



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MÉXICO**



---

**FACULTAD DE ECONOMÍA**

**“VALOR EN RIESGO CONDICIONAL COMO ALTERNATIVA  
PARA MEDIR EL RIESGO DE MERCADO EN LOS FONDOS  
DE PENSIONES EN MÉXICO”**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**LICENCIADO EN ACTUARÍA**

**PRESENTA:**

**CÉSAR RÍOS GÓMEZ**

**ASESOR:**

**DR. RAÚL DE JESÚS GUTIÉRREZ**

**REVISORES:**

**M. EN A. OSWALDO GARCÍA SALGADO**

**M. EN E. JUAN JOSÉ LECHUGA ARIZMENDI**

**TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO**

**FEBRERO 2014**

## INDICE

<b>Introducción</b> .....	3
<b>Capitulo 1. Administración y Factores de Riesgo en los Fondos de Pensiones.</b> .....	7
1.1 Panorama General de las Pensiones .....	7
1.2 Los Fondos de Pensiones en México .....	9
1.3 Elección y Desempeño de las Afores .....	17
1.4 Importancia de la Administración de Riesgo para los Fondos de Pensiones .....	21
<b>Capitulo 2. Marco Teórico: Medidas de Valor en Riesgo</b> .....	31
2.1 Desarrollo Histórico de los Modelos de Riesgo .....	31
2.2 Modelos VaR .....	34
2.2.1 Definición Formal del Valor en Riesgo .....	34
2.2.2 Enfoqué Paramétrico.....	37
2.2.3 Enfoqué No Paramétrico .....	45
2.3 Regulación CONSAR para Estimar el Valor en Riesgo en los Fondos de Pensiones en México.....	47
2.3.1 Metodología para Calcular el VaR usando Simulación Histórica, en los Fondos de Pensiones en México. ....	49
2.4 Críticas al Valor en Riesgo .....	52
<b>Capitulo 3. Valor en Riesgo Condicional y Evidencia Empírica</b> .....	54
3.1 Valor en Riesgo Condicional .....	54
3.2 Evidencia Empírica.....	61
<b>Conclusiones</b> .....	71
<b>Apéndice</b> .....	73
<b>Bibliografía</b> .....	83

## INTRODUCCION

En las últimas décadas, uno de los temas que más preocupa a los agentes económicos, tales como las instituciones financieras, inversionistas individuales e institucionales ha sido el riesgo financiero a tal grado que su administración y medición se ha convertido en un reto y prioridades, ya que se manifiesta de diferentes formas y niveles en los mercados financieros, en particular, en las economías emergentes en donde muchas instituciones financieras han incrementado significativamente su participación en sus actividades comerciales, especialmente en el ramo de los productos derivados.

Jorion (2001) asegura que el incremento de la volatilidad, avances en la teoría financiera y sistemas tecnológicos, así como las políticas orientadas a la desregulación de los mercados financieros son los principales impulsores del aumento de la actividad comercial y del auge en los productos derivados.

De ahí, la importancia de la administración de riesgos, como herramienta para la identificación, medición y control de la exposición al riesgo financiero en diversos escenarios, particularmente el riesgo de mercado o de pérdidas ocasionadas por movimientos inesperados en los tipos de cambio, tasas de interés, índices bursátiles y precios de las materias primas (Commodities). Una eficiente administración del riesgo juega un factor clave en el proceso de la toma de decisiones para la eficiente asignación de capital en mercados financieros altamente volátiles, y también, en el desarrollo de nuevas herramientas sofisticadas para una estimación del riesgo de mercado más precisa.

A través del tiempo, diversos modelos han sido desarrollados por economistas financieros, entre los cuales destacan el modelo de duración introducido por Macaulay (1938), el cual busca medir la sensibilidad de los instrumentos financieros de renta fija antes los cambios en las tasas de interés, el modelo media-varianza desarrollado por Markowitz (1952) que permite analizar el rendimiento esperado de una inversión, ó alternativas de inversión dado un nivel de riesgo y años más tarde el modelo de fijación de precios de activos de capital (por sus siglas en ingles, CAMP) propuesto por Sharpe (1964), el cual formaliza la relación riesgo-rendimiento del

portafolio óptimo de Markowitz a través del factor beta y mide la sensibilidad en los movimientos de los activos riesgosos asociados al desempeño del mercado, construyendo portafolios óptimos al combinar un activo libre de riesgo y el portafolio del mercado.

Sin embargo, los procesos de globalización e integración, aunado al desarrollo de nuevos instrumentos financieros más complejos, han transformado e innovado a los mercados financieros, y aunque ofrecen ciertas ventajas para afrontar el riesgo de mercado, han generado enormes pérdidas a los participantes del sector financiero, limitado también la aplicación de los modelos anteriores para estimar el riesgo de mercado en esta nueva arquitectura financiera.

En consecuencia, una medida de riesgo que ha llamado el interés tanto por los bancos, instituciones financieras, inversionistas individuales e institucionales, ha sido la metodología valor en riesgo propuesta por J. P. Morgan en 1994, la cual en breve se define como la máxima pérdida esperada de una posición de mercado ó un portafolio de inversión durante un horizonte de tiempo dado un nivel de confianza.

Para su cálculo, se han desarrollado distintas metodologías que de acuerdo a sus supuestos y fundamentos, se clasifican como modelos paramétricos y no paramétricos, siendo los primeros todos aquellos que asumen que los rendimientos del portafolio siguen una distribución específica, mientras que se clasifican como modelos no paramétricos, a todos aquellos que construyen la distribución empírica de los rendimientos a partir de información histórica.

Para efectos de esta tesis, se profundizara en el modelo delta normal y en el modelo de simulación histórica, quienes por sus características son los modelos paramétricos y no paramétricos respectivamente de mayor aceptación y uso entre los participantes del sector financiero. Por otra parte, los modelos de Riskmetrics, simulación Montecarlo y las metodologías ARCH (Engle, 1982) y GARCH (Bollerslev, 1986), son aproximaciones paramétricas relativamente nuevos y cada vez mejor aceptados para su aplicación; sin embargo para un portafolio de inversión grande, la estimación de los parámetros del modelo incrementa considerablemente la carga computacional.

Debiendo ser la evaluación de exposición del riesgo de mercado una de las tareas más importantes de toda institución financiera, los reguladores de la industria financiera reconocen al valor en riesgo (por sus siglas en inglés, VaR) como una herramienta de medición de riesgo que ayuda a la estabilidad del sector financiero y a la estimación precisa del riesgo de mercado al que se encuentran expuestos los participantes del sector financiero. Para regular los fondos de pensiones en México, la CONSAR (Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro) reconoce al VaR como la herramienta indicada para la estimación del riesgo de mercado al que se encuentran expuestos los fondos de los trabajadores, aun cuando se ha demostrado que esta no es una medida de riesgo *coherente*<sup>1</sup>, que pueda ser optimizada en su relación riesgo-rendimiento y que su resultado tiene una fuerte dependencia a los supuestos del modelo, dando para un mismo portafolio resultados diversos dependiendo de la metodología aplicada.

Es por esto, que las nuevas figuras de la Bolsa Mexicana de Valores tales como las Administradoras de Fondos para el Retiro (AFORES), requieren de medidas de riesgo más sofisticadas que les permitan obtener mejor información del riesgo que asumen en sus inversiones, esto, debido a que los fondos que estas administradoras manejan, provienen del ahorro de millones de trabajadores, destinado para asegurar su futuro una vez que finalice su etapa laboral.

La imperante necesidad de contar con una herramienta confiable y precisa que ayude a la administración del riesgo de mercado, ha motivado la investigación y el desarrollo de diferentes metodologías; sin embargo, los métodos más populares entre el sector financiero no proveen una evaluación satisfactoria del valor en riesgo, no solo por las deficiencias en los supuestos y problemas inherentes a la metodología, sino principalmente, al no ser considerada como una medida de riesgo *coherente*, debido al incumplimiento del axioma de subaditividad, que al igual que otros más, son indispensables para poder ser considerada como una herramienta confiable para la estimación del riesgo.

---

<sup>1</sup> Artzner, Delbaen, Heber y Heath (1999).

Debido a las propiedades fundamentales del valor en riesgo condicional (por sus siglas en inglés, CVaR) y a sus ventajas significativas por encima del VaR para la medición de los riesgos catastróficos asociados a eventos extremos, se sostiene la hipótesis, de que el CVaR como medida de riesgo alternativa, es capaz de proporcionar mejor información del riesgo a los inversionistas institucionales, en particular, AFORES.

Para validar la hipótesis anterior, es el objetivo general de esta tesis proponer la metodología CVaR, como medida para el análisis de riesgo en los portafolios de inversión diseñados por las AFORES. Se supone un portafolio compuesto de una inversión de 3 millones de pesos distribuidos equitativamente entre los índices del IPC para México, S&P500 para Estados Unidos, y S&P TSX para Canadá<sup>2</sup>. Se tomo una ventana de información histórica con los niveles diarios para el periodo de 1 de Enero del 2002 al 30 de Septiembre del 2013, considerando únicamente días hábiles del calendario y el tipo de cambio diario tanto para el dólar de Estados Unidos como para el de Canadá<sup>3</sup>.

Esta tesis está organizada de la siguiente manera: En el Capítulo 1 se describe el panorama general de las pensiones de México, regulación vigente, y la importancia de la administración de riesgo en los fondos de pensiones, el Capítulo 2 contiene las nociones generales de los modelos VaR usados en esta tesis, sus ventajas y desventajas, así como una descripción detallada de la metodología actualmente usada por la CONSAR, el Capítulo 3 propone el CVaR como herramienta alternativa para medir el riesgo de mercado en los fondos de pensiones, describe los datos, presenta y discute los resultados de la evidencia empírica del modelo, finalmente la última sección contiene las conclusiones de la tesis, las aéreas de oportunidad del modelo y futuras líneas de investigación.

---

<sup>2</sup> La información histórica de los índices se obtuvo de <http://www.yahoo.com.mx/finanzas>.

<sup>3</sup> La información histórica de los tipos de cambio diarios se obtuvo de la página de <http://www.banxico.org.mx> para el dólar estadounidense, y <http://cad.es.fxexchangerate.com/> para el dólar canadiense.

# **Capítulo 1. Administración y Factores de Riesgo en los Fondos de Pensiones.**

## **1.1. Panorama general de las pensiones.**

Es imprescindible para cualquier sociedad debidamente organizada, buscar que sus individuos tengan un mínimo común de calidad de vida, durante y después de su vida laboral, a partir de la cual puedan lograr un crecimiento individual, que en el largo plazo llevará como consecuencia a un crecimiento económico y humano de dicha sociedad.

Es a través de los sistemas de seguridad social que los distintos gobiernos, pretenden alcanzar el mínimo de calidad de vida para su población, mediante de diferentes tipos de planes, programas y políticas sociales, donde la cobertura de estos sobre el total de la población, dependerá de los alcances y limitaciones que tenga el estado de dicha sociedad. Aun cuando cada gobierno cuenta con diferentes tipos de planes, programas sociales y coberturas, entre los beneficios generales que conforman la seguridad social, podemos mencionar al seguro de desempleo, seguro de invalidez, seguro de gastos médicos, servicios de guarderías, y seguro de jubilación, siendo este último el objeto de estudio de esta tesis.

Para dar cobertura al seguro de jubilación, diversos planes de pensiones han sido creados y/o modificados, para hacer frente a los cambios y nuevos retos de las circunstancias económicas, políticas y sociales, que con el paso del tiempo se han ido transformando, convirtiéndose paulatinamente en problemas más complejos que exigen mayor especialización, tanto para quien administra los planes de pensiones, como para aquellas instituciones encargadas de vigilar y regular que la administración de dichos planes, se lleve a cabo de manera responsable y para beneficio de la población.

Asimismo, ya sea reformando los planes de pensiones existentes ó implementando otros nuevos, es indispensable que cada sociedad busque a través de estos cambios, un modelo que se adecué tanto a las características demográficas de su

población, como al tamaño y características de su economía, esto para garantizar la viabilidad del plan de pensiones en el mediano y largo plazo.

En lo que concierne al diseño y análisis técnico del plan de pensiones, es fundamental considerar variables demográficas, que debido a su movilidad, tengan injerencia en las estimaciones de costos y capitalización del plan de pensiones, ya que tanto la cobertura como la calidad del servicio del plan, dependen en gran medida de la correcta estimación y proyección a mediano y largo plazo de dichas variables.

Algunas de las variables demográficas más relevantes que deben ser definidas para un plan de pensiones son:

- a) Edad mínima de jubilación.
- b) Tasa de crecimiento de la población.
- c) Esperanza de vida, etc.

Por otra parte, probablemente el tamaño, la solvencia y la organización de la economía, quienes en mayor medida determinan entre otras cosas, la viabilidad de los planes de pensiones, la cobertura que se dará sobre el total de la población, así como los beneficios y obligaciones de quienes estén afiliados a dicho plan. De igual forma las políticas sociales de los distintos gobiernos, son las que por encima de las características demográficas y económicas de la sociedad deciden que camino debe seguirse en la implementación de cualquier plan de pensiones.

Hablando específicamente de las economías en vías de desarrollo, con niveles de pobreza y desempleo elevados, la participación por parte del gobierno para quienes cuentan con un plan de pensiones es muy limitada, garantizando en muchos casos únicamente una pensión mínima y actuando básicamente como un organismo regulador, de quienes administran los planes de pensiones (sector privado), delegando la responsabilidad de la generación del ahorro en manos del empleado y del empleador, evitando así, una excesiva carga fiscal y responsabilidad al momento de la jubilación, dejando a su vez amplios sectores de la población con capacidad de

ahorro limitada, totalmente desprotegidos y/o débilmente preparados para los cambios inesperados en el entorno económico.

De esta forma, cuando el modelo de pensiones es administrado por el sector privado, la responsabilidad del gobierno se limita en definir un marco regulatorio, vigilar a quienes administran estos planes y garantizar el manejo responsable y óptimo de los recursos de la población, buscando que una vez ya jubilado el trabajador, este conserve al menos el mismo nivel de calidad de vida que alcanzo mientras se encontraba en una etapa laboral.

Es indispensable evaluar cuidadosamente las características específicas de cada nación al elegir y aplicar un esquema pensionario. Según la opinión de expertos en pensiones, Banco Mundial, algunos gobiernos nacionales, han cometido errores analíticos tanto al aplicar ciertos esquemas jubilatorios como al analizar su desempeño (Barr y Diamond, 2009).

## **1.2. Los Fondos de Pensiones en México.**

Ha sido durante los últimos años, que en México se han llevado a cabo las reformas estructurales más sobresalientes en el régimen de pensiones, siguiendo la tendencia mundial de cambiar los esquemas de pensiones de beneficio definido a esquemas de contribución definida, aligerando la carga fiscal y la participación del gobierno en dichos fondos de pensiones.

Anteriormente, el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), quien contaba con el sistema de pensiones de mayor cobertura en México desde 1943, era el encargado de administrar los fondos de pensiones de los trabajadores del sector privado e independientes, los cuales estaban organizados bajo un régimen de pensiones de beneficio definido, en donde se pactaba el monto de la pensión desde el momento de ser contratado. Dicho monto estaba en función de los últimos sueldos pagados, y en este caso el financiamiento contaba con la participación del gobierno sumado a la iniciativa privada y al trabajador.

El sistema anterior funcionó bien mientras se mantuvo una cantidad pequeña de pensionados respecto al número de trabajadores activos; sin embargo, factores demográficos como el envejecimiento de la población, la reducción de la tasa de natalidad y de la mortalidad infantil, el crecimiento de la proporción de los trabajadores pensionados respecto a los trabajadores activos, aunado a una administración deficiente que canalizó gran parte de los recursos de las pensiones hacia otros servicios para el trabajador, principalmente para el financiamiento de infraestructura médica, fueron las razones principales para el cambio de un esquema de beneficio definido a uno de contribución definida.

Aunque existieron diversas opiniones sobre la magnitud del déficit que el gobierno federal tendría que asumir en caso de continuar con el mismo esquema de pensiones, estudios sobre la incidencia de factores demográficos en los sistemas de pensiones en México efectuados dentro del IMSS (1995), el Proyecto de Reforma (1998) que se presentó ante el Banco Mundial, e investigaciones de analistas externos entre los que incluyen a Espinosa-Vega (2000), Ham (2000) y más tarde para el caso del ISSSTE Villagómez (2005), coincidieron en señalar que el sistema de beneficios definidos, tal y como estaba estructurado resultaría imposible de mantener por más de 20 años, sin tener que asumir graves consecuencias tanto económicas como sociales.

El Banco Mundial (1994), el Fondo Monetario Internacional Holzmann (1997), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (1998), así como el gobierno de México y otros más que cambiaron su sistema pensionario de beneficios definidos a contribuciones definidas han argumentado que los esquemas de cuentas individuales apoyan el incremento del ahorro nacional y por ende el crecimiento económico. Sin embargo hay que tener en cuenta que ni el ahorro ni el crecimiento económico son los fines últimos de los programas de pensiones, Diamond y Stiglitz (1974).

Fue a partir de 1997, que el actual sistema de pensiones en México entra en vigor, siendo este un plan de pensiones radicalmente diferente al anterior, ya que ahora el monto de la pensión se calcula bajo un esquema de contribución definida, donde trabajadores, empleadores y gobierno realizarán aportaciones a cuentas

individuales, donde se concentrará el ahorro de cada trabajador, y que en función del monto acumulado durante la vida laboral, el trabajador recibirá su pensión.

Hoy en día, las Administradoras de Fondos para el Retiro (AFORES), son quienes administran los recursos destinados a las pensiones, de todos los trabajadores afiliados al IMSS, trabajadores independientes y más recientemente empleados de gobierno, afiliados al Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores al Servicio del Estado (ISSSTE).

Es importante señalar que las AFORES no enfrentan un compromiso de proveer un valor nominal predeterminado para las pensiones, sino que entregan al trabajador un saldo acumulado en su cuenta individual, siendo este un esquema de pensiones de carácter obligatorio para todos los trabajadores a partir de que este entro en vigor.

Actualmente las AFORES administran cuentas individuales de los trabajadores, que de manera específica y en base a la Ley de los Sistemas de Ahorro para el Retiro, define a una cuenta individual como aquélla de la que sea titular un trabajador y en la cual se depositen las cuotas obrero patronales, estatales y sus rendimientos, donde se registran las aportaciones al fondo de vivienda y en la cual se depositan demás recursos que en términos de esta ley puedan ser aportados a una cuenta individual de un trabajador afiliado o independiente.

Es importante mencionar, que son las aportaciones de los trabajadores y del empleador, las que contribuyen en mayor parte al balance de estas cuentas, ya que la participación del estado, es muy pequeña y limitada, y solo garantiza una pensión con base al salario mínimo en caso de que el trabajador no acumule un monto suficiente durante su vida laboral.

Dichas cuentas individuales se integran a su vez, por las siguientes subcuentas<sup>4</sup>:

- Retiro, Cesantía en Edad Avanzada y Vejez.

---

<sup>4</sup>No es objetivo de esta tesis abundar en la manera como están distribuidas las aportaciones a la cuenta individual de los trabajadores, ni tampoco la manera como a su vez se distribuyen los montos en las subcuentas. Para mayor información, véase en la página de la CONSAR (<http://www.consar.gob.mx>), en la ley del IMSS y/o en la Ley de los Sistemas de Ahorro para el Retiro CAPITULO IV, Sección I, Artículo 74.

- Vivienda<sup>5</sup>.
- Aportaciones Voluntarias.
- Aportaciones Complementarias de Retiro.

El funcionamiento de las AFORES está autorizado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, y son supervisadas por la Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro (CONSAR), quien es la encargada de garantizar una adecuada administración de estos fondos a beneficio de los trabajadores, y que a su vez ha elegido y diseñado el actual sistema de pensiones en México, tomando en cuenta las variables estructurales actuales (económicas, sociales y legales), así como las características de la población, tal como desempleo, tasas de crecimiento de la población y esperanza de vida.

Es la propia CONSAR la que lleva a cabo la administración y regulación de dichos fondos de pensiones, y sus funciones principales son las siguientes:

- Establecer reglas para que el Sistema de Ahorro para el Retiro (SAR), funcione correctamente.
- Vigilar que se resguarden debidamente el ahorro de los trabajadores.
- Revisar que los recursos de los trabajadores se inviertan de acuerdo a los parámetros y límites establecidos por la CONSAR.
- Asegurarse de que las AFORES brinden a sus trabajadores, información y estados de cuenta como lo marca la ley.
- Tiene la facultad y la obligación de imponer multas y sanciones a las AFORES y a sus trabajadores en caso de algún incumplimiento.

Actualmente como se observa en el Cuadro 1, la CONSAR tiene registradas 14 AFORES, de las cuales 12 son propiedad de la iniciativa privada, y las 2 restantes tienen participación ó son dependientes de alguna institución del gobierno<sup>6</sup>. Más allá de la administración de las cuentas individuales, la CONSAR busca con la inyección de este capital, contribuir también al desarrollo de los mercados financieros en un ambiente de competencia y transparencia entre las AFORES, dando al trabajador la

---

<sup>5</sup> Los recursos de la subcuenta de vivienda son registrados en las AFORES, pero administrados por el INFONAVIT y el FOVISSSTE.

<sup>6</sup> Información con datos de la CONSAR al cierre de Noviembre del 2011.

posibilidad de elegir la opción que más le convenga en función de comisiones y rendimientos.

<b>Iniciativa Privada</b>	<b>Dependientes de Institución Pública</b>
Afirme Bajío	PensionISSSTE
Azteca	XXI
Banamex	
Bancomer	
Banorte Generali	
Coppel	
Inbursa	
ING	
Invercap	
Metlife	
Principal	
Profuturo GNP	

Cuadro 1.1 Administradoras de Fondos para el Retiro

Fuente. Elaboración propia con datos de la CONSAR.

El Instituto Mexicano del Seguro Social, tendrá abierta a su nombre en el Banco de México, una cuenta que se denominará concentradora, en la cual se podrán depositar los recursos correspondientes a las cuotas obrero patronales, contribuciones del Estado y cuota social del seguro de retiro, cesantía en edad avanzada y vejez, manteniéndose en dicha cuenta hasta en tanto se lleven a cabo los procesos de individualización necesarios para transferir dichos recursos a las administradoras elegidas por los trabajadores<sup>7</sup>.

Las cuentas individuales de los trabajadores que no hayan elegido administradora y que hayan recibido cuotas y aportaciones durante al menos seis bimestres consecutivos, serán asignadas a las administradoras que hayan registrado un mayor Rendimiento Neto, de conformidad con los criterios que para tales efectos determine la Junta de Gobierno. El proceso de asignación se realizará una vez al año conforme al calendario que determine la Comisión mediante disposiciones de carácter general<sup>8</sup>.

<sup>7</sup> Ley de los Sistemas de Ahorro para el Retiro, CAPITULO IV, Sección I, Artículo 75.

<sup>8</sup> Ley de los Sistemas de Ahorro para el Retiro, CAPITULO IV, Sección I, Artículo 76.

Actualmente las 14 AFORES administran en conjunto, un total de 40,455,501 cuentas de trabajadores afiliados al IMSS, ISSSTE, y trabajadores independientes<sup>9</sup>. Esta cifra incluye al total de trabajadores registrados voluntariamente, y a los trabajadores asignados por la CONSAR.

En la Figura 1.1 se observa que más del 96% de las cuentas administradas en las AFORES, provienen de trabajadores afiliados al IMSS, 3.2% de las cuentas pertenecen a trabajadores del estado y el resto 0.7% a trabajadores independientes.

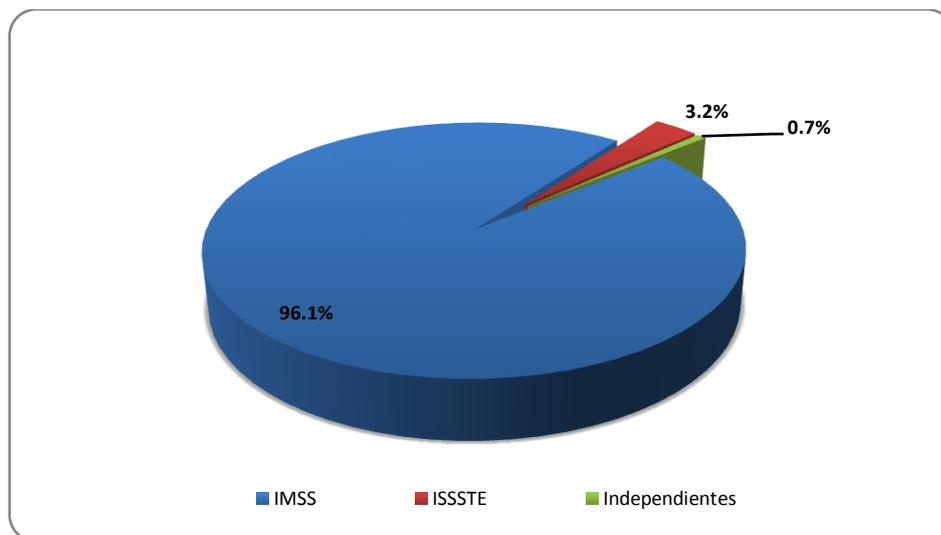


Figura 1.1 "Origen del Trabajador"

Fuente. Elaboración propia, con datos de la CONSAR.

Visto de otra forma, en la Figura 1.2, se observa que del total de cuentas administradas por las AFORES, más de una cuarta parte fue asignada por la CONSAR, debido a que el titular de la cuenta, nunca registro sus recursos de manera voluntaria, en el periodo previsto conforme a la Ley de los Sistemas de Ahorro para el Retiro, lo que habla de la poca sensibilidad y previsión de los trabajadores, sobre la importancia de las pensiones en México.

<sup>9</sup> Según cifras de la CONSAR en Noviembre del 2011

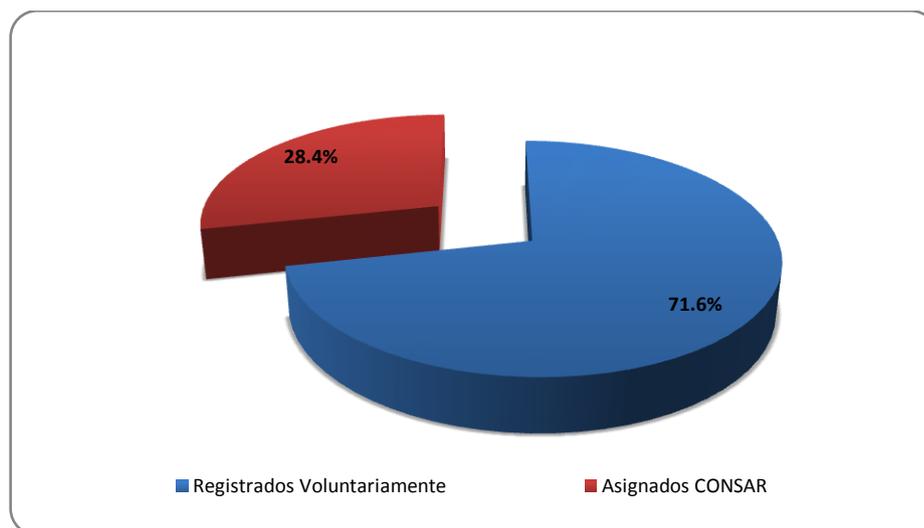


Figura 1.2 “registro de Trabajadores”

Fuente. Elaboración propia, con datos de la CONSAR.

Es importante recalcar que el total de cuentas administradas por las AFORES representa el número estimado de personas en México que cuentan con un seguro de pensiones, y entenderlo como el total de personas, que depositan en estas cuentas el sustituto de la renta para ellos y sus familias una vez que el trabajador termine con su vida laboral, aumentando así de manera significativa, el número de dependientes de estos recursos y la importancia de una correcta administración de los mismos.

Históricamente, podemos ver en la Figura 1.3, que el volumen de cuentas administradas por las AFORES desde su aparición en 1997, y hasta la actualidad, donde se puede observar una tendencia creciente en el número de cuentas, lo que habla que hay un número mayor de trabajadores que adquieren una cuenta individual, en comparación con el número de trabajadores que se jubilan; sin embargo, es importante destacar que esta tasa de crecimiento es cada vez menor, y se observa con una línea de tendencia cada vez más plana.

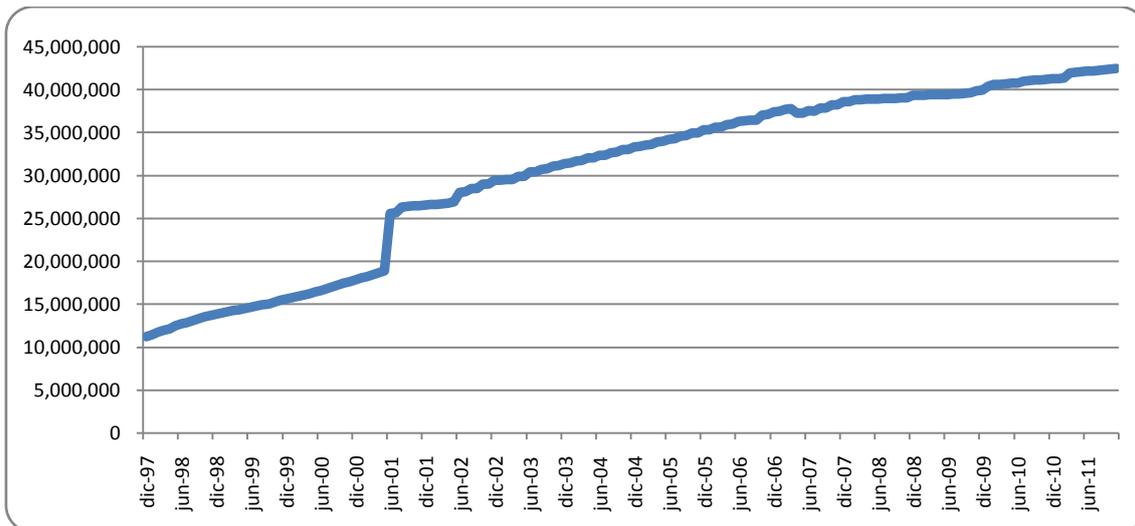


Figura 1.3. "Total de Cuentas Administradas por las AFORES"

Fuente. Elaboración propia, con datos de la CONSAR.

Como ya se ha sido mencionado, las AFORES registran el total de recursos que conforman el balance de la cuenta individual; sin embargo, no todos estos son administrados por las AFORES (véase la Figura 1.4), tal es el caso de la subcuenta de Vivienda que es administrada por el INFONAVIT y el FOVISSSTE, y los recursos provenientes del Bono de Pensión ISSSTE, que es administrada por el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado.

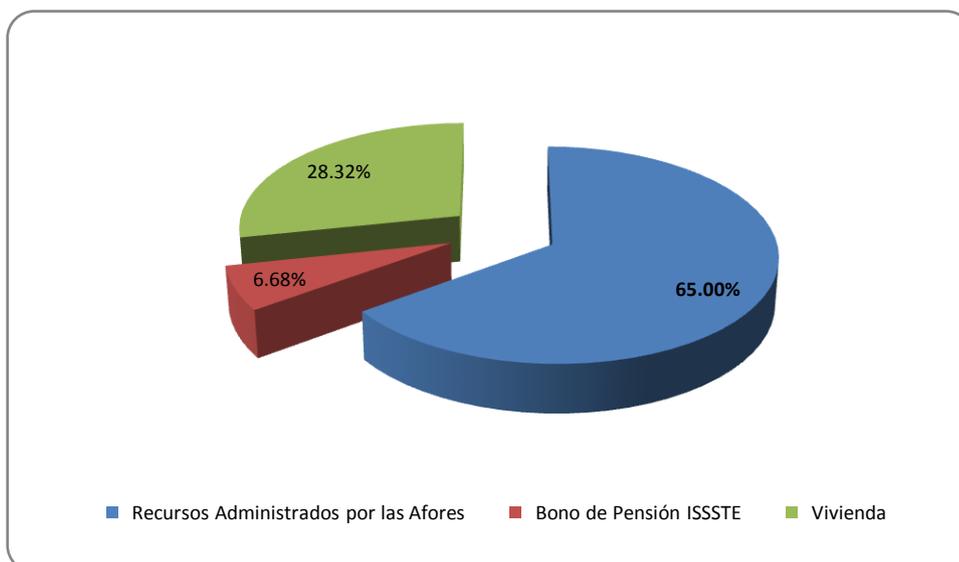


Figura 1.4. Recursos Registrados en las AFORES.

Fuente. Elaboración propia, con datos de la CONSAR.

Actualmente el total de recursos administrados por las AFORES, asciende a 2'369,652.6 millones de pesos,<sup>10</sup> y su tendencia es claramente al alza, debido al crecimiento en el volumen de cuentas administradas, y a rendimientos derivados de la inversión de estos recursos. En la Figura 1.5, se puede observar la tendencia histórica desde 1997 hasta la actualidad, donde se observa un pico en Octubre del 2008, cuando se comenzaron a registrar recursos provenientes del ISSSTE.

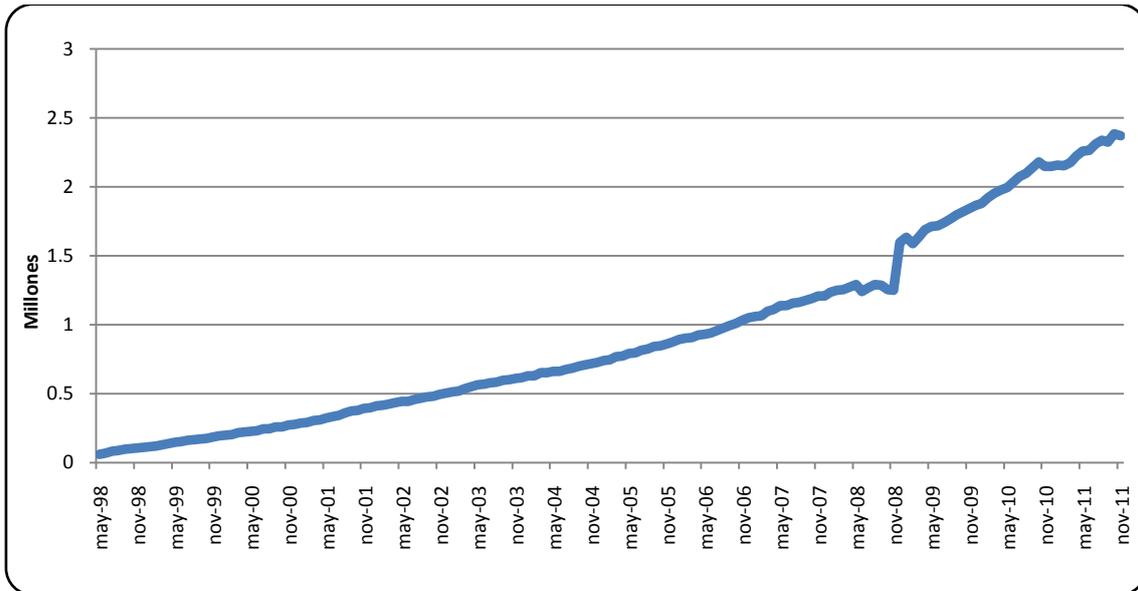


Figura 1.5. "Total de Recursos Registrados en las AFORES"

Fuente. Elaboración propia, con datos de la CONSAR.

### 1.3. Elección y Desempeño de las AFORES.

Elegir adecuadamente la AFORE que administre tu cuenta individual, debe ser una decisión basada principalmente en el rendimiento neto sostenido que dicha administradora ofrezca a los trabajadores, entendiendo el concepto del rendimiento neto como a los indicadores que reflejan los rendimientos menos las comisiones, que hayan obtenido los trabajadores por la inversión de sus recursos en las Sociedades de Inversión especializadas en fondos para el retiro (SIEFORE)<sup>11</sup>.

A partir del 2007 se modificó la política de inversión en la Ley de los Sistemas de Ahorro para el Retiro, que dio pie a la creación de cinco tipos diferentes de

<sup>10</sup> Monto calculado con el precio de las acciones de las SIEFORES registrados en la Bolsa Mexicana de Valores en Noviembre del 2011.

<sup>11</sup> Ley de los Sistemas de Ahorro para el Retiro, CAPITULO I, Artículo 3.

SIEFORE obligatorias, que le ofrecen al trabajador acceso a sociedades de inversión con distintos niveles de riesgo<sup>12</sup>, cuyo objeto es ofrecer nuevas y mejores opciones al ahorro de los trabajadores, de acuerdo a las características de cada uno de ellos, referente a su edad, perfil de inversión y ciclo de vida<sup>13</sup>.

Cada SIEFORE tendrá una distinta composición de cartera atendiendo a los diversos grados de riesgo y a los diferentes plazos, orígenes y destinos de los recursos invertidos en ellas, lo que permitirá una relación de riesgo y rendimiento acorde a la edad del beneficiario y evitar transiciones bruscas al pasar de un fondo al siguiente conforme se acerca su retiro.

SIEFORE	Rango de Edad
Básica 1	56 o más años
Básica 2	De 46 años a menos de 56 años
Básica 3	De 37 años a menos de 46 años
Básica 4	De 27 años a menos de 37 años
Básica 5	Menos de 27 años

Cuadro 1.2. Tipos de SIEFORE

Fuente. CONSAR

La asignación a las Siefores básicas es automática y conforme al rango de edad a la que pertenezcas, únicamente podrá el trabajador hacer un cambio voluntario de Sociedad de Inversión, siempre y cuando sea una Siefore de menor riesgo a la que te corresponde de acuerdo a su edad, es decir una Siefore para trabajadores de mayor edad, y nunca de manera viceversa.

Debido a que los fondos de pensiones son inversiones de muy largo plazo, no basta con observar el rendimiento neto en algún punto ó fecha, sino analizar el desempeño en el rendimiento neto histórico de la Sociedad de Inversión a la que de acuerdo a nuestra edad pertenecemos, ya que esto nos da un mejor panorama sobre cómo se

<sup>12</sup> Los niveles de riesgo de las SIEFORES están definidos y documentados en la Ley de los Sistemas de Ahorro para el Retiro. Artículo 47. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 9 de julio de 2007.

<sup>13</sup> Blake et al. (2001), estos autores señalan que Samuelson justificaba este tipo de manejo de fondos de pensión, *fases conforme a la edad (agephasing)*, debido a que los rendimientos a largo plazo de activos como acciones, bonos y propiedades presentan reversión a la media, por lo tanto, es racional para los inversionistas, con un horizonte a largo plazo, invertir más en activos de alto riesgo durante los primeros años de acumulación en sus fondos de pensión y cambiar a bonos, dado que son instrumentos de bajo riesgo, en los últimos años de acumulación, antes de su retiro. Esto permitiría que los trabajadores se beneficiaran de la prima de riesgo que ofrecen las acciones.

ha desempeñado la AFORE a través del tiempo y no a causa de una eventualidad extrema ó a alguna característica estacional del mercado.

Desafortunadamente no siempre las AFORES con los mejores rendimientos netos, son las que administran la mayor cantidad de cuentas individuales, esto debido a que gran parte de los trabajadores, elije su AFORE debido a la atención y percepción en la calidad del servicio que estas les puedan dar, como es el caso de la ubicación de las instalaciones y periodicidad de estados de cuenta.

En las Figuras 1.6 y 1.7, se observa que la AFORE Banamex administra la mayor cantidad de cuentas y a su vez tiene registrado la mayor cantidad de recursos, mientras que la AFORE Afirme Bajío tiene la más baja cantidad de cuentas y recursos registrados. Sin embargo, aun cuando existe una relación entre el número de cuentas y la cantidad de recursos registrados, no es una tendencia que se cumpla para todos los casos, ya que existen AFORES que administran un bajo número de cuentas, pero tienen un elevado monto de recursos registrados (como es el caso de la AFORE PensionISSSTE) ó viceversa (como es el caso de AFORE Banorte Genarali).

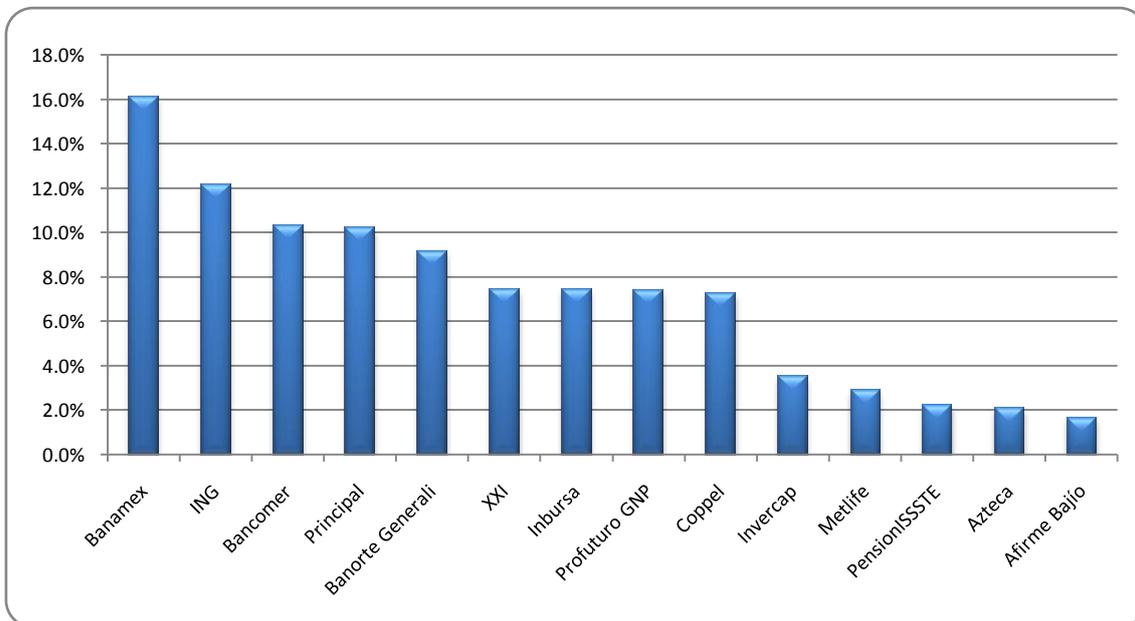


Figura 1.6. "Cuentas Administradas por las AFORE"  
Fuente. Elaboración propia, con datos de la CONSAR<sup>14</sup>.

<sup>14</sup> Total de cuentas administradas por AFORE, al mes de Noviembre del 2011.

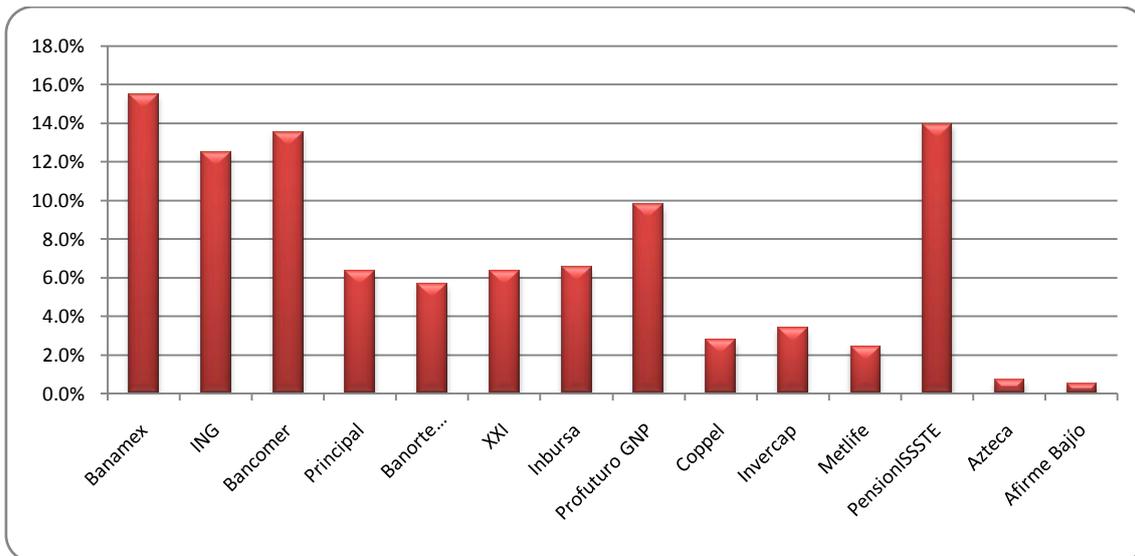


Figura 1.7. "Recursos Registrados por las AFORE"  
Fuente. Elaboración propia, con datos de la CONSAR<sup>15</sup>.

En la Figura 1.8 tenemos la cantidad de cuentas y recursos registrados por AFORE, rendimiento, comisión y rendimiento neto promedio en una ventana de 36 meses; y podemos concluir que no siempre las AFORES con la mayor cantidad de cuentas y recursos, son quienes ofrecen el mayor rendimiento promedio histórico a los trabajadores, demostrando que los trabajadores no están debidamente informados sobre la importancia en elección de la AFORE ó su decisión no se basa en el rendimiento neto promedio sostenido.

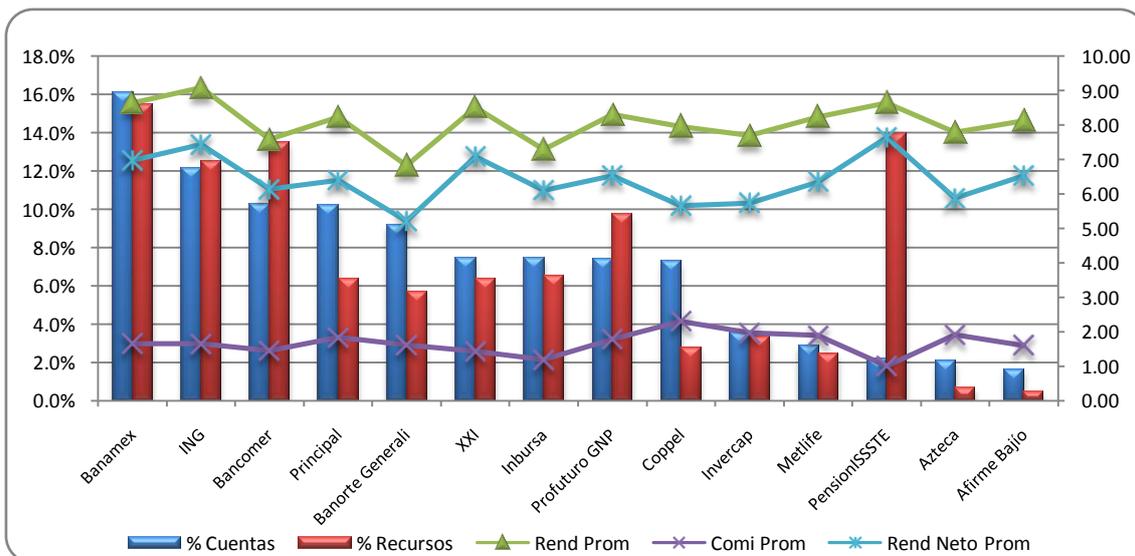


Figura 1.8. "Total de Cuentas y Recursos Registrados por las AFORE"  
Fuente. Elaboración propia, con datos de la CONSAR.

<sup>15</sup> Total de recursos registrados por AFORE, al mes de Noviembre del 2011.

De acuerdo con información de la CONSAR al mes de Noviembre del 2011, podemos destacar a las AFORES que con base en la información histórica de su desempeño, es la que mejor rendimiento da a los trabajadores, y también a la AFORE que con su desempeño histórico, ha dado el peor rendimiento a los trabajadores que en ella están registrados<sup>16</sup>:

- La AFORE PensionISSSTE, es la que mayor rendimiento promedio neto ofrece a los trabajadores, debido no tanto a su desempeño en el rendimiento del fondo de inversión, sino a su baja comisión que esta cobra a los trabajadores por el manejo de las cuentas.
- La AFORE que peor desempeño ha tenido en el rendimiento neto promedio de los últimos 36 meses, es Banorte Generali.
- La AFORE Coppel es quien más comisión cobra a los trabajadores por la administración de sus cuentas.
- La AFORE ING es quien tiene mayor rendimiento en el Fondo de Inversión.

Rendimiento		Comisión		Rendimiento Neto Máximo	
Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
9.08	6.83	2.30	1.00	7.65	5.21
ING	Banorte Generali	Coppel	PensionISSSTE	PensionISSSTE	Banorte Generali

Cuadro 1.3. Rendimientos y Comisiones de las AFORE

Fuente. Elaboración propia, con datos de la CONSAR.

#### 1.4. Importancia de la Administración de Riesgos para los Fondos de Pensiones.

Durante años, uno de las temas que más preocupa a los agentes económicos, tales como las instituciones financieras, inversionistas individuales e institucionales<sup>17</sup> ha sido el riesgo financiero a tal grado que su administración y medición se ha

<sup>16</sup> El Rendimiento, Comisión y Rendimiento Promedio Neto, están calculados sobre el promedio de las 5 SIEFORES básicas, en una base de 36 meses, y con información de la CONSAR disponible al mes de Noviembre del 2011.

<sup>17</sup> Los inversionistas institucionales, son personas jurídicas que invierten fondos que no son de su propiedad, sino de múltiples personas que confían la administración de su dinero a ellos. Entre las sociedades de inversión se encuentran Bancos, sociedades financieras, compañías de seguros, entidades nacionales de reaseguro y administradores de fondos autorizados por la ley.

convertido en un reto y prioridades, ya que se manifiesta de diferentes formas y niveles en los mercados financieros, en particular, en las economías emergentes.

De ahí, la importancia de la administración de riesgos, como herramienta para la identificación, medición y control de la exposición al riesgo financiero en diversos escenarios, particularmente el riesgo de mercado ó de pérdidas ocasionadas por movimientos inesperados en los tipos de cambio, tasas de interés, índices bursátiles y precios de las materias primas (*Commodities*).

Como consecuencia de la participación de los fondos de pensiones en mercados financieros nacionales e internacionales, gobiernos y administradores de estos fondos, se han preocupado por mantener una eficiente administración del riesgo como factor clave en el proceso de la toma de decisiones para la óptima asignación de capital en mercados financieros altamente volátiles.

El cambio de un esquema de beneficio definido a un sistema de contribución definida, traslada el riesgo a los trabajadores de manera individual. Los riesgos que asume el trabajador bajo un plan de contribución definida durante la fase de acumulación, incluyen: fluctuación en las comisiones que el trabajador tiene que pagar a las administradoras de los fondos de pensión; que el total de contribuciones sea insuficiente al final de la vida laboral; y el riesgo de mercado derivado de las variaciones en los precios de los activos financieros que componen el fondo de inversión; por lo que, los esquemas de contribuciones definidas tienen riesgos más grandes que aquellos que enfrentan los planes de beneficios definidos Blake **et al** (2001).

En México, las AFORES no enfrentan un compromiso de proveer un valor nominal predeterminado para las pensiones, sino que entregan al trabajador el saldo acumulado en su cuenta individual, por lo anterior, se requiere contar con un sistema de control de riesgos efectivo para los portafolios de inversión, conjuntamente con un régimen de inversión flexible.

Por lo anterior, diversas medidas gubernamentales han sido implementadas, para garantizar una correcta administración en el manejo de los fondos destinados para

este fin, obligando a los administradores de estos fondos a contar con las reservas de capital necesarias para hacer frente a las futuras obligaciones contratadas con los trabajadores y al mismo tiempo ofrecerles el mayor rendimiento esperado posible dado un nivel de riesgo permitido.

Para la identificación, medición y control de la exposición al riesgo financiero en los fondos de pensiones, se han desarrollado nuevas herramientas sofisticadas para una estimación del riesgo de mercado más precisa, que al igual que los mercados financieros se han vuelto cada vez más especializadas debido a la complejidad de los nuevos instrumentos y a la creciente globalización de los mercados financieros.

De acuerdo a información de la CONSAR, referente al marco regulatorio y de mercado, definen las siguientes características de las pensiones y pensionados en México:

- 1) Inversión obligada (ahorro de los trabajadores).
- 2) Baja cultura financiera de los inversionistas (trabajadores).
- 3) Inversionistas insensibles a los rendimientos.
- 4) Baja disciplina financiera.
- 5) Sistema Complejo (marco legal).

Debido a las variables estructurales mencionadas, las administradoras de fondos de pensiones en México tienen características muy particulares:

- 1) Régimen de inversión específico (permisos y prohibiciones por tipos de riesgos).
- 2) Regulación prudencial para complementar los límites cuantitativos.
- 3) Reglas de capitalización ligadas a penalizaciones.
- 4) Supervisión diaria.
- 5) Reglas adaptadas al sistema legal del país ya que existe la necesidad de contar con reglas más exhaustivas de inversión.

En la medida que un sistema de pensiones crece y se sofisticada, se incrementa la necesidad de una sólida administración de riesgos de los portafolios, por lo que para

enfrentar el reto de administrar los riesgos eficientemente, la CONSAR se guía por los 4 pilares descritos en la Figura 1.9.

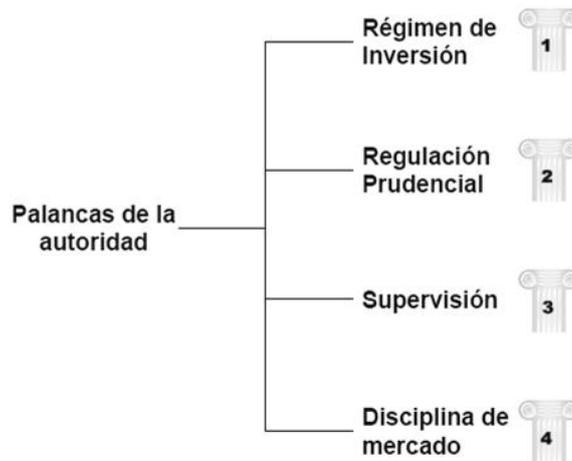


Figura 9. Pilares de las Pensiones en México

Fuente: CONSAR

### **Régimen de Inversión**

El Régimen de Inversión (RI) es una palanca para fomentar mayores rendimientos y una mejor pensión, ya que las restricciones que impone en el manejo de las carteras delimitan los retornos y riesgos que se pueden asumir. Inicialmente el régimen de inversión muy restrictivo, por lo que se fue adecuando a través de distintas etapas como se muestra a continuación<sup>18</sup>:

**Etapas I (2001-2003):** Se adecuó un régimen de inversión con enfoque a riesgos.

**Objetivo:** Redefinir el Régimen de Inversión con un enfoque de límites basados en los riesgos de las carteras (mercado, liquidez, crédito y operativo) conformadas por las clases de activos permitidas hasta ese momento (deuda local).

**Acciones Principales:** Eliminación de límites de emisor, se permitió adquirir papeles de nuevos emisores, se ampliaron las divisas permitidas, se introdujeron límites de calidad crediticia (con una mínima de A), se introdujo el Valor en Riesgo (VaR)<sup>19</sup> como medida de riesgo de mercado, etc.

<sup>18</sup> [www.consar.com.mx](http://www.consar.com.mx)

<sup>19</sup> La explicación de la metodología Valor en Riesgo, es explicada detalladamente en capítulos siguientes.

Efectos de los cambios: Promover un enfoque para medir, limitar y controlar riesgos específicos y el riesgo global de manera más efectiva, fomentar la sofisticación de las áreas de inversión y crear el área de riesgos, evitar la concentración de carteras y presiones en el mercado debidas a una limitada oferta de valores y contribuir a una asignación de recursos más eficiente con base en la relación riesgo/rendimiento.

**Etapa II (2003-2005):** Apertura a nuevos instrumentos.

Objetivo: Abrir el Régimen de Inversión a nuevas clases de activos y mercados como la renta variable y los valores extranjeros.

Acciones Principales: Se permitió la inversión en renta variable a través de índices accionarios, se permitió la incursión solo en mercados internacionales que se apeguen a las mejores prácticas de revelación de información, como son aquellos regulados por autoridades de la unión europea y del comité técnico de IOSCO y se amplió el número de SIEFORES de una a dos.

Efectos de los cambios: Promover un enfoque para medir, limitar y controlar riesgos específicos y el riesgo global de manera más efectiva, fomentar la sofisticación de las áreas de inversión, evitar la concentración de carteras y presiones en el mercado debidas a una limitada oferta de valores, y se inicio un proceso de diferenciación de acuerdo con la edad y preferencia de los trabajadores.

**Etapa III(2008):**Ampliación de la familia de fondos.

Objetivo: Definir un régimen de inversión especializado para cada tipo de Siefore, dotando de mayor flexibilidad a los fondos establecidos para trabajadores más jóvenes.

Acciones Principales: Se extendió de 2 a 5 fondos de inversión, esto ofrece las potenciales ventajas de contar con mayor diversificación y diferenciación entre ellas, de acuerdo con la edad y preferencia de los trabajadores.

Efectos de los cambios: Contribuyo a disminuir la concentración de valores gubernamentales a través de mayores inversiones en renta variable y nuevos tipos de instrumentos, así como ofrecer nuevas y mejores opciones al ahorro de los

trabajadores, de acuerdo a las características de cada uno de ellos, referente a su edad, perfil de inversión y ciclo de vida

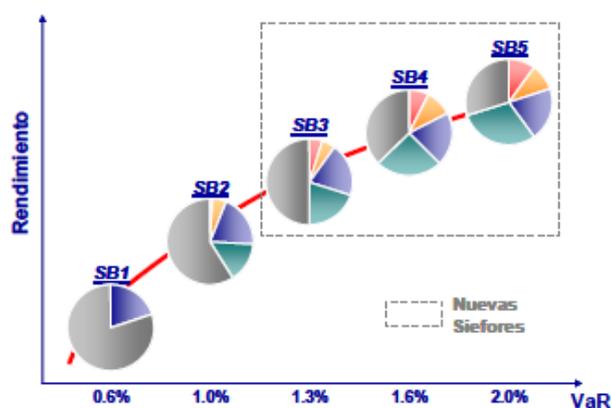


Figura 1.10. SIEFORE Básicas

Fuente: CONSAR

**Etapa IV(2010):** Modificaciones en el procedimiento de cálculo del VaR<sup>20</sup>.

Objetivo: Acomodar de manera automática, transparente, objetiva y oportuna, nuevos episodios de elevada volatilidad agregada en los mercados.

Acciones Principales: Adaptando el nivel de confianza del VaR de conformidad con la volatilidad del mercado, lo que concretamente implica que el nivel de confianza se reduzca cuando la volatilidad general se incrementa y viceversa (equivalentemente, se incrementa el número de escenarios que se permite que excedan el límite regulatorio del VaR cuando la volatilidad del mercado se incrementa y viceversa).

Efectos de los cambios: Con los ajustes a la metodología del VaR se elimina el comportamiento pro-cíclico que esta herramienta podría inducir sobre las Siefores y cuyos efectos serían exacerbar la volatilidad de los mercados. Por el contrario, los ajustes aprobados permitirán que los fondos de pensiones preserven sus estrategias de inversión aún ante eventos de elevada volatilidad, fortaleciendo la certidumbre legal respecto a las posibilidades operativas que dichos fondos pueden ejercer bajo condiciones de estrés en los mercados.

<sup>20</sup> Para más detalle, véase la publicación “Adecuaciones a las Reglas de Inversión de las Siefores” del 12 de Febrero del 2010.

## **Regulación Prudencial**

La regulación moderna ha adoptado algunos principios de regulación prudencial, que consiste en:

- Administración integral de riesgos (pruebas de estrés, back testing y alertas tempranas). El establecimiento de límites internos por tipo de riesgo.
- Adopción de las mejores prácticas (creación de manuales de inversiones, operaciones y riesgos).
- Supervisión basada en riesgos: procesos de certificación para operaciones complejas, supervisión diaria, alertas tempranas y comunicación con la alta gerencia.
- Claridad en la responsabilidad fiduciaria de las administradoras de pensiones para alinear los incentivos de la administradora y los inversionistas.

El desarrollo de la regulación prudencial ha fomentado la profesionalización y sofisticación de las Afores, promoviendo una visión de largo plazo, donde sus principales características son:

1. Contar con un Comité de Inversiones.
  - a. Sesiones periódicas para decidir las políticas de inversión.
  - b. Contar con sistemas automatizados de operación, liquidación y registro de las inversiones (Front – Back).
  - c. Capacitación del personal involucrado en las inversiones.
  - d. Establecer mecanismos aplicables para acceder a los mejores precios vigentes en el mercado.
  - e. Reforzamiento del Código de Ética del personal que invierte los recursos.
2. Contar con un Comité de Riesgos
  - a. Emitir una opinión sobre los riesgos del portafolio.
  - b. Crear una unidad independiente para la medición de riesgos.
  - c. Contar con modelos, sistemas y metodologías para identificar, medir y controlar los riesgos, actuales y potenciales.
  - d. Cumplir con mejores prácticas en materia de riesgo operativo.

## **Supervisión**

El modelo de supervisión y monitoreo de las AFORES cuenta con dos herramientas esenciales; la vigilancia y la inspección, donde a través de éstas, revisa tres factores principalmente:

1. Adecuada inversión de los recursos de los trabajadores.
  - a. Régimen de inversión.
2. Valor de los recursos de los trabajadores en los fondos.
  - a. Valuación de los activos del fondo usando precios de mercado.
  - b. Contabilidad y registro del fondo siguiendo los mejores estándares.
3. Administración de riesgo de los recursos de los trabajadores.
  - a. Adecuado control interno.
  - b. Administración de inversiones y riesgos gobierno corporativo robusto – infraestructura adecuada.

La supervisión permite no sólo monitorear y vigilar los puntos antes mencionados, sino que también establecer sanciones para cuando se incumplan las normas establecidas:

En caso de que se incumplan reglas prudenciales:

- Multas.
- Corrección de irregularidades.

En caso de que se incumpla el régimen de inversión:

- Multas y descomposición de cartera.
- Resarcimiento de minusvalías<sup>21</sup>.

---

<sup>21</sup> De acuerdo a las Disposiciones carácter general que establecen el régimen de inversión al que deberán sujetarse las sociedades de inversión especializadas de fondos para el retiro, cuando las Siefors incumplan el régimen de inversión autorizado por las causas que les sean imputables o en su caso a los Mandatarios que hubieren contratado, o bien, por causa de entradas o salidas de recursos, y como consecuencia de ello se cause una minusvalía o pérdida en el Activo Total de la Sociedad de Inversión, en el Activo Administrado por la Sociedad de Inversión o en el Activo Administrado por el Mandatario que ésta hubiere contratado y/o en algún Activo Objeto de Inversión, la Administradora que opere la Sociedad de Inversión de que se trate, deberá resarcir la minusvalía de conformidad con la fórmula prevista en el Anexo N de las presentes disposiciones.

## **Disciplina de Mercado**

Consiste en la revelación de información que sea de relevancia para el mercado, siguiendo reglas y requerimientos específicos:

- **Requerimientos de Revelación:** Elaboración del prospecto de inversión con apego a la regulación. Revelación detallada de las comisiones, rendimientos y medición del Valor en Riesgo (VaR). Revelación de los estados financieros.
- **Reglas contables:** se valúa a mercado; los insumos provienen de los proveedores de precios (aseguran una valuación consistente del portafolio) en apego a principios contables internacionales.
- **Reglas de auditoría seleccionadas:** estados financieros, sistemas de evaluación de administración de riesgos, y reportes de auditores externos.

Finalmente, de acuerdo a las Adecuaciones a las Reglas de Inversión de las Siefores (2010), cada una debe contar con un portafolio de referencia o benchmark, los cuales son exógenos a las estrategias de las Siefores, pero consideran las posibilidades de inversión autorizadas a través del régimen de inversión para cada caso. La sensibilidad de estas carteras permite detectar los cambios en la volatilidad del mercado.

En conclusión, para que el régimen de inversión siga evolucionando, es necesario continuar evolucionando la administración de riesgos, fomentar la inversión en valores de distintos emisores para obtener una buena rentabilidad, fomentar la diversificación, y el desarrollo de los mercados financieros. Por otra parte, las AFORES tienen como principal reto el fortalecerse para afrontar su crecimiento, la ampliación de instrumentos y sofisticación del mercado para dar un mejor rendimiento.

Finalmente, de acuerdo con la CONSAR, el VaR es la única medida de control de riesgos global aplicada por los fondos de pensiones en México, que ha servido eficazmente para limitar el riesgo de mercado de los portafolios de inversión, sin embargo, como se explicará más a detalle en capítulos siguientes, el VaR tiene ciertas debilidades que sugieren cambiar el uso de esta herramienta de medición de

riesgo, por una medida más robusta, que facilite la medición y el control del riesgo en los fondos de inversión en México.

## Capítulo 2. Marco Teórico: Medidas de Valor en Riesgo.

### 2.1 Desarrollo Histórico de los Modelos de Riesgo

Durante años, uno de los temas que más preocupa a los agentes económicos, tales como las instituciones financieras, inversionistas individuales e institucionales ha sido el riesgo financiero a tal grado que su administración y medición se ha convertido en un reto y prioridades, ya que se manifiesta de diferentes formas y niveles en los mercados financieros, en particular, en las economías emergentes.

De ahí, la importancia de la administración de riesgos, como herramienta para la identificación, medición y control de la exposición al riesgo financiero en diversos escenarios, particularmente el riesgo de mercado ó de pérdidas ocasionadas por movimientos inesperados en los tipos de cambio, tasas de interés, índices bursátiles y precios de las materias primas (*Commodities*). Una eficiente administración del riesgo juega un factor clave en el proceso de la toma de decisiones para la eficiente asignación de capital en mercados financieros altamente volátiles, y también, en el desarrollo de nuevas herramientas sofisticadas para una estimación del riesgo de mercado más precisa.

En la literatura financiera, diversos modelos han sido desarrollados por economistas financieros, entre los cuales destacan los siguientes: el modelo de Duración introducido por Macaulay (1938); este modelo lineal mide la sensibilidad de los instrumentos financieros de renta fija ante cambios paralelos en las tasas de interés, y que más tarde fuera extendido para capturar el efecto de la convexidad derivado de los cambios no moderados en las tasas de interés<sup>22</sup>.

Por su parte, el modelo media-varianza es una herramienta que permite analizar el rendimiento esperado de una inversión, ó alternativas de inversión dado un nivel de riesgo. En este contexto, Markowitz (1952) demostró que los inversionistas son racionales, ya que siempre buscan maximizar su rendimiento asumiendo el menor riesgo posible, al analizar un conjunto infinito de combinaciones posibles de alternativas de inversión; sin embargo, el modelo de Markowitz supone un riesgo

---

<sup>22</sup> Para más detalles técnicos y matemáticos del modelo, véase Macaulay (1938).

constante y su uso en portafolios internacionales es deficiente al no tomar en cuenta los factores de riesgo de los tipos de cambio.

Años después, Sharpe (1964) propone el modelo de fijación de precios de activos de capital (por sus siglas en inglés, CAPM), formalizando la relación riesgo-rendimiento del portafolio óptimo de Markowitz<sup>23</sup> a través del factor beta ( $\beta$ ), al que denomino como riesgo sistemático. Este modelo mide la sensibilidad en los movimientos de los activos riesgosos asociados al desempeño del mercado, construyendo portafolios óptimos al combinar un activo libre de riesgo y el portafolio del mercado; sin embargo, es útil solo en portafolios domésticos, al no considerar el riesgo de los tipos de cambio y supone al igual que el modelo de Markowitz un nivel de riesgo constante a través del tiempo.

Sin embargo, los procesos de globalización e integración aunado al desarrollo de nuevos instrumentos financieros más complejos, no solo han transformado e innovado a los mercados financieros, sino también han generado una creciente volatilidad, limitando la aplicación de los modelos anteriores para estimar el riesgo de mercado en la nueva arquitectura financiera.

En consecuencia, una medida de riesgo que ha ganado popularidad y credibilidad tanto por bancos, instituciones financieras, como autoridades reguladoras, ha sido la metodología valor en riesgo (por sus siglas en inglés, VaR). Esta medida tomo fuerza y reconocimiento, gracias a la recomendación para su uso como herramienta para medir el riesgo de mercado, por parte de autoridades regulatorias, asesores en la industria financiera, e investigaciones del sector privado, a través principalmente de diferentes iniciativas en los años 90s.

Fue en Julio 1993, cuando por primera vez se recomienda el uso del VaR, a través de un informe del Grupo de los Treinta (G30)<sup>24</sup> en el estudio Derivados: Prácticas y Principios<sup>25</sup>, argumentando que es un modelo confiable para la estimación del riesgo de mercado, aun para portafolios integrados con productos derivados. Más adelante,

---

<sup>23</sup> Por sus aportaciones, Markowitz y Sharpe ganaron en 1990 el premio Nobel de economía.

<sup>24</sup> El G30 era un grupo de consultores integrado por altos banqueros, reconocidos personajes del ámbito financiero y académico.

<sup>25</sup> Kupiec (1995, 1996, 1997); Simons (1996); Fallon (1996); Liu (1996).

en Abril de 1995, el Comité de Basilea en su propuesta Supervisión y Tratamiento del Riesgo de Mercado<sup>26</sup>, sugiere a los bancos la implementación de modelos internos del VaR, para la estimación de requerimientos de capital, modificando así en enero de 1996, el acuerdo de Basilea de 1988 hasta entonces vigente<sup>27</sup>.

Otra notable iniciativa fue aportada en octubre de 1994 por Dennis Weatherstone, que en aquel entonces estaba al frente de la institución financiera J.P. Morgan, quien con su modelo conocido como *RiskMetrics*<sup>28</sup>, innovo e hizo una importante contribución en la investigación de la administración de riesgos, promoviendo el uso de esta herramienta desde ese momento y hasta la fecha.

Fue a partir de enero de 1998 que la nueva forma para estimar los requerimientos de capital para los bancos fueron efectivos, permitiendo calcular las reservas de capital basados, ya sea en el modelo estandarizado ó modelos internos. El método estandarizado calcula los requerimientos de capital de manera separada para cada mercado, asignando un porcentaje de reservas para cada factor de riesgo y sumando al final los requerimientos de capital de cada uno de los mercados, sin tomar en cuenta los efectos de la diversificación global. Por otra parte, acorde con Basilea II, los modelos internos calculan el requerimiento de capital del banco, multiplicando el VaR considerando todos los factores de riesgo, con un intervalo de confianza del 99%, horizonte de tiempo de 10 días e información histórica de un año, por un factor entre tres y cuatro<sup>29</sup>.

Actualmente, el VaR es usado por diversas autoridades regulatorias como medida de referencia de riesgo, entre los que destacan Basilea I, Basilea II, Solvencia II y NAIC (National Association of Insurance Commissioners); de igual forma, esta herramienta es usada también por todo tipo de instituciones financieras debido a su fácil interpretación, ya que mide en términos monetarios la máxima pérdida que la organización está dispuesta a asumir dado un nivel de confianza, aunado a lo relativamente simple que es su computo y a que permite incorporar distintos factores de riesgo derivados de la diversificación de los portafolios de inversión.

---

<sup>26</sup>Kupiec (1995, 1996, 1997); Jorion (1996a); Beder (1995, 1997).

<sup>27</sup>Basel Committee on Banking Supervision (1996).

<sup>28</sup>JP Morgan (1995).

<sup>29</sup> Para más detalles sobre el cálculo de los requerimientos de capital usando modelos internos, véase Khindanova y Rachev (1999).

## 2.2 Modelos VaR

### 2.2.1 Definición Formal del Valor en Riesgo

Formalmente, podemos definir al VaR como la máxima pérdida esperada de una posición de mercado ó un portafolio de inversión durante un horizonte de tiempo dado un nivel de confianza (Jorion, 2001).

En términos matemáticos, el VaR se puede expresar de la siguiente forma:

$$Pr[\Delta P(\tau) < -VaR] = 1 - \alpha \quad (1)$$

Donde  $\alpha$  es el nivel de confianza y  $\Delta P(\tau)$  es el rendimiento ó cambio relativo del valor del portafolio, dado un horizonte de tiempo  $\tau$  (Khindanova y Rachev, 1999).

$$\Delta P(\tau) = P(t + \tau) - P(t) \quad (2)$$

donde  $P(t + \tau) = \log S(t + \tau)$ , el logaritmo del valor del portafolio al tiempo  $(t + \tau)$  y  $P(t) = \log S(t)$ , el logaritmo del portafolio al tiempo  $(t)$ , el periodo de tiempo  $[t, T]$ , con  $T - t = \tau$  y  $t$  representa la fecha actual<sup>30</sup>.

Podemos entender la desigualdad (1), como la probabilidad de que el rendimiento del portafolio sea menor al máximo nivel de pérdida esperada (VaR), dado un horizonte de tiempo y nivel de confianza dados.

Derivado de la definición del VaR, se obtiene su valor a partir de la distribución de probabilidad de los rendimientos del portafolio:

$$1 - \alpha = F_{\Delta P}(-VaR) = \int_{-\infty}^{-VaR} f_{\Delta P}(x) dx$$

---

<sup>30</sup> Basado en las propiedades de los logaritmos, el rendimiento del portafolio puede expresarse también como:  
 $\Delta P(\tau) = \log \left( \frac{S(t+\tau)}{S(t)} \right)$

donde  $F_{\Delta P}(x) = Pr(\Delta P \leq x)$  es la función de distribución acumulada de los rendimientos del portafolio para un periodo de 1 día, y  $f_{\Delta P}(x)$  es la distribución de densidad de los rendimientos del portafolio  $\Delta P$ .

La principal diferencia entre las metodologías tradicionales usadas para la estimación del VaR, es la forma en cómo se construye  $f_{\Delta P}(x)$ , siendo las siguientes metodologías las más populares:

- Enfoques paramétricos (Modelo delta-normal, metodología *Riskmetrics* y modelos GARCH)
- Enfoques no paramétricos (Simulación histórica, y simulación Montecarlo)<sup>31</sup>

Además de la importancia de la definición de supuestos relacionados al rendimiento y volatilidad del portafolio, el cálculo del VaR requiere del análisis de otros componentes, como son, los supuestos en la matriz de correlación del cambio en los precios dentro y a través de diferentes mercados (Duffie y Pan, 1997), de la elección de un horizonte de tiempo, longitud de la ventana de observación y definición de un nivel de confianza.

El horizonte de tiempo sobre el que queremos estimar la máxima pérdida de nuestro portafolio, supone que las posiciones del portafolio se mantienen constantes durante dicho periodo. El horizonte de tiempo habitualmente utilizado oscila entre un día y un mes, aunque se puede utilizar otros períodos más largos como trimestres e incluso años. El comité de Basilea estableció un período de dos semanas (diez días de negociación); aunque el período más corto utilizado en la práctica es de un día, e incluso intradía.

El horizonte de tiempo es idealmente determinado por la naturaleza del portafolio, la primera interpretación es que el horizonte de tiempo es definido por el periodo de liquidación, esto porque usando periodos de tiempo demasiado largos, es probable que los inversionistas realicen cambios en la composición de la cartera, haciendo que la medida del VaR sea menos significativa, por tanto, cuanto más corto sea el horizonte de tiempo, más real será el supuesto de que el portafolio se mantiene

---

<sup>31</sup>Duffie y Pan (1997); Khindanova y Rachev (1999)

inalterado durante dicho período. Bancos comerciales, comúnmente calculan el VaR sobre un horizonte de tiempo de un día, debido a la liquidez que necesitan y a la dinámica de sus portafolios, mientras que fondos de pensiones, generalmente requieren de menor liquidez, por lo que el horizonte de tiempo de un mes es frecuentemente utilizado.

Una segunda interpretación, básicamente sugiere que el horizonte de tiempo es relativamente arbitrario, ya que los usuarios reconocen que el VaR, no representa la peor pérdida posible, sino más bien, una medida probabilística que será excedida con cierta frecuencia, por lo que bancos comerciales suelen elegir un horizonte de tiempo de un día, ya que facilita la comparación entre el rendimiento diario y el valor en riesgo (Jorion, 2001).

Por otra parte, la elección del nivel de confianza, es crucial si el VaR es usado directamente para el cálculo del requerimiento de capital de la institución; sin embargo esto es poco real en la práctica, por lo que la elección del nivel de confianza, comúnmente refleja el grado de aversión al riesgo de la compañía, respecto a los riesgos asociados a casos extremos y también al cumplimiento de medidas regulatorias a las que está sujeta la institución (Jorion, 2001).

Finalmente, la amplitud de la ventana de observación requerida para el cálculo del VaR, depende principalmente de la disponibilidad de los datos, problemas en la selección de la muestra debido a calidad de la información y al cumplimiento de medidas regulatorias al que está sujeta la corporación, comúnmente los reguladores recomiendan una ventana de observación de un año (250 días) para la construcción del modelo (Khindanova y Rachev, 1999). Diversos estudios concluyen que usando ventanas de observación más amplias, se obtienen resultados más exactos y estables en el cálculo del valor en riesgo<sup>32</sup>.

---

<sup>32</sup>Para más información, véase Jackson, Maude y Perraudin (1997); Hendricks (1996, 1997).

## 2.2.2. Enfoque Paramétrico

Los modelos paramétricos para el cálculo del VaR asumen que los rendimientos de los portafolios siguen una distribución de probabilidad específica, por lo que la precisión en la estimación de las pérdidas, depende directamente de los supuestos asumidos en el modelo de riesgo y en que tanto describe dicha distribución al comportamiento real del portafolio; frecuentemente la distribución de las pérdidas se asume normal, ya que facilita el cómputo del valor en riesgo del portafolio, debido a las características específicas de esta distribución.

Analizando el caso de un portafolio conformado por un solo activo, que a su vez depende de un único factor de riesgo, y con rendimientos que se distribuyen de manera normal  $N(\mu, \sigma)$ , el cálculo del VaR se reduce a encontrar el  $(1 - \alpha)$  percentil de la función de distribución normal, que representa la máxima pérdida esperada dado el nivel de confianza  $(1 - \alpha)$ .

$$1 - \alpha = \int_{-\infty}^{X^*} g(x)dx = \int_{-\infty}^{Z_{1-\alpha}} \phi(z)dz = N(Z_{1-\alpha})$$

con

$$X^* = Z_{1-\alpha}\sigma + \mu$$

donde  $g(x)$  es la función de distribución normal de los rendimientos del portafolio, con media  $\mu$  y desviación estándar  $\sigma$ ,  $\phi(z)$  es la función de densidad normal estándar,  $N(z)$  es la función de distribución normal acumulada,  $X$  el rendimiento del portafolio, y  $X^*$  el peor rendimiento del portafolio. Es posible asumir que el rendimiento esperado  $\mu$  es igual a cero, ya que su magnitud es significativamente más pequeña al valor de la desviación estándar  $\sigma$ .

Por lo que el valor en riesgo del portafolio con un solo factor de riesgo e inversión inicial del portafolio igual a  $Y_0$  es<sup>33</sup>:

$$VaR = -Y_0X^* = -Y_0Z_{1-\alpha}\sigma$$

---

<sup>33</sup>Khindanova y Rachev (1999).

Cuando el portafolio se encuentra conformado por varios activos y diversos factores de riesgo, el cálculo del VaR se construye a través de varios pasos:

- 1) Se descompone el portafolio en bloques con un número finito de factores de riesgo.
- 2) El valor de los activos del portafolio son combinados dentro de categorías de riesgo.
- 3) El riesgo total del portafolio se calcula basado en los factores de riesgo agregados y sus correlaciones.

Sea:

$X_p$ : el rendimiento del portafolio en un periodo.

$N$ : el número total de activos del portafolio.

$X_i$ : es el rendimiento del  $i$ -ésimo activo en un periodo<sup>34</sup>,  $i = 1, \dots, N$

$w_i$ : es el peso del  $i$ -ésimo activo del portafolio

Por lo que el rendimiento del portafolio se calcula sumando el producto del rendimiento del  $i$ -ésimo activo  $X_i$  por su peso  $w_i$  de todos los factores de riesgo que conforman al portafolio.

$$X_p = \sum_{i=1}^N w_i X_i$$

Lo que en notación matricial, el rendimiento del portafolio se expresa como:

$$X_p = w_1 X_1 + w_2 X_2 + \dots + w_N X_N = [w_1 \quad \dots \quad w_N] \begin{bmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_N \end{bmatrix} = w^T X$$

Y varianza del portafolio igual a:

---

<sup>34</sup> $X_i$  puede ser visto, como el  $i$ -ésimo factor de riesgo lineal en el rendimiento del portafolio. Si el factor de riesgo no es lineal, entonces una aproximación lineal es requerida.

$$V(X_p) = w^T \Sigma w = \sum_{i=1}^N w_i^2 \sigma_{ii} + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j$$

donde  $\sigma_{ii}$  es la varianza del rendimiento del i-esimo activo,  $\sigma_i$  la desviación estándar del rendimiento del i-esimo activo,  $\rho_{ij}$  la correlación del rendimiento del i-esimo activo con el rendimiento del j-esimo activo, y  $\Sigma$  la matriz de varianzas-covarianzas del portafolio, estimada con base en la información histórica de los factores de riesgo.

Si todos los rendimientos del portafolio en conjunto están normalmente distribuidos, el rendimiento del portafolio como una combinación lineal de variables normales son entonces normalmente distribuidas, por lo que el valor en riesgo del portafolio basado en el supuesto de normalidad es:

$$VaR = -Y_0 Z_{1-\alpha} \sqrt{V(X_p)}$$

$$VaR = -Y_0 Z_{1-\alpha} \sigma(X_p)$$

donde  $\sigma(X_p)$  es la desviación estándar o volatilidad del portafolio.

Así, se puede decir que el riesgo puede representarse como una combinación lineal de los factores de riesgo normalmente distribuidos<sup>35</sup>. Para calcular el riesgo en los modelos paramétricos, es suficiente con evaluar la matriz de varianzas-covarianzas de los factores de riesgo del portafolio.

El uso de modelos paramétricos, es particularmente ideal cuando los portafolios están compuestos por activos lineales, como bonos cupón cero, acciones, materias primas (*commodities*) y monedas. Cuando el portafolio está compuesto por activos más complejos y/o no lineales, y se busca calcular el VaR a través de métodos paramétricos, es necesaria la construcción de bloques de activos y el uso de métodos de aproximación lineal.

---

<sup>35</sup>Khindanova y Rachev (1999).

Una de las metodologías más populares y frecuentemente usadas, es el modelo delta normal, también conocido como método de varianzas-covarianzas.

### 2.2.2.1 Modelo Delta - Normal

Este modelo asume normalidad en los factores de riesgo, y busca estimar la matriz de varianzas-covarianzas entre el valor de la cartera y dichos factores de riesgo. El modelo delta-normal, equipondera la información histórica que usa para la estimación de las pérdidas, lo que implica que todos los valores en la ventana de observación aportan exactamente la misma cantidad de información para el cálculo del VaR, sin importar la distancia en tiempo entre estos y la fecha de estimación.

Debido a que este modelo se basa en el supuesto de que los factores de riesgo están normalmente distribuidos, el cálculo del VaR se simplifica considerablemente, al no requerir de gran cantidad de información para su cómputo, haciéndolo uno de los modelos más populares<sup>36</sup>, y es ideal cuando se pretende calcular el VaR sobre un portafolio con activos lineales; por el contrario, no es recomendado su uso cuando se tienen activos no lineales en el portafolio, es decir, aquellos que el valor de los activos no responde al movimiento en el valor de sus factores de riesgo, tal como sucede con los productos derivados.

El modelo delta normal estima los cambios en los precios de los activos, usando las “deltas” con respecto a los factores de riesgo, e implica el uso de la aproximación lineal del logaritmo del movimiento de los precios<sup>37</sup>.

$$P(X + U) \approx P(X) + \dot{P}(X)U$$

ó

$$\Delta P(X) = P(X + U) - P(X) \approx \dot{P}(X)U$$

donde:

$X$ : es el valor del factor de riesgo,

$U$ : es el cambio en el precio del factor de riesgo  $X$ ,

---

<sup>36</sup>Jorion, P., 2001, Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk, McGraw Hill.

<sup>37</sup>Khindanova y Rachev (1999).

$P(X)$ : logaritmo del precio del activo  $X$ ,

$\dot{P}(X)$ : es igual a la primer derivada del  $P(X)$ , que comúnmente se conoce como delta ( $\Delta$ ) del activo.

Por lo que el cálculo del VaR, usando el modelo delta normal se reduce en calcular la matriz de varianzas-covarianzas de los cambios en el valor del portafolio, es decir:

$$VaR = -Y_0 Z_{1-\alpha} \sqrt{d^T \Sigma d}$$

donde  $d$  es el vector de los valores delta, con respecto al  $i$ -ésimo factor de riesgo.

$$d = d(X) = (\Delta_1(X), \Delta_2(X), \dots, \Delta_n(X))^T$$

Debido a sus características, la principal ventaja de usar el modelo delta normal es su fácil aplicación, ya que su cálculo se reduce a encontrar la matriz de varianzas-covarianzas de las deltas del portafolio, a través de una multiplicación matricial, que se puede calcular fácilmente a través de una hoja de cálculo, y sin embargo, su principal desventaja es la aparición de colas pesadas en la distribución de rendimientos en la mayoría de los activos financieros por lo que al suponer normalidad en las deltas del portafolio, se subestiman las pérdidas potenciales en las colas de la distribución.

Por otra parte, este método no es válido para el cálculo de activos no lineales como son opciones e hipotecas<sup>38</sup>, ya que al no tener distribuciones simétricas, el supuesto de normalidad que se utiliza para su cálculo, no representa a la distribución real de los rendimientos del portafolio (Jorion, 2001).

Otro modelo paramétrico que por sus características, cuenta con gran aceptación y reconocimiento entre los participantes del sector financiero, es la metodología *RiskMetrics*.

---

<sup>38</sup> En caso de querer calcular el VaR de un portafolio que contenga activos no lineales usando el modelo delta normal, una aproximación lineal es requerida, para cada factor de riesgo no lineal del portafolio.

### 2.2.2.2. Metodología RiskMetrics

J.P.Morgan (1996), define a la metodología *RiskMetrics*, como una amplia gama de herramientas, que tienen como finalidad estimar la exposición al riesgo de mercado de diversos instrumentos, como son materias primas, instrumentos de renta fija y renta variable, así como de divisas e hipotecas, a través de la estimación del valor en riesgo y pruebas de estrés, usando un software especializado que le brinda al usuario, desde una consulta de series de precios, hasta la elaboración de reportes ad hoc y análisis de riesgo de portafolios.

En un estricto sentido, la metodología *RiskMetrics* es un modelo paramétrico similar al modelo delta-normal, que asegura que su principal contribución es contar con un modelo capaz de actualizar la volatilidad de los rendimientos estimados, basado en la llegada de información actual, donde la importancia de la información menos reciente disminuye exponencialmente a través del tiempo<sup>39</sup>. Una vez que se obtiene un valor estimado de la volatilidad, el modelo asume que el logaritmo de los rendimientos de los factores de riesgo siguen una distribución normal condicional al valor estimado actual de la volatilidad.

Formalmente, el pronóstico de la volatilidad al tiempo  $t$  es el promedio ponderado del pronóstico de la volatilidad anterior, por el factor de decaimiento  $\lambda$  más el cuadrado del rendimiento anterior por  $(1 - \lambda)$  para  $0 < \lambda \leq 1$ , esto es:

$$\sigma_t^2 = \lambda\sigma_{t-1}^2 + (1 - \lambda)r_{t-1}^2$$

Debido a que el modelo exponencial declina geoméricamente el peso de las observaciones pasadas, y asigna mayor peso a las observaciones más recientes. Sustituyendo  $\sigma_{t-1}^2$  en la ecuación anterior tenemos que:

$$\sigma_t^2 = (1 - \lambda)(r_{t-1}^2 + \lambda r_{t-1}^2 + \lambda^2 r_{t-1}^2 + \dots)$$

En la práctica, de acuerdo con Mina and YiXiao (2001) el modelo *RiskMetrics* clásico, el valor óptimo  $\lambda$  necesario para estimar la volatilidad en periodos largos de

---

<sup>39</sup>Morgan Guaranty Trust Company (1996).

tiempo, es mayor al requerido para estimar la volatilidad en periodos de un día, por lo que una  $\lambda = 0.94$  da un buen pronóstico para horizontes de un día, y una  $\lambda = 0.97$  da un buen pronóstico para periodos de un mes.

Por otra parte, es importante considerar cuando se utilizan aproximaciones exponenciales ponderadas, el número de rendimientos históricos necesarios para la estimación de la volatilidad, una vez que se sabe que el número efectivo de observaciones históricas, está en función del valor del factor de decaimiento  $\lambda$ . En otras palabras, el 99.9% de la información está contenida en los últimos  $\log(0.001) - \log(\lambda)$  días<sup>40</sup>, por lo que para una  $\lambda = 0.94$  el 99.9% de la información está contenida en los últimos 112 días, mientras que para una  $\lambda = 0.97$  el 99.9% de la información está contenida en los pasados 227 días. Sin embargo, Hendricks (1996, 1997) demostró que un valor pequeño en el factor de decaimiento  $\lambda$  tiene como consecuencia una alta variación en la estimación del valor en riesgo.

Es también señalado por diversos autores, que la metodología *RiskMetrics* es en esencia un caso particular del modelo IGARCH (*Integrated Generalized AutoRegressive Conditional Heteroskedasticity*), que está basado en un análisis condicional normal y que cuenta con un parámetro que se adapta dinámicamente a los cambios en los mercados<sup>41</sup>; por lo que al asumir que los rendimientos del portafolio siguen una distribución normal, se subestiman al igual que en el modelo delta-normal, puesto que no recoge el efecto de las colas pesadas que presentan los rendimientos.

### 2.2.2.3. Modelos GARCH

Los modelos paramétricos GARCH (*Generalized AutoRegressive Conditional Heteroskedasticity*) propuestos por Bollerslev (1986), buscan explicar la variación de la volatilidad a lo largo del tiempo, a través de modelos con componentes condicionales autoregresivos y medias móviles<sup>42</sup> y son una generalización de los modelos ARCH introducidos por Engle (1982).

---

<sup>40</sup> Para más detalle, véase Mina and YiXiao (2001).

<sup>41</sup> Para más detalles sobre el modelo IGARCH, véase Danielsson and Vries (1997).

<sup>42</sup> Para más detalles, véase Bollerslev, Chou and Kroner (1992).

El modelo  $GARCH(p, q)$  asume que los rendimientos del  $i$ -ésimo activo  $R_{i,1}, R_{i,2}, \dots, R_{i,t}$  se explican a través del siguiente proceso:

$$R_{i,t} = \mu_i + \sigma_{i,t} u_{i,t}$$

$$\sigma_{i,t}^2 = \alpha_i + \sum_{j=1}^q \beta_{ij} (R_{i,t-j} - \mu_i)^2 + \sum_{k=1}^p \gamma_{jk} \sigma_{i,t-k}^2$$

donde:

$\mu_i$ : es la media del rendimiento del  $i$ -ésimo activo  $R_i$ .

$\sigma_{i,t}^2$ : es la varianza condicional del  $i$ -ésimo activo  $R_i$ .

$u_{i,t}$ : Número aleatorio con media cero y varianza 1 (comúnmente se asume

$$(U_{i,t})_{t \geq 1} \sim iid N(0,1)).$$

$\alpha_i, \beta_{ij}, \gamma_{jk}$ : son constantes con  $\alpha_i > 0$ ,  $\beta_{ij}, \gamma_{jk} \geq 0$ ,  $j = 1, \dots, q, k = 1, \dots, p$  y  $i = 1, \dots, n$

La notación  $(p, q)$  se utiliza, para identificar la  $p$  cantidad de componentes condicionales autoregresivos y  $q$  el número de rezagos incluidos en la media móvil de los rendimientos (Khindanova y Rachev, 1999).

Aun cuando se han creado diversas variaciones del modelo GARCH, la mayoría de ellas solo aportan una mejora poco significativa al modelo original, por lo que la complejidad del modelo depende en sí, de la cantidad de parámetros a estimar y su principal desventaja es la no linealidad de los parámetros, una vez que estos deben ser estimados a través de métodos de optimización numérica (Jorion, 2001).

La pronta aceptación de los modelos GARCH se refleja creciente aplicación de estos modelos a diversas series financieras, y se ha vuelto un pilar en el cálculo del valor en riesgo.

### 2.2.3. Enfoque No Paramétrico

A diferencia del enfoque paramétrico, los modelos no paramétricos construyen la distribución de rendimientos del portafolio a partir de información histórica, y no a través de la estimación de distribuciones de probabilidad y estimación de parámetros, entre los métodos más populares se encuentra la simulación MonteCarlo y la simulación histórica.

#### 2.2.3.1 Método de Simulación MonteCarlo

El método de simulación *MonteCarlo* es un modelo estadístico que simula el comportamiento de los factores de riesgo y activos subyacentes, a través de la generación aleatoria de los precios que proveen de valores posibles del portafolio dado una fecha  $T$  posterior a la fecha actual  $t$ , por lo que  $T > t$ .

El valor en riesgo del portafolio, se determina a partir de la distribución de precios simulados, siguiendo los siguientes pasos:

1. Especificar un proceso estocástico y parámetros para la generación de series financieras y correlaciones.
2. Simular las trayectorias de los precios hipotéticos de los activos, usando la distribución asumida.
3. Calcular el valor del portafolio al tiempo  $T$ , a partir de los precios simulados de los activos del portafolio, y calcular el valor en riesgo a partir del percentil  $(1-\alpha)$  de la distribución del valor del portafolio<sup>43</sup>.

La simulación Montecarlo es un método híbrido, que contiene características tanto de los modelos paramétricos, como no paramétricos, ya que simula los precios de los activos siguiendo un proceso estocástico, partiendo a su vez de la estimación de parámetros de una distribución.

---

<sup>43</sup> Para más detalles, véase Khindanova y Rachev (1999).

Es probablemente el método más poderoso para el cálculo del VaR, lo suficientemente flexible para considerar variaciones en la volatilidad, rendimientos esperados, colas pesadas, y escenarios extremos, así como eficiente con portafolios que contengan tanto instrumentos lineales como no lineales.

Su principal desventaja es la complejidad de su cálculo, ya que requiere de una enorme cantidad de simulaciones de precios, que se incrementan considerablemente conforme el tamaño del portafolio y su implementación tiene un costo considerablemente elevado, ya que requiere del desarrollo de sistemas y herramientas, tan solo para su cálculo del valor en riesgo.

### **2.2.3.2 Simulación Histórica**

Este enfoque no paramétrico, parte del supuesto que el comportamiento pasado de los precios de los activos del portafolio, seguirán su misma tendencia, y determinarán el valor futuro del portafolio (Khindanova y Rachev, 1999). Usando esta metodología, se obtiene la distribución completa de los rendimientos esperados, y no solo el valor del riesgo para un percentil determinado; sin embargo, el reto de desarrollar este modelo, es muchas veces la construcción de la base histórica y adecuada selección de la ventana de observación, para un pronóstico correcto de los cuantiles de la distribución empírica de los rendimientos del portafolio (Engle, Robert F., 1999).

Por otra parte, su cálculo es relativamente simple, una vez que se tienen recopilados los datos históricos de los factores de riesgo, y se ha depurado y ajustado en fechas y tipo de cambio, a los activos que conforman la base histórica del portafolio.

Una de sus principales ventajas, es que soluciona varios de los problemas que se presentan en modelos paramétricos, ya que no se hacen supuestos de normalidad, permite la inclusión de factores de riesgo no lineales en la composición del portafolio y considera los efectos en las colas pesadas de la distribución empírica del portafolio, siempre y cuando hayan existido eventos previos similares, en la historia de los factores de riesgo (Down, 1998).

Por lo anterior, es probable que la principal desventaja de la simulación histórica, sea el supuesto que el comportamiento pasado de los factores de riesgo, predice la tendencia del valor del portafolio en el futuro inmediato, ya que si la ventana de observación omite eventos relevantes, estos no aportarán información a la distribución de rendimientos; en contra parte, eventos extremos históricos, pudieron haber sido causados debido a situaciones extraordinarias, que no necesariamente se repetirán nuevamente, y sin embargo aportan información y probablemente sesgarán el cálculo del VaR (Jorion, 2001).

En México, el modelo de simulación histórica, es actualmente usado por las Afores para medir el valor en riesgo de los fondos de pensiones, de acuerdo a la regulación vigente definida por la CONSAR, por lo que el detalle del cómputo del VaR usando la simulación histórica, será explicada ampliamente en un apartado de esta tesis.

### **2.3. Regulación CONSAR para estimar el Valor en Riesgo en los fondos de pensiones en México.**

Las autoridades regulatorias en México, consideran que el valor en riesgo es una herramienta necesaria para la administración de riesgos de las Afores, la cual permite establecer controles integrales en la exposición de riesgos de los portafolios de inversión.

Con la finalidad de que esta herramienta pueda acomodar de manera automática, transparente, objetiva y oportuna, escenarios recientes de elevada volatilidad agregada en los mercados financieros, la CONSAR determino adaptar el nivel de confianza del VaR de acuerdo con la volatilidad del mercado; esto implica, que el nivel de confianza se reduce cuando la volatilidad en los mercados financieros se incrementa y viceversa, por lo que el número de escenarios que es permitido excedan el límite regulatorio del VaR aumentan, cuando la volatilidad del mercado se incrementa y viceversa.

Con lo anterior se busca eliminar el comportamiento pro-cíclico<sup>44</sup> que esta herramienta podría inducir sobre las Siefores y cuyos efectos serían exacerbar la volatilidad de los mercados, ya que permitirán que los fondos de pensiones preserven sus estrategias de inversión aún ante eventos de elevada volatilidad, fortaleciendo la certidumbre legal respecto a las posibilidades operativas que dichos fondos pueden ejercer bajo condiciones de estrés en los mercados<sup>45</sup>.

Es importante saber, que los límites actuales del VaR que se aplican a cada tipo de sociedad de inversión permanecen sin cambios.

<b>Límites por tipo de Siefore</b>					
	SB1	SB2	SB3	SB4	SB5
<b>Valor en Riesgo [VaR(1-alfa=95%,1 día)]</b>	0.7%	1.1%	1.4%	2.1%	2.1%

Cuadro 2.1. Límites por tipo de Siefore

Fuente: CONSAR

Para determinar cuándo se incrementa o se reduce la volatilidad del mercado, se definen portafolios de referencia o benchmarks, uno para cada tipo de Siefore, los cuales son exógenos a las estrategias de las Siefores, pero consideran las posibilidades de inversión autorizadas a través del régimen de inversión para cada caso. La sensibilidad de estas carteras permite detectar los cambios en la volatilidad del mercado, y así identificar cuándo la volatilidad del mercado se incrementa de forma considerable y cuándo regresa a niveles de normalidad.

Cuando la volatilidad del mercado se incrementa, también se incrementan tanto el VaR de los Benchmarks, como el número de escenarios de los benchmarks que exceden el límite regulatorio del VaR<sup>46</sup>. De esta forma, el número de escenarios de

<sup>44</sup> Esto quiere decir que cuando el VaR aumenta, como consecuencia de un incremento en la volatilidad generalizada en los mercados, dicha medida de control de riesgos excederá los límites que establece la normatividad, por lo que la capacidad de toma de decisiones de inversión de las Afores se reduce, probablemente forzándolas a realizar compras-ventas en momentos en los que los mercados no operan bajo condiciones normales, presionando aún más la liquidez y los precios de los activos, lo cual genera una segunda ronda de efectos sobre las valuaciones de los activos y los propios parámetros de riesgo, que podría exacerbar la volatilidad.

<sup>45</sup> Adecuaciones a las Reglas de Inversión de las Siefores, [www.consar.com.mx](http://www.consar.com.mx)

<sup>46</sup> De acuerdo a las Disposiciones del Régimen de Inversión para Sociedades, Anexo K; el número de escenarios correspondiente al VaR para cada tipo de Siefore, no podrá ser menor a 26.

los benchmarks que exceden el VaR sirve como señal para conocer cuando se debe efectuar un ajuste por volatilidad en el nivel de confianza del VaR.

### **2.3.1. Metodología para calcular el VaR usando simulación histórica, en los fondos de pensiones en México.**

De acuerdo a las disposiciones del régimen de Inversión al que deben sujetarse las sociedades de inversión especializadas de fondos para el retiro, Anexo K, se define la metodología para el cálculo del VaR a un día usando datos históricos, con base en la información que le proporcione el proveedor de precios correspondiente y las disposiciones de los diferentes activos objeto de inversión que conformen el portafolio de la Siefore.

Se calculará el VaR bajo un horizonte de 1000 días hábiles anteriores a la fecha de valuación (día  $h$ ), y a partir de esta muestra, obtener una estimación de la distribución de precios, donde cada precio de los activos deberá ser valuado bajo formulas certificadas por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV), que involucre  $n$ -factores de riesgo  $F_1, F_2, F_3, \dots, F_n$  como tasa de interés, inflación, tipo de cambio, etc.

El precio del activo permitido  $j$  en el día  $h$  estará en función de dichos factores de riesgo.

$$P_f^h = f(F_1^h, F_2^h, F_3^h, \dots, F_n^h, )$$

A partir de la distribución de precios de cada activo, se tendrá que construir una matriz de precios y ser enviada tanto a la sociedad de inversión como a la CNBV, y para esto se deberá seguir una serie de pasos.

1. Estimar las variaciones porcentuales diarios de los distintos factores de riesgo que influyen en la valuación de los precios de los instrumentos a lo largo de los 1000 días del horizonte de tiempo.

- Multiplicar las variaciones porcentuales de un factor de riesgo por el valor del factor de riesgo al día  $h$ , obteniendo una muestra de 1000 observaciones del valor del factor de riesgo.

Factor de Riesgo	Variación	Observación Generada
		$F_1^h$
$F_1^{h-1} \frac{F_1^h}{F_1^{h-1}} \frac{F_1^h}{F_1^{h-1}} X F_1^h$		
		$F_1^{h-2} \frac{F_1^{h-1}}{F_1^{h-2}} \frac{F_1^{h-1}}{F_1^{h-2}} X F_1^h$
:	:	:
		$F_1^{h-999} \frac{F_1^{h-998}}{F_1^{h-999}} \frac{F_1^{h-998}}{F_1^{h-999}} X F_1^h$
		$F_1^{h-1000} \frac{F_1^{h-999}}{F_1^{h-1000}} \frac{F_1^{h-999}}{F_1^{h-1000}} X F_1^h$

- A partir de las muestra de observaciones de riesgo, se obtienen los precios de los activos permitidos mediante su respectiva forma de valuación.
- Con estos precios se construye la matriz de diferencias de precios de  $1000 \times n$ , donde  $n$  es el número de instrumentos que componen el portafolio. El elemento  $(i,j)$  de la matriz será el siguiente:

$$CP_j^i = P_j^i - P_j^h \quad \text{para } i = 1,2, \dots, 1000 \text{ y } j = 1,2, \dots, n$$

donde:

$P_j^i$  = Precio del activo  $j$ , al día  $i$

$P_j^h$  = Precio del activo  $j$  al día  $h$  (día de la valuación).

$CP_j^i$  = Diferencia entre el precio del activo  $j$  al día  $i$  y el precio del mismo instrumento al día  $h$ .

- La sociedad de inversión multiplicara la matriz de diferencias de precios por el número de títulos ó contratos, según sea el caso, que integran la cartera ó

portafolio de inversión. De esta manera se obtiene un vector de posibles cambios de valor en el monto de dicha cartera.

$$\begin{pmatrix} CP_1^1 & CP_2^1 & \dots & CP_n^1 \\ CP_1^2 & CP_2^2 & \dots & CP_n^2 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ CP_1^{1000} & CP_2^{1000} & \dots & CP_n^{1000} \end{pmatrix} X \begin{pmatrix} NT_1^h \\ NT_2^h \\ \vdots \\ NT_n^h \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} PMV_1^h \\ PMV_2^h \\ \vdots \\ PMV_n^h \end{pmatrix}$$

donde:

$NT_j^h$  = Número de títulos contratados del activo  $j$  en el día  $h$ .

$PMV_j^h$  = Monto de la cartera en el día  $i$ , para la cartera del día  $h$ .

Este último vector se decidirá entre el valor de mercado de la cartera de activos netos  $VP_h$  al día  $h$ , obteniendo los rendimientos  $R_i^h$  con respecto al portafolio actual.

$$\frac{1}{VP_h} X \begin{pmatrix} PMV_1^h \\ PMV_2^h \\ \vdots \\ PMV_n^h \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_1^h \\ R_2^h \\ \vdots \\ R_n^h \end{pmatrix}$$

Los rendimientos obtenidos se ordenarán de menor a mayor, obteniendo una estimación de distribución de rendimientos y a partir de ella calcular el VaR de acuerdo al nivel de confianza que opere el fondo de inversión.

Para determinar el número de escenarios permitidos y por consiguiente el nivel de confianza para cada tipo de Siefore, se realiza la comparación con el portafolio de referencia, como ya fue detallado y el incremento de escenarios se aplicará con base a las siguientes condiciones:

$X_t$  = Número de escenarios donde el benchmark excede el límite regulatorio del VaR.

$X_t^{30}$  = Considerando los 30 escenarios más recientes que se generan con el benchmark en la fecha  $t$ , es el número de escenarios que exceden el límite regulatorio del VaR.

$X_t^{60}$  = Considerando los 60 escenarios más recientes que se generan con el benchmark en la fecha  $t$ , es el número de escenarios que exceden el límite regulatorio del VaR.

$E_t$  = El número de escenario correspondiente al VaR para cada una de las Siefores en la fecha  $t$ , esta variable no puede ser menor a 26.

$H_t$  = Variable holgura que define a la diferencia entre el número de escenario correspondiente al VaR y el número de escenario del benchmark que excede el límite permitido del VaR. Es decir,  $H_t = E_t - X_t$

Por lo que, la fórmula para calcular el número de escenarios permitidos es:

$$E_1 = 26$$

$$H_t = E_t - X_t$$

$$E_{t+1} = \begin{cases} E_t + 5, & \text{Si } H_t < 3 \text{ o bien si } H_t < 5 \text{ y } X_t^{30} > 5 \\ E_t - 5, & \text{Si } E_t > 26 \text{ y } H_t > 15 \text{ y } X_t^{60} < 5 \\ E_t, & \text{en otro caso} \end{cases}$$

#### 2.4. Críticas al Valor en Riesgo.

En resumen, el valor en riesgo (independientemente de la metodología usada) busca estimar la máxima pérdida esperada, durante un horizonte de tiempo y dado un nivel de confianza, expresar el resultado en términos monetarios, y simplificar de forma importante la medición y la comprensión del riesgo al que están expuestos los diversos participantes del sector financiero. Sin embargo, diversos estudios que comparan las metodologías del valor en riesgo tradicionales, revelan que el cálculo del VaR usando distintas aproximaciones para un mismo portafolio, difiere de forma significativa debido a la alta dependencia que la herramienta tiene de la estimación de parámetros, de los selección de los supuestos y de la selección de la información (Styblo T., 1995).

Las discrepancias en la estimación del VaR usando metodologías diferentes, toman gran importancia cuando se busca cumplir con los acuerdos y regulaciones de Basilea II, específicamente al cuantificar las reservas de capital de bancos e

instituciones financieras, ya que estas son un múltiplo del VaR y por consecuencia tendrá una alta variación cuando se calculen dichas reservas, bajo diferentes supuestos y metodologías del valor en riesgo.

Por lo anterior, puede ser engañoso comparar el VaR entre distintas instituciones cuando los números reportados se obtienen usando diferentes metodologías; sin embargo, la simplicidad del concepto del valor en riesgo resulta extremadamente útil para la administración del riesgo interna de las instituciones financieras (De Raaji, Rauning, 1998), ya que mientras se utilice una sola metodología, sus resultados son comparables para el análisis y la toma de decisiones.

La imperante necesidad de contar con una herramienta confiable y precisa que ayude a la administración del riesgo de mercado, ha motivado la investigación y el desarrollo de diferentes metodologías; sin embargo, los métodos más populares entre el sector financiero, no proveen una evaluación satisfactoria del valor en riesgo, no solo por las deficiencias en los supuestos matemáticos y financieros así como por problemas inherentes a la metodología, sino principalmente, por no ser considerada una medida de riesgo *coherente*, debido al incumplimiento del axioma de subaditividad, que al igual que otros más, son indispensables para poder ser considerada como una herramienta confiable para la estimación del riesgo (Artzner et al., 1999).

## Capítulo 3: Valor en Riesgo Condicional y Evidencia Empírica

### 3.1 Valor en Riesgo Condicional

El VaR es una popular medida de riesgo que ha ganado un gran prestigio entre la industria regulatoria como consecuencia de sus propiedades teóricas y fácil implementación; sin embargo, su inestabilidad y dificultad para trabajar numéricamente cuando las pérdidas no se distribuyen de manera normal, debido al fenómeno de colas pesadas ó discontinuidades en la distribución de probabilidad, la convierten en un herramienta poco favorable al momento de evaluar el riesgo de un portafolio ó activo financiero (Uryasev y Rockafellar, 2002).

En la administración de riesgos financieros existe una extensa literatura que demuestra que las medidas VaR convencionales o de primera generación, no satisfacen la condición de subaditividad de una medida de riesgo, por lo que estimar la pérdida de un portafolio ó activo financiero a través del VaR, resulta ser ineficiente para capturar los efectos de la diversificación que reducen el riesgo del portafolio, y por consecuencia no puede ser considerada como una medida de riesgo coherente en el sentido de Artzner **et al.** (1997, 1999) quienes introdujeron una definición axiomática de medida de riesgo coherente en un espacio de probabilidad finito, que más tarde fue generalizada para espacios de probabilidad por Delbaen (1998).

Sea  $\rho: V \rightarrow \mathbf{R}$  una regla de correspondencia que mapea las variables aleatorias a los números reales sobre un espacio de probabilidad; es decir, una medida de riesgo, donde el espacio de variables aleatorias representa las pérdidas y ganancias del portafolio sobre un horizonte de tiempo dado. Formalmente, se define una medida de riesgo coherente de la siguiente forma.

Sea  $V$  un conjunto de variables aleatorias  $F$  – **medibles** sobre un espacio de probabilidad finito  $(\Omega, F, P)$ , tal que  $E[X] < \infty$  para toda  $X \in V$ . Entonces  $\rho: V \rightarrow \mathbf{R}$  es una medida de riesgo coherente en el sentido de Artzner **et al.** (1997, 1999), si satisface los siguientes axiomas para cada factor de riesgo  $X$  correlacionado o no correlacionado y para cada número  $\lambda > 0$  :

- 1) *Axioma de Traslación de Invarianza ó condición libre de riesgo*: Para todo  $X \in V$  y todo número real  $\alpha$ , tenemos que  $\rho(X_1 + \alpha) = \rho(X_1) - \alpha$

Este axioma establece que cuando se agrega un activo financiero libre de riesgo a la posición inicial del portafolio, el riesgo del portafolio tiene que disminuir en igual cantidad.

- 2) *Axioma de subaditividad de una medida de riesgo*: Para todo  $X_1, X_2 \in V$ , tenemos que  $\rho(X_1 + X_2) \leq \rho(X_1) + \rho(X_2)$ .

La propiedad anterior afirma que la combinación de dos ó más activos no debe generar un incremento en el riesgo de mercado del portafolio, lo que de acuerdo al contexto de la teoría moderna del portafolio, esto significa que un inversionista siempre busca disponer de una medida de riesgo sensible a los efectos de la diversificación, esto es, una medida que identifique la disminución del riesgo de mercado, cuando se toman posiciones financieras en diferentes mercados (Frittelli y Rosaza, 2002).

Para efectos de la determinación de requerimientos de capital, el axioma de subaditividad cobra una vital importancia, ya una institución financiera grande regulada por una medida de riesgo que no cumple con este axioma, puede en determinado momento dividirse en dos ó más entidades más pequeñas y así reducir sus requerimientos de capital ante la autoridad financiera.

- 3) *Axioma de Homogeneidad Positiva*: Para todo  $\lambda \geq 0$ ,  $X \in V$  y  $\lambda X \in V$  tenemos que  $\rho(\lambda X) = \lambda\rho(X)$ .

Este axioma indica que el tamaño de la posición afecta directamente al riesgo de mercado, ya que el tiempo que se requiere para liquidar la posición está determinado por el tamaño de la misma. Es importante considerar que este axioma solo es válido para mercados altamente líquidos.

- 4) *Axioma de Monotonidad No Creciente*: Para todo  $X_1, X_2 \in V$  con  $X_1 \leq X_2$  tenemos que  $\rho(X_1) \geq \rho(X_2)$ .

Este axioma establece que una medida de riesgo debe conservar la relación de dominancia estocástica de segundo orden<sup>47</sup>; es decir, la posición financiera tomada de un

---

<sup>47</sup> Para un análisis detallado de las relaciones de dominancia estocástica, véase Kijima y Ohnishi (1996).

mercado menos líquido, debe presentar mayor riesgo al de una posición financiera de un mercado con mayor liquidez.

Los axiomas de subaditividad y homogeneidad positiva conjuntamente implican que una medida de riesgo coherente es consecuentemente una función convexa; es decir,

$$\rho(\lambda X_1 + (1 - \lambda)X_2) = \lambda\rho(X_1) + (1 - \lambda)\rho(X_2) \quad \forall X_1, X_2 \in V; \forall \lambda \in (0,1)$$

Por lo anterior, una medida de riesgo convexa permite optimizar el riesgo de un conjunto de inversiones<sup>48</sup>. Asimismo, existe literatura que demuestra que toda medida de riesgo coherente puede ser representada como una combinación convexa de medidas de riesgo coherentes para diferentes niveles de confianza<sup>49</sup>.

Al ser el VaR el monto mínimo de los rendimientos de la distribución de pérdidas dado un nivel de confianza, se tiene un sesgo hacia el optimismo, al suponer que la máxima pérdida esperada no será mayor a la mínima pérdida identificada para dicho nivel de confianza y no al conservadurismo que debería prevalecer en la administración de riesgos (Uryasev y Rockafellar, 2002) y más aun en la administración de riesgos en los fondos de pensiones; sin embargo, es la ausencia de subaditividad lo que principalmente ha empujado al desarrollo de nuevas herramientas alternativas, con propiedades más sólidas y de gran utilidad para la administración de riesgos financieros.

La medida de exceso esperado (expected shortfall, ES) es una medida de riesgo coherente introducida por primera vez por Artzner **et al.** (1997, 1999), basada en el valor esperado de las pérdidas que exceden el nivel del VaR. Dicha medida ha sido estudiada en forma independiente y definida de diferentes formas por varios autores en los últimos años, los principales nombres o variantes que ha adoptado esta medida de riesgo son los siguientes:

- Esperanza condicional de la cola (Tail Conditional Expectation - TCE).
- Esperanza condicional del peor escenario (Worst Conditional Expectation - WCE).
- Media de la cola (Tail Mean - TM).
- Valor en riesgo condicional (Conditional Value at Risk - CVaR)<sup>50</sup>.

---

<sup>48</sup> El concepto de medida de riesgo convexa sobre un conjunto finito fue introducido por Heath (2000)

<sup>49</sup> Para más detalles que demuestren que una nueva medida de riesgo se puede obtener de la combinación convexa de medidas de riesgo coherentes véase Inui y Kijima (2005).

<sup>50</sup> Para más detalles sobre medidas de riesgo alternativas consistentes con el concepto de exceso esperado, véase Acerbi **et al.** (2001), Acerbi y Tasche (2002) y Rockafellar y Uryasev (2002).

En distribuciones de pérdidas y ganancias continuas, la medida de exceso esperado<sup>51</sup> comparte propiedades similares con respecto a la mayoría de las medidas de riesgo anteriores e incluso proporcionan los mismos resultados cuando se aplican bajo condiciones similares; sin embargo, las discrepancias comienzan a surgir cuando la distribución de pérdidas y ganancias presenta discontinuidades, al grado de perder la propiedad de medida de riesgo coherente si no se tiene cuidado con los detalles en su definición.

Para fines de esta tesis, nos centraremos en el concepto de valor en riesgo condicional, que coincide con la medida de exceso esperado para el caso de funciones de distribuciones continuas; además, el CVaR es una medida de riesgo coherente ya que cumple con todas las propiedades deseables en una medida de riesgo, incluyendo la propiedad de convexidad como se ilustra en la Figura 3.1, y que por consecuencia permite la optimización de portafolios de inversión, aplicando programación lineal y algoritmos de optimización no lineales; una característica importante que permite el manejo de portafolios con un gran número de instrumentos financieros y bajo diversos tipos de escenarios (Rockafellar y Uryasev, 2000).

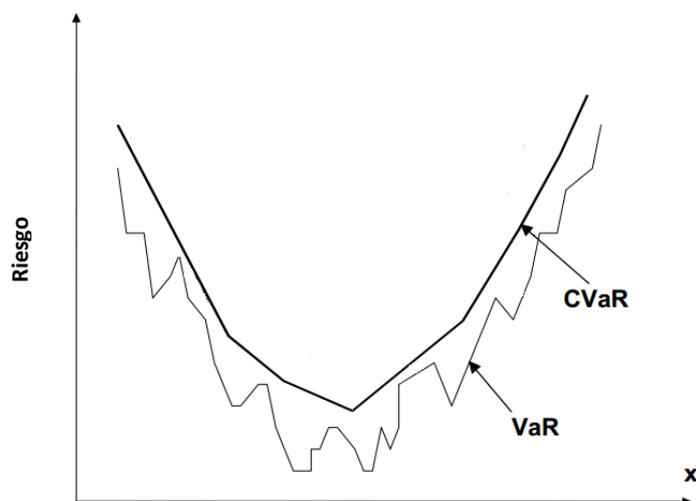


Figura 3.1. CVaR, Medida de Riesgo Convexa.  
Fuente: Rockafellar, Uryasev (2000).

El valor en riesgo condicional estima las pérdidas esperadas de la cola de la distribución de rendimientos, considerando tanto la frecuencia como el tamaño de los eventos extremos como se ilustra en la Figura 3.2.

<sup>51</sup> En el contexto financiero, el supremo de las pérdidas esperadas de un portafolio de inversión sobre un conjunto de medidas de probabilidad es otra forma de medir el exceso esperado (Acerbi y Tasche, 2002).

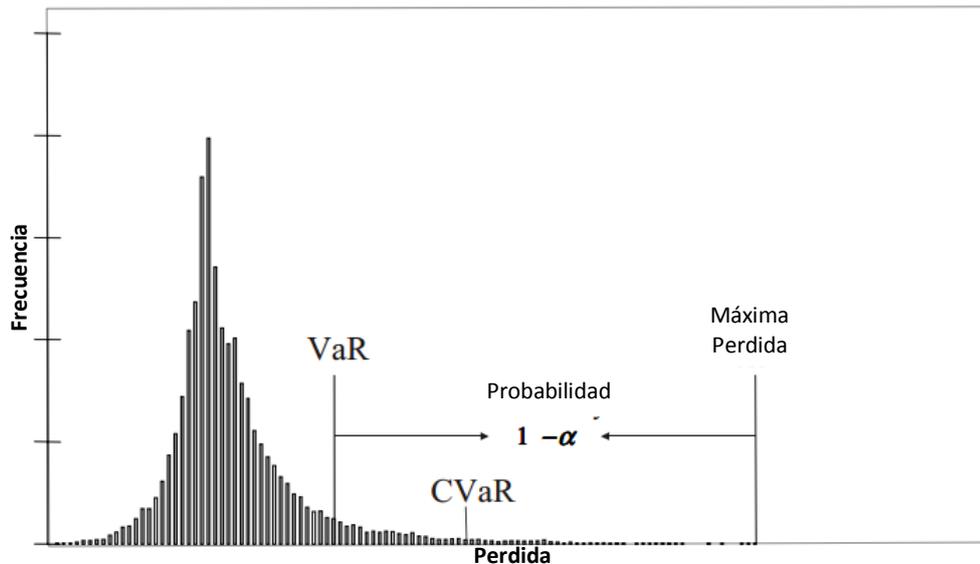


Figura 3.2. Distribución de Pérdidas del Portafolio con Valor en Riesgo y Valor en Riesgo Condicional.  
Fuente: Rockafellar, Uryasev (2000).

Formalmente, la medida CVaR basada en una distribución continua de los cambios en el valor del portafolio se puede definir formalmente como la esperanza condicional de las pérdidas que han excedido el nivel del; es decir,

$$CVaR_c(X) = -E[X|X \leq VaR_c(X)]$$

Para el caso de distribuciones continuas, el CVaR es considerablemente mejor al VaR, debido a su estabilidad con respecto a la elección del nivel de confianza (Rockafellar y Uryasev, 2000); sin embargo, para distribuciones discretas se requiere una definición mucho más sutil con el fin de que cumpla con las propiedades necesarias para ser considerada una medida de riesgo coherente<sup>52</sup>.

De manera similar al VaR, la estimación del CVaR depende de la selección de un modelo ó metodología, de la definición de supuestos del modelo y de la disponibilidad de la información. Para fines de esta tesis, se profundiza en el cálculo del valor en riesgo condicional tanto del modelo de simulación histórica, como del modelo de varianzas-covarianzas.

<sup>52</sup> Para más detalles relacionados al estudio de problemas de distribuciones discretas de pérdidas en el contexto de la medición del CVaR, véase Wirch y Hardy (1999), Acerbi y Tasche (2002) y Rockafellar y Uryasev (2002).

Usando el modelo de simulación histórica, el valor en riesgo condicional se calcula de la siguiente forma:

$$CVaR_c(X) = \frac{1}{(1-c)T} \sum_{t=1}^{(1-c)T} R_t$$

donde  $T$  es total de observaciones que exceden el VaR y donde todas las observaciones tienen los mismos pesos.

Por otra parte, bajo el supuesto de que la distribución de pérdidas y ganancias sigue una distribución normal, el valor en riesgo condicional siguiendo el modelo delta – normal se puede expresar de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} CVaR_c(X) &= -\frac{\int_{-\infty}^{VaR_c(X)} xf(x)dx}{\int_{-\infty}^{VaR_c(X)} f(x)dx} \\ &= -\frac{\int_{-\infty}^{VaR_c(X)} \frac{x}{\sigma_X \sqrt{2\pi}} e\left(-\frac{x^2}{2\sigma_X^2}\right) dx}{F_X(x)} \\ &= \frac{1}{c\sigma_X \sqrt{2\pi}} \left[ e\left(-\frac{x^2}{2\sigma_X^2}\right) \sigma_X^2 \right]_{-\infty}^{VaR_c(X)} \\ &= \frac{1}{c\sqrt{2\pi}} e\left(-\frac{q_c^2}{2}\right) \sigma_X, \end{aligned}$$

donde  $q_c$  representa el  $c$  - percentil de la distribución normal estándar<sup>53</sup>. Por lo tanto, el CVaR bajo la hipótesis de normalidad se calcula multiplicando por un escalar al valor de la desviación estándar. Por ejemplo:

<b>c - percentil</b>	<b><math>q_c</math></b>
95	2.062
97.5	2.338
99	2.667

Cuadro 3.1. Percentiles Dist. Normal-Estandar

<sup>53</sup> Para mayor detalle del cálculo del CVaR en distribución de pérdidas elípticas, véase De Jesús (2008).

Aunque el CVaR no es aun considerado una medida estándar en la industria financiera, gradualmente ha ido ganando atención y confianza de los administradores de riesgos para su uso como una medida alternativa en la cuantificación del riesgo financiero; así como también ha merecido un alto reconocimiento por parte de las autoridades reguladoras para poder determinar requerimientos de capital óptimos adicionales que garanticen la solvencia de las instituciones financieras en periodos de turbulencias financieras.

Lo anterior se debe a que la medida CVaR cuenta con mejores propiedades teóricas sustentadas por un modelo matemático más sólido, en comparación con los fundamentos de la metodología VaR; sin embargo, Yamai y Yoshihara (2002a) aseguran que desde el punto de vista práctico, la medida CVaR y otras medidas de riesgo relacionadas pueden ser difíciles de implementar, ya que requieren una mayor cantidad de datos para llevar a cabo el Backtesting de su validación del modelo.

De manera similar, la creciente necesidad de introducir variables aleatorias con distribuciones discontinuas en el sector financiero es otra de las desventajas que presentan las medidas de riesgo coherentes. Acerbi y Tasche (2002) han demostrado que tomar simplemente la esperanza condicional de las pérdidas que exceden el nivel del VaR cuando se presentan discontinuidades en la distribución de pérdidas y ganancias del portafolio, conlleva al incumplimiento de las propiedades deseables para ser considerada una medida de riesgo coherente (De Jesús 2008); sin embargo, más allá de las deficiencias que bajo ciertos escenarios presenta el CVaR, es esta una medida de riesgo notablemente más robusta y conservadora, en comparación con las medidas convencionales VaR ó de primera generación, las cuales son hoy en día ampliamente aceptadas tanto por el sector financiero como por las instituciones reguladoras.

Por otra parte, las autoridades regulatorias claramente reconocen, que para asegurar una adecuada estabilidad financiera, es indispensable la precisión en la medición y gestión del riesgo financiero (De Raaij y Rauning, 1998); más aun, las instituciones que regulan los fondos de pensiones, constantemente buscan mejorar y desarrollar herramientas más robustas que ayuden a mitigar las pérdidas extraordinarias a las que están expuestos los fondos de pensiones.

De acuerdo con las propuestas del Comité de Basilea, en la mayoría de los bancos se tiene la opción de implementar los modelos VaR, más allá de contar con la aprobación de las

autoridades regulatorias, con el fin de determinar los requerimientos de capital derivados del riesgo de mercado (De Raaji y Rauning, 1998).

Particularmente en México, es la CONSAR quien regula a las administradoras de fondos para el retiro (AFORES) y quien indica el uso del VaR para mitigar el riesgo financiero al que se encuentran expuestos los fondos de pensiones de los trabajadores. La CONSAR al igual que otras muchas autoridades, deciden el uso del VaR debido principalmente a la aprobación y respaldo que reguladores internacionales han dado a esta metodología y a la relativa simplicidad de su cálculo e interpretación.

Sin embargo, es debido principalmente a la falta de coherencia en el VaR, a su extrema dependencia en la selección de la metodología, parámetros y supuestos al momento de su cálculo, así como de otras deficiencias mencionadas durante este capítulo, que para regular a las AFORES se propone en esta tesis, el uso de CVaR como medida para la administración de riesgos en los fondos de pensiones en México, debido a que cuenta con un mayor sustento matemático y es notablemente más conservadora, lo cumple no solo con el enfoque prudencial que persigue la CONSAR<sup>54</sup>, sino que conlleva a una mejor administración de riesgos en los fondos de pensiones y da mayor certidumbre sobre el manejo del dinero de los trabajadores para su retiro.

### **3.2 Evidencia Empírica**

Para sustentar esta propuesta, se calculó el VaR y CVaR haciendo uso de la metodología de simulación histórica y del modelo delta-normal, previamente detallados en capítulos anteriores, para un mismo portafolio equitativamente ponderado compuesto por los índices más representativos de México, Estados Unidos y Canadá.

Se asume que las AFORES mantienen la inversión en el portafolio durante el tiempo requerido por el modelo para el cálculo de las pérdidas de los activos financieros; por lo que, los cambios en el valor de los índices del portafolio se deben únicamente al desempeño de los mercados y al efecto en las tasas de cambio.

La razón de seleccionar un portafolio de activos con estructuras lineales, se debe a que la intención de esta tesis es comparar al VaR con respecto al CVaR y comprobar que es el valor en riesgo condicional una medida de riesgo más robusta y confiable para la estimación

---

<sup>54</sup> Para detalles sobre los principios y características de la CONSAR, consulte <http://www.consar.gob.mx>

del riesgo en los fondos de pensiones en México; por lo anterior, no es deseable complicar este ejercicio debido a dificultades relacionadas con la valuación de los activos financieros del portafolio.

De acuerdo a la teoría económica, López Herrera **et al.** (2012) comenta que la integración de los mercados financieros tiene implicaciones para la valuación de los activos y la inversión internacional de las carteras. La información contenida en los precios de los activos negociados en un grupo de mercados integrados, es de gran importancia para todos éstos, ya que proporciona detalles sobre los precios y nivel de riesgo al que se encuentran expuestos. A partir de la introducción de mejoras tecnológicas en los sistemas de negociación, se supone existe una mayor integración entre los mercados de México y Estados Unidos, proceso iniciado formalmente con la entrada del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) a principios de 1994.

Diversos estudios han demostrado que existe una relación entre los mercados accionarios de México, Estados Unidos y Canadá, donde la evidencia demuestra que existe una influencia de la dinámica de la volatilidad del mercado de acciones de Estados Unidos sobre el mercado mexicano<sup>55</sup>, lo que impacta directamente al análisis de riesgo de las AFORES y a la composición de su cartera (López Herrera, 2011); por lo anterior, se supone en esta tesis un portafolio compuesto de una inversión de 3 millones de pesos distribuidos equitativamente entre los índices del IPC para México, S&P500 para Estados Unidos, y S&P TSX para Canadá<sup>56</sup>. Se tomo una ventana de información histórica con los niveles diarios para el periodo de 1 de Enero del 2002 al 30 de Septiembre del 2013, considerando únicamente días hábiles del calendario y el tipo de cambio diario tanto para el dólar de Estados Unidos como para el de Canadá<sup>57</sup>.

---

<sup>55</sup> Para una revisión detalla de los estudios relacionados a la integración de los mercados accionarios de México con Estados Unidos y Canadá, veasé Atteberry y Swanson (1997), Galindo y Guerrero (1999), Ewing, Payne y Sowell (1999), Darrat y Zhong (2005), Aggarwal y Kyaw (2005), Ciner (2006), López-Herrera y Ortiz (2007) y López-Herrera, Ortiz y Cabello (2007).

<sup>56</sup> La información histórica de los índices se obtuvo de <http://www.yahoo.com.mx/finanzas>.

<sup>57</sup> La información histórica de los tipos de cambio diarios se obtuvo de la página de <http://www.banxico.org.mx> para el dólar estadounidense, y <http://cad.es.fxexchangerate.com/> para el dólar canadiense.

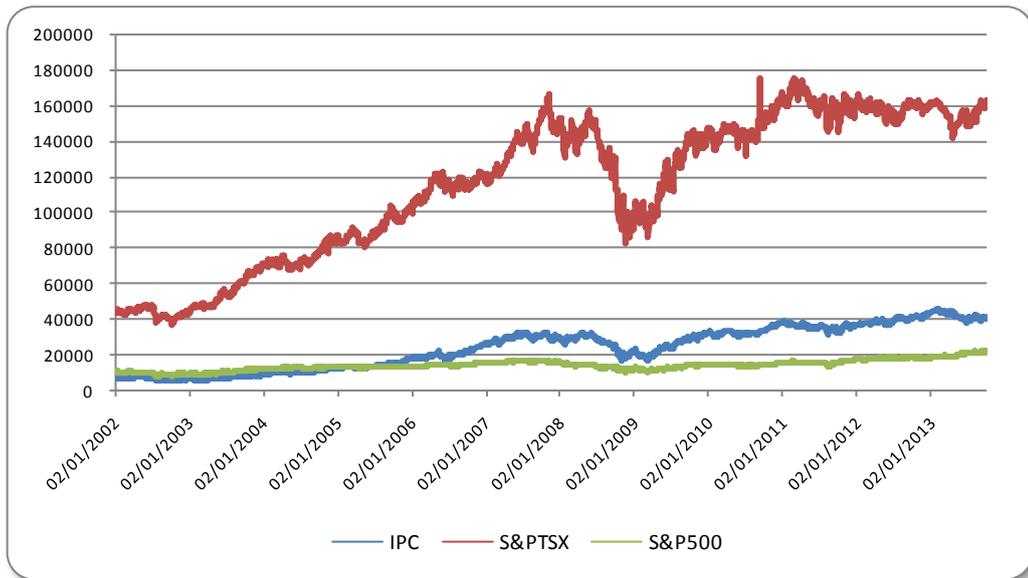


Figura 3.3. Niveles diarios del 1/01/02 al 30/09/13  
Fuente: Elaboración propia con datos de Yahoo/Finanzas

Para la estandarización de la base de datos histórica y la estimación de los valores faltantes para cada factor de riesgo, se desarrollo una Macro en Microsoft Excel 2007 que sigue secuencialmente los siguientes pasos:

- 1) Se crea una serie histórica de días laborales (lunes a viernes) entre las dos fechas definidas (01/01/02 – 30/09/13).
- 2) Se busca en la base original de cada factor de riesgo, el valor correspondiente a cada uno de los días.
- 3) En caso de que en dos días consecutivos un mismo factor de riesgo tenga el mismo nivel, se conserva el valor de la fecha más antigua y se borra el del día siguiente; esto debido, a que un mismo factor de riesgo no puede conservar exactamente el mismo valor continuamente debido a los movimientos en el mercado. Frecuentemente las bases de datos en la web, reportan durante los días inhábiles el valor más reciente que dicho factor de riesgo haya tenido.
- 4) Finalmente para cada día con información faltante, y para cada factor de riesgo, se uso una estimación logarítmica donde t representa el día faltante:

$$P_t = P_{t-1} \times \left( \frac{\sum_{i=1}^{i=5} P_{t-i}}{5} + 1 \right)$$

Una vez construida la base de datos de los factores de riesgo, haciendo uso de los métodos de simulación histórica y delta-normal, se calculó el VaR y el CVaR diario del 1 de Julio del 2013 al 30 de Septiembre del 2013 para los siguientes niveles de confianza.

Histórico / Delta -Normal
95%
97.5%
99%
99.9%

Cuadro 3.2. Niveles de Confianza

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del VaR y CVaR usando la metodología de simulación histórica, se construyo la distribución empírica de los rendimientos del portafolio esperados, usando una ventana de observación de 2999 días hábiles anteriores a cada fecha de valuación de riesgo. Debido a que este modelo no discrimina entre el peso de la información histórica, todos los escenarios tienen la misma probabilidad de ocurrencia.

Sea:

$F_t^j$  = Valor del Factor de Riesgo  $j = 1, \dots, 5$  (IPC, S&P500, S&P TSX, USD y CAD al día  $i$ ,  
 $n = 2998$

- 1) Siendo  $t$  el día de la fecha de valuación, se ordenó la matriz por fecha de manera descendente y se construyó la matriz de (2998 X 5) de rendimientos de los factores de riesgo a partir de la observación  $F_{t-1}^j$  y hasta la última observación  $F_{t-n}^j$

$$\begin{bmatrix} \ln|F_{t-1}^1/F_{t-2}^1| & \dots & \ln|F_{t-n+1}^5/F_{t-n}^5| \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \ln|F_{t-n+1}^1/F_{t-n}^1| & \dots & \ln|F_{t-n+1}^5/F_{t-n}^5| \end{bmatrix}$$

- 2) Sea  $RF_t^j$  cada valor al tiempo  $i$  de la matriz de (2999 X 5) de rendimientos, se obtiene la matriz de los factores de riesgo estimados.

$$\begin{bmatrix} F_t^1 e^{RF_t^1} & \dots & F_t^5 e^{RF_t^5} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ F_t^1 e^{RF_n^1} & \dots & F_t^5 e^{RF_n^5} \end{bmatrix}$$

- 3) A partir de la matriz anterior, se calcula una nueva matriz de (2998 X 5) con los rendimientos de precios estimados.

$$\begin{bmatrix} \ln|E_{t-1}^1/E_{t-2}^1| & \dots & \ln|E_{t-n+1}^5/E_{t-n}^5| \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \ln|E_{t-n+1}^1/E_{t-n}^1| & \dots & \ln|E_{t-n+1}^5/E_{t-n}^5| \end{bmatrix}$$

- 4) Se multiplica la matriz de rendimientos de precios estimados del paso anterior, por la cantidad invertida en cada factor de riesgo  $I_j$ , para obtener así el vector de pérdidas al día de evaluación  $t$ .

$$\begin{bmatrix} RE_i^1 & \dots & RE_i^5 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ RE_n^1 & \dots & RE_n^5 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} I_1 \\ \vdots \\ I_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} PE_1 \\ \vdots \\ PE_n \end{bmatrix}$$

- 5) Se ordenó el vector de pérdidas del paso anterior de forma descendente y se calculó el VaR y CVaR para cada percentil requerido.

Para cada nivel de confianza, el escenario requerido para el cálculo del VaR y CVaR se resume en la siguiente tabla:

IC	Escenario
95%	149.9
97.5%	74.95
99%	29.98
99.9%	2.998

Cuadro 3.3. Niveles de Confianza y No. Escenario

Fuente: Elaboración propia

Para cada caso, donde el valor del escenario es un valor decimal, este no representa un valor en específico del vector de pérdidas, por lo que se obtuvo el VaR interpolando con los valores correspondientes. Para el CVaR se calculó el promedio de las pérdidas estimadas

encontradas por encima del escenario antes calculado, de acuerdo a la metodología explicada en el capítulo anterior<sup>58</sup>.

Por otra parte, para el cálculo del VaR y CVaR usando el modelo delta-normal, se calcularon las deltas del portafolio usando una ventana de observación de 2999 días y promedios móviles igualmente ponderados.

Sea:

$F_t^j$  = Valor del Factor de Riesgo  $j = 1, \dots, 5$  (IPC, S&P500, S&P TSX, USD y CAD al día  $i$ ,  
 $n = 2998$

donde la matriz de rendimientos del portafolio de tamaño (2998 X 5) se obtiene de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} \ln|F_{t-1}^1/F_{t-2}^1| & \dots & \ln|F_{t-n+1}^5/F_{t-n}^5| \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \ln|F_{t-n+1}^1/F_{t-n}^1| & \dots & \ln|F_{t-n+1}^5/F_{t-n}^5| \end{bmatrix}$$

A partir de la matriz anterior, se obtuvo la matriz de varianza-covarianza (5 x 5) y con esta la desviación estándar para el cálculo del VaR y CVaR<sup>59</sup> usando la metodología explicada en capítulos anteriores, es decir:

$$VaR = -Z_{1-\alpha} \sqrt{d^T \Sigma d}$$

$$CVaR = -\varphi_{1-\alpha} \sqrt{d^T \Sigma d}$$

donde:

$\Sigma$  = Matriz de varianza – covarianza de los rendimientos de los factores de riesgo,

$d$  = El vector (5X1) con la inversión de cada factor de riesgo,

$Z_{1-\alpha}$  = Percentil  $1-\alpha$  de la distribución normal estándar

$\varphi_{1-\alpha}$  = Escalar estimado para el cálculo del CVaR.

<sup>58</sup> Para el cálculo diario del VaR y CVaR dentro del periodo requerido, se programo un código macro en Microsoft Excel 2007 que automatiza los pasos 1 al 6.

<sup>59</sup> Para el cálculo diario del VaR y CVaR dentro del periodo requerido usando la metodología Delta-Normal, se programo un código macro en Excel 2007.

Para:

	95%	97.5%	99%	99.9%
$Z_{1-\alpha}$	1.645	1.960	2.326	3.719
$\Phi_{1-\alpha}$	2.062	2.338	2.667	3.800

Cuadro 3.4. Valor Percentiles VaR y CVaR (delta-normal)

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en el Cuadro 3.5, que para una misma composición del portafolio, el promedio del VaR para todo nivel de confianza, siempre se encuentra por debajo del promedio del CVaR, debido a que este último es una medida más conservadora, al considerar los rendimientos contenidos en las colas pesadas de la distribución de pérdidas; por otra parte, podemos observar que para todo nivel confianza, la pérdida calculada tanto para el VaR como CVaR con el modelo Delta-Normal se encuentra por debajo de la pérdida calculada con la simulación histórica, y esta diferencia se incrementa notablemente conforme aumenta el nivel de confianza debido principalmente a que el modelo Delta-Normal subestima las pérdidas esperadas debido al supuesto de normalidad que este modelo asume.

Por otra parte el cálculo del CVaR conforme se incrementa el número de escenarios, tiende a converger cuando se usa el modelo Delta-Normal pero diverge cuando se calcula con el modelo de simulación histórica. Para efectos de su práctica en los fondos de pensiones en México, los resultados muestran que el CVaR aun con sus limitaciones haciendo uso de estas dos metodologías, es una medida más conservadora que el VaR, y que puede ser optimizada al ser una medida coherente aportando esto un considerable beneficio a la administración del riesgo de mercado de las AFORES.

Modelo	95%		97.5%		99%		99.9%	
	VaR	CVaR	VaR	CVaR	VaR	CVaR	VaR	CVaR
S-Histórica	\$44,780.86	\$77,094.49	\$64,848.23	\$101,151.16	\$95,907.02	\$136,636.96	\$182,659.68	\$234,948.00
D-Normal	\$53,581.76	\$67,170.47	\$63,846.60	\$76,161.27	\$75,781.70	\$86,878.58	\$100,665.54	\$123,786.50

Cuadro 3.5. Promedio - VaR & CVaR

Fuente. Elaboración propia con datos históricos de los factores de riesgo.

Se puede observar en la Figura 3.4 que el VaR calculado con la simulación histórica, es mayor al VaR calculado con el modelo Delta-Normal y esta diferencia se incrementa notablemente conforme se incrementa también el nivel de confianza, debido principalmente

a la condición de normalidad del modelo Delta-Normal y al insuficiente número de escenarios requeridos por la simulación histórica cuando el nivel de confianza aumenta.

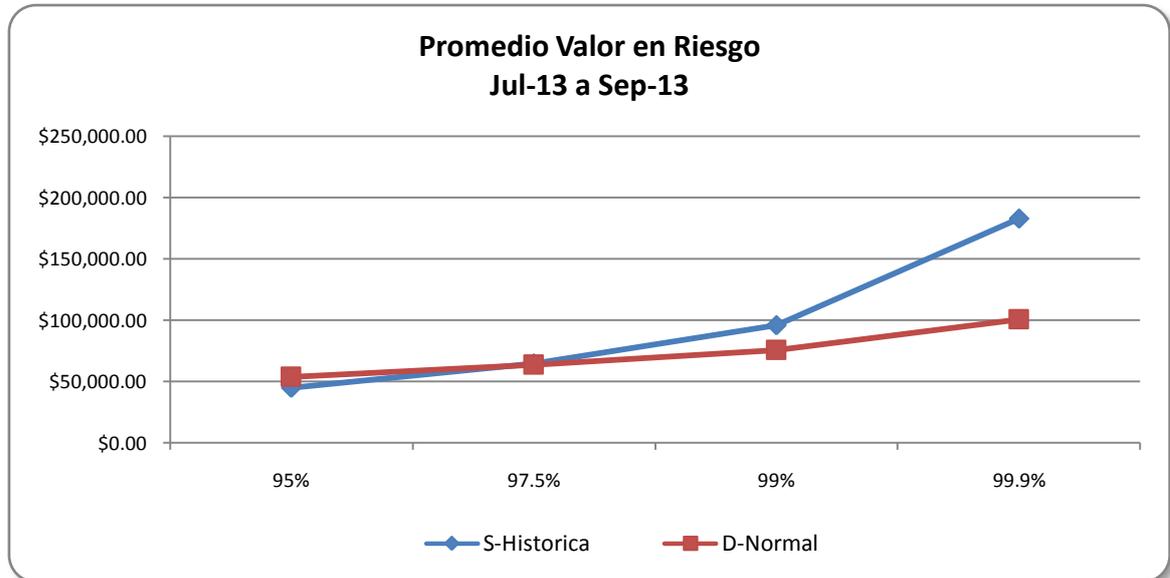


Figura 3.4. "Promedio Valor en Riesgo"

Fuente. Elaboración propia, con datos históricos de los Factores de Riesgo.

Por otra parte, comparando las figuras 3.4 y 3.5 vemos en los resultados históricos promedio del CVaR y VaR obtenidos para el mismo portafolio y durante el mismo periodo de tiempo usando el modelo Delta-Normal, que el CVaR es una medida de riesgo coherente y más conservadora que el VaR para cada uno de los niveles de confianza y que aun bajo el supuesto de normalidad, considera los efectos de las colas pesadas en la distribución previendo mayormente la aparición de eventos extremos en periodos de alta volatilidad y en mercados emergentes como el de México; de igual forma, se puede ver que la diferencia entre el CVaR y el VaR usando la metodología de simulación histórica se incrementa conforme el nivel de confianza aumenta, mientras que usando el modelo Delta-Normal el CVaR converge al mismo número que el VaR y por lo tanto la diferencia tiende a cero conforme aumenta el nivel de confianza.

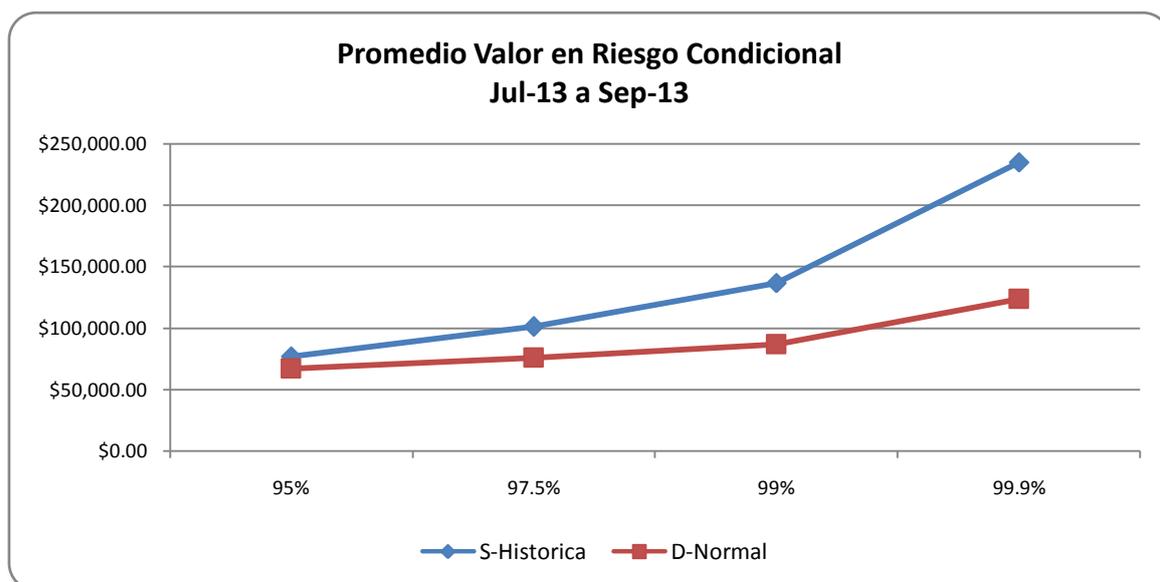


Figura 3.5. "Promedio Valor en Riesgo Condicional"

Fuente. Elaboración propia, con datos históricos de los Factores de Riesgo.

De igual forma, si comparamos los resultados de un día de negociación – 30/09/13, podemos observar en el Cuadro 3.6 que el VaR se incrementa en mayor medida usando la simulación histórica, comparado con el modelo Delta-Normal conforme se aumenta el nivel de confianza esto debido a que usando el modelo Delta-Normal para el cálculo del VaR se puede estar subestimando las pérdidas esperadas al no considerar el efecto de las colas pesadas que presenta la distribución de rendimientos.

También se observa, que al 95% de confianza, el modelo Delta-Normal es 20% mayor al cálculo de la pérdida bajo el modelo de simulación histórica, pero para niveles de confianza más altos, el VaR basado en la distribución empírica es mayor al resultado obtenido con el modelo Delta-Normal.

	95%	97.5%	99%	99.9%
<b>Simulación Histórica</b>	\$44,754.09	\$64,848.23	\$95,907.02	\$182,659.68
<b>Delta Normal</b>	\$53,580.13	\$63,844.66	\$75,779.39	\$100,662.47
<b>Incremento SHisto</b>	<i>N/A</i>	\$20,094.13	\$31,058.80	\$86,752.66
<b>Incremento Delta-Normal</b>	<i>N/A</i>	\$10,264.53	\$11,934.74	\$24,883.08
<b>Incremento % SHisto</b>	<i>N/A</i>	45%	48%	90%
<b>Incremento % Delta-Normal</b>	<i>N/A</i>	19%	19%	33%

Cuadro 3.6. Resultados VaR – 30/09/13

Fuente. Elaboración propia con datos históricos de los factores de riesgo.

De manera similar a los resultados históricos del CVaR, observando el Cuadro 3.7 podemos concluir que el valor en riesgo condicional usando simulación histórica y/o el modelo delta

normal, es una medida de riesgo más robusta que el valor en riesgo, al considerar el efecto en las colas pesadas en la distribución normal (en el caso del modelo Delta-Normal) y los eventos extremos históricos en la distribución empírica (en el caso de la simulación histórica).

	95%	97.5%	99%	99.9%
<b>Simulación Histórica</b>	\$77,083.78	\$101,151.16	\$136,636.96	\$234,948.00
<b>Delta Normal</b>	\$67,168.42	\$76,158.96	\$86,875.93	\$123,782.73
<b>Incremento SHisto</b>	<i>N/A</i>	\$24,067.38	\$35,485.80	\$98,311.04
<b>Incremento Delta-Normal</b>	<i>N/A</i>	\$8,990.54	\$10,716.98	\$36,906.80
<b>Incremento % SHisto</b>	<i>N/A</i>	31%	35%	72%
<b>Incremento % Delta-Normal</b>	<i>N/A</i>	13%	14%	42%

Cuadro 3.7. Resultados CVaR – 30/09/13

Fuente. Elaboración propia con datos históricos de los factores de riesgo.

En resumen, podemos concluir que a partir de los resultados de las pérdidas estimadas para el portafolio compuesto por los índices del IPC, S&P500 y S&P TSX que simulan el portafolio de un fondo de inversión administrado por una AFORE en México, que el CVaR es una medida que cumple con el enfoque prudencial de la CONSAR, al ser una medida de riesgo más conservadora que el VaR y que al ser una medida de riesgo coherente, puede llegar a ser optimizada<sup>60</sup> para una mejor administración de riesgos.

<sup>60</sup> No es objetivo de esta tesis demostrar que el CVaR puede ser optimizado.

## CONCLUSIONES

El objetivo principal de las AFORES en México es la administración de las cuentas individuales de ahorro para el retiro de los trabajadores, así como el de promover un sistema de pensiones justo, equitativo y viable financieramente, el uso de herramientas que protejan los recursos de los trabajadores y administren el riesgo de mercado al que se encuentran expuestas las Sociedades de Inversión Especializada en Fondos para el Retiro, donde se invierten los fondos de las cuentas individuales de los trabajadores.

De acuerdo a la Asociación Mexicana de Afores, los recursos de las cuentas individuales son la segunda mayor fuente de recursos destinados al ahorro nacional, únicamente superada por los activos del sector bancario. Entre los principales beneficios del ahorro nacional a la economía mexicana se encuentra la capacidad de ofrecer recursos disponibles para financiar proyectos de inversión y otorgar profundidad al mercado financiero al permitir la emisión de nuevos instrumentos de inversión donde se invierten los recursos acumulados

Por lo anterior, una medida de riesgo coherente puede proporcionar información completa del riesgo de mercado a las AFORES y a la Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro, quien regula y supervisa el sistema de pensiones en México, particularmente el Valor en Riesgo Condicional es una medida de riesgo coherente, que aporta información robusta y suficiente que ayuda a la toma de decisiones enfocadas a mitigar, tanto como es posible, la exposición a pérdidas extremas de los fondos de pensiones.

Examinando el caso del portafolio hipotético de un fondo de pensiones en México, compuesto por una inversión de 3 millones de pesos distribuidos equitativamente entre los índices del IPC para México, S&P500 para Estados Unidos, y S&P TSX para Canadá, esta tesis evidencia las debilidades del Valor en Riesgo (herramienta actualmente usada por las AFORES para el cálculo del riesgo de mercado en los fondos de pensiones en México) cuando se compara con las propiedades y fortalezas del CVaR.

Los resultados empíricos demuestran que el valor en riesgo condicional, como medida alternativa es capaz de proporcionar mejor información del riesgo a los inversionistas institucionales, debido a que contempla en su cálculo las pérdidas extremas más allá de la estimación del VaR, cumpliendo así con el enfoque prudencial de la CONSAR de prever la aparición de escenarios de alta volatilidad en el sistema financiero, con la finalidad de proteger bajo cualquier escenario los recursos de los trabajadores destinados.

Es importante remarcar que el CVaR al igual que el VaR, no cuenta con un modelo universalmente aceptado para calcular el riesgo de un portafolio de inversión, debido a que diferentes modelos pueden estimar medidas de riesgo significativamente diferentes; sin embargo, el cumplimiento del CVaR del axioma de subaditividad, así como del resto de los axiomas obligatorios en toda medida de riesgo coherente, permite optimizar a diferencia del VaR, la relación riesgo – rendimiento de cualquier portafolio con distribuciones continuas, lo que para las AFORES significa tener la posibilidad de obtener un rendimiento más alto en las cuentas individuales de los trabajadores, sin la necesidad de tomar riesgos innecesarios que no aporten un beneficio en el desempeño del fondo de inversión.

Finalmente, al ser el CVaR una medida de riesgo más conservadora que el VaR, implica para las AFORES tener requerimientos de capital más elevados, lo que limita el capital que puede ser invertido por las AFORES y por consecuencia el rendimiento a los fondos de los trabajadores. Por tal motivo, una nueva línea de investigación para la estimación de riesgo de las AFORES es, introducir el modelo de Simulación Histórica Filtrada (por sus siglas en inglés, FHS) propuesto por Barone-Adesi, **et al** (1999), que combina el modelo tradicional de simulación histórica con los modelos GARCH, suavizando las series de datos al utilizar los residuales estandarizados del modelo GARCH para el cómputo el CVaR y el VaR de una forma dinámica, logrando así incrementar la volatilidad de los rendimientos estimados, eliminar los efectos de estacionalidad y contar con rendimientos independientes e idénticamente distribuidos para el cálculo de la simulación histórica, para proporcionar así mejor información del riesgo a los inversionistas institucionales, en particular, AFORES.

## APENDICE

### Apéndice 1. Microsoft Excel 2007 - Código Macro “Bases de Datos Originales”

```
Sub Precios_v1()
```

```
' Si cambia el numero de acciones se debe mover el tamaño del arreglo
```

```
Dim Fecha_Ini As Date
```

```
Sheets("Datos").Select
```

```
Range("A7").Select
```

```
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
```

```
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
```

```
With Selection.Interior
```

```
    .Pattern = xlNone
```

```
    .TintAndShade = 0
```

```
    .PatternTintAndShade = 0
```

```
End With
```

```
With Selection.Font
```

```
    .ColorIndex = xlAutomatic
```

```
    .TintAndShade = 0
```

```
End With
```

```
Selection.ClearContents
```

```
' Guarda Valores de Fecha Inicio y Fecha Fin
```

```
Cells(2, 2).Select
```

```
Fecha_Ini = ActiveCell
```

```
Fecha_Fin = ActiveCell.Offset(1, 0)
```

```
' Inicio de serie
```

```
Cells(7, 1).Select
```

```
Selection = Fecha_Fin
```

```
' Generación de fechas historicas quitando sabados y domingos
```

```
cont1 = 0
```

```
cont_fin = 0
```

```
Fecha_Piv = Fecha_Fin
```

```
While Fecha_Piv <> Fecha_Ini
```

```
    cont1 = cont1 + 1
```

```
    Fecha_ajus = Fecha_Fin - cont1 - cont_fin
```

```
    If Application.WorksheetFunction.Weekday(Fecha_ajus, 2) = 7 Then
```

```
        Fecha_ajus = Fecha_ajus - 2
```

```
        ActiveCell.Offset(cont1, 0).Value = Fecha_ajus
```

```
        cont_fin = cont_fin + 2
```

```
    Else
```

```
        ActiveCell.Offset(cont1, 0).Value = Fecha_ajus
```

```
    End If
```

```
    Fecha_Piv = ActiveCell.Offset(cont1, 0).Value
```

```
Wend
```

```
' BUSQUEDA DE VALORES ORIGEN EN SERIES DE PRECIOS
```

```
Worksheets("Datos").Activate
```

```
Range("B6").Select
```

```
'Se llena la matriz de Factores de Riesgo y la cantidad de Factores del portafolio
```

```
Factores = Range(Selection, Selection.End(xlToRight))  
Range("B6").Select  
Selection.End(xlToRight).Select  
FR = Selection.Column - 1
```

```
'Tamaño de la Matriz variables para estimados
```

```
Estimados = Range(Cells(7, 2), Cells(12, FR + 1))
```

```
' Busqueda de valores
```

```
Cells(7, 1).Select  
Do Until IsEmpty(ActiveCell.Value)  
    cont2 = 1  
    While cont2 <= FR  
        If Application.WorksheetFunction.CountIf(Sheets(Factores(1, cont2)).Range("A:A"),  
ActiveCell.Value) > 0 Then  
            ActiveCell.Offset(0, cont2).Value =  
Application.WorksheetFunction.VLookup(ActiveCell, Sheets(Factores(1,  
cont2)).Range("A:B"), 2, False)  
            End If  
            cont2 = cont2 + 1  
        Wend  
ActiveCell.Offset(1, 0).Select  
Loop
```

```
'  
                AJUSTE Y ESTIMACION DE PRECIOS REPETIDOS Y MISSING
```

```
' Se limpian valores iguales para evitar rendimientos cero
```

```
Selection.End(xlUp).Select  
Selection.End(xlUp).Select  
ActiveCell.Offset(1, 0).Select  
Do Until IsEmpty(ActiveCell)  
    i = 1  
    Do Until IsEmpty(ActiveCell.Offset(0, i))  
        If ActiveCell.Offset(0, i).Value = ActiveCell.Offset(1, i).Value Then  
            ActiveCell.Offset(0, i).Value = ""  
            With ActiveCell.Offset(0, i).Interior  
                .Color = 65535  
            End With  
        End If  
        i = i + 1  
    Loop  
ActiveCell.Offset(1, 0).Select  
Loop
```

```
'Estimacion de valores Missing
```

```
Ult_reg = ActiveCell.Row - 1  
Range("A7").Select  
pri_fec = Selection.Value
```

```
'Inicio para estimar valores missing
```

Cells(Ult\_reg, 1).Select

Do Until ActiveCell.Value = pri\_fec

  i = 1

  While i <= 6

    j = 1

    While j <= FR

      Estimados(i, j) = ActiveCell.Offset(i, j).Value

      j = j + 1

    Wend

  i = i + 1

  Wend

k = 1

While k <= FR

  If IsEmpty(ActiveCell.Offset(0, k)) Then

    With ActiveCell.Offset(0, k).Font

      .Color = -16776961

    End With

  If IsEmpty(Estimados(1, k)) Then

  End If

  If IsEmpty(Estimados(2, k)) = True And IsEmpty(Estimados(1, k)) = False Then

    ActiveCell.Offset(0, k).Value = Estimados(1, k)

  End If

  If IsEmpty(Estimados(3, k)) = True And IsEmpty(Estimados(2, k)) = False And

IsEmpty(Estimados(1, k)) = False Then

    log1 = Application.WorksheetFunction.Ln(Estimados(1, k) / Estimados(2, k))

    promedio = Application.WorksheetFunction.Average(log1)

    Valor\_cal = Estimados(1, k) \* (1 + promedio)

    ActiveCell.Offset(0, k).Value = Valor\_cal

  End If

  If IsEmpty(Estimados(4, k)) = True And IsEmpty(Estimados(3, k)) = False And

IsEmpty(Estimados(2, k)) = False And IsEmpty(Estimados(1, k)) = False Then

    log1 = Application.WorksheetFunction.Ln(Estimados(1, k) / Estimados(2, k))

    log2 = Application.WorksheetFunction.Ln(Estimados(2, k) / Estimados(3, k))

    promedio = Application.WorksheetFunction.Average(log1, log2)

    Valor\_cal = Estimados(1, k) \* (1 + promedio)

    ActiveCell.Offset(0, k).Value = Valor\_cal

  End If

  If IsEmpty(Estimados(5, k)) = True And IsEmpty(Estimados(4, k)) = False And

IsEmpty(Estimados(3, k)) = False And IsEmpty(Estimados(2, k)) = False And

IsEmpty(Estimados(1, k)) = False Then

    log1 = Application.WorksheetFunction.Ln(Estimados(1, k) / Estimados(2, k))

    log2 = Application.WorksheetFunction.Ln(Estimados(2, k) / Estimados(3, k))

    log3 = Application.WorksheetFunction.Ln(Estimados(3, k) / Estimados(4, k))

    promedio = Application.WorksheetFunction.Average(log1, log2, log3)

    Valor\_cal = Estimados(1, k) \* (1 + promedio)

    ActiveCell.Offset(0, k).Value = Valor\_cal

  End If

```

    If IsEmpty(Estimados(6, k)) = True And IsEmpty(Estimados(5, k)) = False And
IsEmpty(Estimados(4, k)) = False And IsEmpty(Estimados(3, k)) = False And
IsEmpty(Estimados(2, k)) = False And IsEmpty(Estimados(1, k)) = False Then
    log1 = Application.WorksheetFunction.Ln(Estimados(1, k) / Estimados(2, k))
    log2 = Application.WorksheetFunction.Ln(Estimados(2, k) / Estimados(3, k))
    log3 = Application.WorksheetFunction.Ln(Estimados(3, k) / Estimados(4, k))
    log4 = Application.WorksheetFunction.Ln(Estimados(4, k) / Estimados(5, k))

    promedio = Application.WorksheetFunction.Average(log1, log2, log3, log4)
    Valor_cal = Estimados(1, k) * (1 + promedio)
    ActiveCell.Offset(0, k).Value = Valor_cal
Else
    log1 = Application.WorksheetFunction.Ln(Estimados(1, k) / Estimados(2, k))
    log2 = Application.WorksheetFunction.Ln(Estimados(2, k) / Estimados(3, k))
    log3 = Application.WorksheetFunction.Ln(Estimados(3, k) / Estimados(4, k))
    log4 = Application.WorksheetFunction.Ln(Estimados(4, k) / Estimados(5, k))
    log5 = Application.WorksheetFunction.Ln(Estimados(5, k) / Estimados(6, k))

    promedio = Application.WorksheetFunction.Average(log1, log2, log3, log4, log5)
    Valor_cal = Estimados(1, k) * (promedio + 1)
    ActiveCell.Offset(0, k).Value = Valor_cal
End If
End If
k = k + 1
Wend
ActiveCell.Offset(-1, 0).Select
Loop

End Sub

```

## Apéndice 2. Microsoft Excel 2007 - Código Macro VaR y CVaR modelo delta-normal

```
'+++++
'                                     VALOR EN RIESGO CON DELTA-NORMAL
'+++++
```

```
Sub VaR_D()
```

```
' Se ajusta la fecha inicio de la historia
```

```
Sheets("DVaR").Select
Inicio = Range("B9").Value
FR = Range("B8").Value
i = Range("A18").Value
Valida = 0
w = 1
Fini = Sheets("Datos").Range("A7").Value
```

```
While Valida < 1
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Sheets("Datos").Range("A:A"), Inicio) = 0 Then
    Inicio = Inicio + 1
  Else
    Valida = Valida + 1
  End If
Wend
```

```
Range("B9").Value = Inicio
```

```
'Limpieza de la hoja de VaR Delta
```

```
Sheets("DVaR").Select
Range("E7").Select
Range(Selection, ActiveCell.Offset(FR - 1, FR - 1)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).ClearContents
```

```
Range("AQ9").Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).ClearContents
```

```
Range("AA7").Select
Range(Selection, ActiveCell.Offset(FR - 1, FR - 1)).ClearContents
```

```
' Se copia el universo de los datos limpios
```

```
Sheets("Datos").Select
Range("A7").Select
```

```
While ActiveCell.Value <> Inicio
  ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Wend
```

```
Iren = ActiveCell.Row
Selection.End(xlDown).Select
Fren = ActiveCell.Row
```

Tam = Fren - Iren

#### 'EL CLICLO A PARTIR DE AQUI

Cells(Iren, 1).Select

Do Until ActiveCell.Value = "FECHA"

Range(Selection, ActiveCell.Offset(Tam, FR)).Select  
Selection.Copy

#### 'Pegado de los datos para inicios de cálculo del VaR

Sheets("DVaR").Select  
Range("E7").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks \_  
:=False, Transpose:=False

#### ' Calculo de las variables

Range("AJ12").Select  
ncol = ActiveCell.Column  
ncol\_o = ncol  
Range("AA7").Select  
OBS = Range("B10").Value

#### ' Calculo de la matriz de Varianza-Covarianza

Range(Selection, ActiveCell.Offset(FR - 1, FR - 1)).Select  
Selection.Value =  
Application.WorksheetFunction.MMult(Application.WorksheetFunction.Transpose(Range("T"  
& CStr(8) & ":X" & CStr(8 + OBS - 1))), Range("T" & CStr(8) & ":X" & CStr(8 + OBS - 1)))

Range("B10").Select  
Selection.Copy

Range("AA7").Select  
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select  
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteAll, Operation:=xlDivide, SkipBlanks \_  
:=False, Transpose:=False

#### ' COPIADO DE VALORES A TABLA HISTORICA

Range("AQ8").Select  
ActiveCell.Offset(w, 0).Value = Range("AJ9").Value  
j = 1  
n = 1  
For j = 1 To i  
ActiveCell.Offset(w, n).Value2 = Cells(14, ncol\_o).Value2  
ActiveCell.Offset(w, n + 1).Value2 = Cells(15, ncol\_o).Value2  
ActiveCell.Offset(w, n + 2).Value2 = Cells(16, ncol\_o).Value2  
ncol\_o = ncol\_o + 1  
n = n + 3  
Next j

```
ActiveCell.Offset(w, 16).Value2 = Range("AG10").Value2
```

```
w = w + 1
```

```
Sheets("Datos").Select  
ActiveCell.Offset(-1, 0).Select  
Loop
```

```
Sheets("DVaR").Select  
Range("AQ8").Select
```

```
End Sub
```

### Apéndice 3. Microsoft Excel 2007 - Código Macro VaR y CVaR modelo Simulación Histórica

```
'+++++
' VALOR EN RIESGO CON SIMULACIÓN HISTORICA
'+++++

Sub VaR_H()

' Se ajusta la fecha inicio de la historia

Sheets("HVaR").Select
Inicio = Range("B9").Value
FR = Range("B8").Value
Valida = 0
w = 1
Fini = Sheets("Datos").Range("A7").Value

While Valida < 1
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Sheets("Datos").Range("A:A"), Inicio) = 0 Then
    Inicio = Inicio + 1
  Else
    Valida = Valida + 1
  End If
Wend

Range("B9").Value = Inicio

' Se limpia la hoja de VaR Histórico
Sheets("HVaR").Select
Range("E7").Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).ClearContents

Range("AQ21:AU22").ClearContents

Range("AX9").Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).ClearContents

Range("AQ14:AU14").ClearContents

' Se copia el universo de los datos limpios
Sheets("Datos").Select
Range("A7").Select

While ActiveCell.Value <> Inicio
  ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Wend

Iren = ActiveCell.Row
Selection.End(xlDown).Select
Fren = ActiveCell.Row
Tam = Fren - Iren
```

## 'EL CLICLO A PARTIR DE AQUI

```
Cells(Iren, 1).Select
```

```
Do Until ActiveCell.Value = "FECHA"
```

```
Range(Selection, ActiveCell.Offset(Tam, FR)).Select  
Selection.Copy
```

## 'Pegado de los datos para inicios de calculo del VaR

```
Sheets("HVaR").Select  
Range("E7").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _  
:=False, Transpose:=False
```

## 'Suma de los rendimientos finales

```
activos = Range("B8").Value  
Range("AG8").Select  
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select  
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select  
Selection.Copy
```

```
Range("AJ8").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _  
:=False, Transpose:=False
```

## ' Se ordenan los valores

```
Ult_ord = Range("B10").Value + 7  
Range("AJ7").Select  
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select  
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select  
ActiveWorkbook.Worksheets("HVaR").Sort.SortFields.Clear  
ActiveWorkbook.Worksheets("HVaR").Sort.SortFields.Add Key:=Range("AK8:AK" &  
CStr(Ult_ord) _  
) , SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:=xlSortNormal  
With ActiveWorkbook.Worksheets("HVaR").Sort  
.SetRange Range("AJ7:AK" & CStr(Ult_ord))  
.Header = xlYes  
.MatchCase = False  
.Orientation = xlTopToBottom  
.SortMethod = xlPinYin  
.Apply  
End With
```

## ' Busqueda de Valor en Riesgo

```
Range("AK8").Select  
col_rend = ActiveCell.Column
```

```
Range("AQ12").Select  
ncol = ActiveCell.Column  
ncol_o = ncol  
i = 0
```

```

Do Until ActiveCell = ""
    nobs = Cells(18, ncol).Value
    nobs_aj = nobs + 7
    i = i + 1

```

#### 'VALOR EN RIESGO

```

' Interpolacion
Cells(21, ncol).Value = Cells(nobs_aj, col_rend).Value
Cells(22, ncol).Value = Cells(nobs_aj + 1, col_rend).Value

```

#### 'VALOR EN RIESGO CONDICIONAL

```

' Si la observacion es entero, se toma el promedio de las observaciones anteriores
If ActiveCell.Offset(4, 0).Value = 0 Then
    Cells(nobs_aj - 1, col_rend).Select
    Cells(14, ncol).Value = Application.WorksheetFunction.Average(Range(Selection,
ActiveCell.Offset(-nobs + 1, 0))) * (-1)
' Si la observacion no es entero, se toma el promedio de las obs anteriores incluyendo
la obs entera del percentil
Else
    Cells(nobs_aj, col_rend).Select
    Cells(14, ncol).Value = Application.WorksheetFunction.Average(Range(Selection,
ActiveCell.Offset(-nobs + 1, 0))) * (-1)
End If

```

```

'Aumento Contadores
ncol = ncol + 1
Cells(12, ncol).Select
Loop

```

#### 'COPIADO DE VALORES A TABLA HISTORICA

```

Range("AX8").Select
ActiveCell.Offset(w, 0).Value = Range("AQ9").Value
j = 1
n = 1
For j = 1 To i
    ActiveCell.Offset(w, n).Value2 = Cells(13, ncol_o).Value2
    ActiveCell.Offset(w, n + 1).Value2 = Cells(14, ncol_o).Value2
    ActiveCell.Offset(w, n + 2).Value2 = Cells(15, ncol_o).Value2
    ncol_o = ncol_o + 1
    n = n + 3
Next j
ActiveCell.Offset(w, 16).Value2 = Range("AP27").Value2

```

```

w = w + 1

```

```

Sheets("Datos").Select
ActiveCell.Offset(-1, 0).Select
Loop

```

```

Sheets("HVaR").Select
Range("AX8").Select

```

```

End Sub

```

## BIBLIOGRAFIA

- Acerbi, C., Nordio, C., Sirtori, C., 2001. Expected shortfall as a tool for financial risk management.
- Acerbi, C., Tasche, D., 2001. On the coherence of expected shortfall.
- Yamai, Y., and T. Yoshida, 2002, Comparative Analyses of Expected Shortfall and Value-at-Risk: Their Estimation Error, Decomposition, and Optimization, Monetary and Economic Studies, 20: Institute for Monetary and Economic Studies, Bank of Japan, 87-122.
- RAAJI, G. y RAUNING, B.(1998): "A comparison of Value at Risk Approaches and Their Implications for Regulators. Focus on Austria, 4/1998. Banco Central de Austria.
- López-Herrera, F y Venegas-Martínez, F. Integración Financiera México-Estados Unidos: mercados accionarios y de derivados accionarios, Economía: teoría. práctica no.36 México ene./jun. 2012.
- Dimitrakopoulos D., Kavussanos M., y Spyrou I. Value at risk models for volatile emerging markets equity portfolios, The Quarterly Review of Economics and Finance (2010).
- Acerbi, C., Nordio, C., Sirtori, C., 2001. Expected shortfall as a tool for financial risk management.
- Acerbi, C., Tasche, D., 2001. On the coherence of expected shortfall.
- Artzner, P., F. Delbaen, J-M. Eber y D. Heath (1999). "Coherent Measures of Risk", Mathematical Finance, Vol. 9,pp. 203-228.
- Banco de México (2011). Sociedades inversión especializadas fondos para retiro recursos y obligaciones. Financiamiento e información financiera de intermediarios financieros. Disponible en <http://www.banxico.org.mx/sistema-financiero/index.html>.
- Banco Mundial (1994), Averting the Old Age: Policies to Project the Old and Promote Growth, Oxford University Press.
- Barr, N. y P. Diamond (2009), Reforming pensions: principles, analytical errors and policy directions, International Social Security Review, Vol. 62, No. 9, pp. 5-29.

- Basle Committee on Banking Supervision (1995a). "An Internal Model-Based Approach to Market Risk Capital Requirements". Basle Committee on Banking Supervision.
- Basle Committee on Banking Supervision, 1996, Amendment to the Capital Accord to Incorporate Market Risks.
- Beder, T., 1995, VAR: Seductive But Dangerous, Financial Analysts Journal (September/October), 12-24, and 1997, in Grayling, S., editor, VAR: Understanding and applying Value at risk, London: Risk, 113-122.
- Beristain Iturbide J., S. Espíndola Flores. "Organización de la industria de las AFORES: Consideraciones Teóricas".
- Blake, D., A. Cairns y K. Dowd, (2001). Pensionmetrics: stochastic pension plan design and value-at-risk during the accumulation phase. Insurance: Mathematics and Economics, No. 29, pp. 187-215.
- Bollerslev, T., 1986, A Conditional y Heteroskedastic Time Series Model for Speculative Prices and Rates of Return, Review of Economics and Statistics, 69, 542-547.
- Bollerslev, T., R. Chou, and K. Kroner, 1992, ARCH Modeling in Finance: A Review of the Theory and Empirical Evidence, Journal of Econometrics, 52, 5-59.
- Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro (2011). Disponible en <http://www.consar.gob.mx>
- Danielsson, J. and C.G. de Vries, 1997, Value-at-Risk and Extreme Returns, <http://www.hag.hi.is/~joind/research>.
- De Raaji G., Rauning B., 1998, A Comparison of Value at Risk Approaches and Their Implications for Regulators.
- De Jesús, R. 2008 Riesgo y Volatilidad en los Mercados Accionarios Emergentes: Medición del VaR y CVaR aplicando la teoría del valor extremo, Tesis de Doctorado, Posgrado de Ingeniería. UNAM.
- Delbaen, F., 2002, Coherent Risk Measures on General Probability Spaces, Essays in Honour of Dieter Sondermann (Berlin: Springer).
- Dimitrakopoulos D., Kavussanos M., y Spyrou I. Value at risk models for volatile emerging markets equity portfolios, The Quarterly Review of Economics and Finance (2010).

- Down, K (1998). *Beyond Value at Risk. The New Science of Risk Management*. New York, Toronto, Singapore: John Wiley & Sons.
- Duffie, D., y J. Pan (1997). "An Overview of Value at Risk", *Journal of Derivatives*, Vol. 4, pp. 7-49.
- Engle, Robert F.(1999), *Conditional Autoregressive Value at Risk by Regression Quantiles*. Recent Work, Department of Economics, UCSD, UC San Diego.
- Engle, R. F. (1982). Autoregressive conditional heteroskedasticity with estimates of the variance of UK inflation. *Econometrica*, 50(4), 987–1008.
- Fama, E. F. (1965).
- Espinosa-Vega, M. A. y S. Tapen, (2000), A primer assessment of social security reform in Mexico. *Economic Review*, Federal Reserve Bank of Atlanta, 2000 1st quarter, Vol. 85 Issue 1.
- Fallon, W., 1996, *Calculating Value at Risk*, Wharton Financial Institutions Center Working Paper Series, Working Paper 96-49.
- Federal Reserve Bank of Boston *New England Economic Review* (Sept/Oct), 3-13, and 1997, in Grayling, S., editor, *VaR: Understanding and Applying Value-at-Risk*, London: Risk.
- Frittelli, M., and E. Rosazza Gianin, 2002, *Putting Order in Risk Measures*, in: Szegö, Giorgio, ed., *Beyond VaR (special issue)*, *Journal of Banking and Finance*, 26: 1473-1486.
- Ham Chande R. (2000), *Sistemas de pensiones y perspectivas de la seguridad social*, Vol. 15 No. 3 (45), sep-dic. *Estudios Demográficos y Urbanos*. Colegio de México.
- Hendricks, D. and B. Hirtle, 1997, *Bank Capital Requirements for Market Risk: The Internal Models Approach*, *Federal Reserve Bank of New York Economic Policy Review* 3 (December), 1-12.
- Holzmann, R. (1997), *Pension Reform, Financial Market Development and Economic Growth: Preliminary Evidence from Chile*, *IMF Staff Papers*, Vol. 44, No. 2, pp.149-178.
- IMSS (1995), *Diagnóstico*, Instituto Mexicano del Seguro Social, México.
- Inui, K and Kijima, M (2005) *On the significance of expected shortfall as a coherent risk measure*, "The Journal of Banking and Finance", No 29, 853-864.

- Jorion, P., 1996a, Value at Risk: The New Benchmark for Controlling Market Risk, Irwin Professional.
- Jorion, P., 2001, Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk, McGraw Hill.
- JP Morgan, 1995, RiskMetrics, Third edition, JP Morgan.
- Khrindanova I. N, Rachev S. T., 1999, Value at Risk: Recent Advances, University of California, Santa Barbara and University of Karlsruhe, Germany.
- Kijima, M. and Ohnishi, M. (1996), "Portfolio Selection Problems via the Bivariate Characterization of Stochastic Dominance Relations, "Mathematical Finance, Vol. 6, No. 3, pp. 237-277.
- Kupiec, P., 1995, Techniques for Verifying the Accuracy of Risk Measurement Models, Journal of Derivatives 3 (Winter), 73-84, 1996, in Risk Measurement and Systemic Risk, Proceedings of a Joint Central Bank Research Conference, Washington, DC: Board of Governors of the Federal Reserve System, 381-401, and 1997, in Grayling, S., editor, VaR: Understanding and Applying Value-at-Risk, London: Risk.
- Ley del IMSS. Disponible en [www.imss.gob.mx](http://www.imss.gob.mx)
- Ley de los Sistemas de Ahorro para el Retiro. Disponible en [w.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/52.pdf](http://w.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/52.pdf)
- Ley del ISSSTE. Disponible en [www.issste.gob.mx](http://www.issste.gob.mx)
- Liu, R., 1996, VaR and VaR Derivatives, Capital Market Strategies 5 (September), 23-33.
- López-Herrera, F y Venegas-Martínez, F. Integración Financiera México-Estados Unidos: mercados accionarios y de derivados accionarios, Economía: teoría. práctica no.36 México ene./jun. 2012.
- Macaulay, F. R., 1938, Some theoretical problems suggested by the movement of interest rates, bonds, yields, and stock prices in the United States since 1856, National Bureau of Economic Research, pp.44–53 (Columbia University Press., New York).
- Markowitz H. M. 1952, Portfolio Selection, The Journal Finance, Vol. 7, pp. 77-91.
- Mina, J., and J. Y. Xiao, Return to Risk Metrics: The Evolution of a Standard, RiskMetrics Group, 2001.

- Morgan Guaranty trust Company (1196). RiskMetrics Technical Document, 4th Ed.
- OCDE (1998), Estudios económicos de la OCDE: México 1998. Número 3.
- Orszag P. R. y J. E. Stiglitz (1999). Un nuevo análisis de la reforma de las pensiones: diez mitos sobre los sistemas de seguridad social. Conferencia: “Nuevas ideas sobre la seguridad en la vejez”, Banco Mundial, 14 y 15 de septiembre, Washington, D.C., EEUU.
- Proyecto de Reforma IMSS (1998). Versión para evaluación del Banco Mundial: carpeta proyecto de reforma del IMSS, documento integral, Universidad de Texas.
- Raaji, G. y Rauning, B.(1998): “A comparison of Value at Risk Approaches and Their Implications for Regulators. Focus on Austria, 4/1998. Banco Central de Austria.
- Rockafellar R.T. and S. Uryasev (2001): Conditional Value-at-Risk for General Loss Distributions. Submitted to The Journal of Banking and Finance Dept., University of Florida, April 2002.
- Rueda Pérez, R. “Estudio sobre pensiones en América Latina y México” en Observatorio de la Economía Latinoamericana, Nº 74, 2007. Texto completo disponible en <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/>
- Sharpe W. F., 1964 Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditional of Risk, TheJournal of Finance Vol. 19, pp 425-442.
- Simons, K., 1996, Value at Risk - New Approaches to Risk Management,
- Social Security throughout the World (1997), pp. 37-42.Disponible en [www.ssa.gov/policy/docs/progdesc/ssptw/](http://www.ssa.gov/policy/docs/progdesc/ssptw/)
- SolisSoberon F. “Los sistemas de Pensiones en México: la agenda pendiente”.
- Styblo T., 1995, VaR: Seductive but Dangerous, Financial Analysis Journal.
- Villagómez Amescua A. y F. García Castillo (2005). Reforma al sistema de pensiones del ISSSTE, Investigación Económica, vol. LXIV, 252, abril-junio, pp159-185.
- [www.consar.com.mx](http://www.consar.com.mx), Disposiciones de carácter general que establecen el régimen de inversión al que deberán sujetarse las sociedades de inversión especializadas de fondos para el retiro.

- Yamai, Y., and T. Yoshida, 2002, Comparative Analyses of Expected Shortfall and Value-at-Risk: Their Estimation Error, Decomposition, and Optimization, Monetary and Economic Studies, 20: Institute for Monetary and Economic Studies, Bank of Japan, 87-122.