

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

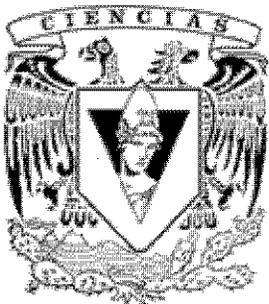
FACULTAD DE CIENCIAS

"DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA
MARK-TO-FUTURE (VALUACIÓN A FUTURO) PARA
LA ADMINISTRACIÓN DEL RIESGO FINANCIERO"

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
ACTUARIO

PRESENTA:
SERGIO RAMOS LOYA

DIRECTOR DE TESIS:
ACT. JORGE LUIS SILVA HARO



MÉXICO, D.F.

2006



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales
Facultad de Ciencias
P r e s e n t e .

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:

“Descripción de la Metodología Mark-to-Future (Valuación a Futuro) para la administración del Riesgo Financiero”

realizado por **Ramos Loya Sergio**, con número de cuenta **09453385-9**, quien opta por titularse en la opción de **Tesis** de la licenciatura en **Actuaría**. Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Tutor(a)
Propietario

Act.

Jorge Luis Silva Haro

Propietario

Act.

María Aurora Valdés Michell

Propietario

Act.

Marina Castillo Garduño

Suplente

Act.

Enrique Maturano Rodríguez

Suplente

Act.

Fernando Alonso Pérez-Tejada López

Atentamente
“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”
Ciudad Universitaria, D.F., a 25 de octubre del 2006.
**EL COORDINADOR DEL COMITÉ DE TITULACIÓN
DE LA LICENCIATURA EN ACTUARÍA**

ACT. ROBERTO CÁNOVAS THERIOT

FACULTAD DE CIENCIAS
DE
MATEMÁTICAS

Señor sinodal: antes de firmar este documento, solicite al estudiante que le muestre la versión digital de su trabajo y verifique que la misma incluya todas las observaciones y correcciones que usted hizo sobre el mismo.

A mi esposa Caroline
A mis padres Ricardo y Norma
A mis hermanos Olga, Ricardo, Gerardo y Gabriel
A mi familia y a todos mis amigos
Gracias por su amor, apoyo y enseñanzas.



A la UNAM
Gracias por permitirme seguir mejorando.

Contenido

Introducción	iii
1 Riesgo	1
1.1 Tipos de Riesgo Financiero	2
1.2 Administración de Riesgo	3
2 Productos Financieros	6
2.1 Valores Negociables	8
2.1.1 Renta Fija	8
2.1.2 Renta Variable	10
2.2 Productos Derivados	11
2.3 Otros productos no negociables	12
3 Ámbito Internacional	13
3.1 Organismos Reguladores Internacionales	14
3.2 Sistema Financiero Mexicano	17
3.3 Comité de Basilea de Supervisión Bancaria	20
3.4 Mercado de Riesgo Financiero	22
3.5 Algorithmics	24
3.6 Ron S. Dembo	24
4 Mark-To-Future (MtF)	25
4.1 Definición de Escenarios a través del Tiempo	26
4.2 Definición de Instrumentos Base	29
4.3 Simulación de Instrumentos para Generar un Cubo MtF	31
4.4 Producción de la Tabla de Portafolio MtF	32
4.5 Producción de Medidas de Riesgo/Recompensa	35
4.6 Aplicaciones Avanzadas	38
5 MtF en Práctica	41
5.1 Construcción de escenarios	41
5.2 Régimen A	46
5.3 Régimen B	49
5.4 Régimen C	50
6 Conclusiones	55

A	Generación de Escenarios	59
A.1	Métodos Paramétricos	59
A.1.1	Cálculo de VaR para un Activo	59
A.1.2	Método de Varianza-Covarianza o Delta-Normal para calcular el VaR	60
A.1.3	Método Monte Carlo (MC)	60
A.1.4	Método Quasi Monte Carlo (QMC)	61
A.2	Métodos No Paramétricos (Simulación Histórica)	63
A.2.1	Crecimientos Relativos	63
A.2.2	Crecimientos Logarítmicos	63

Introducción

Las personas toman decisiones que envuelven riesgo y, algunas veces, pueden tener un gran impacto en sus vidas. Casi todos hemos conocido a alguien que ha comprado un boleto de lotería sin ganar un premio o a alguien que ha registrado grandes pérdidas en algún negocio.

Un error clásico al pensar una decisión es no tomar en cuenta la posibilidad de que las cosas puedan ir de mal a peor y, más aún, sobreestimamos el arrepentimiento que podemos sentir cuando las cosas salen mal.

Las calamidades pueden suceder. Algunas veces no se tienen repercusiones graves pero, otras veces como en el caso de México en 1994, las repercusiones se extienden a varios mercados y economías. Tales eventos hacen palpable lo que sabemos en teoría, "el riesgo aguarda frente a nosotros, no atrás". No tiene sentido el sólo mirar atrás y asumir que vamos a descubrir todo lo que necesitamos saber de la estabilidad de las monedas o de la constancia de precios de cualquier mercado. Sin embargo, mirar atrás es lo que precisamente la mayoría de nosotros hacemos. ¿Cuántas veces nos hemos regañado por decisiones que salieron mal en lo que parece obvio y fácil en retrospectiva? Posiblemente nos falta experiencia en la toma de decisiones.

Por siglos, matemáticos, economistas y filósofos han elaborado formas de modelar el cómo tomamos decisiones. Nuestro comportamiento está regido por muchos factores como gusto, presupuesto o costumbre, por nombrar algunas, que hacen que las decisiones sean casi únicas. Hay algunas preguntas que la gente se hace comúnmente como:

- ¿Debemos vender una casa ahora?
- ¿Debemos invertir en las acciones que nos sugieren?
- ¿Debemos apartar un fondo para la escuela de nuestros hijos?
- ¿Debemos comprar un coche ahora o en unos meses?
- ¿Debemos empezar un plan de pensión y, si es así, cuánto debemos apartar?
- ¿Debemos refinanciar nuestra hipoteca ahora o después?
- ¿Debemos comprar un boleto de lotería?
- ¿Debemos ir a huelga y arriesgarnos a perder nuestro trabajo?

Debemos enfrentar y hacer muchas decisiones; algunas veces estaremos felices de haberlas hecho pero algunas veces vamos a arrepentirnos de nuestras elecciones. Es un hecho.

Ahora bien, mientras que las personas toman riesgos periódicamente, las instituciones financieras, los corredores de bolsa y las aseguradoras lo hacen diariamente y por cantidades que van desde lo pequeño hasta grandes fondos. Esto ha llevado al desarrollo de técnicas innovadoras que controlen su exposición ya que, ante el riesgo futuro, se deben tomar decisiones y se deben tomar ahora y, entre más grande la cantidad arriesgada, mayor es el arrepentimiento.

El cálculo del riesgo es sólo el primer paso para administrarlo eficientemente. Aquellas empresas que controlen su riesgo inteligentemente, tendrán una ventaja competitiva ante las demás.

En los últimos 20 años, un gran número de investigadores y empresas financieras de todo el mundo han unido esfuerzos para acelerar el desarrollo de la administración de riesgo y encontrar estándares de medición, todo esto, bajo un marco regulatorio que es actualizado constantemente con la finalidad de prevenir desastres o intentar que no se repitan.

Se han nombrado grandes casos como los fraudes contables de *Enron* y *WorldCom* pero, en realidad, han habido casos peores de pérdidas como la vertiginosa caída de *Barings PLC* en 1995, un banco de gran reputación con 233 años de antigüedad que cayó en bancarrota, aparentemente, debido a un sólo operador quien perdió 1330 millones de dólares en una operación financiera con derivados y aniquiló todo el capital social de la empresa. También, está el caso del Condado de Orange en 1994, que es un ejemplo de riesgo de mercado no controlado en un fondo gubernamental local donde el tesorero invirtió en bonos privados con dinero perteneciente a escuelas y ciudades del condado; las altas tasas de interés lo llevaron a una pérdida de 1640 millones de dólares. A las grandes pérdidas se le atribuyen diversas causas aunque tienen un punto en común que es la ausencia de estrictas políticas de administración de riesgo.

En enero del 2001, uno de los principales organismos regulatorios, el Comité de Basilea de Supervisión Bancaria emitió una propuesta para un nuevo Acuerdo de Capital (conocido comúnmente como BIS II). Este marco integral de regulación de capital intenta fomentar con énfasis las prácticas de administración de riesgo y promueve mejoras continuas a las capacidades de medición de riesgo de las instituciones financieras.

El BIS II cubre tres áreas de riesgo dentro de los requerimientos mínimos de capital: riesgo de crédito, riesgo de mercado y riesgo operativo. Otras áreas de riesgo tales como la administración de tasas de interés y riesgo de liquidez, están siendo incorporadas a través de revisiones constantes. Mientras que el inicio de vigencia del nuevo Acuerdo de Capital está programada para el inicio del 2007, su implementación implica una cantidad substancial de recursos y gran compromiso por parte de los bancos y supervisores.

La necesidad de administrar el riesgo también ha generado un mercado de aplicaciones que contienen metodologías y técnicas desarrolladas recientemente así como otras que han perdurado por su eficiencia. Dentro de este mercado, sobresalen algunas empresas como *Algorithmics*, *SAS* y *Methodware* por ser los líderes del mercado. En particular,

Algorithmics emplea en sus productos la metodología Mark-to-Future (que puede ser traducido como Valuación-a-Futuro) lo que le permite que, día a día, varias de las principales instituciones financieras del mundo contraten sus servicios.

El objetivo del presente documento es dar una descripción de los fundamentos de la metodología Mark-to-Future diseñada para administrar diversos tipos de riesgo.

Para entender mejor el lugar que ocupa esta metodología dentro del marco del riesgo financiero, la tesis se compone de la siguiente forma:

En el Capítulo 1, se presenta una definición del riesgo junto a algunas características de su naturaleza, se mencionan cuáles son las principales subdivisiones de los riesgos que enfrenta una empresa así como las subdivisiones del riesgo financiero y se abre un espacio para hablar sobre la administración del riesgo explicando en qué consiste.

En el Capítulo 2, se da una sencilla clasificación de los diversos productos financieros disponibles en el mercado para toda clase de inversionistas que se dividen en tres ramas principales: valores negociables, productos derivados y otros productos no negociables.

En el Capítulo 3, se enlistan varios de los principales desastres financieros que han contribuido a la necesidad de regular la administración de riesgo, se mencionan los principales organismos reguladores (tanto internacionales como nacionales) con especial atención al Comité de Basilea que ha dictado las principales normas en las que se basan las actividades de algunas instituciones financieras y se menciona el mercado de aplicaciones de administración de riesgo junto a sus principales competidores a la fecha.

En el Capítulo 4, se da la descripción de Mark-to-Future enfocada en simular escenarios futuros en diferentes períodos. A través de esta metodología se pueden calcular varios tipos de riesgo que interactúen simultáneamente, lo que permite a las instituciones financieras minimizar su riesgo y maximizar su recompensa financiera. El capítulo se subdivide en seis secciones en las que se explica cada uno de los pasos de la metodología.

En el Capítulo 5, se ilustran los fundamentos de la metodología a través de un ejemplo que compara portafolios bajo tres diferentes regímenes (políticas de inversión), se emplean las técnicas mencionadas en el capítulo anterior y se explican algunas técnicas para la generación de escenarios.

El documento finaliza con las conclusiones y un anexo que permite introducir los principales métodos para generar escenarios divididos en dos ramas: métodos paramétricos y métodos no-paramétricos que también son conocidos como de simulación histórica.

Capítulo 1

Riesgo

El riesgo no se puede ignorar, siempre está presente en nuestras vidas ¿A qué estamos expuestos y qué podemos hacer para limitar nuestro riesgo? Por siglos, matemáticos, economistas y filósofos han encontrado formas para explicar el cómo tomamos decisiones que confronten al riesgo. Pero ¿Qué es el riesgo?:

- Real Academia Española: (del italiano *risico* o *rischio*, y este del árabe clásico *rizq*, lo que depara la providencia) contingencia o proximidad de un daño.
- Enciclopedia Británica: (del italiano *risco*) posibilidad de pérdida o lesión.

Contingencia, daño, pérdida, todos estos conceptos nos dan un idea de su naturaleza. Considere las siguientes situaciones que involucran riesgo: comerciar un nuevo producto, ir a una misión militar, cambiar de trabajo, subir una montaña. Aunque pueden parecer diferentes, estas situaciones tienen elementos en común. Primero, hay interés acerca del resultado. Segundo, no se conoce lo que ocurrirá, en cada situación el resultado es incierto.

Mientras que las personas toman riesgos periódicamente, las instituciones financieras, los corredores de bolsa y las aseguradoras lo hacen diariamente, son comerciantes de riesgo, su negocio es beneficiarse de él. En años recientes, los mercados financieros se han vuelto mucho más complejos, estas instituciones han tenido que desarrollar maneras innovadoras para controlar su exposición ya que, ante el riesgo futuro, se deben tomar decisiones y se deben tomar en el presente. Las empresas están expuestas a tres tipos de riesgo:

Riesgo de Negocios: Riesgo que la empresa está dispuesta a asumir para crear ventajas competitivas y agregar valor para los accionistas. Este riesgo tiene que ver con el mercado del producto en el cual opera la empresa y comprenden innovaciones tecnológicas, diseño del producto y mercadotecnia.

Riesgo Estratégico: Riesgo resultante de cambios fundamentales en la economía o en el entorno político. Por ejemplo, la desaparición de la U.R.S.S. a finales de los ochenta, que condujo al gobierno de E.U.A. a una reducción gradual de los gastos de defensa. Otro ejemplo fue la percepción negativa que empezó a manifestarse contra

los derivados en 1992 y que condujo a una reducción en la actividad relacionada con estos productos, afectando a los intermediarios de los mismos. La expropiación y nacionalización también son considerados riesgos estratégicos. Estos riesgos difícilmente se pueden cubrir, a no ser por la diversificación a través de distintas líneas de negocios y de distintos países.

Riesgo Financiero: Riesgo relacionado con las posibles pérdidas en los mercados financieros como los movimientos en las variables financieras (tasas de interés y los tipos de cambio). La exposición al riesgo financiero puede ser optimizada de tal manera que las empresas puedan concentrarse en administrar su exposición al riesgo de negocios.

1.1 Tipos de Riesgo Financiero

Las subdivisiones más aceptadas son:

Riesgo de Mercado: Resultante de los cambios en los precios (o volatilidades) de los activos y pasivos financieros y se mide a través de los cambios en el valor entre el punto actual y algún punto futuro en el tiempo. Aquí se incluye el *riesgo base* que se presenta cuando se rompe o cambia la relación entre los productos utilizados para cubrirse mutuamente, y el *riesgo gama* que es ocasionado por relaciones no lineales entre los bienes subyacentes¹ y el precio o valor del derivado.

Riesgo de Crédito: Se presenta cuando las contrapartes están poco dispuestas o imposibilitadas para liquidar sus compromisos contractuales en el momento del vencimiento o posterior. Su efecto se mide por el costo de la reposición de los flujos de efectivo si la otra parte incumple. También se presenta cuando los deudores son clasificados duramente por las agencias crediticias, generando con ello una caída en el valor de mercado de sus obligaciones. Aquí se incluye el *riesgo soberano* que se presenta cuando los países imponen controles que afectan negativamente a los negocios o al valor de los bienes en el país, el *riesgo de principal* que se da cuando una contraparte pueda perder el valor total de una operación. El riesgo de principal que surge de la liquidación de operaciones con divisas se denomina a veces riesgo Herstatt².

Riesgo de Liquidez: Se presenta por la incapacidad de convertir los bienes en efectivo en los precios de mercado prevaletentes. Es decir, el riesgo de no poder vender o cubrir un bien. Puede administrarse fijando límites en ciertos mercados o productos y a través de la diversificación. Aquí se incluye el *riesgo de flujo de financiamiento* que se refiere a la incapacidad de conseguir obligaciones de flujos de efectivo necesarios, lo cual puede forzar a una liquidación anticipada.

¹Activo entregado bajo un contrato. Por ejemplo, si un *futuro* requiere la entrega de 1000 barriles de petróleo, entonces el bien subyacente es el petróleo.

²En 1974, el Herstatt Bank recibió pagos de varias contrapartes pero incumplió antes de que los pagos fueran ejecutados del otro lado de la transacción. Este lo llevó a la bancarrota, desestabilizó el sistema bancario global e impulsó la creación del Comité de Basilea que, 20 años después, promulgó los requerimientos de capital de garantía.

Riesgo Operativo: Riesgo de pérdida resultado de procesos internos inadecuados o fallidos, personas y sistemas o de eventos externos. Comprende fraude interno y externo, prácticas de empleados y seguridad de trabajo, prácticas comerciales (mal uso de información privilegiada, ventas agresivas, manipulación de mercado, lavado de dinero, violación de privacidad, exceso de crédito a clientes, mala asesoría), daño físico a bienes (desastres naturales, vandalismo, terrorismo), interrupción de negocios (hardware, software, telecomunicaciones) y procesos administrativos (errores en modelos de cálculo, falta de entrega, pérdida de documentos legales, negligencia). Aquí se incluye el *riesgo legal*³ que se presenta cuando una contraparte no tiene autoridad legal o regulatoria para realizar una transacción.

1.2 Administración de Riesgo

La administración de riesgo es el proceso mediante el cual se identifica, se mide y se controla la exposición del riesgo, lo cual permite una protección parcial ante la incertidumbre originada por la creciente volatilidad de las variables financieras. La administración de riesgo se enfoca en ser apta para manejar eventos típicos y atípicos, lo que la ha convertido en una herramienta esencial para la sobrevivencia de cualquier negocio.

Comúnmente, hay una mala interpretación de que el riesgo es un concepto puramente activo que sólo envuelve el aceptar la posibilidad de un resultado negativo cuando esperamos una recompensa. Si tenemos un millón de pesos, podemos escoger ponerlo debajo del colchón para evitar muchos riesgos, pero seguramente estamos asumiendo otros. Hay riesgo en no hacer nada y hay riesgo en tomar una acción, tal vez, la esencia de la administración de riesgo es encontrar un equilibrio entre la acción y la pasividad.

Tanto en la vida, como en los negocios, se presentan pérdidas que han mostrado la necesidad de apartar dinero. El cuánto dinero debemos apartar para una eventualidad es la principal razón del florecimiento de la administración de riesgo, ya que, aquellos que necesitan menos capital para correr los mismos riesgos, disfrutaban de una gran ventaja competitiva. Los administradores de riesgo se apoyan en herramientas que han mostrado ser eficaces a través de los años.

En su disertación "La Teoría de la Especulación" de 1900, Louis Bachelier buscó una fórmula que expresara la probabilidad de una fluctuación de mercado. Terminó con una fórmula matemática que describe el *movimiento browniano* que, en el mundo de las finanzas, llegó a ser conocida como *caminata aleatoria*. Desde entonces, se han desarrollado varias herramientas, las principales se mencionan en la Figura 1.1.

En los últimos 20 años, investigadores y empresas de todo el mundo han unido esfuerzos para acelerar el desarrollo de la administración de riesgo y encontrar estándares de medición. Esta cooperación y los últimos avances tecnológicos han dado paso a herramientas y medidas de administración cada vez más potentes. Como el riesgo es el

³Antes del Comité de Basilea del 2001, el *riesgo legal* era considerado un tipo diferente de riesgo financiero.

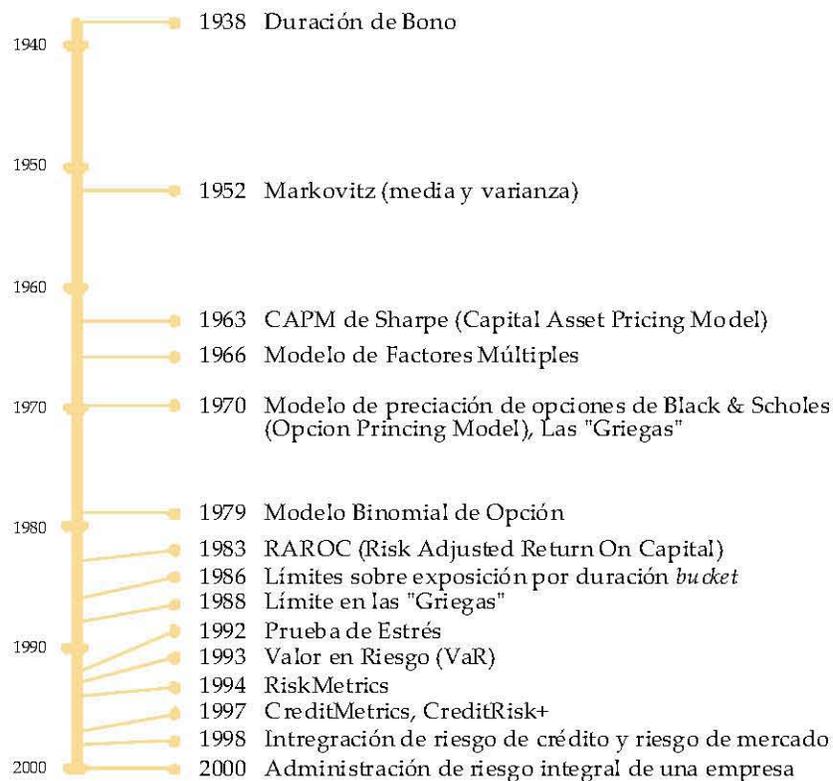


Figura 1.1: Evolución de las herramientas de administración de riesgo

resultado de un futuro incierto, las medidas de riesgo deben ser proyectivas y no retrospectivas.

La medida de riesgo más conocida es el llamado *Valor en Riesgo* (Value-at-Risk) que corresponde al límite superior de un intervalo de confianza α para las pérdidas asociadas a un portafolio de inversiones, denotado como $VaR(\alpha)$. Este concepto fue tratado por Edgeworth en 1888, pero, los desarrollos prácticos modernos datan de 1994 cuando la firma J.P. Morgan lanzó su producto RiskMetrics, fecha a partir de la cual su uso se ha convertido en un estándar de la práctica financiera moderna.

Por ejemplo, hay un atractivo negocio A que se realiza periódicamente y un estudio, hecho con los resultados pasados, revela que las ganancias o pérdidas se distribuyen como lo muestra la Figura 1.2. Le peor pérdida es \$4 y la mayor ganancia es \$8.4. Hay dos personas que tienen varios negocios y que invierten en A constantemente.

El primero quiere estar 100% que contará con el dinero suficiente para invertir una y otra vez en el negocio y, si guarda \$4, nunca le faltará dinero. El segundo sabe de este hecho, pero, se da cuenta que el 99% de las veces, el negocio no baja de \$1.6, es decir, en vez de apartar \$4 sólo aparta \$1.6 y los \$2.2 restantes los invierte en otro negocio B . En caso de que llegué la desfortuna de que el negocio A baje más de \$1.6, simplemente, no invertirá esa única vez en el negocio B .

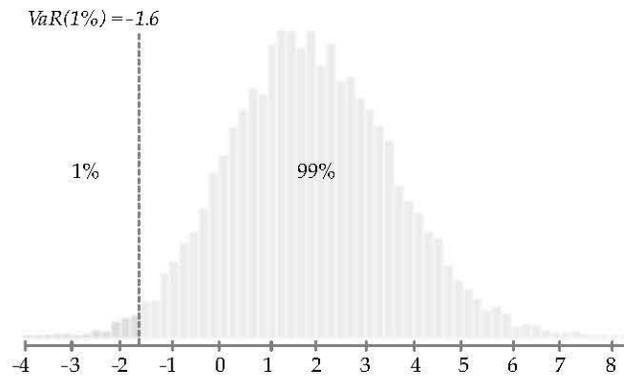


Figura 1.2: Ejemplo de un Valor en Riesgo al 99%

El resultado es que los dos inversionistas disfrutaban del negocio *A*, pero, el segundo puede disfrutar de las ganancias adicionales que le consigan los \$2.2 del negocio *B*. En términos de valor en riesgo, los $-\$1.6$ son el VaR al 99% ó $VaR(1\%)$ del negocio *A* que indica, simplemente, que el 99% de las ganancias/pérdidas registradas serán mayores a \$1.6. Lo que el inversionista haga con la información dependerá de sus estrategias de inversión.

Capítulo 2

Productos Financieros

Valores negociables	<p>Renta fija:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deuda pública (letras del Tesoro, bonos y obligaciones del Estado, deuda autónoma y de otros organismos públicos) • Renta fija privada (pagarés de empresa, bonos y obligaciones, bonos y obligaciones convertibles, cédulas hipotecarias, titulizaciones, ...) • Participaciones Preferentes <p>...</p> <p>Renta variable:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acciones cotizadas o no cotizadas
Otros productos no negociables	<p>De naturaleza mixta:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CFA's (Contratos Financieros Atípicos)
Productos derivados	<p>Negociados en mercados regulados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Futuros y opciones financieras y no financieras (<i>commodities</i>) • Títulos opcionales (<i>warrants</i>) • Productos estructurados ... <p>...</p>
Productos derivados OTC	<p>Productos no negociados en mercados secundarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contratos a plazo (<i>forwards</i>) • FRA's (<i>Forward rate agreement</i>) • Permutas financieras (<i>swaps</i>) • Opciones <p>...</p>
Depósitos bancarios	<ul style="list-style-type: none"> • Cuentas a la vista y de ahorro • Cuentas a plazo • Cuentas en divisas <p>...</p>
Productos de seguros	<ul style="list-style-type: none"> • Planes y fondos de pensiones • Seguros de ahorro y capitalización

Tabla 2.1: Tipos de productos financieros

Los inversionistas disponen de múltiples alternativas de inversión financiera. La Tabla 2.1 muestra una sencilla clasificación —no exhaustiva— de los productos con mayor difusión.

Antes de explicar en qué consiste cada tipo de producto o activo financiero, revisemos rápidamente algunos conceptos importantes:

El *Sistema Financiero* es el conjunto de mercados, intermediarios y activos financieros cuya finalidad primordial es canalizar el ahorro que genera los agentes económicos con superávit de recursos financieros y dirigirlo hacia los agentes económicos con déficit de recursos financieros, siendo estos últimos quienes llevan a cabo la inversión productiva.

Un *Mercado Financiero* es el mecanismo a través del cual se realiza el intercambio o transacción de activos financieros y se determinan sus precios, siendo irrelevante si existe un espacio físico o no. A través de los mercados organizados se logran reducir los costos de transacción, es decir, los costos asociados a la negociación de los activos financieros.

Los *Intermediarios Financieros* son el conjunto de instituciones especializadas en la mediación entre los prestamistas y los prestatarios últimos de la economía. En concreto, su actividad básica es prestar y pedir prestados. Por sus características se dividen en:

Brokers: Son agentes financieros que operan (compran/venden activos financieros) por cuenta de un tercero y que intervienen en el proceso de canalización del ahorro hacia la inversión poniendo en contacto a los demandantes y oferentes de fondos, a cambio, reciben una comisión.

Dealers: Son entidades o agentes financieros que operan por cuenta propia. Es importante tener en cuenta que los brokers y dealers no crean ni transforman activos financieros.

Intermediarios Financieros en Sentido Estricto: Son los agentes financieros que realizan la creación o transformación de activos financieros.

Un *Activo Financiero* es un instrumento financiero emitido por las unidades económicas de gasto con déficit con el que logran financiar su actividad. Para quien lo adquiere y lo posee, constituye un medio de mantener la riqueza. Existen dos parámetros que permiten la comparación entre activos financieros:

Rentabilidad: Es la compensación que obtiene el adquirente de un activo financiero por la cesión temporal de fondos. En su forma más simple, es el cociente entre los rendimientos netos de la inversión y la cantidad de dinero invertida, expresada en porcentaje.

Riesgo: Relacionado con las posibles pérdidas en los mercados financieros como los movimientos en las variables financieras.

2.1 Valores Negociables

2.1.1 Renta Fija

Los activos de renta fija corresponden a un amplio conjunto de valores negociables que emiten las empresas y las instituciones públicas, y que representan préstamos que estas entidades reciben de los inversionistas. La renta fija no confiere derechos políticos a su tenedor, sino sólo derechos económicos entre los que destacan el derecho a percibir los intereses pactados y la devolución de la totalidad o parte del capital invertido en una fecha dada, dependiendo de si es renta fija simple o no.

Un inversionista en renta fija se convierte en acreedor de la Sociedad Emisora, mientras que el accionista es un socio propietario de una parte del capital social. Esta diferencia no es trivial, pues:

- en caso de liquidación de la sociedad, el acreedor tiene prioridad frente a los socios.
- el accionista cuenta con una serie de derechos cuyo ejercicio requiere un mayor compromiso que los del inversionista en renta fija: mayor seguimiento de la información, participación en su caso en la Junta General de Accionistas o delegación del voto, etc.

En la renta fija, tradicionalmente, los intereses del préstamo estaban establecidos de forma exacta desde el momento de la emisión hasta su vencimiento, actualmente, con más frecuencia se observa que los intereses están referenciados a determinados indicadores (tipos de interés, índices bursátiles, o incluso a la evolución de una determinada acción, etc.) teniendo a veces otras características especiales.

Entre los valores negociables de renta fija, los de mayor difusión son los de deuda pública, renta fija privada y participaciones preferentes.

Los productos de *Deuda Pública* son los valores emitidos por los Gobiernos, las Comunidades Autónomas y otros Organismos Públicos.

Letras del Tesoro: Son activos a corto plazo (6, 12 y hasta 18 meses) emitidos por los Gobiernos. Siempre son a descuento y se representan exclusivamente mediante anotaciones en cuenta, sin que exista el título físico. Los Gobiernos emiten regularmente estos valores a través de subastas competitivas, como método de financiación del Estado.

Bonos y Obligaciones del Estado: Son los principales instrumentos de renta fija a medio plazo (bonos) y largo plazo (obligaciones) emitidos por los Gobiernos. Se trata de emisiones de rendimiento explícito. Por ejemplo, se pueden emitir bonos a 3 y 5 años y obligaciones a 10, 15 y 30 años dependiendo del Gobierno emisor. A lo largo de su vida, estos activos devengan un tipo de interés fijo que se abona mediante cupones anuales.

Deuda autónoma y de otros Organismos Públicos: Las Comunidades Autónomas, corporaciones locales y diversas entidades públicas, emiten valores a corto plazo (pagarés) y a largo plazo. Sus características son similares a las de las Letras del Tesoro, los bonos y obligaciones del Estado, respectivamente.

La *Renta Fija Privada* es el conjunto de valores de renta fija emitidos por empresas del sector privado. Los emisores tienen obligación de editar y registrar un folleto informativo cada vez que realizan una emisión de este tipo cuando va dirigida al público en general.

Pagarés de empresa: Son valores cupón cero emitidos al descuento, por lo que su rentabilidad se obtiene por diferencia entre el precio de compra y el valor nominal del pagaré que se recibe en la fecha de amortización. Son a corto plazo, y existen vencimientos entre 7 días y 25 meses, aunque los plazos más frecuentes son de uno, tres, seis, doce y dieciocho meses. La colocación de los pagarés en el mercado primario se efectúa bien mediante subastas competitivas en las que se determina el precio de adquisición, o bien por negociación directa entre el inversor y la entidad financiera.

Bonos y Obligaciones: Los bonos y obligaciones emitidos por las empresas son valores a medio y largo plazo. Sus características pueden variar considerablemente de un emisor a otro, e incluso en distintas emisiones de una misma compañía. Estas diferencias pueden ser la fecha de vencimiento, tipo de interés, periodicidad de los cupones, precios de emisión y amortización, las cláusulas de amortización y otras condiciones de emisión, las opciones de convertibilidad si las hubiera, la preferencia de derechos en caso de liquidación, o las garantías ofrecidas, entre otras.

Obligaciones convertibles y/o canjeables: La convertibilidad supone la posibilidad de transformar un activo financiero en otro. Así, una determinada obligación puede convertirse en una acción o en otra clase de obligaciones. Las obligaciones convertibles o canjeables confieren a su propietario el derecho a cambiarlos por acciones en una fecha determinada. La diferencia es que, en el canje, la transformación en acciones se realiza mediante entrega de acciones viejas que forman parte de la autocartera del emisor, mientras que en la conversión, se entregan acciones nuevas. Hasta la fecha de conversión, el tenedor recibe los intereses mediante el cobro de los cupones periódicos.

Cédulas hipotecarias: Son valores emitidos exclusivamente por entidades de crédito, respaldados de modo global por su cartera de préstamos hipotecarios. El volumen de cédulas hipotecarias emitidas y no vencidas, no puede superar el un porcentaje (90%) de los capitales no amortizados de todos los créditos hipotecarios de la entidad aptos para servir de cobertura. Suelen ser emisiones a medio plazo y tienen distintas modalidades en cuanto a tipo de interés y condiciones de amortización. En concreto, la entidad emisora se reserva la facultad de amortizar anticipadamente parte o la totalidad de la emisión durante la vida de la misma, de acuerdo con lo establecido en la ley que regule el mercado hipotecario.

Titulizaciones hipotecarias o de activos: La titulización es un método de financiación de empresas basado en la venta o cesión de determinados activos, incluso derechos de cobro futuros, a un tercero que a su vez, financia la compra emitiendo valores que son los que colocan entre los inversores. Normalmente se colocan entre inversionistas institucionales.

Las *Participaciones Preferentes* presentan diferencias respecto a la renta fija tradicional y a la renta variable. Por su estructura son similares a la deuda subordinada, sin embargo, para efectos contables se consideran como valores representativos del capital social del emisor, que otorgan a sus titulares derechos diferentes a los de las acciones ordinarias (carecen de derechos políticos y del derecho de suscripción preferente). Sus principales características son:

- Conceden a sus titulares una remuneración predeterminada (fija o variable), no acumulativa, condicionada a la obtención de suficientes beneficios distribuibles por parte de la sociedad fiadora.

- Se sitúan en orden de preferencia de créditos: por delante de las acciones ordinarias, en igualdad de condiciones con cualquier otra serie de participaciones preferentes y por detrás de todos los acreedores comunes y subordinados.

- Son perpetuas, aunque el emisor podrá acordar la amortización una vez transcurridos al menos cinco años desde su desembolso, previa autorización del fiador y, en su caso, del banco central del país.

2.1.2 Renta Variable

Invertir en renta variable es participar en los proyectos empresariales, se puede ver como una apuesta al desarrollo futuro de las compañías, y esta apuesta supone la posibilidad de obtener mayores rentabilidades que con otros productos, por lo general asumiendo también mayores riesgos. En la renta variable, el rendimiento depende de la marcha de la empresa. No existe un rendimiento estipulado contractualmente.

Las *Acciones* son valores negociables que representan una parte proporcional del capital social de una sociedad anónima, que otorgan a sus tenedores la condición de socios propietarios de la misma, en proporción a su participación. Tienen una serie de reglas:

- No se pueden emitir por debajo de su valor nominal, pero sí se pueden emitir con una prima de emisión.

- No tienen vencimiento.

- Pueden amortizarse en casos de reducción de capital o en caso de disolución de la sociedad.

Los principales derechos del accionista son:

- Participar en los beneficios de la sociedad y participar en el patrimonio resultante de una posible disolución.

- Derecho de suscripción preferente en acciones nuevas y obligaciones convertibles.

- Derecho de asistencia y voto en las juntas y de impugnación de acuerdos.

- Derecho de información.

Acciones cotizadas: Son aquellas que se cotizan en bolsas de valores y deben cumplir con una serie de requisitos para garantizar su liquidez. El procedimiento para su admisión varía según los valores sean nacionales o extranjeros, negociados en el primer o segundo mercado.

Acciones no cotizadas: Son aquellas que no se cotizan en las bolsas de valores.

2.2 Productos Derivados

Los productos derivados son instrumentos financieros cuyo valor deriva de la evolución de los precios de otros activos denominados activos subyacentes. Los subyacentes utilizados pueden ser muy variados: acciones, cestas de acciones, valores de renta fija, divisas, tipos de interés, índices bursátiles, materias primas y productos más sofisticados, incluso la inflación o los riesgos de crédito. En general, los productos derivados sirven para trasladar el riesgo de unos agentes (que desean venderlo) a otros (que quieren adquirirlo), lo que permiten usarlos con finalidades opuestas.

En las operaciones habituales de contado o spot (como por ejemplo cuando vamos al supermercado) el intercambio del producto por su precio se realiza en el momento del acuerdo. Sin embargo, un derivado es un pacto cuyos términos se fijan hoy pero, y aquí está la diferencia, la transacción se hace en una fecha futura. La ventaja es que tanto el comprador como el vendedor conocen con certeza la cantidad que se pagará y recibirá por el producto en la fecha acordada, lo que permite afrontar el futuro con mayor tranquilidad.

La idea de acordar una compraventa que se materializará al cabo de un cierto tiempo tiene tanta antigüedad como el comercio mismo; en los mercados financieros holandeses del siglo XVII ya negociaban contratos derivados cuyo activo eran los bulbos de los tulipanes. Paralelamente, en Japón se desarrollaban los primeros mercados organizados en los que se concertaban contratos que conllevaban la entrega futura de arroz. En estos ejemplos, tanto los bulbos como el arroz son el activo subyacente.

El primer mercado de derivados moderno nace en Chicago en el siglo XIX, en el que aún hoy en día se negocian contratos cuyos activos son el trigo y el maíz. Con posterioridad se ampliaron a otros subyacentes y se crearon en otros países mercados organizados sobre mercancías. En 1973, también en Chicago, se creó el primer contrato que permitía asegurar un tipo de cambio para una fecha futura; es, pues, el nacimiento del derivado financiero. A éste le siguieron otros derivados que permiten la compraventa de activos financieros como acciones, bonos, índices, tipos de interés, etc., en un momento posterior a la fecha del acuerdo.

Los productos derivados más conocidos son:

Un *Futuro* es un contrato a plazo negociado en un mercado organizado, por el que las partes acuerdan la compraventa de una cantidad concreta de un valor (activo subyacente) en una fecha futura predeterminada (fecha de liquidación), a un precio convenido

de antemano (precio de futuro). Es decir, se trata de contratos a plazo cuyo objeto son instrumentos de naturaleza financiera (valores, índices, préstamos o depósitos...) o «commodities» (es decir, mercancías como productos agrícolas, materias primas...).

Un *Forward* es un contrato a plazo parecido al *futuro*. La diferencia radica fundamentalmente en que en el *forward* los contratantes fijan las condiciones del acuerdo según sus necesidades, mientras que en el contrato de *futuro* las condiciones que lo rigen están estandarizadas. A modo de ejemplo, la compra de un contrato a plazo podría asimilarse a encargar un traje a medida mientras que un futuro sería equivalente a comprar en un gran almacén con tallaje fijo y sin posibilidad de arreglo.

Una *Opción* es un contrato que otorga a su comprador el derecho, pero no la obligación, a comprar o vender una determinada cantidad del activo subyacente, a un precio determinado llamado precio de ejercicio, en un período de tiempo estipulado o vencimiento. Llegada la fecha de vencimiento, el comprador decidirá si le interesa o no ejercitar su derecho, en función de la diferencia entre el precio fijado para la operación (precio de ejercicio o strike) y el precio que en ese momento tenga el subyacente en el mercado de contado (en el caso de acciones, su cotización). El precio de la *opción* es lo que el comprador paga por obtener ese derecho y se denomina *prima*.

2.3 Otros productos no negociables

Los *Contratos Financieros Atípicos (CEA)* son contratos no negociados en mercados secundarios organizados en los que una entidad de crédito recibe dinero o valores de su clientela asumiendo una obligación de reembolso, en función de la evolución en el mercado de uno o varios valores, sin compromiso de reembolso íntegro del principal recibido. El reembolso consiste en la entrega de determinados valores cotizados, o bien, en el pago de una suma de dinero, o ambas cosas. Los *CEA* son productos de riesgo elevado, que pueden generar una rentabilidad superior a los depósitos tradicionales, pero también pérdidas en el capital invertido.

Dadas sus características y el riesgo existente sobre el principal invertido, la entidad de crédito debe incorporar al contrato, firmado por los clientes, el texto del folleto informativo verificado e inscrito en la Comisión de Valores correspondiente al país. Algunos de estos contratos permiten su cancelación anticipada a lo largo de su período de vigencia, previo abono del coste de deshacer la cobertura prevista en el mismo aunque con frecuencia, al no existir esa posibilidad, pueden considerarse productos ilíquidos hasta su vencimiento.

Capítulo 3

Ámbito Internacional

Casi todos los grandes avances de la regulación financiera internacional han sido precedidos de episodios de crisis que aceleraron la adopción de acuerdos y medidas:

Sistema de Bretton Woods: A finales de la II Guerra Mundial, los aliados se reunieron para reestructurar el sistema monetario internacional y se llegó al acuerdo de Bretton Woods que se centraba en la estabilidad de los tipos de cambio. Durante los 50 y 60, las crisis fueron escasas y rara vez provocadas por riesgos individuales.

Ruptura de Bretton Woods: La fluctuación de los tipos de cambio tras el abandono del sistema de Bretton Woods, en 1973, generó una mayor exposición al riesgo que, acompañado de una creciente movilidad de capitales, permitía una mayor transmisión de crisis entre fronteras. Por ejemplo, el Banco Herstatt cerró por haber sufrido fuertes pérdidas en los mercados de divisas, su quiebra produjo graves dificultades sobre el sistema de pagos internacional. En respuesta, el G-10 creó diferentes comités sectoriales, como el Comité de Basilea.

Crisis de la deuda: La crisis de la deuda de Latinoamérica afectó a la banca de Estados Unidos que había concentrado demasiados créditos en la región (principalmente en Argentina, Brasil y México). Esto llevó al FMI a aprobar una nueva financiación y a la reestructuración de la deuda por parte de los bancos de EUA. Para poder financiar la operación, el FMI se vio obligado a incrementar sus recursos en casi un 50% elevando las cuotas de sus países miembros. El Congreso de EUA vio necesario reforzar la solvencia de la banca mediante una elevación de los requerimientos de capital. La banca se quejó de que no podría hacer frente a la competencia de otros países (especialmente bancos japoneses), con menores requisitos de solvencia. Así pues, la elevación del requisito de solvencia en EUA quedó condicionada a que se alcanzara un acuerdo internacional de armonización del coeficiente de solvencia que se firmó finalmente en 1988 como el Acuerdo de Capital de Basilea.

Crisis cambiarias: Los años 90 estuvo marcada por las crisis cambiarias como la del Sistema Monetario Europeo (en 1993 y 1995), la de México en 1994, la de los países asiáticos en 1997 (Malasia, Tailandia, Corea, Indonesia, etc.), la de Rusia en 1998, la de Brasil en 1998 y la de Argentina en 2001. Tras la crisis de México, el G-7 reunido

en Halifax en 1995, acordó que la regulación de los mercados financieros internacionales no debería depender sólo de los comités del G-10, sino que debería ser objeto de debate intergubernamental. Ningún avance concreto siguió a esta decisión, pero, la crisis rusa de 1998 y el derrumbe del fondo Long Term Capital Management precipitaron la creación del Foro de Estabilidad Financiera y la elaboración del Programa de Evaluación del Sistema Financiero del FMI y del Banco Mundial.

Además de estas crisis, varias de las empresas más respetables en finanzas y negocios de todo el mundo han sufrido grandes pérdidas, como se muestra en la Tabla 3.1¹, cuyo factor común es la ausencia de estrictas políticas de administración de riesgo que han provocado una serie de actividades legislativas para la regulación de los mercados como son las normas contables internacionales y códigos de buen gobierno de las empresas.

Empresa	Fechas	\$	Lugar	Descripción corta
Sumitomo Corporation	1985–1999	2 857	Japón	transacciones excesivas
Toyo Shinkin Bank	1991	2 268	Japón	certificados con alto valor nominal
Orange County	1994	1 640	EUA	altas tasas de interés sobre bonos
Showa Shell Sekiyu	1989–1993	1 580	Japón	forward sobre divisas
Kashima Oil	1994	1 450	Japón	forward sobre divisas
Metallgesellschaft	1993	1 340	Alemania	futuros sobre petróleo
Barings plc	1995	1 330	Singapur	futuros sobre índices accionarios
Daiwa Bank	1989–1995	1 100	EUA	transacciones no autorizadas
Carrian Group	1983	1 000	Hong Kong	préstamos inapropiados
Industrial & Commercial Bank of China	2000–2004	894	China	cartas de crédito falsificadas
Allied Irish Bank (Allfirst)	1997–2002	691	EUA	mala estrategia en transacciones
Deutsche Bank AG (Morgan Grenfell)	1995–1997	646	Alemania	inversiones inapropiadas
China Aviation Oil	2004	550	Singapur	especulación sobre derivados
Bank of China	2002	500	China	fraude
Union Carbide Corporation	1984	470	India	fallas en dispositivos de seguridad
Itoman Corp.	1999	463	Japón	fraude
Bayerische LandesBank Girozentrale	1998	456	China	préstamos inapropiados

Tabla 3.1: Casos de pérdidas financieras en millones de USD

3.1 Organismos Reguladores Internacionales

La regulación generalmente es considerada como necesaria cuando el libre mercado es incapaz de distribuir eficientemente los recursos. Para las instituciones financieras,

¹FUENTE:

- Top 10 loss events from the Zurich IC2 FIRST database 2002
- Top 10 operational risk losses in Asia FIRST database 2005
- Jorion, Philippe, 2001, Value at risk, New York: McGraw-Hill, 2nd ed.

esta incapacidad se da: cuando se generan externalidades y cuando existen seguros de depósito.

Las externalidades se presentan cuando el incumplimiento de una institución afecta a otras empresas. Aquí, el temor es por el *riesgo sistémico* que se presenta cuando el incumplimiento de una institución tiene un efecto de cascada sobre otras empresas, por lo tanto, es una amenaza para la estabilidad de todo el sistema financiero.

El seguro de depósito también es un argumento a favor de la regulación. A los depositarios se les promete que se les pagará el valor nominal completo de su inversión cuando así lo soliciten; si los activos del banco caen por debajo de los pasivos pueden provocar que la gente retire su dinero en masa. Dado que los activos del banco pueden ser invertidos en valores no líquidos o inversiones de bienes raíces, la prisa forzará la liquidación de los mismos, pudiendo generar con ello grandes costos.

Entre los organismos internacionales podemos nombrar a:

Fondo Monetario Internacional (IMF): Organización integrada por 184 países, que trabaja para promover la cooperación monetaria mundial, asegurar la estabilidad financiera, facilitar el comercio internacional, promover un alto nivel de empleo y crecimiento económico sustentable y reducir la pobreza. Junto al Banco Mundial, fue fundada en 1944 en Bretton Woods, New Hampshire por la Organización de las Naciones Unidas.

Grupo del Banco Mundial (WB): Organización integrada por los mismos 184 países del FMI que ofrece apoyo a los países en desarrollo. En cuanto a lo financiero, interviene como emisor de referencia en los mercados financieros y colabora en la ejecución del Programa de Evaluación del Sistema Financiero (FSAP).

Organización Internacional de Comisiones de Valores (OICV-IOSCO): Sus principales objetivos son mantener mercados justos y eficientes; promover el desarrollo de los mercados domésticos a través del intercambio de información y experiencias; establecer estándares para una vigilancia efectiva de las transacciones internacionales de valores y productos derivados; y asegurar la integridad de los mercados en un marco de asistencia mutua.

Asociación de Supervisores Bancarios de las Américas (ASBA): Grupo en donde se congregan las máximas autoridades en materia de supervisión bancaria del continente americano. Sus principales objetivos son: la promoción de una estrecha comunicación entre los organismos de supervisión bancaria del continente; el establecimiento de un foro de alto nivel para el tratamiento e intercambio de ideas, tecnologías y experiencias sobre las materias de competencia de sus miembros y para la introducción de estándares mínimos tanto de regulación, como de supervisión bancaria.

Consejo Interamericano de Autoridades Reguladoras de Valores (COSRA): Su objetivo general es fomentar la cooperación y el intercambio de información, así como apoyar los esfuerzos realizados por los países de la región para desarrollar y fomentar mercados de valores sanos y justos.

North American Securities Administrators Association (NASAA): Asociación de reguladores de valores a nivel internacional, cuyo objetivo principal es la protección de los intereses de los inversionistas y ahorradores estatales y regionales.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD): Organismo que promueve reglas para el buen gobierno en el servicio público y en la actividad corporativa. Ayuda a los gobiernos a mantener competitivos los sectores económicos claves. También produce instrumentos, decisiones y recomendaciones adoptados internacionalmente para promover reglas de cooperación en donde son necesarios acuerdos multilaterales para garantizar el progreso de naciones dentro de la economía mundial.

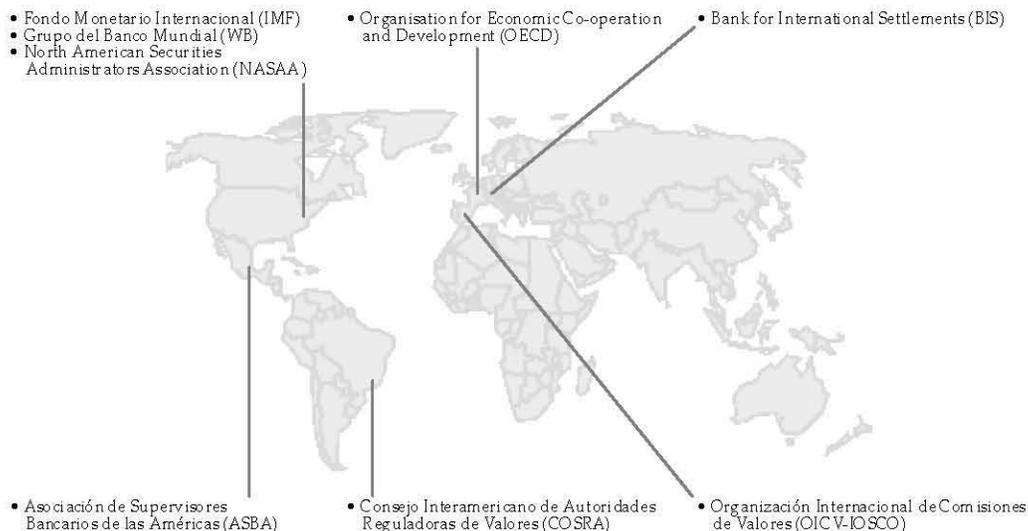


Figura 3.1: Organismos Reguladores Internacionales

Bank for International Settlements (BIS): (Banco de Pagos Internacionales - BPI) Organización internacional que fomenta la cooperación monetaria y financiera internacional y ejerce de banco para los bancos centrales. Su sede central se encuentra en Basilea (Suiza) y acoge en su sede a los siguiente comités y organizaciones para la estabilidad financiera:

Comités creados por los gobernadores de los bancos centrales del G-10 que disfrutaban de un significativo grado de autonomía para la elaboración de sus programas y la estructuración de sus actividades:

- *Comité de Basilea de Supervisión Bancaria*

- Comité sobre el Sistema Financiero Global
- Comité de Sistemas de Pago y Liquidación
- Comité de Mercados

Organizaciones independientes que no responden directamente ante el BPI ni ante ninguno de sus bancos centrales miembros:

- Foro sobre la Estabilidad Financiera
- Asociación Internacional de Supervisores de Seguros
- Asociación Internacional de Aseguradores de Depósitos

3.2 Sistema Financiero Mexicano

El Sistema Financiero Mexicano agrupa diversas instituciones u organismos interrelacionados que se caracterizan por realizar una o varias de las actividades tendientes a la captación, administración, regulación, orientación y canalización de los recursos económicos tanto de origen nacional como internacional.

Los organismos reguladores en México son:

Banco de México: Banco central que tiene por finalidad proveer a la economía del país de moneda nacional. Su objetivo prioritario es procurar la estabilidad del poder adquisitivo de dicha moneda. También promueve el sano desarrollo del sistema financiero y propicia el buen funcionamiento de los sistemas de pagos.

Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV): Órgano desconcentrado de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) responsable de la supervisión y regulación de las entidades financieras y de las personas físicas, y demás personas morales cuando realicen actividades previstas en las leyes relativas al sistema financiero, cuyo fin es proteger los intereses del público.

Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF): Órgano desconcentrado de la SHCP encargado de realizar la inspección, vigilancia y supervisión de las instituciones, sociedades, personas y empresas reguladas por las leyes General de Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros, y Federal de Instituciones de Fianzas, así como del desarrollo de los sectores y actividades asegurador y afianzador del país.

Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro (CONSAR): Órgano administrativo desconcentrado de la SHCP, con autonomía técnica y facultades ejecutivas con competencia funcional propia en los términos de la Ley de los Sistemas de Ahorro para el Retiro. La Comisión tiene a su cargo la coordinación, regulación, supervisión y vigilancia de estos sistemas.

Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros (CONDUSEF): Organismo público descentralizado cuyo objetivo es promover, asesorar, proteger y defender los derechos e intereses de las personas que utilizan o

contratan un producto o servicio financiero ofrecido por las instituciones financieras que operan dentro del territorio nacional, así como crear y fomentar entre los usuarios una cultura adecuada respecto de las operaciones y servicios financieros.

Instituto de Protección al Ahorro Bancario (IPAB): Organismo público descentralizado que tiene como acciones principales establecer un sistema de protección al ahorro bancario, concluir los procesos de saneamiento de instituciones bancarias, así como administrar y vender los bienes a cargo del IPAB para obtener el máximo valor posible de recuperación.

Nombre abreviado		Actividades
BANXICO		Estabilidad de moneda nacional y sistema de pagos
SHCP	CNBV	Regular sectores bancario, bursátil y otras organizaciones y actividades auxiliares del crédito
	CONSAR	Regular instituciones de ahorro para el retiro (jubilación / pensiones)
	CNSF	Regular instituciones de seguros y fianzas
CONDUSEF		Las anteriores de SHCP en materia de orientación y defensa de los intereses del público
IPAB		Protección al ahorro bancario y seguro de depósitos

Figura 3.2: Resumen de actividades de organismos reguladores mexicanos

La página siguiente muestra un diagrama del sistema financiero mexicano indicando el tipo de instituciones financieras por cada sector².

²Para más información, consultar la página de la CONDUSEF:
www.condusef.gob.mx/Seccion_Cambiante/Finanzas/sistema_financiero.jsp

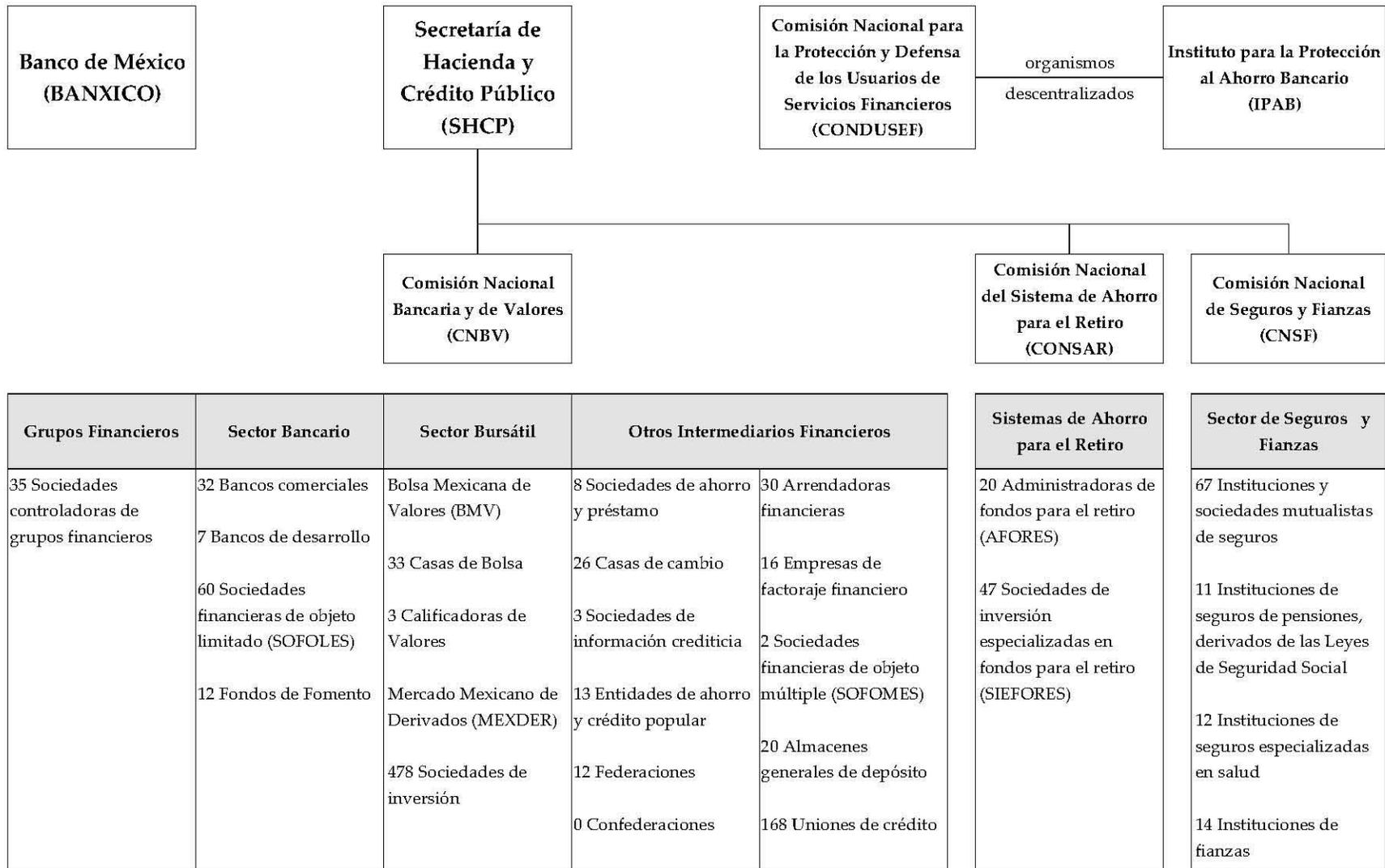


Tabla 3.2: Sistema Financiero Mexicano (información actualizada al 12/09/2006)

FUENTE: BANXICO, SHCP, CONDUSEF, CNBV, CONSAR y CNSF.

3.3 Comité de Basilea de Supervisión Bancaria

Establecido a finales de 1974, el Comité está integrado por los gobernadores de los bancos centrales y reguladores bancarios de los países integrantes del G-10³. Sus conclusiones y recomendaciones se han convertido en la norma de supervisión y regulación bancaria en el resto del mundo. Su objetivo es el fortalecimiento de los marcos de supervisión bancaria, del fomento de una gestión de riesgos avanzada en el sector bancario y de la contribución a la mejora de las normas de información financiera.

El 15 de junio de 1988, se firma el *Acuerdo de Capital de Basilea (Basel Capital Accord)* que llevaría a una convergencia internacional de las regulaciones de supervisión, que rigen los requerimientos de capital de garantía de los bancos internacionales. Este acuerdo definió una medida común de solvencia, la proporción Cooke, la cual cubre sólo riesgos de crédito. El acuerdo requiere que el capital mínimo sea equivalente al 8% del total de los activos con riesgo del banco y que la medida fuera implementada para fines de 1992. También, el acuerdo establece límites a la toma de *grandes riesgos*, definidos como posiciones que exceden el 10% del capital del banco. Las grandes exposiciones deben informarse a las autoridades regulatorias. No están permitidas las posiciones que excedan el 25% del capital de una empresa y el total de la exposición no debe exceder el 800% del capital. Estas regulaciones fueron criticadas en tres aspectos principales. Primero, no tomaban en cuenta el riesgo del portafolio del banco. Segundo, no consideraban la conciliación o neteo⁴. Finalmente, estas iniciativas contabilizaban pobremente el riesgo de mercado.

El Comité, consciente del defecto del acuerdo que se enfocaba principalmente al riesgo de crédito, dio a conocer una serie de propuestas sobre los riesgos de mercado. El primer paquete de propuestas, emitido en abril de 1993, se basa en la aplicación del VaR que es conocido como *modelo estándar*. Los problemas que presentaba era que la *duración* de algunos instrumentos no puede determinarse fácilmente, los cargos de capital de 8% se aplican uniformemente a las participaciones y a las divisas sin tomar en cuenta las volatilidades reales de sus rendimientos y, por último, las correlaciones bajas implican que el riesgo de un portafolio puede ser mucho menor que la suma de riesgos de los componentes individuales.

En 1996, el comité presentó la *Modificación al Acuerdo de Capital para Incorporar Riesgos de Mercado* que permitía a los bancos la opción de utilizar sus propios modelos de medición de riesgos para determinar su requerimiento de capital. Esto se debe al reconocimiento de que muchos bancos han desarrollado sofisticados sistemas de administración de riesgo. Este modelo se conoce como *modelo interno* y se basa en el siguiente enfoque:

1. El cálculo del VaR debe basarse en un horizonte de 10 días con un intervalo de confianza del 99% y un período de observación basado en, al menos, un año de datos históricos y actualizados, al menos, una vez por trimestre.

³Los miembros del Comité de Basilea son funcionarios ejecutivos del G-10: Bélgica, Canadá, Francia, Alemania, Italia, Japón, Holanda, Suecia, Reino Unido y Estados Unidos, además de España, Luxemburgo y Suiza, quienes se reúnen cuatro veces al año.

⁴Operación que consiste en anular las operaciones sobre productos derivados entre dos contrapartes.

2. Las correlaciones pueden establecerse en categorías generales (como instrumentos de deuda), así como toda clase de categorías (por ejemplo, entre instrumentos de deudas y divisas).

3. El cargo de capital deberá ser fijado en relación al nivel más alto del VaR del día previo o en relación al VaR promedio de los últimos 60 días hábiles, multiplicado por un factor que será determinado por los reguladores locales y será igual o mayor que 3 para proporcionar protección adicional.

4. Deberá agregarse un componente de penalización al factor multiplicativo si las pruebas de verificación revelan que el modelo interno del banco pronostica incorrectamente los riesgos.

Para resumir, el cargo general del riesgo de mercado para el día t es

$$CRM_t = \max \left(k \frac{1}{60} \sum_{i=1}^{60} VaR_{t-i}, VaR_{t-1} \right)$$

donde k es el factor determinado por los supervisores y puede ser mayor a 3 si el supervisor no está satisfecho con el modelo interno. El problema que presenta esta propuesta es que el requerimiento de capital es más alto que el del modelo estándar. Por lo tanto, la propuesta constituye un incentivo negativo al desarrollo de modelos internos de riesgo.

En 1997, se desarrolló un conjunto de *Principios Fundamentales para un Control Bancario Eficaz* que establece los lineamientos mínimos de un sistema de regulación y supervisión bancaria. En octubre de 1999, desarrolló una *Metodología de Principios Fundamentales* que es una revisión de los principios de 1997 que facilitaría la implementación y la valoración.

En el 2001, se publicó el *Nuevo Acuerdo de Capital*, conocido también como el *BIS II* ó *Basel II*, que deberá ser adoptado a partir del 1° de enero del 2007. El acuerdo consiste de tres pilares:

Primer Pilar - Requerimientos Mínimos de Capital: Abarca el cálculo de los requerimientos mínimos de capital para los riesgos de crédito, de mercado y operativo. El coeficiente de capital se obtiene utilizando la definición de capital regulador y de los activos ponderados por su nivel de riesgo, y en ningún caso podrá ser inferior al 8% del capital total.

Segundo Pilar - El proceso de examen supervisor: Analizan los principios básicos del examen supervisor, de la administración del riesgo y de la transparencia y responsabilización por parte de las autoridades supervisoras, que el comité ha ido elaborando con respecto a los riesgos bancarios.

Tercer Pilar - La disciplina de mercado: Diseñado para completar los requerimientos del Primer y Segundo Pilar. Intenta fomentar la disciplina de mercado mediante el desarrollo de requisitos de divulgación que permita a los agentes del mercado evaluar información esencial referida al ámbito de aplicación, el capital, las exposiciones al riesgo, los procesos de evaluación del riesgo y, con todo ello, a la suficiencia del capital de la institución.

3.4 Mercado de Riesgo Financiero

El hecho de que los mercados financieros son más sofisticados que hace 17 años, ha llevado a la industria a desarrollar una gama de sistemas de riesgo. Las clasificadoras de riesgo indican que hay un grupo central de proveedores de herramientas de riesgo con una sólida posición en el mercado y con gran habilidad de evolucionar sus productos para satisfacer las necesidades de los clientes que deben implementar los lineamientos de los acuerdos de capital, esto requiere de productos de software que ayuden a las instituciones financieras a maximizar las habilidades cálculo, medición y reporte de riesgos específicos. Por lo tanto, las aplicaciones de software toman un nuevo nivel de importancia.

La revista Risk realizó una encuesta en instituciones financieras, entre octubre y noviembre del 2005, acerca de las firmas que proveen los mejores softwares de manejo de riesgo. Los puntos se calificaron según funcionalidad, manejo, desempeño, rendimiento sobre inversiones y confiabilidad. El resumen de los lugares publicados se encuentra en la siguiente Figura:

Empresa	Lugares por Tipo de Riesgo			
	Mercado	Crédito	Operativo	Otros
Algorithmics	1°	1°	2°	1°
SunGard		2°		2°
Murex	3°			
CI3			1°	
Savvysoft	2°			
Reuters		3°		
SAS			3°	
Mysis				3°

Figura 3.3: FUENTE - Risk Magazine: Risk technology rankings 2005

Por su parte, la consultora *Gartner* realizó un estudio sobre aplicaciones de administración de riesgo integrado que habían implementado los lineamientos del BIS II. La comparación fue hecha con los productos más representativos de cada vendedor y es mostrada en la Figura 3.4.

Chartis Research, empresa que analiza sistemas, productos, vendedores, aplicaciones y tendencias en el mercado de tecnologías de riesgo, presentó el reporte Sistemas de Administración de Riesgo Operativo 2006 basado en una encuesta hecha a 249 firmas bancarias y aseguradoras de todo el mundo. Los resultados son mostrados en la Figura 3.5.

Tanto estas clasificaciones como las encontradas en la revista *Waters*, la consultora *Celent* o la proveedora de información financiera en línea *Datamonitor*, mencionan a *Algorithmics*, *SAS* y *Methodware* entre los principales competidores. En particular, lo que le permitió a *Algorithmics* llegar a ser líder en su mercado, son las innovaciones técnicas y metodológicas desarrolladas en sus áreas de investigación en adición a los acuerdos comerciales con empresas de datos financieros y tecnologías de la información. La

metodología más importante implantada por *Algorithmics* en sus productos es Mark-to-Future (Valoración-a-Futuro) desarrollada en su mayor parte por Ron S. Dembo.

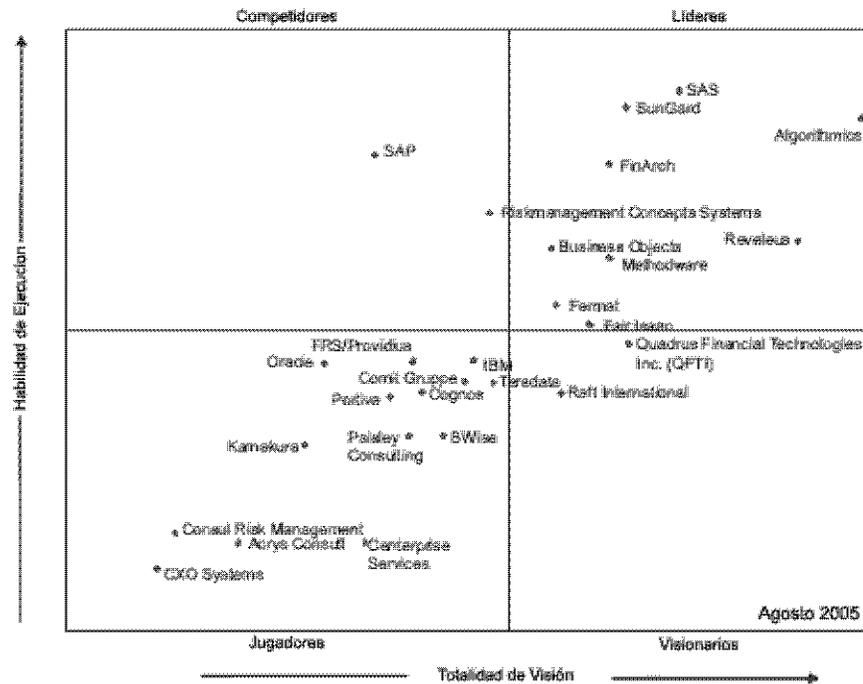


Figura 3.4: FUENTE - Gartner: Magic Quadrant for Basel II Risk Management Application Software 2005

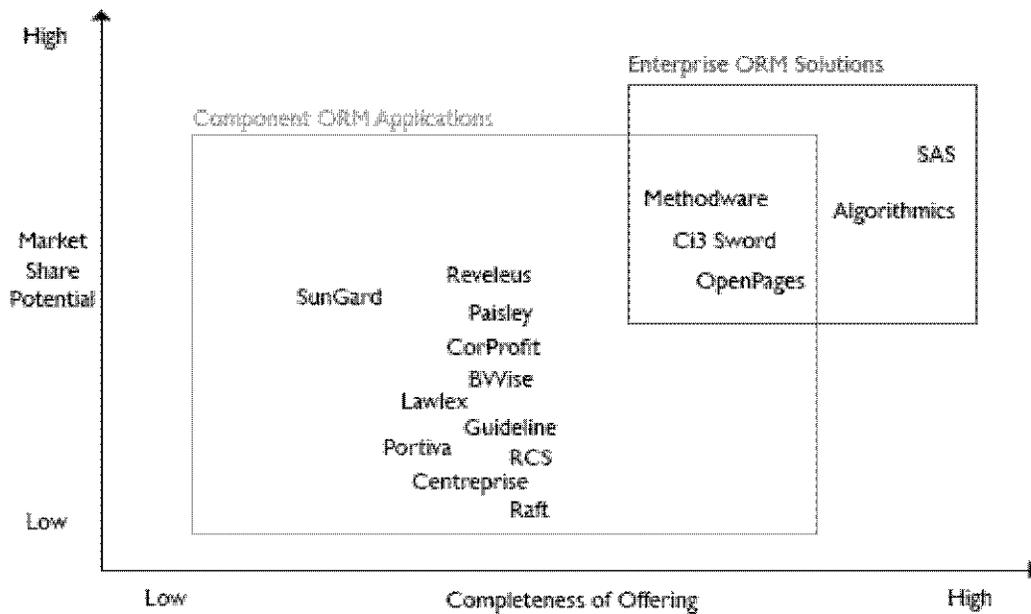


Figura 3.5: FUENTE - Chartis Research: Operational risk management systems 2006

3.5 Algorithmics

Fundada en 1989 y adquirida en diciembre del 2004 por el *Grupo Fitch*. *Algorithmics* es un proveedor de software en manejo de riesgo empresarial. Con oficinas en 15 países, ha dado servicio a alrededor de 150 de las principales instituciones financieras del mundo y realizado más de 200 instalaciones en 31 países.

Sus productos ayudan a las instituciones financieras a mejorar la calidad de la información de riesgo, cumplir con los requisitos normativos y a la asignación de capital. Ofrece soluciones para la administración de riesgos de mercado, de crédito y operativos, además de administración de garantías y obligaciones para bancos globales, compañías aseguradoras, empresas de manejo de bienes de capital, fondos de resguardo, corporaciones, bancos centrales y de regulación, entre otros.

En México, tiene clientes como *Grupo Financiero Banorte*, *Nacional Financiera*, *Banco de México*, *Comisión Nacional Bancaria y de Valores*, *Finamex Casa de Bolsa* y *Sociedad Hipotecaria Federal*. Además, asociados con la *Bolsa Mexicana de Valores*, crearon en el año 2000 la empresa *Valuación Operativa y Referencias de Mercado S.A. de C.V. (VALMER)*, dedicada a proporcionar precios actualizados para la valuación de instrumentos financieros, así como servicios integrales de cálculo, información, análisis y riesgo relacionados con dichos precios. En el resto del mundo, tiene clientes como *Bank of America*, *Bank of Ireland*, *Bankgesellschaft Berlin*, *Commonwealth Bank of Australia*, *European Investment Bank*, *First International Bank of Israel*, *HSBC Bank USA*, *ING Group N.V.*, *KBC Bank & Insurance*, *The Royal Bank of Scotland*, *National Bank of Greece*, *M&G Limited*, *Bloomberg L.P.* y *Hyundai Securities* entre una larga lista.

3.6 Ron S. Dembo

Estudió Ingeniería en la *University of Witwatersrand*, Johannesburgo (Sudáfrica-1969), Maestría en Ingeniería Química en el *Technion-Israel Institute of Technology*, Haifa (Israel-1972), Doctorado en Investigación de Operaciones en la *University of Waterloo*, Ontario (Canadá-1975) y también le fue otorgado un Diploma en Civilización y Lengua Francesa en *La Sorbonne*, París (Francia-1972).

De 1976 a 1986, se desempeñó como profesor en la *Yale University* y en el *Massachusetts Institute of Technology*. Ha escrito más de 50 trabajos técnicos en Finanzas y Optimización Matemática y tiene patentes en finanzas computacionales. En 1989, fundó *Algorithmics* en donde finalizó la metodología Mark-to-Future, llevando a la empresa al primer lugar de su ramo. Después de la venta de *Algorithmics* en 2005, fundó *ZeroFootprint*, organización ambientalista que busca disminuir el impacto del humano sobre la naturaleza organizando a las personas que se preocupan por el medio ambiente en un mercado en donde se desarrollen nuevos productos ambientalistas que reemplacen a los de uso común.

También ocupa un cargo en los consejos del *Mount Sinai Hospital*, *Vizible Incorporated* (desarrollo de sistemas) y *The Fields Institute* (investigación en ciencias matemáticas) en Toronto.

Capítulo 4

Mark-To-Future (MtF)

Mark-to-future es una metodología de análisis de escenarios multiperíodo, que permite la interacción de riesgo de mercado, de crédito, de liquidez, administración de capital y operativo para ayudar a las instituciones financieras a minimizar su *riesgo* (risk) y maximizar la *recompensa* financiera (reward).

MtF se enfoca en simular futuros escenarios, el uso de escenarios provee un vínculo con los factores de riesgo que tradicionalmente se usan por separado. Los escenarios más usados dentro del ambiente son: stress tests, históricos y Monte Carlo. También permite que sean cargados varios métodos para medir el *riesgo* (Varianzas, Valor en Riesgo, Peor Caso, Baja Esperada, Arrepentimiento, etc.) y la *recompensa* (Rendimiento Esperado o Alza Esperada, etc.) y los clientes deciden cuales son los más apropiados para su empresa.

A continuación, se da una descripción general de los seis puntos de la metodología seguida de una figura ilustrativa. Cada punto se explicará con mayor profundidad en las siguientes secciones.

La metodología consiste en escoger un conjunto de escenarios que dan una descripción completa de la evolución de factores de riesgo¹ a través del tiempo. Después, se definen los instrumentos base que dependerán de los factores de riesgo. Se genera una tabla por cada instrumento base, cada celda contiene el valor calculado del producto financiero bajo un escenario y un tiempo específico. Al unirse las tablas, se produce un cubo MtF, M , que contendrá los valores de riesgo/recompensa que permitirá generar múltiples portafolios simultáneamente. Como un cubo M contiene toda la información de los valores de los instrumentos bajo todos los escenarios y todos los tiempos, una tabla de portafolio bajo un régimen, M^R , se crea simplemente como la combinación de dichos instrumentos. Los análisis de riesgo/recompensa y la dinámica de portafolios para cualquier conjunto de instrumentos se generan al procesar el contenido del cubo M .

Por ejemplo, la valuación de riesgo/recompensa de un portafolio bajo un régimen de reinversión es generada en el mapeo del cubo M al rebalancear las posiciones en diferentes tiempos.

¹Variables que afectan el valor de los instrumentos financieros o de una cartera completa. Los más comunes son las tasas de interés, los tipos de cambio, los precios de acciones y los precios de materias primas (commodities).

La metodología se resume en los siguientes seis puntos, cada uno puede ser configurado independientemente en el proceso global. Los tres primeros son pre-cubo y sólo se necesitan ejecutar una vez, en contraste, los tres últimos post-cubo pueden ser ejecutados con mínimas adiciones en el proceso.

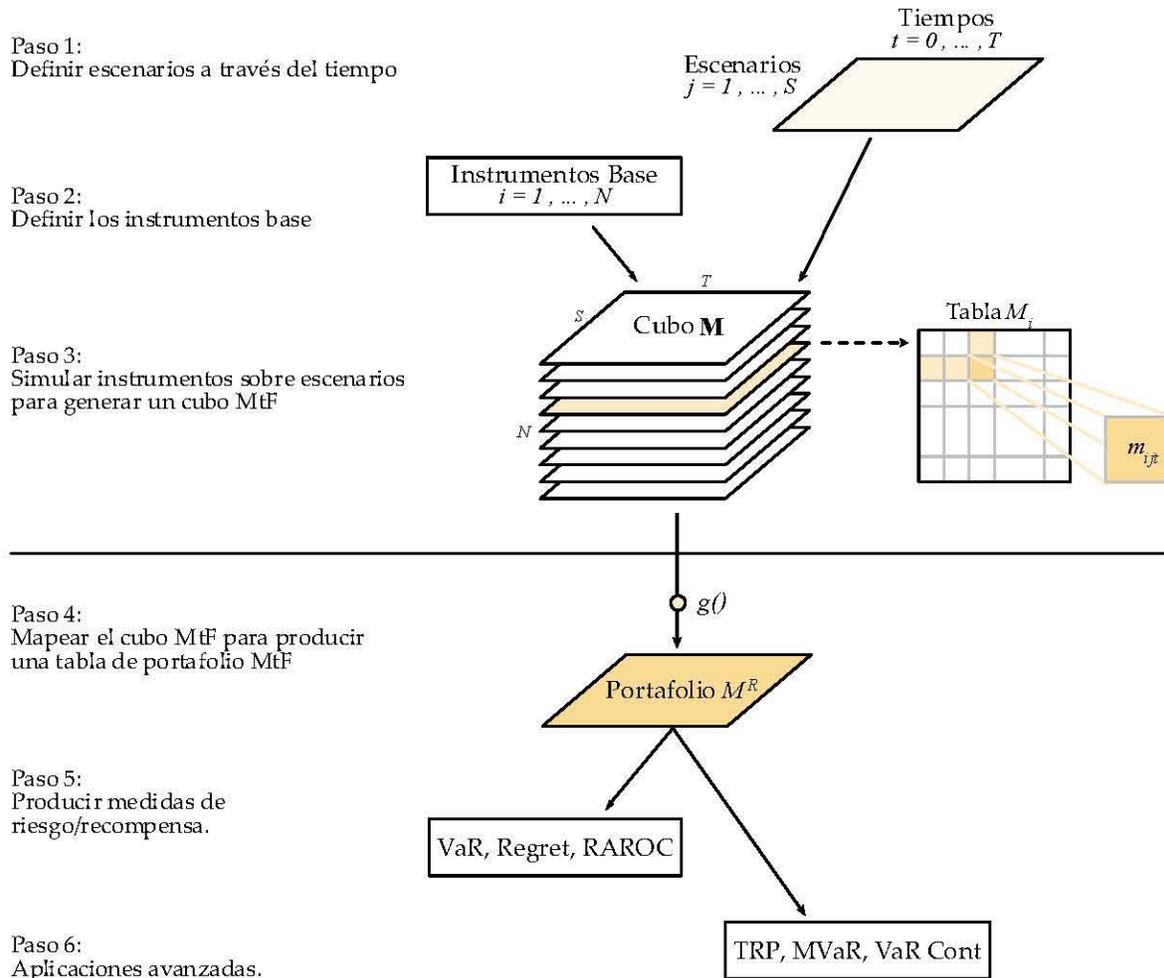


Figura 4.1: Diagrama de la metodología MtF

4.1 Definición de Escenarios a través del Tiempo

La calidad de un análisis de administración de riesgo depende de la habilidad de generar escenarios proyectivos que representen propiamente al futuro. Un escenario es una descripción completa de la evolución de factores de riesgo a través del tiempo, como tasas de interés, índice de acciones, precios de commodities, tipos de cambio, indicadores de industria u otras variables macroeconómicas. Sean:

$$\begin{aligned}
 i &= 1, \dots, N \text{ instrumentos base,} \\
 j &= 1, \dots, S \text{ escenarios,} \\
 t &= 0, \dots, T \text{ tiempos de análisis del momento actual al horizonte } T, \\
 k &= 1, \dots, K \text{ factores de riesgo,} \\
 u_{kjt} &= \text{nivel de factor de riesgo } k \text{ bajo el escenario } j \text{ en el tiempo } t. \\
 \text{el valor } m_{ijt} &= f(u_{1jt}, u_{2jt}, \dots, u_{Kjt}) \\
 &\text{está en función de los niveles de factores de riesgo.}
 \end{aligned}$$

Entonces, la elaboración de factores de riesgo sobre el tiempo define las elaboraciones futuras de los instrumentos que, a su vez, definen los valores del portafolio a través del tiempo.

La selección de escenarios difiere del pronóstico. Un pronóstico es una predicción de que un sólo escenario ocurra y su precisión es crucial. Sin embargo, nadie es capaz de predecir con exactitud un evento financiero específico. La selección de escenarios despliega una gama de posibles eventos futuros sin pronosticar necesariamente el resultado de alguno en especial. Si el conjunto es suficientemente rico en escenarios, uno de estos eventos puede ocurrir, pero al inicio hay incertidumbre en cuál será.

La duración del horizonte de tiempo varía según la naturaleza del problema. Mientras que el horizonte apropiado para el análisis de riesgo de mercado va de uno a diez días, estimar la exposición de contraparte² puede requerir múltiples tiempos a lo largo de diez años o más.

Generación de Escenarios

Los métodos para generar escenarios se pueden clasificar en paramétricos y en no paramétricos o históricos. Además de estos, los administradores de riesgo usan métodos subjetivos o personalizados basados en experiencia, intuición o necesidades especiales de la empresa. Los escenarios en un análisis de riesgo deben cumplir con tres principios:

1. Deben cubrir todo el pasado relevante: los escenarios históricos cumplen directamente con este principio. En los paramétricos, la historia debe ser usada explícitamente para estimar los parámetros del modelo.
2. Deben considerar eventos que no han ocurrido en el pasado, pero que pueden ocurrir en las circunstancias actuales.
3. Deben ser validados en la medida de lo posible: esto es llamado Backtesting que, actualmente, es un requerimiento regulatorio.

²Exposición de Contraparte: Es el número mayor entre cero y el valor comercial de un portafolio de derivados con una contraparte que sería perdido si la contraparte incumpliera y no hubiera recuperación.

Las series históricas sobre largos períodos reflejan gran variedad de escenarios y, como estos han ocurrido previamente, son candidatos para posibles eventos futuros. Sin embargo, eventos significativos ocurren de manera poco frecuente y una larga historia puede ser requerida para producir un conjunto de escenarios que despliegue el posible rango de resultados futuros.

No es prudente omitir la posibilidad de un escenario de desplome en un análisis de riesgo completo, si sólo se considera la historia reciente o el modelo se restringe a una distribución normal que no incluya extremos gruesos (*fat tails*) entonces esta probabilidad será excluida. Cuando la historia es la única fuente del escenario, implícitamente se asume que, entre el tiempo actual y el horizonte de tiempo, no habrá cambios extremos en el mercado mas que los que ya fueron observados en el rango histórico escogido.

En algunos casos no se tiene suficiente historia para generar posibles escenarios (e.g., cotización del euro en 1999), una manera útil es buscar en la historia de diferentes mercados o regiones en donde ocurrieron situaciones similares. Estos escenarios son conocidos como aproximamientos o *proxies*.

El seccionamiento o *bootstrapping* puede funcionar en maneras más sofisticadas para obtener escenarios condicionales. Por ejemplo, los escenarios de gran volatilidad pueden ser generados al hacer repetidamente pruebas de datos históricos filtrados excluyendo períodos de baja volatilidad.

El bootstrapping se puede usar en combinación con los escenarios proxies. Los mercados que han mostrado previamente un crecimiento excepcional, como las acciones de *Nokia A* al momento de salir y la escalada de precios del oro en los 70, pueden servir como proxies para escenarios de alzas que determinen el riesgo de una nueva acción en los mercados de internet, como *Amazon*. La caída de 1929 que precipitó la Gran Depresión y el Lunes Negro del Dow Jones en octubre de 1997 pueden servir como escenarios de bajas. El bootstrapping puede ser usado para revolver y reagrupar la información diaria para los períodos proxy aplicables.

Un modelo de generación de escenarios consiste en tres partes:

1. El modelo de evolución de factores de riesgo: describe la evolución conjunta de los factores de riesgo en el futuro.
2. El modelo de calibración: se refiere a la metodología empleada para estimar los parámetros. Generalmente, los modelos son calibrados con información histórica, incorporando eventos presentes y usando la experiencia del modelador.
3. El modelo de muestreo: se usa para obtener muestras aleatorias del modelo. El objetivo de la generación de escenarios no es sólo proveer un sólo pronóstico sino que se requieren metodologías para obtener varios escenarios muestra generados de acuerdo con la evolución del modelo y asignándoles probabilidades. Entonces, el centro de los escenarios basados en modelos es la generación de números aleatorios. Observar que, además de dar muestras aleatorias de un modelo, es posible también generar escenarios específicos, escenarios de eventos extremos y escenarios condicionales con pocas variables.

El modelo más usado para generar muestras aleatorias es el método Monte Carlo pero es poco eficiente al calcular. Por ejemplo, los bancos o las aseguradoras poseen cientos de miles de posiciones, incluyendo grandes volúmenes de derivados como swaps, caps & floors, swaptions, etc. El cálculo de una simulación Monte Carlo para un portafolio complejo es muy grande y posiblemente no se obtenga en un tiempo razonable. Se han desarrollado varias metodologías para hacer el modelo más eficiente, éstas se conocen como métodos de reducción de varianza como: variables antitéticas (u opuestas), control de discrepancias, muestreo de alta importancia, muestreo estratificado y Quasi Monte Carlo.

Algunos métodos no proveen ventajas para el análisis de riesgo por la alta dimensionalidad de los problemas y por enfocarse en el *valor esperado* en vez del análisis de los *extremos*. La administración de riesgo se enfoca generalmente en los extremos de las distribuciones de los portafolios, es ahí en donde se encuentra la acción.

Otros métodos han demostrado ser eficientes como el Quasi Monte Carlo en combinación con el Análisis de Componentes Principales³ que calculan el VaR con la precisión aproximada de un Monte Carlo en menor número de escenarios. En el apéndice A se habla más de estos métodos.

4.2 Definición de Instrumentos Base

El cubo M consiste en un conjunto de N tablas (una por cada instrumento) generadas al simular al instrumento base sobre S escenarios en T tiempos. Los instrumentos base pueden representar un producto financiero real como acciones o bonos, instrumentos sintéticos como series de bonos de cupón cero⁴ o, en algunos casos, extractos de índices. En la mayor parte de las aplicaciones, los instrumentos base consisten en productos financieros reales.

El valor m_{ijt} , del instrumento base i bajo el escenario j en el tiempo t , es una función $f()$ de los niveles de factores de riesgo y se representa por:

$$m_{ijt} = f(u_{1jt}, u_{2jt}, \dots, u_{Kjt})$$

donde u_{kjt} es el nivel de factor de riesgo k bajo el escenario j en el tiempo t . Cuando el instrumento base representa un instrumento separado o un extracto de índice, es usualmente una función de un sólo factor de riesgo k , $m_{ijt} = f(u_{kjt})$. En este caso, el factor de riesgo se mapea uno-a-uno en el instrumento base. En caso contrario, el mapeo consiste en expresar los instrumentos base como una combinación lineal de los factores de riesgo.

³El *análisis de componentes principales* se aplica para reducir la dimensionalidad del espacio de factores de riesgo de una simulación Monte Carlo.

⁴Bono de cupón cero: instrumento de deuda vendido a un descuento considerable del valor nominal. No paga interés, pero gana valor al madurar al precio nominal.

La ventaja de usar instrumentos base es que se puede precalcular la mayor parte de los valores para generar el portafolio.

A veces, los portafolios son tan grandes y complejos que no es posible definir cada producto financiero como un instrumento base del cubo M . Si el conjunto de productos financieros no está contenido completamente en el cubo precalculado, entonces, se requiere de un paso intermedio para producir los valores del portafolio. Este paso intermedio determina un valor para un producto financiero como una función $g()$ (lineal o no lineal) de los valores m_{ijt} de los instrumentos base contenidos en el cubo.

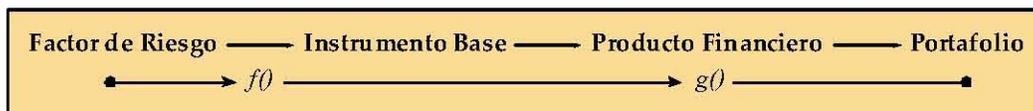


Figura 4.2: Secuencia de mapeo con instrumentos base abstractos

Una secuencia de mapeo define la relación entre los factores de riesgo, instrumentos base, productos financieros y portafolios. Para seleccionar los instrumentos base apropiados, una secuencia de mapeo debe definirse para cada producto financiero.

Por ejemplo, en el caso de un portafolio que contiene un sólo producto financiero, si el producto financiero es definido como un instrumento base en el cubo M , el valor del portafolio es simplemente el valor del instrumento base (y $g()$ es la función identidad). Si el producto financiero *no* es definido como un instrumento base en el cubo, el valor del portafolio es calculado con una función $g()$ de los valores de uno o varios instrumentos base, es decir, se hace un mapeo intermedio.

En la Figura 4.3 considere las secuencias de mapeo de los valores MtF bajo un escenario j en el tiempo t .

La secuencia de mapeo A se utiliza cuando se quiere tener un esquema más claro para futuras distribuciones de acciones (tal vez, basadas en precios históricos de los valores). Sin embargo, esta secuencia es deficiente cuando se incluyen nuevas acciones que no poseen historia.

La secuencia de mapeo C se utiliza cuando se desea disminuir la dimensión del cubo MtF así como para evaluar acciones sin historia. Sin embargo, puede ser menos apropiada cuando es importante considerar el riesgo asociado a las acciones individuales.

En la secuencia de mapeo B, las nuevas acciones y los riesgos específicos se pueden tratar más fácil ya que cada valor es simulado únicamente usando el modelo de factor, permitiendo de esta forma la incorporación directa del riesgo específico.

Con el fin de considerar el rendimiento total de un producto financiero, cualquier flujo de efectivo del instrumento base debe considerarse. Esto se logra definiendo un instrumento base *todo-incluido* que consiste en un instrumento base y en una cuenta de liquidación, en la que las cantidades liquidadas son reinvertidas.

	Factor de Riesgo		Instrumento Base		Producto Financiero
A	Precio de Acción	→	Acción	↘	Acción
	Tasa de Interés	→	Bono Cero	↗	Forward
B	Factor 1 de Acción	↘	Acción	↘	Acción
	Factor n de Acción	↗			
	Tasa de Interés	→	Bono Cero	→	Forward
C	Factor 1 de Acción	→	Factor 1 de Acción	↘	Acción
	Factor n de Acción	→	Factor n de Acción		
	Tasa de Interés	→	Bono Cero	↗	Forward

Figura 4.3: Secuencias de Mapeo

La Tabla 4.4 presenta un ejemplo de un instrumento base de acción con valor s_i , que paga dividendos c en $t = 1$ y $t = 3$ y que reinvierte los dividendos a un factor f . El instrumento todo-incluido es la suma del instrumento base más la cuenta de liquidación:

	$t = 0$	$t = 1$	$t = 2$	$T = 3$
Instrumento Base Acción	s_0	s_1	s_2	s_3
Cuenta de Liquidación	0	c_1	$c_1 f_{1,2}$	$c_3 + c_1 f_{1,2} f_{2,3}$
Instrumento Todo-Incluido	s_0	$s_1 + c_1$	$s_2 + c_1 f_{1,2}$	$s_3 + c_3 + c_1 f_{1,2} f_{2,3}$

Figura 4.4: Valores MtF de un Instrumento de Acción Todo-Incluido

4.3 Simulación de Instrumentos para Generar un Cubo MtF

Una vez que los escenarios y tiempos han sido definidos, el contenido de la celda de una tabla MtF es generado por un modelo depreciación que está unido al instrumento base aplicable. Un modelo depreciación representa una cadena de funciones depreciación asociadas con atributos de resultados específicos; las funciones depreciación producen los valores m_{ijt} . La simulación de instrumentos base sobre los escenarios y tiempos definidos producen medidas para los atributos de resultados específicos que son funciones de los niveles de factor de riesgo convertidos.

La tabla MtF asociada con el instrumento base i , M_i , es de dimensión $S \times T$ (S escenarios $\times T$ tiempos, ó $T + 1$ si se incluye el tiempo actual $t = 0$). Las celdas de M_i son llenadas al simular los valores del instrumento base i sobre cada escenario $j = 1, \dots, S$ y tiempo $t = 1, \dots, T$. El cubo M consiste de N tablas MtF asociadas con cada uno de los $i = 1, \dots, N$ instrumentos base.

4.4 Producción de la Tabla de Portafolio MtF

La clave de la metodología MtF es la premisa que un cubo M es generado independientemente de las posiciones del portafolio. Cualquier portafolio o régimen de portafolio (con estrategias determinadas) puede ser representada al mapear el cubo en un portafolio estático o en cambios dinámicos de los valores del portafolio. Las estrategias pueden ser predeterminadas tales como estrategia de compra y retención⁵, o pueden ser condicionales sobre el escenario basado en valores m_{ijt} como estrategia de reinversión. Las estrategias condicionales son usadas para captar el riesgo de liquidez. Este capítulo describe como pueden ser producidas múltiples tablas de portafolios por un sólo cubo M.

Una tabla de portafolio MtF asociada con el régimen R , M^R , tiene dimensión $S \times T$. Cada celda contiene los valores m_{jt}^R de un régimen R sobre el escenario j en el tiempo t , generados por la función $g()$ de los valores en las tablas de instrumentos contenidas en el cubo M. En el caso en donde productos financieros reales están contenidos en el cubo M, los valores en la tabla de portafolio MtF son una combinación lineal de los valores en las tablas de los instrumentos M_i , por las posiciones del portafolio en cada escenario y tiempo. En este caso, el valor del portafolio en el escenario j en tiempo t es:

$$m_{jt}^R = \sum_{i=1}^N x_{ijt}^R \cdot m_{ijt}$$

donde x_{ijt}^R es la posición del instrumento i bajo el régimen de portafolio R por escenario j en tiempo t . Las posiciones x_{ijt}^R sólo serán constantes en todos los escenarios y tiempos si la estrategia es *comprar-y-retener*. En el caso general, el tamaño de la posición puede ser dependiente del escenario y del tiempo, lo que habilita la valoración riesgo/recompensa de portafolios dinámicos.

Es útil identificar dos tipos de estrategias generales para mapear el cubo M en las posiciones del portafolio: regímenes predeterminados y regímenes condicionales.

En un **régimen predeterminado**, las estrategias del portafolio son *independientes* del contenido del cubo M, sin embargo, pueden cambiar sobre el tiempo en cierta manera. Bajo estos regímenes, los valores de la tabla M^R son combinación lineal de cantidades fijas de los valores de los productos financieros, m_{ijt} . Una estrategia estática de comprar-y-retener es sólo un caso especial de un régimen predeterminado que describe un calendario de las posesiones del portafolio que permanecen constantes en todos los escenarios y tiempos.

Otros casos de regímenes predeterminados son las estrategias de liquidez, por ejemplo, considere una posición en un sólo bono ($i = 1$) tal como se muestra en la Figura 4.5. En el régimen A, el bono puede ser liquidado al 100% en un sólo día. En el régimen B, el bono será liquidado proporcionalmente en un período de *cuatro* días.

⁵Estrategia de inversión de largo término basada en que, a la larga, los mercados financieros dan una buena tasa de rendimiento a pesar de períodos a la baja o de alta volatilidad.

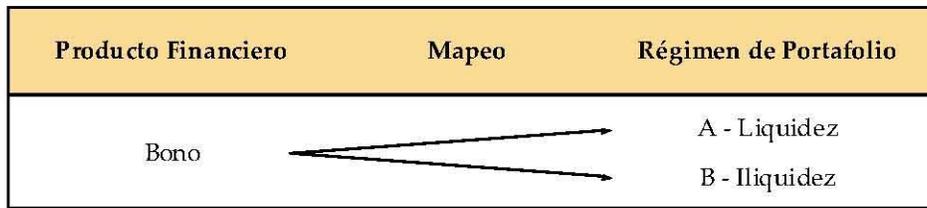


Figura 4.5: Mapeo de un bono en una estrategia de liquidez de portafolio

Entonces, teniendo la tabla M_1 del bono con componentes m_{1jt} , las tablas de los regímenes, M^A y M^B puede ser calculada de la siguiente forma:

$$m_{jt}^A = \begin{cases} x_{1jt}^A \cdot m_{1jt} = 1 \cdot m_{1jt} = m_{1jt} & \text{para } t < 1 \\ x_{1jt}^A \cdot m_{1jt} = 0 \cdot m_{1jt} = 0 & \text{para } 1 \leq t \leq 4 \end{cases}$$

$$m_{jt}^B = x_{1jt}^B \cdot m_{1jt} = (1 - 0.25t) \cdot m_{1jt} \quad \text{para } 0 \leq t \leq 4$$

Al generar las tablas para $t = 0, 1, 2, 3, 4$ quedarían:

M_1	Tabla M^A - Liquidez				
	0%	100%	100%	100%	100%
	m_{110}	0	0	0	0
	m_{120}	0	0	0	0
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	m_{1S0}	0	0	0	0
	Tabla M^B - Ilquidez				
	0%	25%	50%	75%	100%
	m_{110}	$0.75m_{111}$	$0.50m_{112}$	$0.25m_{113}$	0
	m_{120}	$0.75m_{121}$	$0.50m_{122}$	$0.25m_{123}$	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
m_{1S0}	$0.75m_{1S1}$	$0.50m_{1S2}$	$0.25m_{1S3}$	0	

En un **régimen condicional**, las estrategias del portafolio son *dependientes* del contenido del cubo M. Bajo estos regímenes, la cantidad de las posesiones x_{ijt}^R está en función de los valores m_{ijt} sobre los diferentes escenarios y tiempos, es decir, sea $g()$ una función de mapeo:

$$x_{ijt}^R = g(m_{ijt})$$

Por ejemplo, considere, una estrategia de reinversión de tres CETES⁶ con madurez (vencimiento) en $t = 1, t = 3$ y $t = 5$ como se muestra en la Figura 4.6:

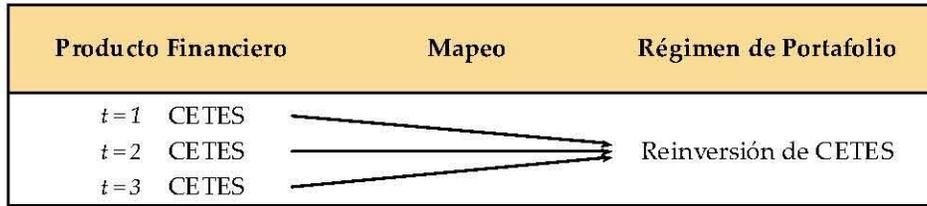


Figura 4.6: Mapeo de CETES en una estrategia de portafolio de reinversión

El ingreso del primer CETES, n , se reinvierte en el segundo CETES en $t = 1$. Al vencimiento $t = 3$ del segundo CETES, el ingreso es reinvertido en el tercer CETES que vence en $t = 5$. La tabla M^R de reinversión se calcula de la siguiente manera:

$$m_{jt}^R = \begin{cases} x_{1jt}^R \cdot m_{1jt} = 1 \cdot m_{1jt} = m_{1jt} & \text{para } t < 1 \\ x_{2jt}^R \cdot m_{2jt} = \frac{n}{m_{2j1}} \cdot m_{2jt} & \text{para } 1 \leq t < 3 \\ x_{3jt}^R \cdot m_{3jt} = \frac{n^2}{m_{2j1} \cdot m_{3j3}} \cdot m_{3jt} & \text{para } t \geq 3 \end{cases}$$

La tabla M^R es la siguiente:

	}	Tabla M^R					
		$t = 0$	$t = 1$	$t = 2$	$t = 3$	$t = 4$	$t = 5$
M_1		m_{110}	n	$\frac{n}{m_{211}} m_{212}$	$\frac{n^2}{m_{211}}$	$\frac{n^2}{m_{211} m_{313}} m_{314}$	$\frac{n^3}{m_{211} m_{313}}$
M_2		m_{120}	n	$\frac{n}{m_{221}} m_{222}$	$\frac{n^2}{m_{221}}$	$\frac{n^2}{m_{221} m_{323}} m_{324}$	$\frac{n^3}{m_{221} m_{323}}$
M_3		\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
		m_{1S0}	n	$\frac{n}{m_{2S1}} m_{2S2}$	$\frac{n^2}{m_{2S1}}$	$\frac{n^2}{m_{2S1} m_{3S3}} m_{3S4}$	$\frac{n^3}{m_{2S1} m_{3S3}}$

⁶Certificados de Tesorería de la Federación: títulos de crédito al portador en el que el Gobierno mexicano paga su valor nominal en la fecha de vencimiento.

4.5 Producción de Medidas de Riesgo/Recompensa

La tabla de portafolio M^R resultante del mapeo del cubo M contiene una descripción completa del futuro incierto del portafolio. En esta etapa ya se pueden definir e incorporar las medidas de riesgo/recompensa.

Además de las medidas estándar que no consideran el paso del tiempo, la metodología incorpora medidas basadas en distribuciones futuras. En algunos casos, se requieren probabilidades por escenarios o probabilidades de incumplimiento de contraparte, en otros, los valores deben de ser transformados antes de usarse en los cálculos de riesgo/recompensa. Notar que se puede asignar una probabilidad mayor a cualquier escenario que sea más factible que los demás.

La metodología puede medir también el desempeño respecto a un portafolio de referencia o *benchmark*.

En la Tabla 4.1 se muestra una selección de medidas basadas en la siguiente notación:

Símbolo	Descripción	Dimensión
α	Intervalo o porcentaje de confianza	1
λ	Coficiente de aversión de riesgo	1
p_j	Probabilidad de escenario j	$1 \times S$
ρ_j	Probabilidad de riesgo-neutral ⁷ de escenario j	$1 \times S$
$p^{R(t^* j)}$	Probabilidad de incumplimiento de contraparte del portafolio R en $t \leq t^* \leq T$	$1 \times S$
τ_{jt}	Valor MtF del portafolio referencia bajo escenario j en tiempo t	$S \times T$
$(a)^+$	Función máximo, $\max(a, 0)$	1
(a)	Función máximo, $\max(a, 0)$	1

⁷Riesgo-Neutral: insensitivo al riesgo, es decir, que le concierne el rendimiento esperado y no el riesgo de la inversión. La probabilidad de riesgo-neutral se calcula con $\rho = (r_f - r_D)/(r_U - r_D)$ donde r_f es la tasa libre de riesgo, r_U es la tasa del alza esperada y r_D es la tasa de la baja esperada.

Medida	Fórmula
a) Selección de medidas de riesgo de mercado	
Varianza	$(\sigma_t^R)^2 = \sum_{j=1}^S p_j \left(m_{jt}^R - \left(\sum_{j=1}^S p_j m_{jt}^R \right) \right)^2$
Value-at-Risk (nivel de confianza α)	$VaR_t^R(\alpha) : Pr \{ (m_{j0}^R - m_{jt}^R) \geq VaR_t^R(\alpha) \} = 1 - \alpha$
Déficit Esperado (nivel de confianza α)	$E[S_{jt}^R](\alpha) = \frac{1}{1 - \alpha} \sum_{j=1}^S p_j (m_{j0}^R - m_{jt}^R - VaR_t^R(\alpha))^+$
Baja Esperada (downside)	$E[D_t^R] = \sum_{j=1}^S p_j (m_{jt}^R - \tau_{jt})$
Opción de Venta (Put)	$Put_t^R = \sum_{j=1}^S \rho_j (m_{jt}^R - \tau_{jt})$
b) Selección de medidas de recompensa	
Ganancia y Pérdida Esperada (P&L)	$E_t[P\&L^R] = \sum_{j=1}^S p_j (m_{jt}^R - m_{j0}^R)$
Rendimiento Esperado	$R_t^R = \sum_{j=1}^S p_j \left(\frac{m_{jt}^R}{m_{j0}^R} - 1 \right)$
Alza Esperada (upside)	$E[U_t^R] = \sum_{j=1}^S p_j (m_{jt}^R - \tau_{jt})^+$
Opción de Compra (Call)	$Call_t^R = \sum_{j=1}^S \rho_j (m_{jt}^R - \tau_{jt})^+$

Tabla 4.1: Selección de Medidas

Medida	Fórmula
c) Transformación de valores MtF a medidas de riesgo de crédito	
Exposición Efectiva	$AE_{jt}^R = \max [m_{jt}^R, 0]$
Exposición Potencial	$PE_{jt}^R = \max_{t < t^* < T} [m_{jt^*}^R - AE_{jt}^R, 0]$
Exposición Total	$TE_{jt}^R = AE_{jt}^R + PE_{jt}^R$
d) Selección de medidas de riesgo de crédito	
Exposición de crédito de contraparte esperada	$E[TE_t^R] = \sum_{j=1}^S p_j TE_{jt}^R$
Pérdida de crédito de contraparte esperada	$L_t = \sum_{j=1}^S p_j \cdot \sum_{t^*=t}^T AE_{jt^*}^R \cdot p^R(t^* j) \cdot (1 - r^R(t^* j))$
e) Selección de medidas de desempeño	
Sharpe Ratio	$S_t^R = \frac{E_t[P\&L^R]}{\sigma_t^R}$
RAROC ⁸	$R_t^*(\alpha) = \frac{E_t[P\&L^R]}{VaR_t^R(\alpha)}$
Frontera de Eficiencia de Compra/Venta	$U_t^* = E[U_t^R] - \lambda E[D_t^R]$

Tabla 4.1: Selección de Medidas (...continuación)

⁸RAROC (Risk Adjustment Return on Capital) - Rendimiento de Riesgo Ajustado sobre Capital

4.6 Aplicaciones Avanzadas

Medir el riesgo es una actividad pasiva; conocer solamente el VaR no sirve de mucha guía para administrar el riesgo. En contraste, la administración de riesgo es una labor dinámica que requiere herramientas que den un marco completo que integre todos los tipos de riesgo, que identifique la fuente del riesgo, que muestre cómo afectan los cambios del mercado o del portafolio y cómo intercambiar el riesgo y la recompensa a través de varias líneas de negocios.

Las herramientas de administración de MtF trabajan bien con medidas como VaR , Déficit Esperado y Arrepentimiento (Baja Esperada por el coeficiente de aversión de riesgo, $\lambda E[D_t^R]$). En particular, estas herramientas han probado ser útiles no sólo en análisis de riesgo de mercado, sino también para el riesgo de crédito cuyas distribuciones de pérdida y exposición distan mucho de ser Normal (están inclinadas y presentan extremos gruesos), y también para ALM (Assets and Liability Management) que requiere de decisiones estocásticas multiperíodos.

La metodología puede ser usada para crear herramientas de administración de riesgo que produzcan portafolios que sean eficientes. Los *portafolios eficientes* tienen la mayor recompensa dado un nivel de riesgo o, equivalentemente, el menor riesgo dado un nivel de recompensa. En todas las aproximaciones, los datos de entrada clave se encuentran en el cubo mientras que los modelos de optimización específicos son aplicados en aplicaciones del post-proceso. Aplicaciones para estos modelos incluyen:

- seguimiento de índices
- cobertura y preciación
- colocación de bienes
- compactación de portafolios
- administración de activos y pasivos
- reestructuración de riesgo
- colocación de capital

Algunas de estas técnicas son: perfil de intercambio de riesgo o TRP (Trade Risk Profile), VaR Marginal, contribución al VaR y la frontera de eficiencia, entre otras.

El *perfil de intercambio de riesgo*, TRP, para un instrumento i se obtiene graficando el VaR del portafolio, cuando se varía la posición x_i y se mantienen fijas las posiciones de los demás instrumentos. La *mejor posición de cobertura*, x_i^{mc} , será aquella en donde se minimice el valor en riesgo.

En el caso no paramétrico, primero se mide la pérdida por unidad de cada instrumento, es decir, si m_{ij0} es el valor unitario del instrumento i para el escenario j al inicio del período y m_{ijt^*} el valor al tiempo de análisis t^* , la pérdida por unidad del instrumento i es la diferencia de dichos valores, $\Delta v_{ij} = m_{ij0} - m_{ijt^*}$ y la pérdida del portafolio en el escenario j es la suma de las pérdidas de todos los instrumentos por sus posiciones:

$$L_j(\mathbf{x}) = \sum_{k=1}^N x_{kj} \Delta v_{kj}$$

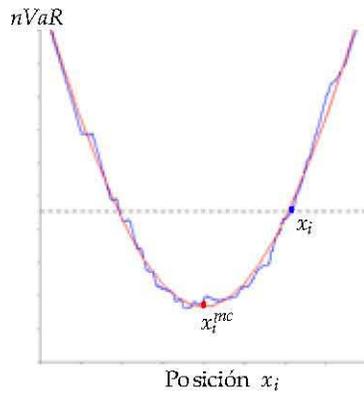


Figura 4.6: TRP

El siguiente paso es dejar fijo el valor de los instrumentos diferentes a i en la expresión anterior y hacer una función de pérdida en donde podamos variar la posición del instrumento i , x_i :

$$L_j(x_i) = \Delta V_{ij} + \Delta v_{ij}$$

Si ordenamos las *pérdidas* de todos los escenarios de mayor a menor (notar que Δv_{ij} es negativo cuando hay ganancia), el *VaR* no paramétrico al $(100 - \alpha)\%$, o $nVaR(\alpha)$, es el valor del primer escenario que alcance o exceda el nivel de confianza α (e.g., si hay 100 escenarios y $\alpha = 5\%$, entonces el $nVaR(\alpha)$ será el valor del 5º escenario de la tabla ordenada). Dicho escenario es conocido como *escenario umbral* y lo denotaremos por s^0 :

$$nVaR(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^N x_i \Delta v_{is^0}$$

Para cada valoración de x_i , se determina el $nVaR$ obteniendo una gráfica entrecortada en donde la mejor posición de cobertura se dará cuando alcance el mínimo. La gráfica será más suave cuando el modelo tenga mayor número de escenarios. Cuando se tiene una gráfica entrecortada se pueden obtener varios mínimos y se puede optar por emplear una aproximación polinomial para una mejor estimación de x_i^{mc} como se muestra en la Figura 4.6.

El *VaR marginal*, $MVaR$, mide el impacto de pequeños cambios en los factores de riesgo o posiciones de instrumentos en el *VaR* del portafolio, es decir, indica el cambio en el *VaR* cuando se adhiere una unidad del instrumento i en el portafolio. Supongamos que el escenario umbral permanece sin cambio para pequeñas variaciones en las posiciones. La derivada de $nVaR$ con respecto a la posición i es:

$$\begin{aligned} nMVaR &= \frac{\partial nVaR(\mathbf{x})}{\partial x_i} \\ &= \frac{\partial (x_1 \Delta v_{1s^0} + x_2 \Delta v_{2s^0} + \dots + x_i \Delta v_{is^0} + \dots + x_N \Delta v_{Ns^0})}{\partial x_i} \\ &= \Delta v_{is^0} \end{aligned}$$

entonces, el i -ésimo componente del gradiente del $nVaR$ es simplemente la diferencia de valor del instrumento al escenario umbral.

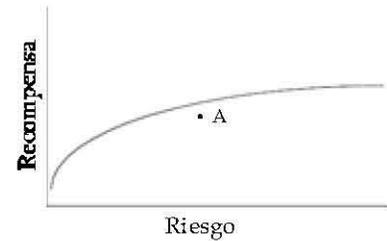
La *contribución al VaR* indica la contribución de cada instrumento relativa al *VaR* del portafolio:

$$nC(x_i) = \frac{1}{nVaR(\mathbf{x})} \cdot x_i \Delta v_{is^0} \cdot 100\%$$

El porcentaje de *reducción de VaR* para el instrumento i es simplemente la diferencia porcentual entre el VaR del portafolio y del VaR que se obtiene cuando el instrumento i está en su posición de mejor cobertura:

$$\text{Reducción de VaR} = \frac{nVaR(\mathbf{x}) - nVaR(\mathbf{x} \mid x_i^{mc})}{nVaR(\mathbf{x})}$$

La *frontera de eficiencia*⁹ traza el intercambio óptimo entre riesgo y recompensa. Los portafolios eficientes se encuentran contenidos sobre esta línea, en caso de estar bajo la línea, el portafolio es ineficiente ya que se pueden construir portafolios alternativos, ya sea, con menor nivel de riesgo por la misma recompensa o con mayor recompensa por el mismo riesgo. Sin importar las medidas particulares de riesgo y recompensa empleadas, una propiedad fundamental del intercambio riesgo/recompensa es que, a mayores niveles de recompensa, siempre se incurre en mayores niveles de riesgo.



Los modelos de riesgo/recompensa pueden ser formulados en un contexto dinámico (multiperíodo) o estático (un sólo tiempo). Éste se basa en un contexto estático.

La frontera de eficiencia se produce al minimizar la varianza del portafolio sujeto a niveles específicos del rendimiento esperado del portafolio. En contraste a un modelo que recae solamente en un acercamiento media-varianza, la metodología MtF permite mayor flexibilidad definiendo las dimensiones de riesgo y recompensa. Por ejemplo, la frontera de eficiencia de compra/venta, producida al maximizar el Alza Esperada del portafolio sujeto a niveles específicos de Baja Esperada, puede ser formulada en esta metodología.

El problema se reduce a un modelo de programación lineal. Para un nivel de riesgo k , el portafolio \mathbf{x} con la máxima recompensa $e_p(k)$ se determina al resolver el siguiente problema de optimización:

$$\begin{aligned} \text{Maximizar}_{\mathbf{x}} & : \text{Recompensa} \\ \text{sujeto a} & : \text{Riesgo} \leq k \\ & x \in X \end{aligned}$$

En este problema, la Recompensa y el Riesgo pueden ser calculadas en el *Paso 5* y las restricciones $x \in X$ representan todas las restricciones sobre x . Al resolverlo para todos los niveles de k , se obtiene la frontera de eficiencia completamente.

⁹El cálculo de la frontera de eficiencia es robusto, aquí sólo se describen los fundamentos. Una explicación más profunda se encuentra en: Dembo, Ron S. & Mausser, Helmut, 2000, "The put/call efficient frontier", *Algo Research Quarterly*, 3(1): 13-25, Canadá.

Capítulo 5

MtF en Práctica

Para ilustrar los fundamentos de la metodología, se usará el siguiente ejemplo:

- simulación con un horizonte de 20 días de operación basada en
- 10,000 escenarios (con igual probabilidad) producidos con un método quasi Monte-Carlo (Halton aleatorio) aplicado a las
- distribuciones no paramétricas (históricas) de 1639 rendimientos diarios (desde el día 2000.01.01 hasta el 2006.07.03) de
- cinco acciones que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores y
- una cuenta de plazo fijo con rendimiento efectivo del 1% sobre los 20 días bajo
- régimen A - predeterminado (retención), régimen B - predeterminado optimizado (retención) y régimen C - condicional multiestrategia.

5.1 Construcción de escenarios

Los escenarios usados en el ejemplo, están basados en las distribuciones históricas de los rendimientos de cinco acciones componentes del Índice de Precios y Cotizaciones (IPyC) de la Bolsa Mexicana de Valores: ALFA A, BIMBO A, GCARSO A1, GMODELO C y SORIANA B.

Primero, se obtuvieron los precios históricos de cada acción intentando que fuera un período largo para obtener gran variedad de eventos. El período comprende del 2000.01.01 hasta el 2006.07.03, lo que representa 1640 días de operación con los que se pueden calcular 1639 crecimientos relativos (*rendimientos* porcentuales) a partir de la siguiente expresión:

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

ALFA A		
Fecha t	P_t	Rendimiento
2000.01.03	43.80	
2000.01.04	41.00	-0.0639
2000.01.05	41.80	0.0195
⋮	⋮	⋮
2006.06.29	54.52	0.0475
2006.06.30	55.91	0.0255
2006.07.03	57.53	0.0290

Una vez que se tienen los 1639 rendimientos, se ordenan ascendentemente obteniendo una *lista ordenada* y a cada rendimiento se les asigna la misma probabilidad $p(x) = \frac{1}{1639}$, de esta forma, la suma de todos los puntos es igual a 1.

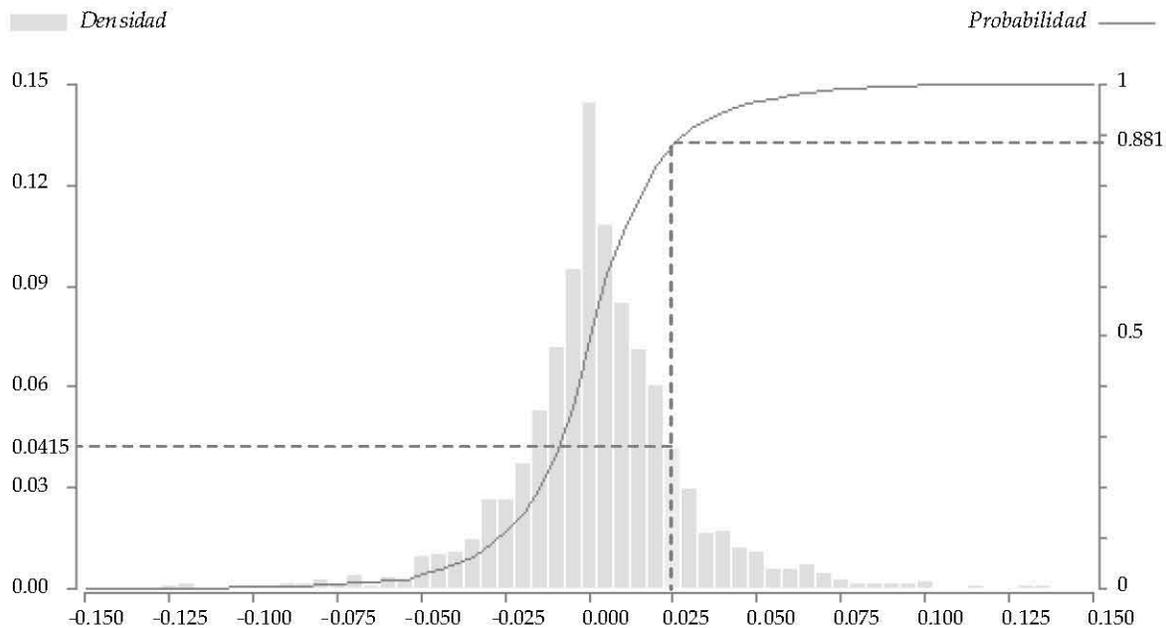


Figura 5.1: Función de densidad y función de probabilidad de ALFA A

Considere la Figura 5.1, cada barra en el histograma de la *función de densidad* (eje y izquierdo de la gráfica) representa cuántos rendimientos hay en cada intervalo, por ejemplo, en el intervalo $0.020 < X \leq 0.025$ hay 68 rendimientos entonces la probabilidad $P[0.020 < X \leq 0.025] = \frac{68}{1639} = 0.0415$. La *función de probabilidad* (eje y derecho de la gráfica) se construye con la acumulación de rendimientos, por ejemplo, si se quiere saber cual es la probabilidad de que $X \leq 0.025$ se suman todos los rendimientos menores o iguales a 0.025, en este caso hay 1444 puntos y

$$F(0.025) = P[X \leq 0.025] = \frac{1444}{1639} = 0.881$$

Prácticamente, la *función de densidad* nos sirve para ver el comportamiento de los rendimientos y la *función de probabilidad* es la que nos servirá para medir probabilidades, ésta última es la que utilizaremos para cálculos futuros.

Ahora bien, se quiere simular los precios de 5 acciones diferentes en 20 días de operación, entonces, nuestro problema será de $5 \times 20 = 100$ dimensiones, es decir, queremos estudiar que pasa en 100 direcciones diferentes. Para elaborar los escenarios, se van a generar números que estén en el intervalo $[0,1]$ para cada una de las acciones y se aplicarán a sus funciones de probabilidad para encontrar los crecimientos relativos. Los números en los 100 intervalos $[0,1]$ son generados con el método quasi Monte Carlo¹ basado en secuencias de baja discrepancia de Halton.

El algoritmo empleado es el siguiente²:

```
Function HaltonBaseB(b As Long, S As Long) As Double
    ' Regresa número de secuencia de Halton
    Dim h As Double, ib As Double
    Dim i As Long, n0 As Long, n1 As Long
    n0 = S
    h = 0
    ib = 1 / b
    Do While n0 > 0
        n1 = Int(n0 / b)
        i = n0 - n1 * b
        h = h + ib * i
        ib = ib / b
        n0 = n1
    Loop
    HaltonBaseB = h
End Function
```

El primer parámetro de la función corresponde a la base b que es un número que se necesita para calcular la secuencia de la dimensión deseada, por ejemplo, para calcular una secuencia de la dimensión 4 se necesita el cuarto número primo, 7, como se muestra en la Figura 5.2. El segundo parámetro corresponde al inicio de cálculo de la secuencia S .

Para producir 10,000 escenarios, el inicio de secuencia que se utilizó fue el *número de escenario* = 1, 2, 3, ..., 10000 más un número aleatorio para cada dimensión con el fin de disminuir la correlación que pueda generarse entre dos dimensiones cualesquiera, a este procedimiento se le conoce como *Halton aleatorio* o *RHalton*. El resultado final es un hipercubo unitario de 100 dimensiones con 10,000 puntos³.

¹Para más información del método Quasi Monte Carlo, ver el Apéndice A.

²Función elaborada por el Dr. Marco Antonio Guimarães Dias.

³En el Apéndice A.1.4 se puede ver un ejemplo con hipercubos de 1, 2 y 3 dimensiones.

Dimensión	1	2	3	4	...	99	100
Base (primo)	2	3	5	7	...	523	541
Aleatorio	442	805	531	677	...	28	379

Escenario							
1	0.8652	0.8770	0.4544	0.9771	...	0.0554	0.7024
2	0.2402	0.3214	0.6544	0.1404	...	0.0574	0.7043
3	0.7402	0.6548	0.8544	0.2832	...	0.0593	0.7061
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
9,998	0.0745	0.1314	0.8149	0.1239	...	0.1702	0.1812
9,999	0.5745	0.4648	0.0549	0.2668	...	0.1722	0.1831
10,000	0.3245	0.7981	0.2549	0.4097	...	0.1741	0.1849

Figura 5.2: Muestra de números generados con el método $RHalton$

Por ejemplo, supongamos que el número aleatorio de la dimensión 1 es $r = 442$ (ver Figura 5.2), el número para la secuencia 1 se obtienen con la expresión:

$$\text{HaltonBaseB}(2, 1 + 442) = 0.8652.$$

Las 100 dimensiones deben asignarse a cada una de las 5 acciones. Posteriormente, esto nos permitirá simular los precios en los 20 días de operación, entonces:

las dimensiones 1, 6, 11, 16, ..., 91, 96 se pueden asignar a ALFA A,
 las dimensiones 2, 7, 12, 17, ..., 92, 97 a BIMBO A,
 las dimensiones 3, 8, 13, 18, ..., 93, 98 a GCARSO A1,
 las dimensiones 4, 9, 14, 19, ..., 94, 99 a GMODELO C y por último
 las dimensiones 5, 10, 15, 20, ..., 95, 100 para la acción SORIANA B.

Con las *funciones de probabilidad* de cada acción y los *números RHalton* generados, ya estamos en condiciones de simular los precios futuros de las acciones. Los *números RHalton* pueden ser vistos ahora como probabilidades que se aplicarán inversamente a las *funciones de probabilidad* para determinar los rendimientos (es decir, en vez de ir del eje x al y como en el ejemplo de la Figura 5.1, vamos a ir del eje y al x). Estos rendimientos se aplicarán a los precios de los períodos anteriores.

Por ejemplo, para obtener el precio de la acción ALFA A del escenario 1 en el período 1, se toma la primera secuencia de la dimensión 1 que es igual a 0.8652 (ver Figura 5.2), esto significa que:

$$F_{Alfa}(x) = 0.8652$$

lo que deseamos saber es el valor de x con la *función de probabilidad inversa* de ALFA A tal que:

$$F_{Alfa}^{-1}(0.8652) = x$$

esto se logra encontrando el registro de la *lista ordenada* con la expresión:

$$\text{Entero}(1639 \cdot 0.8652) + 1 = 1419$$

entonces, se observa el rendimiento del registro 1419 de la *lista ordenada* y se obtiene que:

$$F_{Alfa}^{-1}(0.8652) = 0.0228$$

gráficamente, si en la columna derecha de la Figura 5.1 se encuentra la probabilidad 0.8652 y se traza una línea hasta la gráfica de la *función de probabilidad*, el valor x mapeado (percentil) será 0.0228.

El precio para ALFA A al inicio de período (2006.07.03) es $P_0 = 57.53$, entonces, el precio para $t = 1$ será el precio inicial escalado al rendimiento $x = 0.0228$ obtenido:

$$\begin{aligned} P_1 &= P_0 \cdot (1 + x) \\ &= 57.53 \cdot (1 + 0.0228) \\ &= 58.84 \end{aligned}$$

El proceso se repite hasta obtener los precios de los 20 días de simulación en cada uno de los 10,000 escenarios.

En términos de la metodología MtF: los rendimientos de las acciones son los *factores de riesgo* y los *instrumentos base* son las acciones, entonces, la tabla M_1 generada al simular los escenarios en el instrumento financiero ALFA A, estará compuesta del precio de la acción para $S = 10,000$ escenarios y $T = 20$ tiempos. Con la finalidad de facilitar los cálculos posteriores, la primera columna $t = 0$ tendrá el precio actual de la acción, entonces, la tabla será de dimensión $S \times (T + 1)$ ó $10,000 \times 21$.

El proceso se repite para las demás acciones obteniendo las tablas M_2 , M_3 , M_4 y M_5 correspondientes a las acciones BIMBO A, GCARSO A1, GMODELO C y SORIANA B.

El factor de riesgo siguiente es la *tasa de interés al 1%* efectivo en nuestro período. Para construir la tabla de Plazo Fijo, M_6 , simplemente se necesita un registro que contenga los valores $t_0 = t_1 = t_2 = \dots = t_{19} = 1$ y, por último, $t_{20} = 1.01$, que representan el valor de cada unidad invertida.

Una vez construidas las tablas MtF, podemos generar el cubo M que nos servirá para crear los diferentes portafolios.

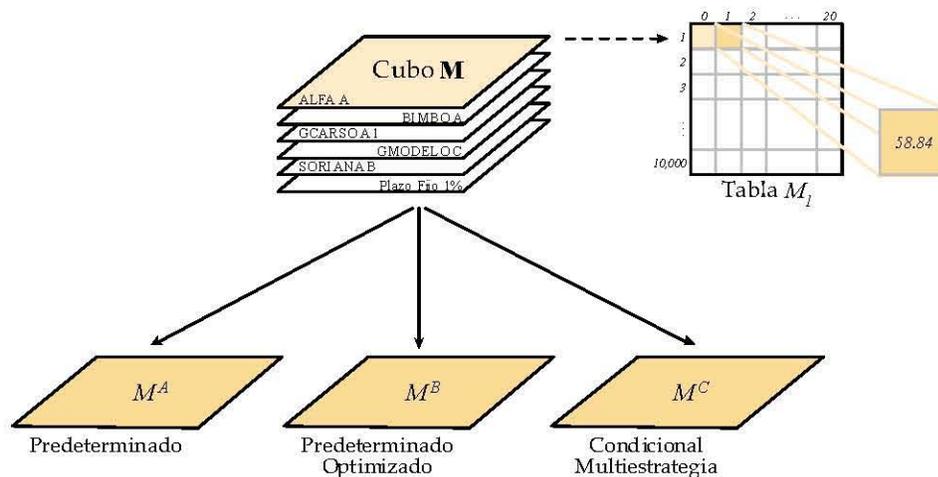


Figura 5.3: Composición del cubo M

5.2 Régimen A

El cubo M consta de cinco acciones y una tasa de interés, en este caso, los *instrumentos base* contienen *productos financieros* reales y la secuencia de mapeo es la siguiente:

Factor de Riesgo	Instrumento Base	Producto Financiero	Régimen de Portafolio
Rendimiento ALFA A	ALFA A	ALFA A	A - Predeterminado (Retención)
Rendimiento BIMBO A	BIMBO A	BIMBO A	
Rendimiento GCARSO A1	GCARSO A1	GCARSO A1	
Rendimiento GMODELO C	GMODELO C	GMODELO C	
Rendimiento SORIANA B	SORIANA B	SORIANA B	
Tasa de Interés	Plazo Fijo	Plazo Fijo	

Figura 5.4: Secuencia de mapeo para el régimen A

El portafolio inicial consta de una inversión de, aproximadamente, 1,000,000 MXN en cada acción con posiciones x_{ijt}^A en lotes de 100. El valor total del portafolio es de 5,000,492 MXN.

Al ser un régimen de retención, las posiciones x_{ijt}^A se mantienen constantes en todo el período de análisis y, cuando se multiplican por los valores m_{ijt} del cubo M, se produce la tabla de portafolio M^A que contiene la información completa del futuro incierto.

Se debe recordar que todos los escenarios tienen igual probabilidad, es decir,

$$p_j = \frac{1}{10,000}.$$

También, se debe notar que hay acceso a una cuenta de Plazo Fijo al 1% efectiva en nuestro período. Si las ganancias esperadas no superan el 1%, es decir, si $E[P\&L] \leq 50,004.92$, entonces se deberían vender todas las acciones y poner todo el dinero en la cuenta. Para este ejercicio, nuestro valor de referencia o *benchmark* será el 1% del valor inicial del portafolio para cada escenario, es decir $\tau_{jt} = 1.01 \times m_{j0}^A$.

Producto Financiero	Régimen A	
	Posición	\$
ALFA A = 57.53	17,400	1,001,022
BIMBO A = 35.26	28,400	1,001,384
GCARSO A1 = 27.93	35,700	997,101
GMODELO C = 45.70	21,900	1,000,830
SORIANA B = 44.85	22,300	1,000,155
TOTAL		5,000,492

Medida	Régimen A
Valor Esperado	5,039,520.12
Varianza	51,542,027,806
VaR 99%	467,843.00
Razón Sharp	0.1719
RAROC	0.0834
$E[P\&L]$	39,028.12
Rendimiento	0.7800%
$E[D]$	-96,311.35
$E[U]$	85,334.55
U^*	-10,976.80

La Figura 5.5 muestra explícitamente la evolución del portafolio en los 250 escenarios más representativos de la tabla M^A junto a la distribución de valores al tiempo $t = 20$. Al contener todos los valores del portafolio a través del tiempo, los administradores de riesgo pueden analizar cualquier región de interés en cualquier tiempo dentro del período.

Al revisar las medidas del portafolio M^A , se observa que las ganancias/pérdidas son menores a nuestro *benchmark*:

$$E[P\&L] = 39,028.12 < 50,004.92,$$

por lo tanto, se debe intentar optimizar el portafolio. Para ello, utilizaremos las aplicaciones avanzadas de: perfil de intercambio de riesgo (*TRP*) con mejor posición de cobertura, *VaR* marginal (*MVaR*) y contribución al *VaR* (*C*). Por ser un modelo no paramétrico, les llamaremos: $nTRP$, $nMVaR$ y nC .

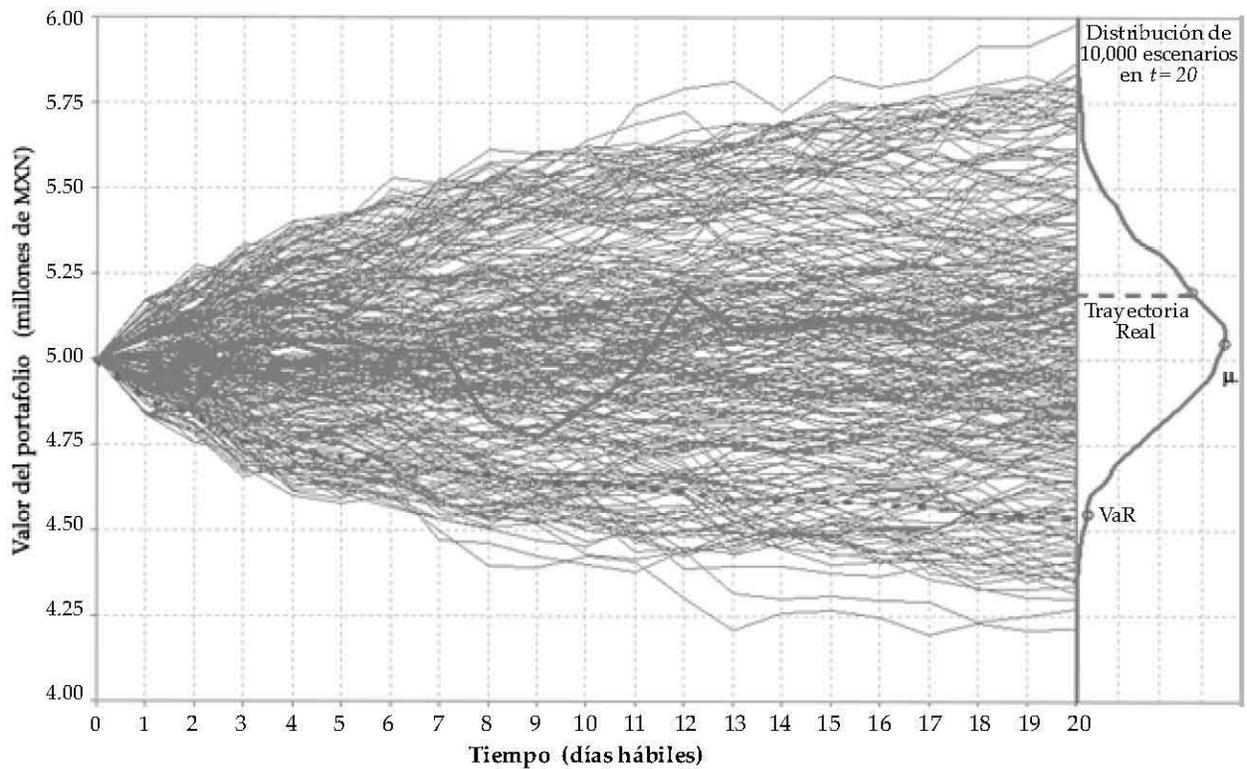
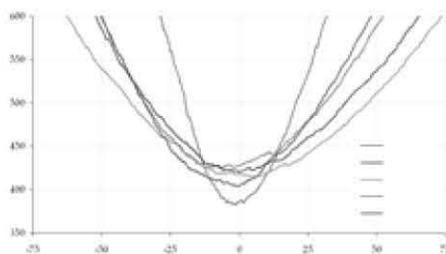


Figura 5.5: Evolución del portafolio A a través del tiempo



Producto Financiero	Posición Actual	nMVar (MXN)	nC(x _i) (%)	Mejor Cobertura	Reducción de VaR (%)
ALFA A	17,400	15.21	56.57	-900	-18.17
BIMBO A	28,400	1.68	10.20	700	-9.74
GCARSO A1	35,700	-0.09	-0.69	2,400	-10.99
GMODELO C	21,900	1.33	6.23	-4,000	-9.07
SORIANA B	22,300	5.81	27.69	-4,100	-12.78

El *nMVar* negativo indica que el GCARSO A1 sirve de cobertura muy pequeña para los demás instrumentos. La gráfica de los *nTRP* nos muestra que las posiciones de mejor cobertura están cerca de 0, en este caso, resulta difícil optimizar el portafolio ya que, si movemos los productos financieros a las mejores coberturas (bajar posiciones de BIMBO A y GCARSO A1, y vender las demás), estaremos abajo del nivel deseado. La mejor opción para mejorar el portafolio será bajar las posiciones de ALFA A y SORIANA B al mismo tiempo en que se aumenten las demás.

5.3 Régimen B

El portafolio bajo el régimen B tendrá la misma secuencia de mapeo que el portafolio anterior, pero, se moverán las posiciones de tal forma que sean consistentes con cuadro de optimización de la página anterior. Éste régimen sigue siendo predeterminado con estrategia de retención por lo que las posiciones no cambiarán en el tiempo de análisis.

Las acciones ALFA A y SORIANA B sufren reducción por ser las que tienen mayor nM - VaR y nC . Las demás acciones suben ligeramente sus posiciones nivelando el monto total. Los 431 MXN restantes serán colocados en la cuenta de Plazo Fijo.

Producto Financiero	Régimen			
	A		B	
	Posición	\$	Posición	\$
ALFA A = 57.53	17,400	1,001,022	10,700	615,571
BIMBO A = 35.26	28,400	1,001,384	31,600	1,114,216
GCARSO A1 = 27.93	35,700	997,101	42,300	1,181,439
GMODELO C = 45.70	21,900	1,000,830	25,000	1,142,500
SORIANA B = 44.85	22,300	1,000,155	21,100	946,335
Subtotal		5,000,492		5,000,061
Plazo Fijo (1%)		-		431
Cuenta Liquidación		-		-
TOTAL		5,000,492		5,000,492

Medida	Régimen A	Régimen B
Valor Esperado	5,039,520.12	5,040,321.17
Varianza	51,542,027,806	49,577,712,978
VaR 99%	467,843.00	455,481.69
Razón Sharp	0.1719	0.1789
RAROC	0.0834	0.0874
$E[P\&L]$	39,028.12	-39,829.17
Rendimiento	0.7800%	0.8000%
$E[D]$	-96,311.35	-94,373.55
$E[U]$	85,334.55	84,197.80
U^*	-10,976.80	-10,175.75

Al construir la tabla de portafolio M^B y realizar los cálculos, se observa una mejora en todas las medidas excepto en el Alza Esperada ($E[U]$), pero, es nivelada por la menor Baja Esperada ($E[D]$).

Aunque ha mejorado el portafolio, las ganancias/pérdidas esperadas siguen estando abajo del *benchmark*:

$$E[P\&L] = 39,829.17 < 50,004.92$$

5.4 Régimen C

El portafolio bajo el régimen *C* tendrá montos asignados a cada acción parecidos al portafolio anterior, pero ahora, utilizaremos productos derivados y un régimen condicional con varias estrategias. La secuencia de mapeo es la siguiente:

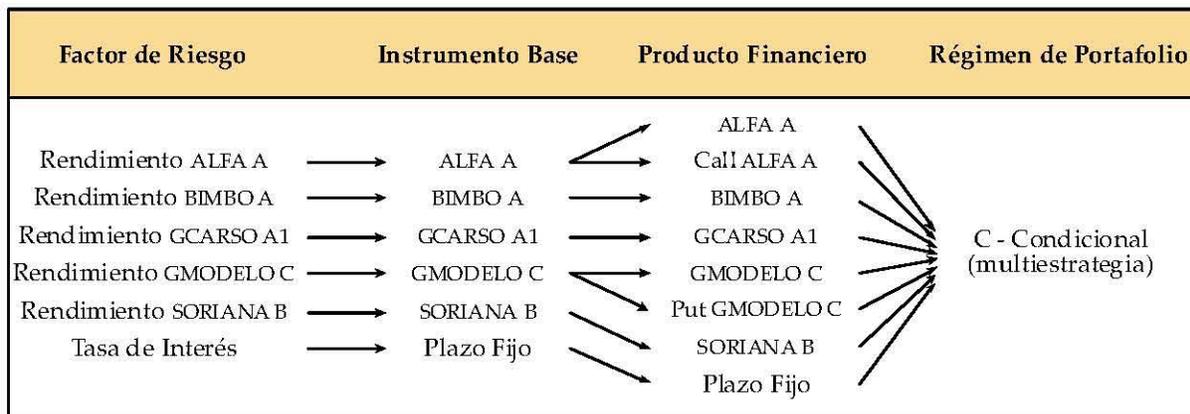


Figura 5.6: Secuencia de mapeo para el régimen C

Las estrategias a seguir son:

- Se conservan las acciones de BIMBO A y de GCARSO A1.
- Se contrata una opción de compra (*call*) para 10,500 acciones de ALFA A a ejercer en $t = 20$.
- Se contrata una opción de venta (*put*) para 11,700 acciones de GMODELO C a ejercer en $t = 20$.
- El modelo se rebalanceará en $t = 5$, $t = 10$ y $t = 15$. Cada vez que SORIANA B baje su valor en 5% ó más (límite), se venderá la mitad de la posición y, con el dinero obtenido, se comprarán lotes de la acción que haya tenido menor rendimiento siempre y cuando no haya alcanzado el límite. En caso de que todas las acciones hayan alcanzado el límite, el dinero se quedará en la cuenta de liquidación y se esperará a la próxima fecha de rebalanceo para ejercerlo.

Para calcular el valor de las opciones *Call* y *Put* se recuerda que ALFA A es el instrumento base 1 y SORIANA B es el instrumento base 4, y que el tiempo a ejercer es $t = 20$. Entonces

$$Call_{1,20} = \sum_{j=1}^{10,000} \rho_j^U (m_{1j20} - \tau_{1j20})^+ \quad \text{y} \quad Put_{4,20} = \sum_{j=1}^{10,000} \rho_j^D (m_{4j20} - \tau_{4j20})$$

La *probabilidad de riesgo neutral* se calcula de la siguiente manera:

$$\rho^U = \frac{r_f - r_D}{r_U - r_D} \quad \text{y} \quad \rho^D = 1 - \rho^U$$

donde r_f representa la *tasa de riesgo libre*, es decir, la tasa a la que puede crecer nuestro dinero sin necesidad de arriesgarlo, en este caso, 1.01 que es la tasa del Plazo Fijo.

El término r_D representa la *tasa de baja esperada*, $1 + \frac{E[D]}{\text{Valor Inicial}}$, equivalentemente, r_U representa la *tasa de alza esperada*, $1 + \frac{E[U]}{\text{Valor Inicial}}$. En la mayor parte de los casos $r_D < 1$ y $r_U > 1$.

En este ejercicio, los valores de referencia se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \tau_{1j20} &= 1.01 \times m_{1j0} \quad (1.01 \text{ por el precio inicial de ALFA A}) \\ &= 1.01 \times 57.53 = 58.1053 \text{ MXN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_{4j20} &= 1.01 \times m_{4j0} \quad (1.01 \text{ por el precio inicial de GMODELO C}) \\ &= 1.01 \times 45.70 = 46.157 \text{ MXN} \end{aligned}$$

Al realizar todos los cálculos se obtiene

$$Call_{1,20} = 1.46 \text{ MXN} \quad \text{y} \quad Put_{4,20} = 0.61 \text{ MXN}$$

La opción de compra (*call*) se contrata cuando se piensa que el valor de la acción va a subir y funciona de la siguiente manera: se paga una prima en este momento de 1.46 MXN por cada una de las 10,500 acciones, es decir $1.46 \times 10,500 = 15,330$ MXN. Esta prima nos da el derecho (más no la obligación) de comprar 10,500 acciones de ALFA A en $t = 20$ al precio actual de 57.53. Pero, ¿Cuándo se debe de ejercer la opción? Si el precio de la acción en la fecha de ejercicio es:

52.00 entonces no se debe ejercer la opción, no tendría sentido comprar acciones a 57.53 cuando valen 52.00 en el mercado. En este caso, sólo se pierde la prima (Pérdida = 1.46 por acción).

58.99 entonces es indiferente, ya que se el costo que pagaríamos de $57.53 + 1.46 = 58.99$ es igual al precio de la acción (Ganancia = 0).

62.00 entonces se debe ejercer la opción, de esta forma, se comprarán acciones a 58.99 cuando valen 62.00 en el mercado (Ganancia = $62.00 - 57.53 - 1.46 = 3.01$ por acción).

Se debe notar que, en caso de ejercer la opción, se requerirá de $57.53 \times 10,500 = 604,065$ MXN en el tiempo $t = 20$. Para fines del ejercicio, se depositarán 598,084 MXN en la cuenta de Plazo Fijo al 1% en $t = 0$ con la finalidad de obtener los 604,065 (= $598,084 \times 1.01$) requeridos.

La opción de venta (*put*) se contrata cuando se piensa que el valor de la acción va a bajar y funciona de la siguiente manera: se paga una prima en este momento de 0.61 MXN por cada una de las 11,700 acciones, es decir $0.661 \times 11,700 = 7,137$ MXN. Esta prima nos da el derecho (más no la obligación) de vender 11,700 acciones de GMODELO C en $t = 20$ al precio actual de 45.70. Si el precio de la acción en la fecha de ejercicio es:

48.00 entonces no se debe ejercer la opción, no tendría sentido vender acciones a 45.70 cuando valen 48.00 en el mercado. En este caso, sólo se pierde la prima (Pérdida = 0.61 por acción).

45.09 entonces es indiferente, ya que, si vendiéramos la acción, nuestro balance sería de $45.70 - 0.61 = 45.09$ que es el precio de mercado (Pérdida = 0).

43.00 entonces se debe ejercer la opción, de esta forma, venderíamos acciones a 45.70 cuando valen 43.00 en el mercado (Ganancia = $45.70 - 0.61 - 43.00 = 2.09$ por acción).

Ahora se tienen todos los datos para generar la tabla M^C y las medidas de riesgo/recompensa para compararlas con los portafolios anteriores.

Producto Financiero	Régimen					
	A		B		C	
	Posición	\$	Posición	\$	Posición	\$
ALFA A = 57.53	17,400	1,001,022	10,700	615,571	-	-
Call (58.99) = 1.46	-	-	-	-	10,500	15,330
BIMBO A = 35.26	28,400	1,001,384	31,600	1,114,216	31,600	1,114,216
GCARSO A1 = 27.93	35,700	997,101	42,300	1,181,439	42,300	1,181,439
GMODELO C = 45.70	21,900	1,000,830	25,000	1,142,500	24,900	1,137,930
Putf (45.09) = 0.61	-	-	-	-	11,700	7,137
SORIANA B = 44.85	22,300	1,000,155	21,100	946,335	21,100	946,335
Subtotal		5,000,492		5,000,061		4,402,387
Plazo Fijo (1%)		-		431		598,084
Cuenta Liquidación		-		-		21
TOTAL		5,000,492		5,000,492		5,000,492

Medida	Régimen A	Régimen B	Régimen C
Valor Esperado	5,039,520.12	5,040,321.17	5,063,199.55
Varianza	51,542,027,806	49,577,712,978	43,051,067,824
VaR 99%	467,843.00	455,481.69	389,441.16
Razón Sharp	0.1719	0.1789	0.3022
RAROC	0.0834	0.0874	0.1610
$E[P\&L]$	39,028.12	39,829.17	62,707.55
Rendimiento	0.78%	0.80%	1.25%
$E[D]$	-96,311.35	-94,373.55	-76,644.45
$E[U]$	85,334.55	84,197.80	89,347.07
U^*	-10,976.80	-10,175.75	12,702.62
Valor Real	5,179,570.00	5,201,265.30	5,203,269.80

Las medidas del régimen C superan en todos los aspectos a los regímenes anteriores y, por vez primera, nuestras ganancias/pérdidas esperadas superan al valor de referencia

$$E[P\&L] = 62,707.55 > 50,004.92$$

El último renglón del cuadro indica el valor real del portafolio en $t = 20$ si se hubiera invertido en cualquiera de los tres regímenes con los precios reales de las acciones del 2006.07.03 al 2006.07.31.

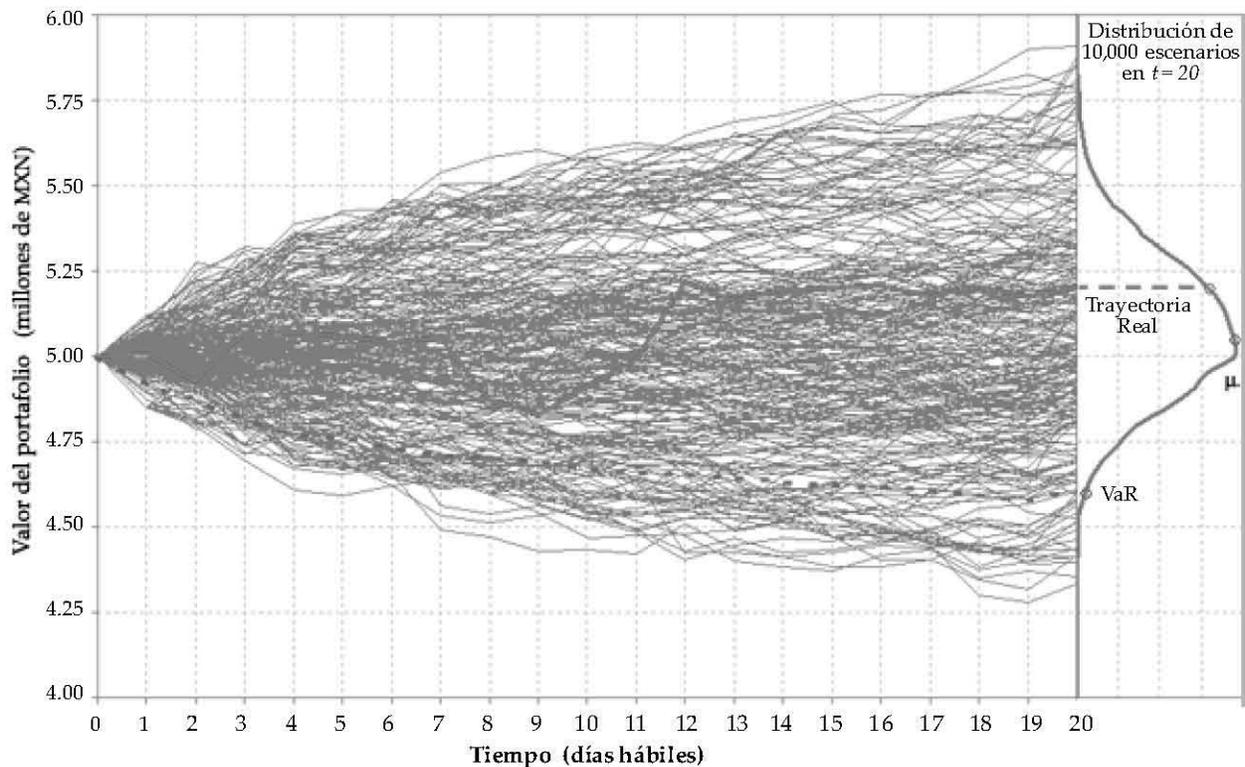


Figura 5.7: Evolución del portafolio C a través del tiempo

Al comparar la distribución de la tabla M^C (Figura 5.7) con la de la tabla M^A (Figura 5.5) se observa que:

- la parte inferior de la distribución es menos robusta en M^C lo que indica que el valor de los escenarios tienden a subir con las nuevas estrategias de inversión
- el valor esperado del portafolio M^C (5.063 millones de MXN) es ligeramente mayor al portafolio M^A (5.039 millones de MXN).
- el VaR al 99% del portafolio M^C (0.389 millones de MXN) es menor que el del portafolio M^A (0.467 millones de MXN).
- el valor real (trayectoria) es mayor en M^C (5.203 millones de MXN) que en M^A (5.179 millones de MXN).

Aunque las herramientas de optimización mejoraron el desempeño de la inversión de M^A a M^B , siempre es recomendable utilizar los productos financieros de cobertura disponibles en el mercado. El empleo combinado de estas prácticas ayuda a disminuir el riesgo de las inversiones y a aumentar el valor esperado como lo muestran los resultados de la tabla M^C .

Capítulo 6

Conclusiones

La historia ha presentado eventos de crisis, tanto a nivel de economías regionales como a nivel de empresas, que han demostrado la necesidad de tomar medidas que permitan la estabilidad financiera. Entre estas medidas se encuentra la creación de organismos internacionales que han dictado códigos de buen gobierno a las empresas y que han incrementado la regulación del sector bancario internacional, la de los mercados de valores, la del sector de seguros y la de los conglomerados financieros.

Por una parte, las nuevas normas conceden gran libertad de actuación a cambio de mayores requisitos de información y, por otra parte, conceden menor margen para la autorregulación ya que, progresivamente, se van imponiendo estándares comunes en los diferentes países.

Las empresas necesitan adaptarse a estas normas pero necesitan también controlar su exposición, entre más desagradable sea la sorpresa, más fuerte será la aversión a ella. Entre más grandes sean sus expectativas, más grande puede ser su arrepentimiento. El arrepentimiento se da cuando se toma una mala decisión, donde *mal* no es determinado por la información disponible al momento de tomar la decisión sino por el resultado de ésta.

Los requisitos de información, los estándares de medición y la necesidad de controlar la gran exposición provocó que, tanto investigadores como empresas, hayan acelerado el desarrollo de la administración en riesgo lo que generó un mercado de aplicaciones para la medición de riesgo/recompensa que prospera, año con año, y cuyo desempeño depende gran parte de la metodología usada en la medición. Una de estas metodologías es Mark-to-Future.

El riesgo es resultado de un futuro incierto, es por eso que las medidas de riesgo deben ser proyectivas y no retrospectivas. Una herramienta de administración de riesgo completa:

- debe ser capaz de manejar el pasado como guía de lo típico,
- debe incluir estimaciones como guía de lo atípico,

- debe ser capaz de acomodar un arreglo de opiniones del futuro,
- debe ser suficientemente general para manejar varios riesgos y
- debe ser capaz de presentar diferentes medidas de riesgo, cada una de las cuales debe ser adecuada para diferentes situaciones.

Con la metodología Mark-to-Future:

- El pasado puede ser cargado para producir escenarios y para asignar probabilidades a los escenarios.
- Las estimaciones como guía de lo atípico van desde la selección de factores de riesgo hasta el peso de probabilidad que se le asigne a cada escenario.
- Los escenarios forman un arreglo de opiniones del futuro.
- Puede capturar varios tipos de riesgo que van interactuando en el proceso global.
- Produce medidas de riesgo y recompensa que capturan explícitamente el paso del tiempo o el análisis entre dos puntos cualesquiera.
- Presenta un ambiente intuitivo.
- Puede calcular un número grande de productos financieros de diferentes tipos (acciones, bonos, préstamos, derivados, etc.)
- Puede descomponer el riesgo por cada producto financiero o factor de riesgo para análisis de componentes individuales.
- Calcula portafolios complejos y los representa de manera sencilla.
- El tiempo de cálculo se reduce al producir un sólo cubo M que permite producir portafolios múltiples.
- Permite analizar el cómo afectan las diferentes políticas de inversión al realizar varios portafolios y comparándolos.
- Las nuevas medidas que vayan surgiendo se pueden implementar fácilmente por contar con la descripción completa de un portafolio por instrumento financiero, escenario y tiempo de análisis.
- Permite optimizar portafolios (en el presente documento sólo se analizaron las principales técnicas empleadas por los analistas de riesgo actualmente).
- Puede implementarse globalmente dentro de una organización.
- Permite emplear varios métodos *paramétricos* y *no paramétricos* utilizados por los administradores de riesgo para la generación de escenarios.

- Puede ser personalizado con la finalidad de cubrir las necesidades de cada inversionista.

Generalmente, el cálculo de portafolios junto con sus medidas de riesgo/recompensa es una labor que agrupa varias técnicas, la precisión del cálculo dependerá del uso correcto por parte del analista de riesgos. Entre estas técnicas podemos mencionar: la selección de los factores de riesgo, la recolección de información necesaria, el modelo de evolución de los factores de riesgo, el empleo de técnicas de reducción de dimensión (en caso de que el problema sea de dimensión alta) y el modelo de muestreo que permita la generación de escenarios.

Los cálculos con modelos *paramétricos* son usualmente más rápidos que los modelos *no paramétricos*, el problema es que no capturan la situación real de extremos gruesos de las distribuciones de rendimientos. Los cálculos con los modelos *no paramétricos* suelen ser más robustos y precisos pero cuentan con dos desventajas principales: sólo capturan la experiencia de lo que ha ocurrido en el pasado y el tiempo de cálculo es muy largo (año con año, esta desventaja se ve minimizada por el avance de las tecnologías de la información que hace que el tiempo se reduzca drásticamente). En ambos casos, la experiencia del analista puede servir para la calibración de los modelos.

Es necesario comprender el riesgo para controlarlo, disminuirlo o tomar ventaja de él. Como se vio en el ejemplo ilustrativo, no basta con cuantificar el riesgo sino que se deben emplear técnicas para administrarlo, para este fin, se utilizaron técnicas de optimización basadas en el valor en riesgo tales como perfil de intercambio de riesgo con mejor posición de cobertura, *VaR* marginal y contribución al *VaR*. Las herramientas para descomponer el *VaR*, medir sus impactos marginales y construir mejores coberturas, permite a los administradores a entender mejor las fuentes de riesgo y a manipular el portafolio para obtener los cambios deseados en el riesgo.

Aparte de las técnicas de optimización, se usaron productos financieros derivados para mostrar una de las formas en que proporcionan una oportunidad a los inversionistas para protegerse contra el riesgo de movimientos adversos de precios. El empleo combinado de estas prácticas ayuda a disminuir el riesgo de las inversiones y a aumentar el valor esperado como lo muestran las cifras del ejemplo.

La evolución del sistema financiero mundial sigue en marcha, la globalización trae consigo estándares o el uso común de algunos factores de riesgo a nivel internacional (por ejemplo, tasas de intereses usadas en varios países) pero no se conoce con exactitud los nuevos eventos que pueda ocasionar. Otro factor es que cada vez existen menos reglas que impiden la fusión de empresas financieras de diferentes segmentos; se han ido formando conglomerados financieros que prestan tanto servicios bancarios como de seguros o actúan como empresas de servicios de inversión. Estos conglomerados generan nuevos retos para los reguladores y supervisores financieros. Por un lado, la formación de grupos multisector puede permitir una mejor diversificación de los riesgos y ofrecer un mejor aprovechamiento de los numerosos productos financieros. Pero, por otro lado, no

está claro si la transmisión de riesgos se realiza con mayor facilidad dentro de un mismo grupo de empresas o entre grupos claramente diferenciados.

El enriquecimiento en las capacidades de investigación y desarrollo seguirá siendo crítico para el fortalecimiento de los sistemas financieros. Varias universidades han actualizado ya sus planes de estudio en carreras y especializaciones que envuelven riesgo y finanzas y, más aún, algunas universidades de Londres, París, Madrid y Toronto junto con otras en los Estados Unidos, han firmado acuerdos con empresas de administración de riesgo para continuar mejorando las metodologías, tecnologías y productos de soluciones.

Cualquiera que sea el futuro de las instituciones financieras, la administración de riesgo se ha convertido en una herramienta esencial para la sobrevivencia de cualquier negocio.

Apéndice A

Generación de Escenarios

A.1 Métodos Paramétricos

Estos métodos suponen que los rendimientos del activo presentan una distribución Normal o Log-normal. La desventaja de estos modelos reside en que estas distribuciones tienen extremos delgados mientras que, en varios casos, los rendimientos tienen extremos gruesos (fat tails), es decir, no estaremos considerando cambios extremos en los rendimientos. Los analistas de riesgo suelen usar combinación de distribuciones como Normal + Normal, Normal + Weibull, entre otras.

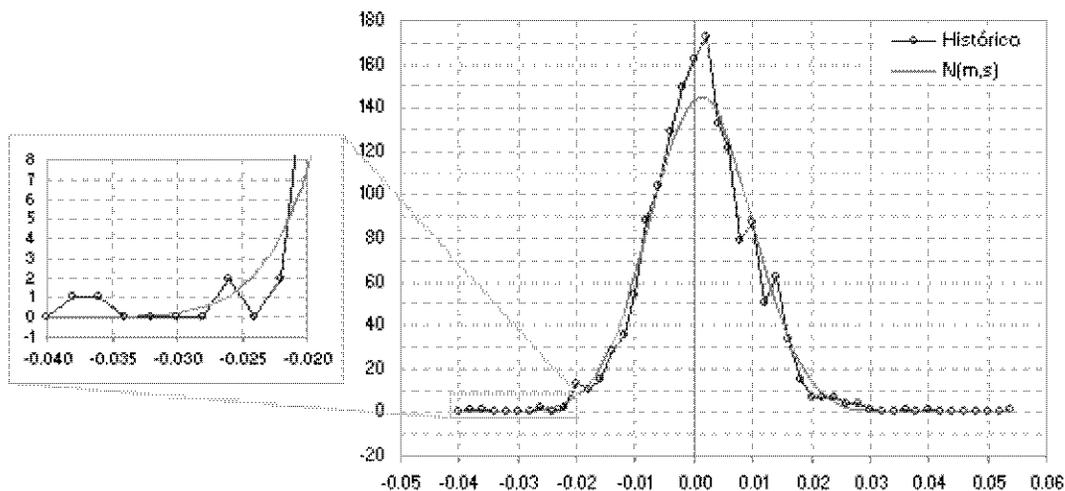


Figura A.1: Extremo de rendimientos diarios históricos del EUR contra el MXN. El modelo no considera por lo menos tres bajas extremas.

A.1.1 Cálculo de VaR para un Activo

$$VaR = S \times Z_{\alpha} \times \sigma_P \times \sqrt{t}$$

donde:

- S = monto total de inversión.
- Z_α = percentil de nivel de confianza ($Z_{95\%} = 1.65$, $Z_{99\%} = 2.33$).
- σ = volatilidad del activo (desviación estándar de los rendimientos).
- t = horizonte de tiempo.

El valor en riesgo del portafolio está dado por: $VaR_P = \sum_{i=1}^n VaR_i$
 donde: $i = 1, 2, \dots, n$ son los activos individuales.

A.1.2 Método de Varianza-Covarianza o Delta-Normal para calcular el VaR

Asume que los rendimientos se distribuyen Normal y que el cambio en el valor del portafolio es linealmente independiente de los factores de riesgo.

$$VaR = S \times Z_\alpha \times \sigma_P \times \sqrt{t}$$

con $\sigma_P = \sqrt{w^T Q w}$

donde:

- S = monto total de inversión.
- Z_α = percentil de nivel de confianza.
- σ = volatilidad del portafolio.
- w = vector de ponderaciones de cada activo del portafolio.
- Q = matriz de varianza-covarianza (CVC).
- t = horizonte de tiempo.

A.1.3 Método Monte Carlo (MC)

Se basa en la generación de números pseudo-aleatorios que sirven para calcular el valor del portafolio con igual probabilidad de ocurrencia cada uno. Este proceso se repite un gran número de veces y los resultados son ordenados para obtener un nivel de confianza específico.

1. Se generan números pseudo-aleatorios aplicados a la distribución $N(0, 1)$ para los rendimientos.
2. Se calcula el factor que se añadirá al valor inicial $V_t = (\mu_t + \sigma \epsilon_t \sqrt{\Delta t}) V_0$ donde:

- V_0 = valor observado del portafolio (el valor del portafolio se obtiene al sumar el producto de cada acción por su valor de mercado).
- μ_t = rendimiento medio observado.
- σ = volatilidad.
- $\epsilon_t \sqrt{\Delta t}$ = componente de choque aleatorio.

3. El VaR se obtienen calculando el percentil deseado del histograma de frecuencias.

Entre más números se generen, mayor será el nivel de precisión. La ventaja de este método es que se puede aplicar a toda clase de problemas. La desventaja es que usa números pseudo-aleatorios que tienden a generar acumulación o *clusters* de puntos y que la convergencia del resultado se logra con un gran número de escenarios.

A.1.4 Método Quasi Monte Carlo (QMC)

Mientras que el método MC genera muestras pseudo-aleatorias de una distribución, el método QMC utiliza muestras deterministas generadas por un vector llamado vector de Secuencias de Baja Discrepancia (LDS - Low Discrepancy Sequences). Las LDS más conocidas son las de Halton (1960)¹, Faure (1982)², Sobol (1967)³ y Niederreiter (1992)⁴. La idea general enfocada al tema es: al escoger puntos más equidistantes en una región de factores de riesgo, el número de escenarios para lograr un alto nivel de precisión en cálculos se reduce.

La ventaja de este modelo es que, al generar puntos más parejos, evita la acumulación en la región ofreciendo cálculos menos extensos y mayor precisión. La desventaja es que es ineficiente para problemas con espacios de dimensión muy grande, actualmente, es un área de investigación en crecimiento.

La Figura A.2 presenta una comparación de muestras. Las muestras pseudo-aleatorias fueron generadas con la función `ALEATORIO()` o `RANDOM()` de Excel. Las secuencias de Sobol fueron generadas con el programa del Prof. Dr. Marcos Eugênio da Silva⁵. Las secuencias de Halton fueron generadas con las funciones del Dr. Marco Antonio Guimarães Dias⁶.

¹Halton, J. H., 1960, "On the efficiency of certain Quasi-random sequences of points in evaluating multi-dimensional integrals", *Numerische Mathematik*, 2, 84-90.

²Faure, H., 1982. "Discrépance de suites associées à un système de numération (en dimension s)", *Acta Arith.* 41, 337-351.

³Sobol, I., 1967, "On the distribution of points in a cube and the approximate evaluation of integrals", *Computational Mathematics and Mathematical Physics*, 7(4): 86-112.

⁴Niederreiter, H., 1992, "Random number generation and Quasi Monte Carlo methods", *CBMS-NSF Regional Conference Series in Applied Math.*, Vol. 63, Soc. Industr. Applied Math., Philadelphia, vi + 241 pp.

⁵www.econ.fea.usp.br/medsilva

⁶www.puc-rio.br/marco.ind/quasi_mc.html

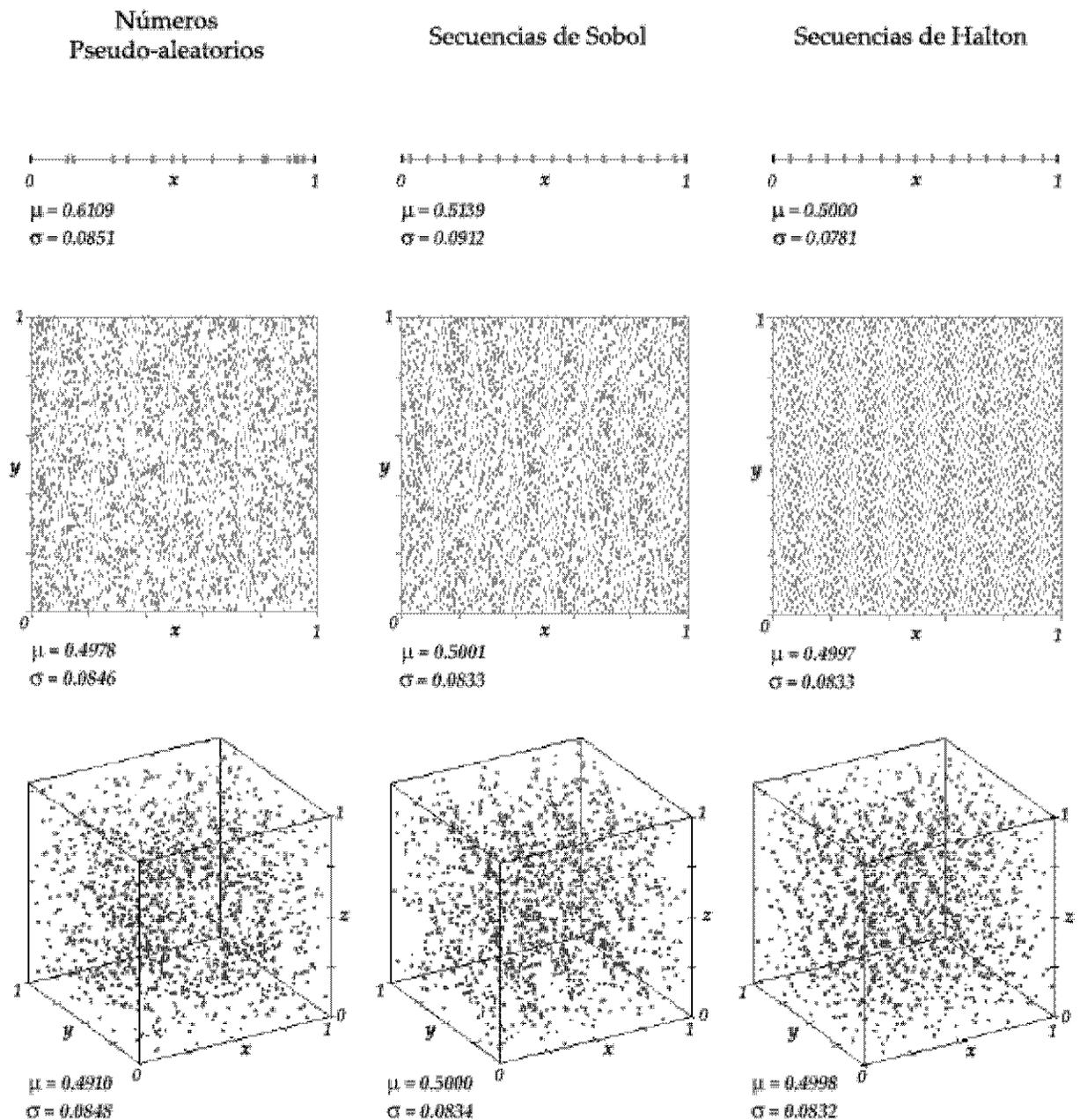


Figura A.2: Comparación de muestras entre Números Pseudo-aleatorios, LDS de Sobol y LDS de Halton en \mathbb{R}^1 (16 puntos), \mathbb{R}^2 (3584 puntos) y \mathbb{R}^3 (1420 puntos). La media y varianza ideales son los de una distribución uniforme $\mu = (b + a)/2 = 0.5$ y $\sigma = (b - a)^2/12 = 0.8\bar{3}\bar{3}$. Los números pseudo-aleatorios usados en el método Monte Carlo muestran clusters; las secuencias de baja discrepancia (LSD) usadas en el método Quasi-Monte Carlo presentan mayor uniformidad. En regiones de dimensiones pequeñas, las LSD de Halton presentan mejor distribución.

A.2 Métodos No Paramétricos (Simulación Histórica)

Consiste en identificar los componentes de los activos del portafolio y reunir los precios diarios históricos (entre 250 y 500, los datos deben ser extensos para poder captar el mayor número de situaciones ocurridas evitando la ineficiencia del método). A partir del histograma de frecuencias de los rendimientos se calcula el percentil deseado.

A.2.1 Crecimientos Relativos

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

A.2.2 Crecimientos Logarítmicos

$$\Delta P_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) = \ln P_t - \ln P_{t-1}$$

Bibliografía

- [1] Alexander, Carol, 1998, "Risk management and analysis volume 1: measuring and modelling financial risk", John Wiley & Sons Ltd., Reino Unido
- [2] Algorithmics, 2005-junio, "FIRST Newsletter: the FIRST database focuses on Asia", Canadá, www.algorithmics.com
- [3] BIS-Bank for International Settlement, 2005, "75o Informe anual", Suiza, www.bis.org/publ
- [4] BIS-Basel Committee on Banking Supervision, 2005-noviembre, "International convergence of capital measurement and capital standards", Suiza, www.bis.org/publ/bcbsca.htm
- [5] BIS-Basel Committee on Banking Supervision, 2001-enero, "The new Basel capital accord, consultative document", Suiza, www.bis.org/publ/bcbsca.htm
- [6] BIS-Committee on Payment and Settlement Systems, 2003-marzo, "Glosario de términos utilizados en los sistemas de pago y liquidación", Suiza, www.bis.org/cpss
- [7] Cagan, Penny, 2002, "The tale of the rogue trader", *Algo Research Quarterly*, 5(2): 5-12, Canadá
- [8] Celent, 2006, "Risk management and Basel II: comparing the financial and credit risk solution vendors", Reino Unido, www.celent.com
- [9] Chartis Research, 2006, "Operational risk management systems", Reino Unido, www.chartis-research.com
- [10] Cruz Martínez, Miriam, 2002, "Mas allá del VaR: del cálculo a la administración del riesgo", Tesis Licenciatura UNAM, México
- [11] Datamonitor, 2003, "Credit risk management and Basel II in european financial services", Reino Unido, www.datamonitor.com
- [12] Dembo, Ron S. - Aziz, Andrew R. - Rosen, Dan & Zerbs, Michael, 2000-mayo, "Mark-to-Future: a framework for measuring risk and reward", Algorithmics Publications, Canadá
- [13] Dembo, Ron S. & Freeman, Andrew, 1998, "Seeing tomorrow", McClelland & Stewart Inc., Canadá
- [14] Dembo, Ron S. & Mausser, Helmut, 2000, "The put/call efficient frontier", *Algo Research Quarterly*, 3(1): 13-25, Canadá

- [15] Gartner, 2005, "Magic quadrant for Basel II risk management application software", EUA, www.gartner.com
- [16] González Arvizu, Laura, 2006, "Cálculo del VaR de un portafolio conformado por tres acciones a través de la simulación histórica, la simulación Monte Carlo y el método de la varianza y la covarianza así como su comparación", Tesina Licenciatura ITAM, México
- [17] Jorion, Philippe, 2001, "Value at risk: the new benchmark for managing financial risk", McGraw-Hill, 2nd ed., EUA
- [18] Kreinin, Alexander - Merkoulovitch, Leonid - Rosen, Dan & Zerbs, Michael, 1998, "Measuring portafolio risk using quasi-Monte Carlo methods", *Algo Research Quarterly*, 1(1): 17-26, Canadá
- [19] Longerstaey, Jacques & Zangari, Peter, 1996, "RiskMetrics - technical document", Morgan Guaranty Trust Co., 4 ed., EUA, www.riskmetrics.com/research.html
- [20] Mausser, Helmut & Rosen, Dan, 1998, "Beyond VaR: from measuring risk to managing risk", *Algo Research Quarterly*, 1(2): 5-20, Canadá
- [21] Risk Magazine, 2005, "Risk technology rankings", Reino Unido, www.risk.net
- [22] Sanz Serrano, Alberto, 2002, "¿Quién regula el Sistema Financiero Internacional? Foros y normas", *Revista Información Comercial Española*, 801: 145-166, España, www.revistasice.com
- [23] Waters Magazine, 2006-julio, "Waters rankings", EUA, www.watsonline.com
- [24] Yung, Eugenia, 1999, "Making a scene: stress testing for liquidity risk", *Algo Research Quarterly*, 2(3): 5-8, Canadá
- [25] Zangari, Peter, 1996, "RiskMetrics - A practical guide: an improved methodology for measuring VaR", Morgan Guaranty Trust Co., EUA, www.riskmetrics.com/research.html
- [26] ZeroFootprint, 2005, "Connecting people who care about the environment", Canadá, www.zerofootprint.com

Otras consultas

- Axone, 2006, "Financial Glossary", Suiza, http://glossary.axone.ch/axone_index_test.cfm
- Banco de México, 2006, "Ley del Banco de México" y "Sistema Financiero Mexicano", México, www.banxico.org.mx
- Bolsa Mexicana de Valores, 2006, "Instrumentos del mercado bursátil", México, www.bmv.com.mx
- Comisión Nacional Bancaria y de Valores, 2006, "Entidades emisoras de valores y principales instrumentos del mercado / Instrumentos que se negocian en el mercado de valores" y "Padrón de entidades financieras supervisadas", México, www.cnbv.gob.mx

- *Comisión Nacional de Seguros y Fianzas*, 2006, "Consulta de instituciones autorizadas", México, www.cnsf.gob.mx
- *Comisión Nacional del Mercado de Valores*, 2006, "Guías y fichas del inversor", España, www.cnmv.es
- *Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro*, 2006, "Estadísticas septiembre 2006", México, www.consar.gob.mx
- *Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros*, 2006, "Sistema Financiero", México, www.condusef.org.mx
- *Da Silva, Marcos Eugênio*, 2006, "Sobol sequences", Brasil, www.econ.fea.usp.br/medsilva
- *Fondo Monetario Internacional*, 2006, "About the IMF", EUA, www.imf.org
- *Guimarães Dias, Marco A.*, 2004, "Quasi-Monte Carlo simulation", Brasil, www.puc-rio.br/marco.ind/quasi_mc.html
- *Grupo del Banco Mundial*, 2006, "World Bank Group brochure", EUA, www.worldbank.org
- *Instituto para la Protección al Ahorro Bancario*, 2006, "Acerca del IPAB", México, www.ipab.org.mx
- *Secretaría de Hacienda y Crédito Público*, 2006, "Catálogo del sistema financiero mexicano", México, www.shcp.gob.mx