en este mercado.

**Minusvalía:**

Es la pérdida producida por la diferencia entre el precio de venta y el de compra en valores mobiliarios.

**Pasivo:**

Parte del balance de situación que recoge las fuentes de financiación de una empresa. Está formado por los recursos ajenos y propios de la empresa.

**Plusvalía:**

Incremento de valor que recibe el inversor en un activo resultado de la diferencia entre el precio de venta y el precio de compra.

**Prima de riesgo:**

Diferencia en la rentabilidad exigida a un activo a consecuencia del mayor riesgo que implica dicho activo frente a otro libre de riesgo.

**Posición Corta:**

Es una posición vendedora, es decir, al vender un activo se esta adoptando esta posición.

**Posición Larga:**

Es una posición compradora, es decir, al comprar un activo se esta adoptando esta posición.

**Renta Fija:**

Conjunto de valores cuyos flujos futuros son conocidos con certeza de antemano. Esta rentabilidad es independiente de los resultados obtenidos por la entidad emisora.

**Renta variable:**

Conjunto de valores cuyos flujos futuros no son fijos ni conocidos con certeza de antemano. Dentro de la renta variable están entre otras las acciones, obligaciones convertibles y participaciones en fondos de inversión.

**Rentabilidad:**

Incremento porcentual de riqueza.

**Riesgo de cambio:**

Riesgo derivado de la volatilidad en el tipo de cambio de una divisa.

**Riesgo no sistemático:**

Es el riesgo específico de una empresa o sector, este riesgo se puede eliminar de una cartera si ésta se diversifica.

**Riesgo Sistemático:**

Es el riesgo inherente al propio mercado, que no puede eliminarse mediante ninguna diversificación.

**Spread:**

Diferencia entre los precios de compra y de venta de un activo.

**Tasa de Descuento:**

Coefficiente matemático utilizado para obtener el valor presente de unos flujos de fondos futuros, esta tasa está relacionada con los tipos de interés, la inflación y la fecha futura de los flujos.

**Valor Presente:**

También llamado valor actual. Es el valor actual de unos flujos de fondos futuros, obtenidos mediante su descuento. En otras palabras, es la cantidad de dinero que se necesitaría invertir hoy para obtener dichas cantidades en el futuro.

**VAN (Valor actual neto):**

Diferencia entre el valor actual de los flujos de fondos que suministrará una inversión, y el desembolso inicial necesario para llevarla a cabo. Se recomienda efectuar la inversión si el VAN es positivo.

**Varianza:**

Es la media aritmética de la suma de los cuadrados de las desviaciones de una variable con respecto a su media. Por tanto, cuanto mayor sea esta medida, menos representativa de la realidad será la media de dicha variable.

**Vencimiento:**

Es la fecha de pago de una obligación financiera.

## ***REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS***

- Philippe Jorion. Valor en Riesgo, Universidad de California, Irvine 1999
- Carlos Sánchez Cerón. Valor en Riesgo y Otras Aproximaciones, México 2001
- Tesis: Administración de riesgos en los instrumentos a Tasas de Interés
- Lincoyán Portus Govinden. Matemáticas Financieras, Colombia 1975
- Alonso de Lara Haro. Medición y Control de Riesgos financieros, México
- Martha Galicia Romero. Nuevos Enfoques de Riesgo de crédito, México 2003, Instituto del Riesgo Financiero
- Hull., Jhon C. Options. Futures and other derivatives securities. New Jersey 1993
- Pedro Gento Marhuenda. Alternativas estadísticas al cálculo del Valor en Riesgo. España 2004