



Universidad Nacional Autónoma de México
Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración

**Un modelo *GARCH* aplicado a la Sociedad de Inversión
Especializada en Fondos para el Retiro Básica 3: 2008-2018**

T e s i s

Que para optar por el grado de:

Maestro en Finanzas

Presenta:

Israel Bermúdez Pacheco

Tutor:

Dr. Raúl Arturo Cornejo López
Facultad de Contaduría y Administración

Ciudad de México, marzo de 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México
-algo de lo bueno que queda en este país-
por haberme dado la oportunidad de llevar a cabo
mis estudios de maestría.

A mi tutor de tesis, el Dr. Raúl Arturo Cornejo López por
su paciencia y apoyo en el desarrollo de esta investigación.

Asimismo, agradezco las observaciones realizadas por los sinodales a
este trabajo. Los errores son responsabilidad del autor.

Agradezco el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y
Tecnología, *vital* en mis estudios de posgrado
y en la terminación de este trabajo.

A los profesores del IPN y de la UNAM,
parte de sus enseñanzas están vertidas en este trabajo.

A mi familia, especialmente a mi padre por su apoyo infinito,
a mi madre *-la motivación de mi vida-*,
a mi tío Javier por su hogar y a
mi tío Adelfo que se adelantó en el camino.

A Dios, mi compañero en cada día de mi vida

INDICE GENERAL

Resumen.....	iii
<i>Abstract</i>	iv
Introducción.....	v
Pregunta de investigación.....	vii
Hipótesis.....	viii
Metodología.....	viii
Alcance.....	x
CAPITULO I. ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
I.I Principales estudios sobre el <i>riesgo y rendimiento</i> de las Sociedades de inversión especializadas en fondos para el retiro (<i>Siefore</i>).....	1
I.II Los recursos acumulados por las <i>Siefore</i> y la importancia de sus rendimientos.	8
I.III La tendencia decreciente de los rendimientos reales en los fondos de inversión y el nuevo esquema de la <i>libre selección de Siefore</i>	13
I.IV El desaprovechamiento del régimen de inversión de las <i>Siefore</i>	17
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	20
II.I ¿Qué es una <i>Afore</i> ?.....	20
II.II ¿Qué es una <i>Siefore</i> ?.....	22
II.III Rendimiento, riesgo y la volatilidad de los activos financieros.....	23
II.IV Teoría de la Cartera de <i>Harry Markowitz</i>	31
CAPÍTULO III. PANORAMA GENERAL DEL SISTEMA DE AHORRO PARA EL RETIRO EN MÉXICO: 1997-2018.....	38
III.I La transición hacia el Sistema de Contribución Definida o <i>Generación Afore</i>	38
III.II Parámetros del Sistema de Contribución Definida para el IMSS e ISSSTE.....	43
III.III La creación, evolución y fusión de las <i>Siefore Básicas</i> :1997-2015.....	46
III.IV El proceso de inversión de las <i>Afore</i>	52
CAPÍTULO IV. MODELOS APLICADOS EN EL ESTUDIO ECONOMETRICO.....	57
IV.I Modelo para estimar el rendimiento de un activo financiero.	57
IV.II Metodología <i>Box-Jenkins</i>	60
IV.III Modelo con Heteroscedasticidad Condicional Autorregresiva (ARCH).....	69
IV.IV Modelo con Heteroscedasticidad Condicional Autorregresiva Generalizado (GARCH).....	73

CAPITULO V. ANÁLISIS EMPÍRICO	75
V.I Modelado de rendimientos financieros	75
V.II Estimación de la varianza como medida de <i>riesgo de mercado</i>	84
V.III Análisis de la relación <i>riesgo-rendimiento</i> para la <i>Siefore Básica 3</i>	89
V.IV Rendimientos estimados <i>versus</i> Indicador de Rendimiento Neto (IRN) de la CONSAR.....	92
CONCLUSIONES	96
BIBLIOHEMEROGRAFÍA	103
Índice de Gráficas.....	112
Índice de Tablas	113
Índice de Figuras	114
Índice de Anexos	115

Resumen

El objetivo de esta investigación fue analizar la relación *riesgo-rendimiento* de ocho Sociedades de inversión especializadas en fondos para el retiro (*Siefore*) pertenecientes a la *Siefore Básica 3* (SB3) desde su creación en marzo de 2008 a septiembre de 2018. Lo anterior, con el propósito de comprobar si el postulado financiero de a *mayor riesgo mayor rendimiento* se cumplía. Para ello, se utilizó la metodología econométrica de los Modelos ARIMA-GARCH para estimar los rendimientos y la varianza como medida de riesgo de mercado. De manera general, los resultados muestran que las *Siefore* que expusieron sus inversiones a mayores riesgos, no generaron mayores rendimientos y particularmente para un fondo, la relación *riesgo-rendimiento* fue **completamente nula** y contradice la teoría financiera; por lo tanto, la evidencia empírica permite señalar una operación deficiente en el proceso de inversión y de toma de riesgos por parte de esta *Siefore* que podría afectar el monto de la pensión del trabajador en el largo plazo. Por su parte, los rendimientos estimados de los ocho fondos se compararon contra el Indicador de Rendimiento Neto de la CONSAR y en todos los casos fueron ligeramente **inferiores**. Finalmente, esta investigación considera que el mecanismo de **libre selección de Siefore** implementado en 2017, el cual permite al trabajador elegir el fondo de inversión independientemente de su edad, representa al final un **mayor riesgo** para el trabajador.

Palabras Clave: *Afore*, *Siefore*, riesgo de mercado, rendimientos, Modelos ARIMA-GARCH.

Clasificación JEL: G23, C1

Abstract

The objective of this research was to analyze the *risk-return relation* of eight investment companies specialized in retirement funds (*Siefore*) belonging to the *Siefore Básica 3* (SB3) since its creation in March 2008 to September 2018. The foregoing, with the objective of check whether if the financial postulate of at higher risk, higher performance was met. For this, the econometric methodology of the ARIMA-GARCH Models was used to estimate the returns and the variance as a measure of market risk. In general, the results show that the *Siefore* that exposed their investments to higher risks, did not generated higher returns and particularly for one fund, the *risk-return relation* **was completely null** and contradicts the financial theory, therefore; the empirical evidence allows indicate a deficient operation in the investment process and assumed risks taking by this *Siefore* that could affect the amount of the worker's pension in the long term. On the other hand, the estimated returns of the eight funds were compared against the Net Income Indicator of the CONSAR and in all cases they **were slightly lower**. Finally, this research considers that the *Siefore free selection* mechanism implemented in 2017, which allows the worker to choose the investment fund that he prefers without considering his age, represents in the end a **greater risk** for the worker.

Keywords: *Afore, Siefore, market risk, returns, ARIMA-GARCH Models.*

JEL Classification: G23, C1

Introducción

A partir de la reforma al sistema de pensiones en julio de 1997, los fondos de pensiones se convirtieron en un tema relevante para la economía mexicana. Dicha reforma estableció un nuevo sistema de contribuciones definidas que reemplazó al sistema tradicional de pensiones basado en un mecanismo de beneficios definidos vigente desde 1943 (Santillán, Martínez y López, 2016).

La principal característica del nuevo sistema fue su administración por empresas privadas a través de cuentas individuales que concentran las aportaciones tripartitas provenientes de trabajadores, empleadores y gobierno (Martínez y Venegas, 2014). Estas cuentas son manejadas por *Administradoras* de fondos de ahorro para el retiro conocidas como *Afores* que invierten los recursos de los trabajadores en fondos de inversión llamados Sociedades de inversión especializadas en fondos para el retiro (*Siefore* o *Sociedades* en adelante) que son reguladas por la Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro. Actualmente, se encuentran en operaciones cinco *Siefore* en México que invierten los recursos de los ahorradores en instrumentos financieros de renta fija y renta variable:

- La *Siefore Básica 0* (SB0 en adelante) invierte los ahorros exclusivamente en instrumentos de renta fija debido a la alta proximidad con la que se dispondrán estos recursos. Específicamente invierte el 100%¹ en deuda emitida o avalada por el Gobierno Federal
- Las *Siefore Básicas 1 y 2* (SB1 y SB2 en adelante) que invierten en instrumentos de mediano y corto plazo (por ejemplo, un bono gubernamental con vencimiento a 5 años) considerando que el retiro está más cercano

¹ La SB0 podrá invertir hasta el 100% del Activo Total en una combinación de: a) depósitos de dinero a la vista denominados en moneda nacional en instituciones de banca múltiple clasificadas con el nivel I de capitalización conforme con lo previsto en la regulación emitida por la CNBV; b) Instrumentos de deuda emitidos o avalados por el Gobierno Federal (GF) con vencimiento menor o igual a 1 año; c) hasta el 25% del Activo Neto (AN) en instrumentos emitidos o avalados por el GF con tasa revisable con vencimiento mayor a un 1 año; d) hasta el 25% del AN en instrumentos emitidos por el IPAB con tasa revisable con vencimiento mayor a un 1 año, y d) operaciones de reporto y préstamo de valores con vencimiento igual o inferior a un año (CONSAR,2019).

- Finalmente. las *Siefore Básicas 3 y 4* (SB3 y SB4 en adelante) invierten en instrumentos financieros (por ejemplo, un bono gubernamental con vencimiento a 30 años) y proyectos productivos de larga maduración (por ejemplo, una carretera) considerando que el trabajador no se retirará sino hasta dentro de 2 o 3 décadas (e-SAR, 2018)

De acuerdo con la Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro (la CONSAR o la *Comisión* en adelante) las *Siefore* invierten el dinero de los ahorradores con el fin de obtener los mayores rendimientos posibles bajo estrictas medidas prudenciales y de supervisión. Los ahorros se destinan a comprar instrumentos financieros cuyos rendimientos dependen de los movimientos de los precios de los activos que conforman los portafolios de inversión de las *Sociedades* (Martínez y Venegas, 2014). Es importante mencionar que los rendimientos pueden incorporar también el pago de intereses, así como los dividendos.

En la práctica, el objetivo principal de los individuos o instituciones que gestionan fondos es obtener rendimientos buscando incrementar el *alfa* (α) del activo financiero y minimizando los riesgos a través de la diversificación para obtener un buen *asset picking*. Adicionalmente, los inversionistas operan con aversión al riesgo, es decir, sólo están dispuestos a asumir un mayor riesgo si tienen la probabilidad de ser compensados con mayores rendimientos. Lo anterior es un postulado de las inversiones establecido por el economista estadounidense *Harry Markowitz* quien en 1952 identificó por primera vez la relación entre el riesgo y rendimiento señalando que, para aceptar niveles mayores de riesgo, cualquier inversor exigirá rendimientos superiores. Al considerar el riesgo como uno de los principales factores al momento de realizar una inversión, debido al cambio constante y a la incertidumbre que existe en la economía nacional e internacional, la forma en que las *Siefore* administran los fondos se convierte en un tema relevante debido a la volatilidad de los activos financieros que componen sus portafolios (Romero, 2016).

Pregunta de investigación

Analizando el funcionamiento del actual sistema de pensiones, es claro que su operación se basa específicamente en dos principios financieros: i) la relación *riesgo-rendimiento* y ii) la *diversificación* de los portafolios de inversión; por lo tanto los fondos de pensiones deberían obtener los rendimientos más altos posibles (por encima de la inflación general) si es que son invertidos en instrumentos de alto riesgo, de no ser así, se estaría asumiendo un riesgo innecesario que afectaría los ahorros (Lizardi, 2015), pues al final los recursos invertidos representan el dinero que el trabajador espera obtener como pensión, la cual puede o no significar una cierta estabilidad financiera al término de su vida laboral. En línea con lo anterior, Banda y Gómez (2009) señalan que la evaluación de la gestión de los fondos de pensiones cobra importancia debido a que el desempeño financiero de éstos, condiciona el bienestar presente y futuro de sus afiliados. Bajo el contexto anterior, es importante analizar los rendimientos reales que han generado las *Sociedades* con el fin de conocer si efectivamente el riesgo de mercado ha sido compensado por los rendimientos obtenidos; sobre todo en aquellas inversiones que tienen mayor riesgo por incluir en sus portafolios instrumentos de renta variable, como es el caso de la SB3. Así, la **pregunta de investigación** que se plantea es este trabajo es la siguiente: ¿Cuál fue el rendimiento de las *Siefores* que conformaron la *Siefore Básica 3*, en función del riesgo de mercado entre 2008 y 2018?

La elección de la SB3 no fue arbitraria, esta ha sido la única *Sociedad* que ha operado de manera continua desde que inició operaciones en 2008. Todas las demás *Siefore* fueron absorbidas, divididas o fusionadas y adquirieron fondos que estaban cotizando bajo otro régimen (dichos movimientos se explican a detalle en el Capítulo II) por lo que la transición provocó una combinación de recursos y de rendimientos que dificulta un análisis cuantitativo más objetivo a largo plazo. Lo anterior justificó la elección de la SB3 como fondo de estudio.

Hipótesis

Por su parte, la hipótesis que da respuesta a la pregunta de investigación es la siguiente: La relación *riesgo-rendimiento* no se cumple para las *Siefores* que conformaron la *Siefore Básica 3* porque las inversiones con mayor riesgo de mercado, no generaron mayores rendimientos en el período de estudio, lo que podría afectar el monto de las pensiones de los trabajadores y evidenciar un trabajo deficiente de la *Sociedades*. Los datos analizados para contrastar la hipótesis propuesta corresponden a los precios de cierre diarios registrados en la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) de las *Siefore*. El periodo de estudio comprendió de marzo de 2008 (inició de operación de la SB3) al cierre de septiembre de 2018

Objetivo

El objetivo principal de esta investigación fue:

- Analizar la relación *riesgo - rendimiento* de las *Siefores* que conformaron la *Siefore Básica 3*, calculando el rendimiento y el riesgo de mercado de sus inversiones de 2008 a 2018. Como complemento a esta investigación, se presenta un análisis comparativo entre los rendimientos obtenidos y el Indicador de Rendimiento Neto (IRN) de la SB3 que publica la CONSAR.

Metodología

Para el desarrollo de este trabajo se realizó una **investigación documental** para recabar información sobre los principales estudios que han analizado el tema de *riesgo y rendimiento* de las *Siefore* en México. Además, se obtuvo información estadística financiera de los informes de la CONSAR con el propósito de mostrar la importancia de los recursos acumulados y los rendimientos reales que han generado las *Sociedades*. De igual manera, se efectuó un **estudio descriptivo-explicativo** para especificar los conceptos de *Afore*, *Siefore*, riesgo, rendimiento y volatilidad, entre otros. También se explicó cómo está integrado el Sistema de Ahorro para el Retiro en México (o SAR en adelante), en qué consiste el proceso de la inversión y el nuevo mecanismo de *libre selección* de *Afore* (o *Administradoras en adelante*).

Se considera una **investigación cuantitativa** ya que se llevó a cabo un análisis econométrico basado en modelos probabilísticos para determinar dos variables: los *rendimientos* de los fondos y *el riesgo de mercado* (medido a través de la varianza). Para tal fin se utilizó la metodología econométrica del Modelo Autorregresivo Integrado y de Promedios Móviles o ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*, por sus siglas en inglés) conocido también como metodología *Box-Jenkins* y el Modelo Condicional Autorregresivo Generalizado con Heteroscedasticidad o GARCH (*Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*, por sus siglas en inglés).

Este estudio utilizó el **método deductivo** comenzando con el panorama general del SAR en México, la creación, evolución y fusión de las *Siefore Básicas*, su participación en el Sistema Financiero Mexicano (SFM), sus regímenes de inversión, hasta llegar al análisis de los rendimientos reales que generaron los fondos. Asimismo, el uso del método inductivo permitió determinar la muestra particular de *Siefore* a analizar (no todas cotizaron sin interrupción durante el periodo de estudio). Con base en la información de los precios de cierre diario de la *Siefore* se conoció cuáles cotizaron de manera constante de 2008 a 2018 para determinar la muestra definitiva sujeta al análisis econométrico. El **método histórico** se utilizó para presentar información histórica sobre el sistema de pensiones en México y específicamente la transición al nuevo sistema de contribución definida (llamado también *Generación Afore*) establecido a partir de 1997. En el **método exegético** se revisó la legislación aplicable al SAR, la cual se fundamenta de inicio en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) y específicamente en la Ley de los Sistemas del Ahorro para el Retiro (LSAR). Adicionalmente, se revisaron las disposiciones sobre el régimen de inversión de las *Siefore* establecidas por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y la CONSAR.

Por su parte, el **método comparativo** permitió conocer el desempeño de los rendimientos de las *Sociedades* en comparación a las mismas. De igual manera se permitió comparar los niveles de riesgo en sus inversiones. Estas comparaciones

permitieron definir la(s) *Siefore*(s) con la mejor relación *riesgo-rendimiento*. Además, los rendimientos obtenidos en esta investigación se compararon contra el IRN de la SB3 que presenta la CONSAR para verificar en que medida coincidían o no. El **método sintético** resumió los hallazgos y aportaciones de las investigaciones previas relacionadas con el tema de estudio, así como los resultados del estudio econométrico propuesto.

La estructura del trabajo es la siguiente: el primer Capítulo presenta los estudios previos relacionados con este trabajo y plantea el problema de investigación que se basa específicamente en la **tendencia decreciente** de los rendimientos reales de las *Siefore* en los 10 últimos años. En el Capítulo II se desarrolla el Marco Teórico fundamentado en la Teoría de la Cartera de *Markowitz*. El Capítulo III explica el panorama general del SAR en México. La explicación de los Modelos ARIMA-GARCH se presenta en el Capítulo IV y el ejercicio econométrico aplicado a la SB3 en el Capítulo V. Finalmente, las conclusiones se presentan en la última sección.

Alcance

El alcance de este estudio se limitó únicamente a comprobar la relación directa entre dos variables cuantitativas: *rendimiento* y *riesgo de mercado* de las *Siefore Básicas* sin considerar las *Siefore Básicas Adicionales*, las cuales son sociedades de inversión que únicamente invierten las aportaciones voluntarias del trabajador (no participa la aportación del empleador ni del Gobierno) y operan como un fondo de inversión tradicional, por lo tanto, escapan del alcance de este trabajo.

El estudio tampoco consideró otros tipos de riesgos financieros, variables macroeconómicas, microeconómicas ni aspectos demográficos ni políticos que pudieran afectar el sistema de pensiones en México. La comparación entre los rendimientos estimados y los publicados por la CONSAR es únicamente con el fin de observar si existe o no coincidencia en términos de valores. Dicha comparativa, así como todos los resultados hallados en esta investigación no pretenden funcionar como una guía para la selección de una *Afore* óptima para el ahorrador, tampoco

buscan generar ninguna tendencia económica ni política al respecto. Tomando en cuenta que la información utilizada para la estimación de los cálculos es ofrecida por la *Comisión* para el acceso público y que se contó con la disponibilidad del software econométrico, se consideró que no existían limitantes para la realización de este trabajo.

CAPITULO I. ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

I.1 Principales estudios sobre el *riesgo y rendimiento* de las Sociedades de inversión especializadas en fondos para el retiro (*Siefore*).

En la investigación de Banda y Gómez (2009), se analiza el desempeño de la SB2 utilizando los índices de *Sharpe*, *Treynor* y *Jensen* para la evaluación de portafolios de inversión de 2000 a 2009, con el fin de determinar cuál *Afore* obtuvo un desempeño óptimo. Con la aplicación de los índices mencionados se observó que una escasa relación entre los rendimientos del mercado y los rendimientos de las *Afores*. Por su parte, sólo una *Afore* obtuvo un rendimiento por encima del rendimiento del activo libre de riesgo que fueron los Certificados de la Tesorería de la Federación (CETES) a 28 días y ninguna sobrepasó el rendimiento del mercado (medido a través del Índice de Precios y Cotizaciones) en el periodo analizado. La investigación señala que no fue posible concluir cual *Administradora* fue la mejor ya que el ajuste de la rentabilidad con respecto al riesgo difirió en los índices utilizados. Por último, se indica que el estudio puede ser enriquecido mediante el análisis de las *Siefore Básicas* 3, 4 y 5.

Por su parte, el artículo de Banda, González y Gómez (2014) se hace una aplicación de la Teoría de la Cartera a las *Siefore* para que los trabajadores puedan utilizar la metodología propuesta por *Markowitz* para crear un portafolio personalizado con una combinación óptima de los recursos a invertir. El periodo de estudio comprendió de marzo de 2009 a mayo de 2012 para las cinco *Siefores Básicas* y las inversiones se realizaron en instrumentos de renta fija y variable. Los resultados mostraron la existencia de una frontera eficiente derivada de la combinación de los diferentes activos. El índice de *Treynor* mostró que el portafolio "A" obtuvo mejor desempeño que el portafolio "B". El índice de *Sharpe* encontró que el portafolio "A" obtuvo un rendimiento superior al 94% respecto al activo libre de riesgo (CETES a 28 días) y para el portafolio "B" el rendimiento fue del 29%. Además, se calculó el valor en

riesgo o *VaR* (*Value at Risk*, por sus siglas en inglés) y el resultado para dichos portafolios fue consistente con la teoría.

La propuesta de la investigación anterior representa una opción para la conformación de un portafolio que genera rendimientos óptimos y por ende incrementa el monto de la pensión del ahorrador; sin embargo, la actual legislación del SAR en México no permite a los ahorradores combinar activos para conformar portafolios, por lo tanto, se dificulta emplear en la práctica la metodología propuesta por los autores. Si en el futuro la regulación de los fondos de pensiones permite una libre combinación de activos para una adecuada selección, los trabajadores deberían de contar con conocimientos más allá de los básicos sobre la operación, el riesgo y la inversión de los productos financieros para poder seleccionar la ponderación más acorde a su perfil.

En el estudio de Martínez y Venegas (2014) se realiza un análisis comparativo del riesgo de mercado de la SB1 y SB2. Se construyó un índice con los precios de cierre diarios (de 1997 a 2010 para las SB1 y de 2004 a 2010 para la SB2) que fue modelado con procesos ARIMA-GARCH y varias de sus extensiones con el fin de examinar el comportamiento de los rendimientos y la volatilidad. Uno de los resultados relevantes fue que los rendimientos obtenidos por estas *Sociedades*, no fueron suficientes para compensar el riesgo adicional asumido por los fondos de pensiones que incluyeron componentes de renta variable. Cabe mencionar, que el periodo de análisis de la investigación anterior incluyó el año 2008 que fue de alta volatilidad para los mercados financieros nacionales e internacionales; sin embargo, al ser un periodo relativamente corto, los resultados de este estudio no son concluyentes.

Siguiendo con Martínez y Venegas (2014), mencionan que la forma en la que actualmente están contruidos los fondos de inversión, difícilmente podrían estar exentos de sufrir repercusiones de futuras crisis financieras. Haciendo énfasis en la crisis financiera 2008-2009, dichos autores señalan que la magnitud de la misma provocó una disminución considerable en el valor de los fondos acumulados y para

los trabajadores más jóvenes, los efectos negativos de la crisis parecen no ser tan relevantes ya que, al iniciar su vida laboral, se encuentran en la etapa de acumulación y tienen muchos años por delante para salvar la contingencia (siempre y cuando las crisis no continúen repitiéndose). Sin embargo, las consecuencias de la crisis cuando los trabajadores están a punto de jubilarse tienen resultados muy diferentes en los niveles de bienestar de los mismos; por dichas razones se considera esencial el análisis del riesgo en la evaluación de los sistemas de pensiones. Aunado a lo anterior, la volatilidad ha provocado la pérdida de parte de los ahorros de los trabajadores por lo que de continuar presentándose situaciones de alta volatilidad y de mantenerse la actual estructura de inversión de las *Siefore*, difícilmente los rendimientos reales podrán compensar el riesgo adicional que asumen al incluir instrumentos de alto riesgo en los fondos de pensión. Lo anterior, se presenta a manera de comentarios en materia de política de inversión por parte de los autores, sobre la forma en que se está midiendo y administrando el riesgo de mercado en las *Sociedades*.

Otra investigación importante es la de Herrera (2015), quien presenta una estrategia utilizando opciones financieras (*Call*² y *Put*³) para administrar el binomio *riesgo-rendimiento* de la SB4, (de diciembre de 2012 a diciembre de 2014) utilizando los índices de *Sharpe*, *Treynor* y *Jensen*. Se determinó que a través de la utilización de opciones financieras es posible administrar el binomio garantizando el capital de la inversión, no obstante, se consideró que se puede diseñar otra estrategia que logre obtener el riesgo más bajo con un rendimiento competitivo.

Específicamente, la estrategia de Herrera (2015) fue un ejemplo de aplicación de ingeniería financiera, la cual se define como la utilización de instrumentos financieros para reestructurar un perfil financiero existente y obtener otro con propiedades más

² Una Opción *Call* es un contrato que da a su comprador el derecho, pero no la obligación, a comprar un activo subyacente a un precio de ejercicio, en una fecha de vencimiento (Opción Europea) o en cualquier momento entre el inicio del contrato y la fecha de vencimiento (Opción Americana). El vendedor de la Opción *Call* tiene la obligación de vender el activo en el caso de que el comprador ejerza el derecho a comprar (MexDer,2018).

³ Una Opción *Put* da a su comprador el derecho, pero no la obligación, a vender un activo a un precio de ejercicio, en o antes de una fecha de vencimiento. El vendedor de la Opción *Put* tiene la obligación de comprar el activo en caso que el comprador de la Opción ejerza el derecho a vender el activo (MexDer,2018).

deseables (Galitz, 1994). Las aplicaciones de la ingeniería financiera se resumen en cuatro aspectos básicos: cobertura, especulación, arbitraje, estructuración y la mayoría de las operaciones se realizan para cubrir riesgos financieros con base en cuatro instrumentos financieros derivados: *forwards*, futuros, *swaps* y opciones (Morales, Téllez, e Higuera, 2005). De esta manera, el estudio de Herrera (2015) consistió en la construcción de un portafolio con CETES y opciones cuyo activo subyacente fue la acción de *América Móvil*, donde al total de la inversión se le restó la tasa esperada de CETES y de esta diferencia se invirtió la mitad en *Calls* y la otra en *Puts*; sin embargo (Gómez, 2016) señaló que la estrategia propuesta anteriormente no fue la más óptima

El artículo de Santillán, Martínez y López (2016) presenta un estudio econométrico para analizar los rendimientos y la volatilidad de las cinco *Siefore Básicas* (SB1 de 1997 a 2012, SB2 de 2004 a 2012 y las SB3, SB4 y SB5 de 2008 a 2012) con el fin de determinar la presencia de efectos de *memoria de largo plazo*⁴. Para ello se plantearon dos hipótesis: a) “*es posible modelar los rendimientos de las Sociedades sin tomar en cuenta la memoria de largo plazo*”; y b) “*es posible modelar las volatilidades de las Sociedades sin tomar en cuenta la memoria de largo plazo*”. Ambas hipótesis son rechazadas a partir de los resultados del análisis econométrico, pues se encontró evidencia de que tanto en los rendimientos como en la volatilidad están presentes efectos de memoria larga; es decir, estos indicadores están auto correlacionados con sus propios valores en periodos del pasado lejano y no responden sólo a un comportamiento con memoria de corto plazo.

Continuando con Santillán, Martínez y López (2016) una de las principales implicaciones de la presencia de efectos de memoria de largo plazo, es que dicho comportamiento no es congruente con un proceso de movimiento geométrico browniano gaussiano (caso típico en que se basa parte de la teoría financiera

⁴ El concepto de *memoria de largo plazo* en una serie de datos financieros se refiere a la persistencia de las innovaciones durante periodos mucho más largos que los correspondientes a las series típicas (Santillán, Martínez y López, 2016).

convencional) sino que corresponde a un proceso descrito por un movimiento browniano fraccionario. Este fenómeno de dependencia de largo plazo en los rendimientos no es congruente con el funcionamiento conceptual de un mercado financiero eficiente, en el cual los rendimientos actuales no son afectados por aquellos observados en fechas lejanas en el pasado.

Finalmente, en el trabajo de Romero (2016) se analiza el *riesgo-rendimiento* de los portafolios de la SB4 y SB5 entre 2008 y 2012. Utilizando los índices de *Sharpe* y *Treynor* se llegó a la conclusión de que el desempeño que tuvieron las *Administradoras* fue eficiente ya que el rendimiento que se generó estuvo en proporción al riesgo asumido. No obstante, el autor menciona que el portafolio de las *Siefore* se comparó contra el del Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) y este portafolio no es completamente equiparable con el de las *Siefore*, pero fue utilizado ya que no se encontró uno que midiera completamente los fondos de pensiones. Por último, en la investigación se calculó el *VaR* para estimar la pérdida máxima del portafolio bajo el supuesto de normalidad, pero en la práctica los rendimientos de las series financieras no siguen dicha distribución. La siguiente Tabla muestra un resumen de las investigaciones de las que se ha hecho mención:

Tabla 1. Principales estudios realizados sobre el *riesgo* y *rendimiento*

Autor (es)	Título de la investigación	Objetivo	Metodología	Resultados
Banda, H. y Gómez, D. (2009).	Evaluación de un portafolio de inversión institucional: el caso de los fondos de pensiones en México.	Evaluar los portafolios de inversión de la SB2 de 2000 a 2009.	Índices de <i>Sharpe</i> , <i>Treynor</i> y <i>Jensen</i>	Escasa relación entre rendimientos del mercado y rendimientos de las <i>Administradoras</i> . Sólo una <i>Afore</i> obtuvo un rendimiento por encima del rendimiento del activo libre de riesgo y ninguna sobrepasó el rendimiento del mercado. No fue posible concluir cual <i>Afore</i> fue la mejor.
Banda, H., González, L. y Gómez, D (2014).	<i>One approach to portfolio theory in Siefors in Mexico.</i>	Aplicar la Teoría del Portafolio de <i>Markowitz</i> para crear un portafolio personalizado con la combinación más óptima de recursos a invertir. Periodo de estudio comprendió de marzo de 2009 a mayo de 2012 para las cinco <i>Siefors</i> Básicas.	Índices de <i>Sharpe</i> , <i>Treynor</i> y metodología <i>VaR</i> .	Una frontera eficiente de la combinación de las <i>Siefore</i> . El <i>VaR</i> y su resultado para dichos portafolios fue consistente con la teoría.
Martínez, M. y Venegas, F. (2014).	Análisis del riesgo de mercado de los fondos de pensión en México. Un enfoque con modelos autorregresivos.	Comparar el riesgo de mercado de la SB1 (de 1997 a 2010) y la SB2 (2004 a 2010).	Construcción de un índice con los precios de cierre diarios de las sociedades que fue modelado con procesos <i>ARIMA-GARCH</i> .	Los rendimientos no fueron suficientes para compensar el riesgo adicional asumido por los fondos de pensiones que incluyeron componentes de renta variable.
Herrera, F. (2015).	Riesgo y rendimiento de la SB4 en México: Una estrategia de administración de riesgos.	Analizar el <i>riesgo-rendimiento</i> de la SB4 de 2012 a 2014.	Opciones financieras <i>Call</i> y <i>Put</i> e índices de <i>Sharpe</i> , <i>Treynor</i> y <i>Jensen</i> .	Fue posible administrar el binomio garantizando el capital de la inversión, sin embargo, se consideró que se puede diseñar otra estrategia que logre obtener el riesgo más bajo con un rendimiento competitivo.

Autor (es)	Título de la investigación	Objetivo	Metodología	Resultados
Santillán, R.; Martínez, M. y López, F. (2016).	Análisis econométrico del riesgo y rendimiento de las <i>Siefore</i> .	Analizar los rendimientos y la volatilidad de las cinco <i>Siefore</i> Básicas (SB1 de 1997 a 2012, SB2 de 2004 a 2012 y las SB3, SB4 y SB5 de 2008 a 2012) para determinar la presencia de efectos de memoria de largo plazo.	Modelos <i>ARFIMA-FIGARCH</i>	En los rendimientos como en la volatilidad están presentes efectos de memoria larga. Las variables están autocorrelacionadas con sus propios valores en periodos del pasado y no responden a un comportamiento con memoria de corto plazo.
Romero, G. (2016).	Los sistemas de pensión en México: análisis del <i>riesgo-rendimiento</i> de los portafolios de las <i>Siefore</i> 2008-2012.	Analizar el <i>riesgo-rendimiento</i> de las SB4 y SB5 entre 2008 y 2012. Estimar la pérdida máxima de los portafolios.	Índice de <i>Sharpe</i> y <i>Treynor</i> y <i>VaR</i>	El rendimiento que se generó estuvo en proporción al riesgo asumido; sin embargo, el portafolio de las <i>Siefore</i> se comparó contra el IPC y este portafolio no es completamente equiparable con el de las <i>Siefore</i> . El cálculo del <i>VaR</i> fue de forma convencional (supuesto de normalidad).

Fuente: elaboración propia con base en los autores mencionados.

Las investigaciones presentadas evidencian la importancia de la probable inadecuada gestión de los fondos de pensiones en México, lo que denota la necesidad de un mayor conocimiento sobre la generación de rendimientos por parte de las sociedades de inversión y sobre el riesgo al que se exponen las inversiones. Cabe mencionar que ninguno de los estudios presentados analiza la SB0, esto puede justificarse ya que dicho fondo no contiene elementos de renta variable y se compone al 100% de inversiones en deuda gubernamental de corto plazo (la cual es considerada como de bajo riesgo), por lo que un análisis sobre el riesgo de mercado quizá no sería tan trascendente. Otro punto importante es que sólo dos trabajos analizaron la SB3. Santillán, Martínez y López (2016) la analizaron en un periodo de 4 años (2008 a 2012) y con el propósito de señalar que en los rendimientos están presentes efectos de *memoria de largo plazo*. Por su parte Banda, González y Gómez, (2014) la analizaron por 3 años (2009-2012) para crear

un portafolio personalizado con la combinación más óptima de recursos a invertir. Bajo el contexto anterior, la propuesta de esta investigación pretende enriquecer el análisis de los rendimientos y el riesgo de mercado de la SB3 desde su creación en 2008 a 2018. De este modo se estaría considerando los efectos de memoria de largo plazo en los rendimientos y la aportación de este trabajo consistiría en estimar el riesgo de mercado para conocer si en verdad es compensando por los rendimientos obtenidos durante los 10 años que ha operado dicho fondo.

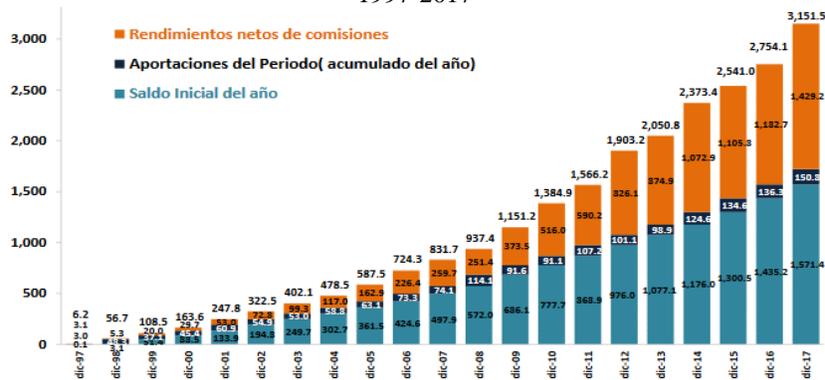
Es importante reiterar que después de analizar la creación de todas las *Siefore Básicas*, la única que ha operado de manera continua desde su creación hasta 2018 es la SB3. Lo anterior representa una justificación para estudiar su comportamiento. Las demás *Sociedades* fueron absorbidas, divididas o fusionadas provocando una combinación de recursos y rendimientos entre sociedades de otro régimen. Definiendo entonces la SB3 como el fondo a analizar, a continuación, se presenta información estadística-financiera con el propósito de mostrar la relevancia que tienen en el SAR, uno de los temas centrales de este trabajo que son los **rendimientos**, así como el nuevo esquema de la *libre selección* de *Siefore*⁵

I.II Los recursos acumulados por las *Siefore* y la importancia de sus rendimientos.

De manera general, si se estiman los recursos que ha captado el sistema de pensiones en pesos mexicanos en los últimos 20 años, es claro que se han incrementado año con año alcanzando la cantidad de 3.1 billones de pesos a diciembre de 2017 (véase Grafica 1). De acuerdo con la CONSAR (2017) esta cifra representa el 14.7% del Producto Interno Bruto (PIB).

⁵ A partir del 31 de enero de 2017, la CONSAR permite al ahorrador elegir la *Siefore Básica* de su preferencia, independientemente de la que le corresponda por edad (CONSAR,2017b).

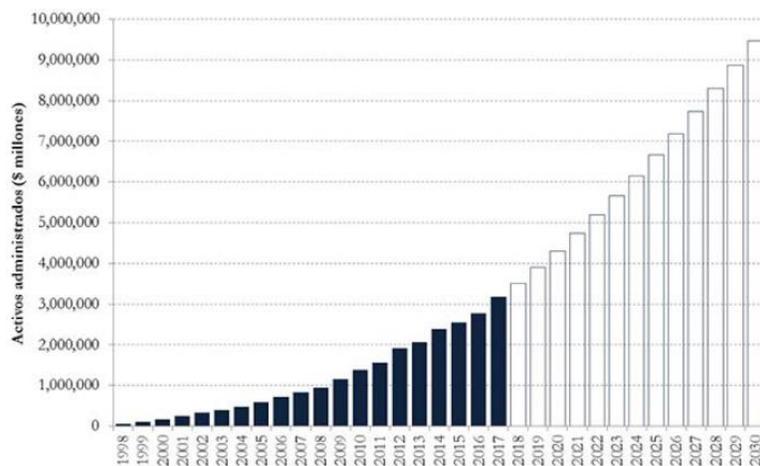
Gráfica 1. Aportaciones y rendimientos en el Sistema de Ahorro para el Retiro
-Activos netos en millones de pesos-
1997-2017



Fuente: CONSAR, (2017) *Informe anual de labores 2017*. Recuperado de:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/393436/2017_Informe_Anual_de_Labores_2017.pdf

Según la CONSAR (2018), de mantenerse los niveles de ahorro individuales actuales se estima que para 2030, los activos gestionados por las *Afore* superen los 9 billones de pesos, representando aproximadamente el 25% del PIB.

Gráfica 2. Crecimiento previsto de los activos administrados por el SAR a 2030



Fuente: CONSAR, (2018) *Diagnóstico del SAR en México: Funcionamiento, beneficios y retos*. Recuperado de:
<https://www.gob.mx/consar/documentos/diagnostico-del-sistema-de-ahorro-para-el-retiro-en-mexico-funcionamiento-beneficios-y-retos?idiom=es>

Ahora bien, la distribución de los 3.1 billones de pesos acumulados se puede apreciar a detalle por *Afore* y *Siefore* en la Tabla 2. Es notoria la participación de

cuatro Afores (XXI-Banorte, Banamex, Sura y Profuturo) que en conjunto representan el 69% del total de los recursos. Respecto a las Sociedades, la dos con mayor participación fueron la SB2 con un 36.99% y la SB3 (fondo a analizar en esta investigación) con un 30.55% de la participación total del sistema.

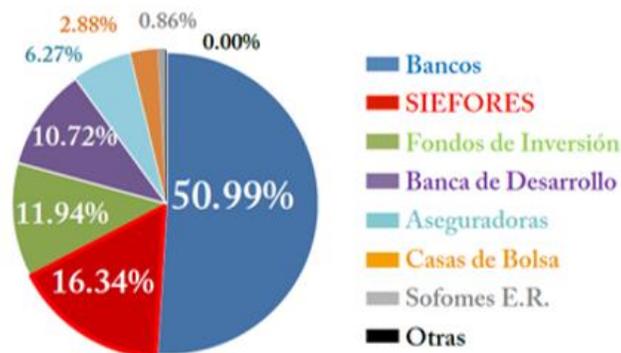
Tabla 2. Activos netos por Afore y Siefore en millones de pesos al cierre de 2017

AFORE	SB de Pensiones	SB1 (60 años y mayores)	SB2 (46 a 59 años)	SB3 (37 a 45 años)	SB4 (36 años y menores)	Siefores Adicionales	TOTAL
XXI-Banorte	12,823.39	26,969.34	293,827.19	200,507.78	136,653.12	59,121.21	729,902.03
Banamex	8,086.36	13,797.41	179,377.92	178,457.23	185,916.58	574.39	566,209.90
SURA	7,735.52	12,109.41	180,145.73	157,387.19	106,949.52	2,090.47	466,417.84
Profuturo	10,985.15	14,878.81	178,953.28	156,245.93	72,269.69	5,721.51	439,054.36
PensionISSSTE	21,203.02	19,060.17	62,967.43	34,780.19	50,615.42	-	188,626.23
Invercap	2,226.41	3,645.88	64,355.57	65,224.88	45,502.26	-	180,954.99
Coppel	1,800.62	1,442.66	34,072.87	43,935.54	96,508.12	-	177,759.81
Principal	3,555.16	6,773.90	66,131.82	50,894.14	30,331.24	-	157,686.26
Inbursa	1,208.77	5,074.12	58,089.65	34,333.71	15,767.17	-	114,473.43
MetLife	1,636.89	2,933.56	31,969.73	22,730.42	12,649.11	453.97	72,373.67
Azteca	766.31	777.00	15,708.00	18,287.57	22,492.49	-	58,031.38
Sistema	72,027.60	107,462.26	1,165,599.19	962,784.58	775,654.73	67,961.55	3,151,489.90
%Total	2.29%	3.41%	36.99%	30.55%	24.61%	2.16%	100.00%

Fuente: CONSAR, (2017). *Informe anual de labores 2017*. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/393436/2017_Informe_Anual_de_Labores_2017.pdf

Sobre la participación que tienen las Siefore (en conjunto) en el SFM, destaca la segunda posición que ocupan con más del 16%. Es notorio la posición que ocupa la banca múltiple con una participación de la mitad de la participación medida a través de los activos totales como lo muestra la siguiente Gráfica.

Gráfica 3. Participación de las Siefore en el Sistema Financiero Mexicano



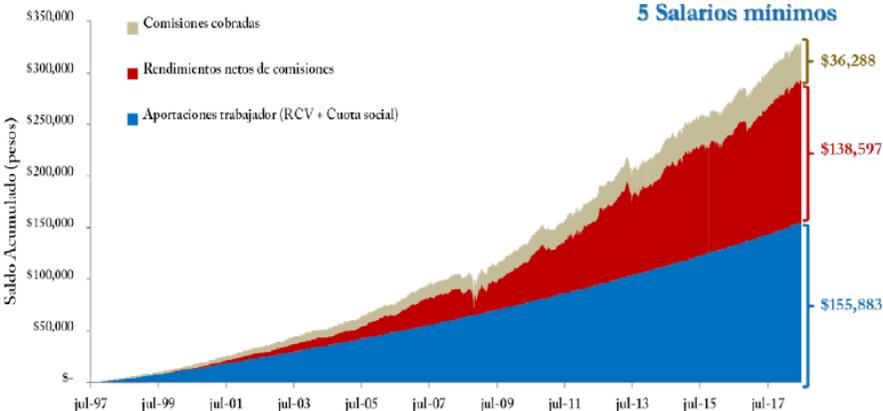
Nota: Bancos medidos en activos totales, el resto medidos en activos netos.

Fuente: CONSAR, (2017). *Radiografía del sistema de pensiones a 20 años de su creación*. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/241559/Radiograf_sistema_20an_os.pdf

Más allá del ahorro acumulado, un punto relevante es el comportamiento que han tenido los rendimientos representados por las barras naranjas de la Gráfica 1, pues de los 3.1 billones de pesos, 1.4 billones corresponden a los rendimientos generados por las distintas inversiones realizadas en los 20 años de operación del sistema. De esta manera, los rendimientos equivalen al 45% del total de los recursos del sistema, de ahí su importancia como objeto de estudio.

De manera individual, si se ejemplifica los recursos obtenidos por un trabajador con un ingreso de 5 salarios mínimos⁶, habría acumulado una cantidad aproximada de \$294,480 del ahorro total (aportaciones más intereses, menos comisiones) entre 1997 y 2018, de los cuales, \$138,597 equivaldrían a los rendimientos obtenidos señalados en la franja roja de la Gráfica 4. En términos porcentuales los rendimientos por si solos, representan aproximadamente el 47% de su ahorro total.

Gráfica 4. Saldo acumulado de un trabajador con 5 salarios mínimos
Julio 1997-julio 1998



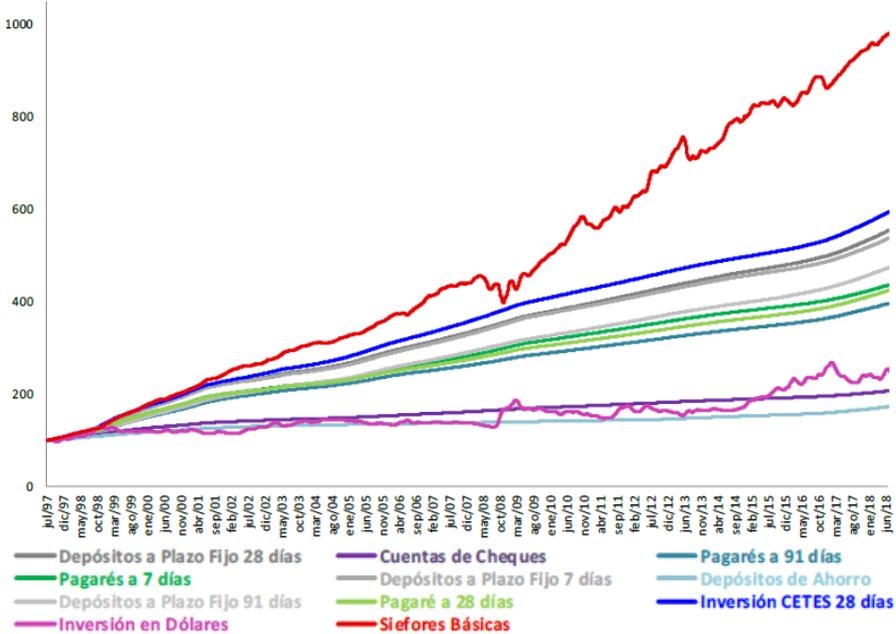
Fuente: CONSAR, (2018). *Diagnóstico del SAR en México: Funcionamiento, beneficios y retos*. Recuperado de:

<https://www.gob.mx/consar/documentos/diagnostico-del-sistema-de-ahorro-para-el-retiro-en-mexico-funcionamiento-beneficios-y-retos?idiom=es>

⁶ Ejercicio realizado por la CONSAR con los siguientes supuestos: densidad de cotización del 100% constante, aportación obligatoria de 6.5%, sin ahorro voluntario, rendimientos netos de comisión y comisiones observadas en el periodo (precios de Bolsa, SB2), periodo de acumulación de julio de 1997 al 30 de junio de 2018.

De acuerdo con la CONSAR (2018), los rendimientos que se han obtenido a lo largo de 21 años han sido competitivos, pues desde el inicio de operaciones en julio de 1997 y hasta junio de 2018 el rendimiento nominal anual promedio generado por las *Afore* fue de aproximadamente un **11.33%** y en términos reales se ubica en **5.43%**. Como se observa en la Gráfica 5, los rendimientos de las *Afore* se comparan favorablemente respecto de otros instrumentos financieros, siendo los más cercanos la inversión en CETES a 28 días. En 2008 se observa un ligero descenso del rendimiento de las *Administradoras*, pero al año siguiente es notoria la tendencia al alza que retoman y dejan a los demás instrumentos con un crecimiento moderado.

Gráfica 5. Rendimientos de las *Afore* frente a otros instrumentos financieros -julio 1997 a junio 2018-.



Fuente: CONSAR. Vicepresidencia financiera.

Recuperado de:

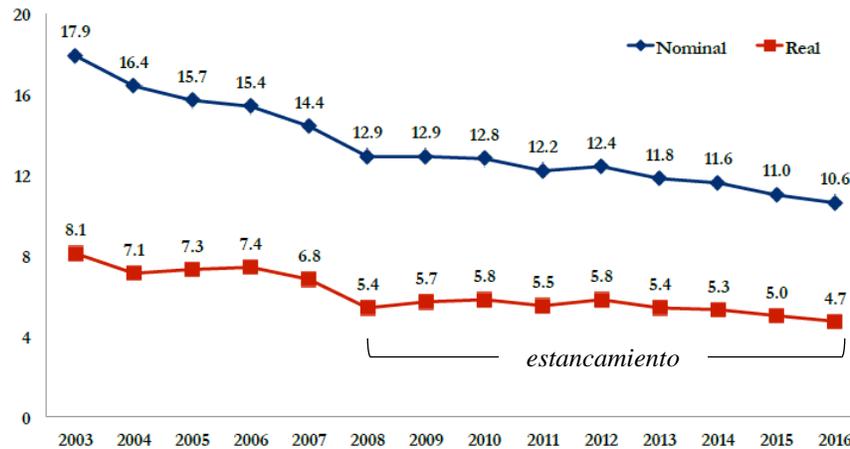
<https://www.gob.mx/consar/documentos/diagnostico-del-sistema-de-ahorro-para-el-retiro-en-mexico-funcionamiento-beneficios-y-retos?idiom=es>

Así, de acuerdo con la *Comisión* el SAR permite a los trabajadores participar en el SFM como inversionistas, obteniendo por sus ahorros uno de los rendimientos más atractivos al compararse con otros instrumentos de inversión.

I.III La tendencia decreciente de los rendimientos reales en los fondos de inversión y el nuevo esquema de la *libre selección de Siefore*.

Al observar los rendimientos históricos nominales generados por el SAR, es notoria la tendencia a la baja que han registrado pasando de un 17.9% en 2003 a un 10.6% en 2016 (véase Grafica 6). Respecto al rendimiento real (que considera el efecto de la inflación) **decreció casi un 50%**, pues en 13 años (2003 a 2016) pasó del 8.1. % a un 4.7%. Otro punto importante es que los rendimientos reales se estancaron entre 2008 y 2016.

Gráfica 6. Rendimientos históricos del SAR: 2003-2016
(Precios de Bolsa en %)



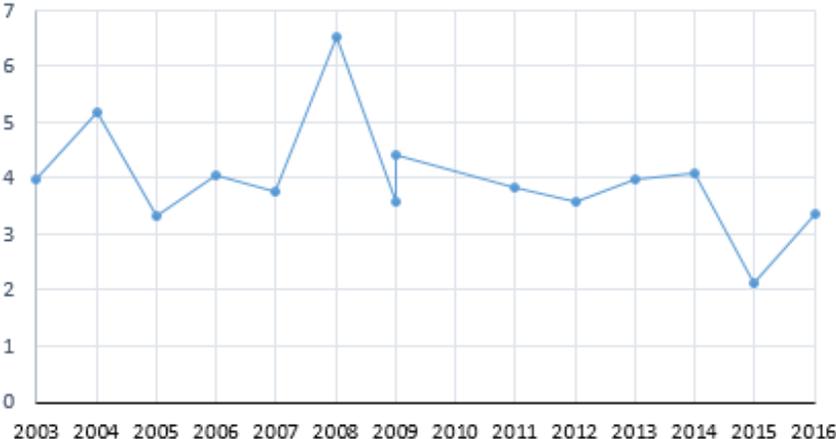
Fuente: CONSAR, (2017). *Radiografía del sistema de pensiones a 20 años de su creación*.
Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/241559/Radiograf_sistema_20an_os.pdf

La tendencia a la baja de los rendimientos reales puede explicarse (entre otros factores) al comportamiento de dos variables:

1. El comportamiento de la inflación general.
2. Las comisiones que cobran las *Administradoras* a los ahorradores por el manejo de sus recursos.

Respecto al primer punto, el efecto que causa la inflación puede reducir los rendimientos nominales de los fondos, pues bajo el supuesto de que cada año la inflación general aumenta se obtendrían rendimientos reales cada vez menores. Sin embargo, al analizar el comportamiento que ha tenido esta variable, se puede observar una ligera tendencia a la baja de 2003 a 2016 (véase Gráfica 7). Lo anterior significa que la inflación no explica la tendencia a la baja de los rendimientos reales.

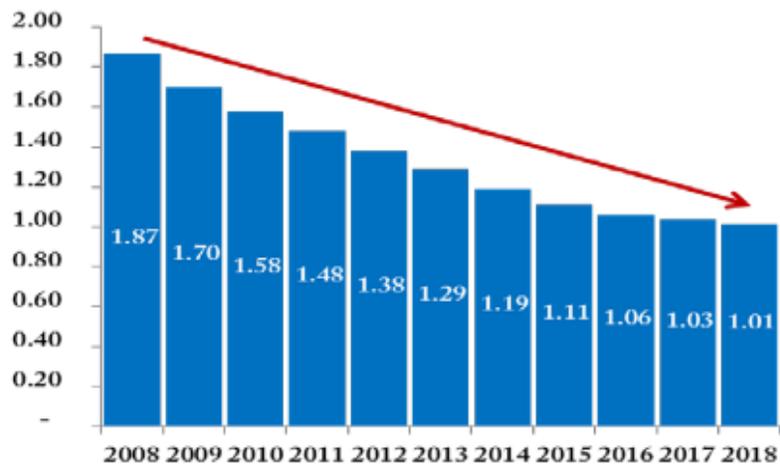
Gráfica 7. Inflación general en México: 2003-2016



Fuente: elaboración propia con datos de Banxico (2018)

El segundo factor que se refiere a la comisión anual que cobran las *Afore* al trabajador por la administración e inversión de sus recursos parece no afectar de manera significativa la caída de los rendimientos, ya que la propia CONSAR señaló que de 2008 a 2018, la **comisión promedio** de la industria se ha reducido 46% y que en 2018 la comisión promedio del SAR es de 1.01%, es decir, de cada 1,000 pesos ahorrados, las *Administradoras* cobran una comisión anual de 10 pesos con 10 centavos (CONSAR, 2018). En la Gráfica 8 se puede apreciar la tendencia a la baja de la comisión promedio del SAR que cada año ha disminuido de manera importante. Por lo tanto, al disminuir las comisiones, se debería obtener un mayor rendimiento; sin embargo, ocurrió lo contrario ya que las comisiones tampoco explican el comportamiento a la baja de los rendimientos reales que quizá tenga que ver con la propia operación interna de las *Siefore*.

Gráfica 8. Comisiones promedio del SAR: 2008-2018



Fuente: CONSAR, (2018). *Diagnóstico del SAR en México: Funcionamiento, beneficios y retos*. Recuperado de:

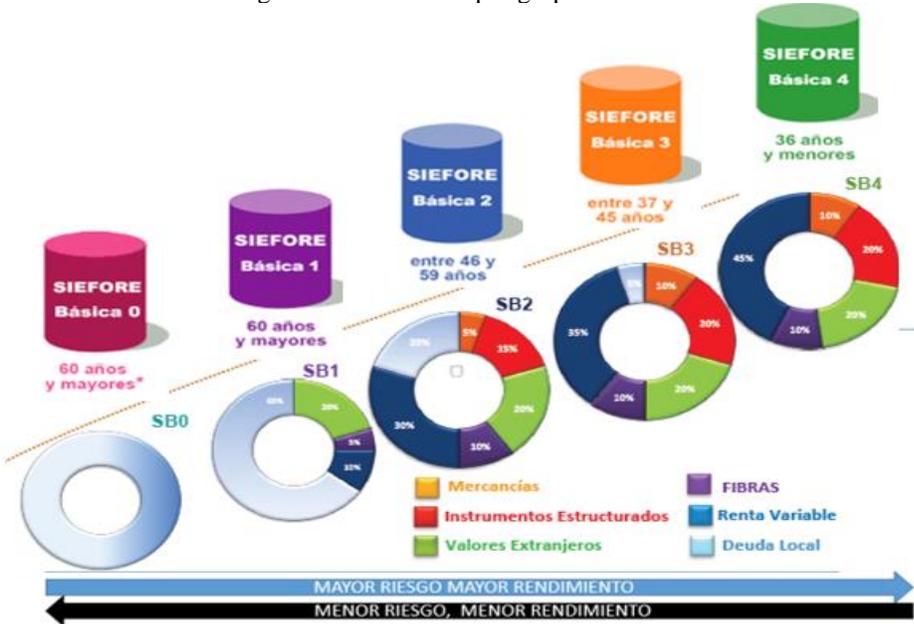
<https://www.gob.mx/consar/documentos/diagnostico-del-sistema-de-ahorro-para-el-retiro-en-mexico-funcionamiento-beneficios-y-retos?idiom=es>

Aunado a lo anterior, a partir de enero de 2017, la *Comisión* instauró el servicio de **libre selección** de *Siefore* como una herramienta a través de la cual el ahorrador podrá transferir el ahorro de su *Afore* a un fondo de inversión sin importar su edad. El cambio o permanencia de *Sociedad* ofrece más libertad para manejar el ahorro de la manera que se considere más apropiada y no necesariamente sujeta a la edad, por ejemplo, se puede decidir que los recursos estén invertidos en la SB4 (que invierte en proyectos productivos de larga maduración) aun a pesar de que por edad le corresponda al trabajador la SB3 (e-SAR, 2018). El cambio de una *Siefore* se podrá realizar cada 3 años de forma gratuita y para los ahorradores que no ejerzan esta nueva opción, su proceso de selección de *Sociedad* seguirá siendo el mismo (de acuerdo a su rango de edad). Como referencia, el procedimiento de cambio de *Siefore* se presenta a detalle en el Anexo II. Así, la CONSAR (2017b) pone esta nueva opción al alcance del trabajador con los siguientes objetivos:

1. Otorga mayor poder de decisión a los trabajadores respecto a su ahorro en la *Afore*, lo que abonará un mayor interés de los trabajadores con respecto a su futura pensión.

- 2. Brinda la posibilidad de alcanzar un **mayor rendimiento** a los ahorradores (a cambio de un mayor nivel de riesgo).
- 3. Incentiva mayor competencia entre las *Afore*.
- 4. Flexibiliza el régimen de inversión al permitir que un trabajador, en caso de desearlo, pueda tener una mayor exposición de los distintos tipos de activos y conservarla hasta la edad del retiro. Como se mencionó, actualmente existen cinco *Siefore*, cada una con reglas de inversión distintas y su selección ocurre de manera automática de acuerdo a la edad de cada trabajador como se presenta en la siguiente Figura:

Figura 1. Multifondos por grupo de edad



Fuente: CONSAR, (2017). *Radiografía del sistema de pensiones a 20 años de su creación*. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/241559/Radiograf_sistema_20an_os.pdf

Las SB0 y SB1 son para personas de 60 años y mayores, la SB2 para personas entre 46 y 59 años, la SB3 para personas entre 37 y 45 años y la SB4 para personas de 36 años y menores. Las reglas de inversión de cada fondo van cambiando conforme los ahorradores se encuentran más cerca del retiro: entre más joven, mayor exposición a instrumentos de inversión de largo plazo con mayor rendimiento con un mayor grado de riesgo, mientras las personas más cercanas al retiro tienen su ahorro invertido en modalidades de corto plazo con un menor nivel de riesgo y por lo general, un menor rendimiento. Los porcentajes establecidos son los tope

máximos de inversión que establece la *Comisión* para todas las *Siefore* por igual. De manera particular, las *Sociedades* cuentan con un comité de inversión encargado de determinar la política y estrategia de inversión. Al respecto, la LSAR en su Artículo 43 señala:

el régimen de inversión deberá tener como principal objetivo otorgar la mayor seguridad y rentabilidad de los recursos de los trabajadores; asimismo tenderá a incrementar el ahorro interno y el desarrollo de un mercado de instrumentos de largo plazo acorde con el sistema de pensiones

Sin embargo, al cierre de mayo de 2017, ninguna *Siefore* cubre el régimen de inversión impuesto por la *Comisión*, como se explica en el siguiente subtema.

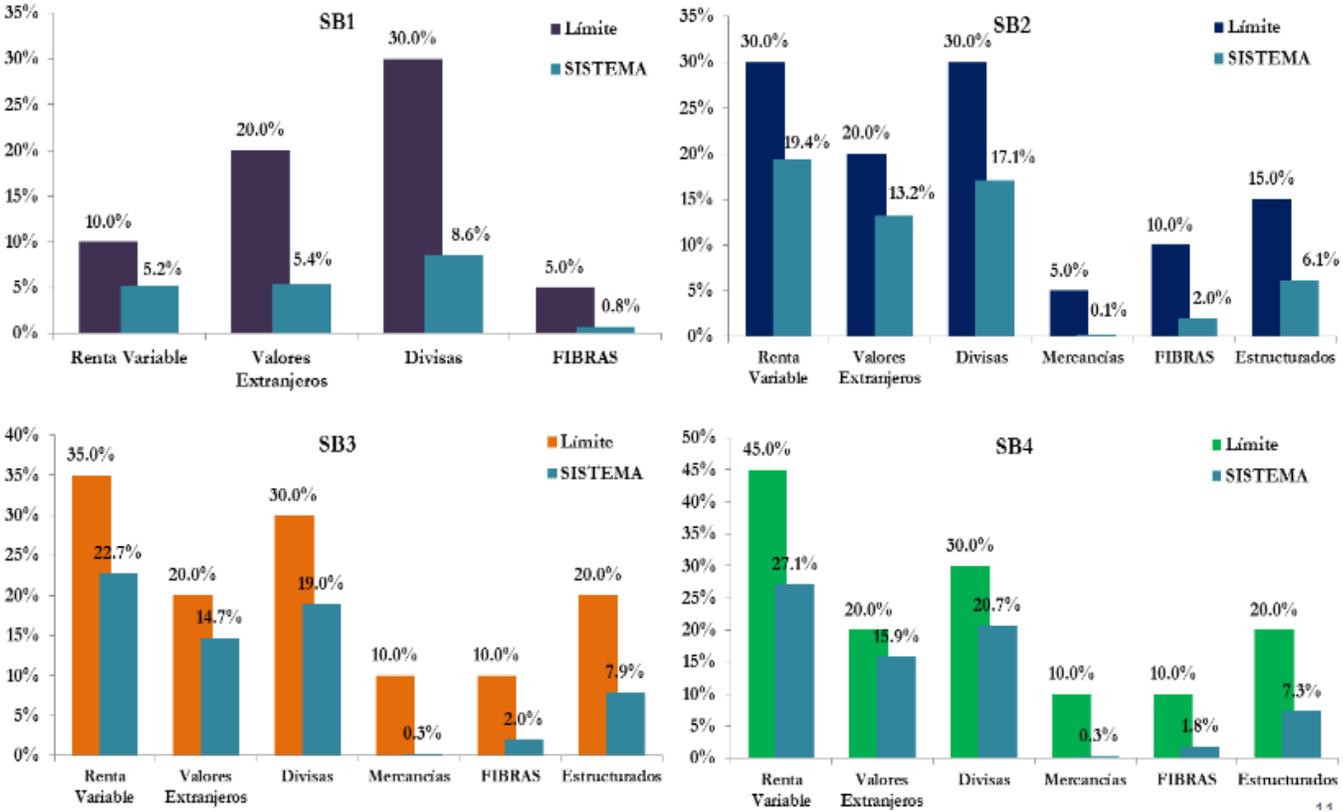
I.IV El desaprovechamiento del régimen de inversión de las *Siefore*

En la Gráfica 9 se puede observar como ninguna de las cuatro *Siefore Básicas* nunca han cubierto el régimen de inversión impuesto por la CONSAR. En ningún fondo y en ningún instrumento financiero se ha alcanzado el porcentaje de inversión. Por ejemplo, en la SB1 el *límite* máximo (impuesto por la CONSAR) para invertir los recursos en renta variable es del 10%; sin embargo, se observa que al cierre de mayo de 2017, únicamente el *sistema* (todas las *Siefores* que conforman la SB1) ha invertido un 5.2%.

En el caso de la SB2 se puede observar que el *límite* máximo para invertir en divisas es del 30%, pero el *sistema* sólo ha invertido un 17.1%. Por su parte, en la SB4 se permite invertir hasta un 10% de los recursos en los Fibras; sin embargo, el *sistema* únicamente ha invertido un escaso 1.8% en estos instrumentos. Si se quisiera graficar el comportamiento de la SB0, tanto las barras del *límite* y del *sistema* estarían a la misma altura pues solo invierte el 100% en deuda gubernamental y cumple con dicho porcentaje.

Haciendo énfasis en la SB3 que es el fondo analizado en esta investigación, se observa como las barras naranjas representan el *límite* de inversión y del lado derecho las barras azules muestran como para ninguno de los seis instrumentos (renta variable, valores extranjeros, divisas, mercancías, Fibras e instrumentos estructurados) el *sistema* cubre los *límites*. Ejemplo de lo anterior se puede observar en el límite de inversión en divisas que es del 30% y en donde solo se ha invertido un 19%, o bien en el *límite* de los Fibras situado en 10% y su baja inversión con sólo un 2%.

Gráfica 9. Régimen de inversión por tipo de *Siefore*.
 cierre de mayo de 2017



Fuente: CONSAR (2017). *Radiografía del sistema de pensiones a 20 años de su creación*.
 Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/241559/Radiograf_sistema_20an_os.pdf

Es notorio que la mayor inversión de recursos de la SB3 se realiza en renta variable y la diferencia entre el *límite* y la participación que ha tenido el *sistema* en este tipo de inversión equivale al 12.3% (véase Tabla 3) una cifra mayor respecto al resto de

los instrumentos; sin embargo, si se estima el aprovechamiento real que ha tenido cada instrumento, las inversiones en instrumentos estructurados apenas aprovecharon el 39% del régimen, los Fibras solo un 20% y en el caso de las mercancías un escaso 3%.

Tabla 3. Aprovechamiento de las inversiones de la SB3.
Valores en porcentajes

	Instrumento	Límite	Sistema	Diferencial	Aprovechamiento*
1	Renta variable	35	22.7	12.3	64.86
2	Valores extranjeros	20	14.7	5.3	73.50
2	Divisas	30	19	11	63.33
4	Mercancías	10	0.3	9.7	3.00
5	Fibras	10	2.0	8	20.00
6	Instrumentos estructurados	20	7.9	12.1	39.50

*Calculo estimado como la ponderación al 100% del valor del Límite contra el valor del Sistema de cada instrumento financiero
Fuente: elaboración propia con datos de la CONSAR.

Como se ha señalado, los portafolios de las *Siefore* contienen un alto componente de renta variable pues cotizan en la BMV esperando obtener un rendimiento favorable, pero también están expuestas a un riesgo de mercado debido a la volatilidad de los activos financieros en los que invierten.

El riesgo es uno de los principales problemas al momento de realizar una inversión, debido al cambio constante y a la incertidumbre que existe en la economía y más aún cuando se trata de inversiones de las *Sociedades*. Por lo tanto, es importante conocer la relación directa existente entre el *riesgo y rendimiento* pues al final los recursos que invierten, representan el dinero que el trabajador espera obtener como pensión. Para ello, se analizó la relación *riesgo-rendimiento* de las *Siefore* que conformaron la SB3 dado el riesgo de mercado entre 2008 y 2018. Se utilizó la metodología de los Modelos ARIMA-GARCH, la cual es adecuada para modelar las series de tiempo financieras como es el caso de los fondos de pensiones, que como se ha establecido en la hipótesis de esta investigación, no cumplen la relación *riesgo-rendimiento*; de no ser así, los Modelos econométricos a estimar lo demostrarán.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Considerando que se busca hacer un análisis cuantitativo sobre el *riesgo* y *rendimiento* de la SB3, es conveniente definir qué se entiende por *Afore*, *Siefore*, así como los conceptos de *riesgo*, *rendimiento* y la *volatilidad* de los activos financieros.

II.1 ¿Qué es una *Afore*?⁷

De inicio, el SAR es el sistema de pensiones que opera en México y brinda beneficios y servicios a los trabajadores que cotizan al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), al Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), así como a los trabajadores independientes (CONSAR, 2014). El ordenamiento jurídico que regula el funcionamiento y a los participantes del SAR es la Ley de los Sistemas de Ahorro para el Retiro (LSAR). Tres de los participantes del SAR son la CONSAR, las *Afore* y las *Siefore*.

La CONSAR es un órgano administrativo desconcentrado de la SHCP que funge como el regulador y supervisor de los sistemas de ahorro para el retiro, las *Afore* son entidades financieras que se dedican de manera habitual y profesional a administrar las cuentas individuales y canalizar los recursos de las subcuentas que las integran, así como a administrar sociedades de inversión. Las *Afore* son sociedades anónimas de capital variable, que utilizan en su denominación o a continuación de ésta, la expresión "**Administradora de Fondos para el Retiro**" o su abreviatura "**Afore**" y deberán efectuar las gestiones que sean necesarias para la obtención de una adecuada rentabilidad y seguridad en las inversiones de las sociedades de inversión que administren. Entre las principales funciones de una *Afore* están las siguientes:

- Abrir, administrar y operar cuentas individuales de los trabajadores afiliados al IMSS y al ISSSTE, así como de los trabajadores no afiliados

⁷ Ley de los Sistemas de Ahorro para el Retiro (1996) Art 1, 2 ,18 y 20.

- Recibir e individualizar las cuotas y aportaciones obligatorias de seguridad social que los trabajadores, los patrones y el Gobierno realizan, así como recepción de aportaciones voluntarias y complementarias
- Administrar e invertir el ahorro para el retiro a través de las *Siefore* para obtener **rendimientos**
- Registrar en la cuenta individual los rendimientos generados por el ahorro para el retiro de los trabajadores
- Enviar un estado de cuenta, por lo menos **tres** veces al año, al domicilio de cada trabajador
- Pagar retiros parciales con cargo a las cuentas individuales de los trabajadores en términos de las leyes de seguridad social
- Operar y pagar, bajo las modalidades que la *Comisión* autorice, los retiros programados
- Entregar los recursos a las instituciones de seguros que el trabajador o sus beneficiarios elijan para la contratación de rentas vitalicias o del seguro de sobrevivencia

Al inicio de las operaciones, el 1 de julio de 1997, se contaba con un total de 17 *Afore*, con el paso de los años se realizaron fusiones y adquisiciones de modo que el número máximo de *Administradoras* que operaron entre diciembre de 2006 y diciembre de 2007 fue de 21 y en promedio han operado entre 15 y 16 *Administradoras* de forma simultánea entre 1997 y 2014 (Herrera, 2015). Buscando la consolidación del SAR se han dado varios eventos de compra, venta y fusión entre *Afore* por lo que actualmente operan solamente 10 (véase Tabla 4), las cuales realizan el 50.18% de sus inversiones en valores gubernamentales, 18.95% en deuda privada nacional y 14.09% en renta variable internacional (véase Tabla 5).

Tabla 4. *Afores* en operación en México a 2018

	Afore	Inicio de operaciones
1	Azteca	marzo 2003
2	Sura	julio 1997
3	Coppel	abril 2006
4	Citibanamex	julio 1997
5	Inbursa	julio 1997
6	Invercap	febrero 2005
7	Principal	julio 1997
8	ProfuturoGNP	julio 1997
9	PensiónISSSTE	diciembre 2008
10	XXI Banorte	julio 1997

Fuente: CONSAR, (2018). *Diagnóstico del SAR en México: Funcionamiento, beneficios y retos*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/consar/documentos/diagnostico-del-sistema-de-ahorro-para-el-retiro-en-mexico-funcionamiento-beneficios-y-retos?idiom=es>

Tabla 5. Tipos de inversiones realizadas por las *Siefore*
Datos al cierre de septiembre de 2018 en porcentaje.

Instrumento financiero	%
Inversión en renta variable nacional	7.47
Inversión en renta variable internacional	14.09
Inversión en mercancías	0.3
Inversión en deuda privada nacional	18.95
Inversión en Instrumentos Estructurados	5.49
Inversión en FIBRAS	2.86
Inversión en deuda internacional	0.66
Inversión en valores gubernamentales	50.18
	100

Fuente: CONSAR (2018b). *Panorama General del SAR*.
Recuperado de: <https://www.gob.mx/consar/documentos/panorama-general-del-sar-56798?idiom=es>

II.II ¿Qué es una *Siefore*?⁸

Las sociedades de inversión, administradas y operadas por las *Afore*, deberán ser sociedades anónimas de capital variable y utilizar en su denominación, o a continuación de ésta, la expresión “**Sociedad de Inversión Especializada de Fondos para el Retiro**” o su abreviatura “**Siefore**” y tienen por objeto invertir las

⁸ Ley de los Sistemas de Ahorro para el Retiro (1996) Art.39, 42 y 42bis.

aportaciones destinadas a fondos de previsión social, las aportaciones voluntarias y complementarias de retiro que reciban de los trabajadores y patrones, así como los demás recursos que pueden ser depositados en las cuentas individuales. Las *Siefore* son legalmente independientes de las *Afore*, por lo que los recursos de los trabajadores se encuentran totalmente separados del patrimonio de las *Administradoras* (Rodríguez, 2014). Las *Siefore* deberán contar con un **comité de inversión** que tendrá por objeto determinar la política y estrategia de inversión y la composición de los activos de la sociedad, así como designar a los operadores que ejecuten la política de inversión. Deberán contar también con un **comité de riesgos**, el cual tendrá por objeto administrar los riesgos a que se encuentren expuestas y vigilar que la realización de sus operaciones se ajuste a los límites, políticas y procedimientos para la administración de riesgos aprobados por su consejo de administración

II.III Rendimiento, riesgo y la volatilidad de los activos financieros.

a) Rendimiento

En finanzas, cuando se habla del concepto de rendimiento, a menudo se confunde con el concepto de rentabilidad o ganancia, pero mayor ganancia no significa mayor rentabilidad y rendimiento no es sinónimo de rentabilidad. En esta investigación no se utiliza indistintamente el término rendimiento y rentabilidad, aunque en el ámbito económico-financiero en ocasiones se utilizan como sinónimos. Partiendo del concepto de que la rentabilidad es la capacidad de una empresa o inversionista para generar rendimientos dada una inversión inicial en un tiempo determinado, se define el término de rendimiento de un **activo financiero** como el cambio de valor que registra en un período con respecto a su valor inicial (UNAM,2015), generalmente es expresado en términos de porcentaje sobre lo invertido y representa la ganancia o pérdida resultante de una inversión (Véliz, Cervantes y Carmona 2012). Para Soto Arias y Villegas (2005) cada activo que conforma un portafolio debe generar un retorno que es tomado en la mayoría de las ocasiones como el rendimiento

generado del mismo. De esta manera, se describen a continuación extensiones del concepto de rendimiento⁹:

- Financiero: obtenido a partir de los recursos propios e inversiones realizadas
- Económico: rendimiento de una empresa sobre los recursos empleados
- Bruto: sin descontar impuestos o recursos empleados para su obtención
- Neto: descontados impuestos o recursos o comisiones empleadas para su obtención
- Libre de riesgo: rendimiento de un activo que se presupone sin riesgo
- Comercial: derivado de las operaciones comerciales de una empresa
- Absoluto: rendimiento generado por un activo durante un periodo de tiempo sin componer
- Acumulado: rendimiento generado en un periodo de tiempo determinado, componiendo los crecimientos o decrecimientos
- Esperado: es el beneficio anticipado por la inversión realizada durante algún periodo de tiempo (un año); es decir, el rendimiento *ex ante* previsto en un activo
- *Yield*: (rentabilidad en inglés) se utiliza para hacer referencia, por ejemplo, a la rentabilidad de un bono, de una inversión o la rentabilidad de los accionistas

En el caso del sistema de pensiones mexicano, los rendimientos se entienden como las ganancias o intereses generados por la inversión de los recursos de los trabajadores en las distintas *Siefore* y específicamente, se pretende estimar los rendimientos financieros acumulados de la SB3 bajo la metodología propuesta en el Capítulo IV.

⁹Véase Administración y Economía (2012) y Economipedia (2018).

b) Riesgo financiero y su clasificación

El concepto de **riesgo financiero** se relaciona con las pérdidas potenciales que puede sufrir un portafolio de inversión, debido a la volatilidad de los flujos financieros no esperados. Véliz, Cervantes y Carmona (2012) mencionan que el riesgo financiero es definido por Moyer, Mc-Guigan y Kretlow (2005) como la posibilidad de que los rendimientos futuros reales sean diferentes de los rendimientos esperados. Para Banxico (2005) el riesgo financiero se define como “*la pérdida potencial en el valor de los activos financieros debido a movimientos adversos en los factores que determinan su precio, también conocidos como factores de riesgo; por ejemplo: las tasas de interés o el tipo de cambio*”.

De esta manera, el riesgo financiero se clasifica en: riesgo de mercado, riesgo de crédito, riesgo de liquidez, riesgo operacional y riesgo legal (Jorion,2004). A continuación, se da una breve explicación de cada uno de ellos:¹⁰

Figura 2. Clasificación de los riesgos según su naturaleza financiera.



Fuente: Jorion (2004), BBVA (2015) y UNAM (2015)

1. Riesgo de mercado: es la pérdida potencial en el valor de los activos financieros debido a movimientos adversos que afecten la valuación de las posiciones por operaciones activas, pasivas o causantes de pasivo contingente, tales como tasas de interés, tipos de cambio, índices de precios,

¹⁰ Véase BBVA, (2015), UNAM (2015) y Rankia (2017).

entre otros. Dentro de este tipo, se distinguen tres tipos de riesgo en función de las condiciones de mercado:

1.1 Riesgo de cambio: asociado a la fluctuación del tipo de cambio de una moneda frente a otra y afecta fundamentalmente a personas con inversiones que impliquen un cambio de divisa.

1.2 Riesgo de tasas de interés: hace referencia al riesgo de que los tipos de interés suban o bajen en un momento no deseado.

1.3 Riesgo de mercado (cartera): se trata del riesgo de que se produzcan pérdidas en una cartera como consecuencia de factores u operaciones en los mercados financieros que afecten dicha cartera. Esta investigación se centra en el análisis de este tipo de riesgo.

2. Riesgo crediticio: corresponde a la morosidad presentada por la empresa (pagar fuera del plazo pactado en contrato) o simplemente la incobrabilidad (no poder pagar la deuda pactada contractualmente).
3. Riesgo de liquidez: riesgo presentado porque las empresas pueden realizar el servicio o vender el producto, pero es el mismo mercado el que no tiene el suficiente dinero para poder comprar.
4. Riesgo operativo: corresponde a que el negocio de la empresa no se pueda ejecutar, ya sea por fraude, falta de personal, errores humanos, el Gobierno no lo permite, u otras variables.
5. Riesgo legal: posible pérdida debida al incumplimiento de las normas jurídicas y administrativas aplicables a la emisión de resoluciones

administrativas o judiciales desfavorables y a la aplicación de sanciones con relación a las operaciones.

La administración de riesgos consiste en medir las probabilidades riesgosas en contextos de incertidumbre. También se encarga de la medición, evaluación, cuantificación, predicción, control de actividades y comportamiento de factores que afecten el entorno en el cual opera un ente económico, por lo tanto, el riesgo es la mezcla de peligro y oportunidades (UNAM, 2015). En seguida, se presentan algunas alternativas para minimizar el riesgo financiero:

- Evaluar la rentabilidad de la inversión: es la primera forma de minimizar el riesgo, teniendo en cuenta que, a mayor información que se tenga sobre lo que se quiere invertir, menor será el riesgo
- Diversificar el riesgo: se diversifica planeando un portafolio de inversiones que equilibre las operaciones de alta peligrosidad con las de alta seguridad. Los riesgos se pueden mitigar, cabe destacar que siempre existe la posibilidad de que ocurran, pero la posibilidad es menor, cuando se diversifica (Rankia, 2014)
- Utilizar herramientas para la gestión del riesgo financiero. Por ejemplo, una alternativa es el “*Valor en Riesgo*” o *VaR* (*Value at Risk*, por sus siglas en inglés). Este concepto fue propuesto por *JP Morgan* en 1994 y hoy en día es un estándar internacional. El *VaR* resume en un sólo número la pérdida potencial máxima que se puede sufrir en una posición de riesgo dado un nivel de confianza elevado (usualmente 95 o 99%) y en un período de tiempo determinado (UNAM,2015)

c) Volatilidad como medida de riesgo

Casas y Cepeda (2008) indican que la **volatilidad** se define como la varianza condicional de la serie subyacente y en el caso de las series de tiempo financieras, se modela la **volatilidad de los rendimientos**. Por su parte la volatilidad es una medida de la velocidad del mercado, es decir, qué tan rápido se ajustan los precios de los activos financieros ante determinados hechos y es importante distinguir entre dos tipos de volatilidad:

1. La volatilidad homoscedástica (varianza igual) que se refiere a la volatilidad que sería calculada como parámetro de una función de distribución de los rendimientos de un activo en el que se parte de la hipótesis de que la varianza de estos rendimientos no depende del tiempo, sino que se mantiene constante (Raffo, Ráez y Quispe, 2012). Siguiendo con Casas y Cepeda (2008) señalan que la volatilidad es una característica inherente a las series de tiempo financieras la cual no es constante y en consecuencia los modelos de series de tiempo tradicionales que suponen varianza homoscedástica, **no** son adecuados para modelar series de tiempo financieras.
2. Por otro lado, la volatilidad heteroscedástica que se calcula tomando como punto de partida la hipótesis de desviación típica no constante en el tiempo, es un parámetro modelado por sí mismo (Nelson, 1991).

Ahora bien, Casas y Cepeda (2008) mencionan que de acuerdo con Engle y Patton (2001) un buen modelo para la volatilidad de los rendimientos debe reflejar las siguientes características:

- Agrupamiento o *clúster* de volatilidad: se refiere a periodos de alta y baja volatilidad. Si la volatilidad es alta en un periodo tiende a seguir subiendo, si es baja en un periodo tiende a seguir siendo baja en el siguiente. Este

agrupamiento se debe el hecho de que los choques de hoy influyan en el valor esperado de la volatilidad varios períodos en el futuro

- Exceso de curtosis: la distribución de probabilidad de los rendimientos tiene colas pesadas
- La volatilidad es asimétrica: la volatilidad se comporta diferente frente a innovaciones positivas y negativas; no reacciona de la misma manera frente a una gran alza en el precio de un activo que frente a una caída en su precio
- Influencia de variables exógenas: los precios de los activos financieros evolucionan con los mercados y existen variables que contienen información relevante o eventos determinísticos que repercuten en la volatilidad de la serie, por ejemplo, los informes periódicos de una compañía o las nuevas políticas macroeconómicas

La volatilidad es un indicador fundamental para la cuantificación de riesgos de mercado (porque representa una medida de dispersión de los rendimientos con respecto a la media de los mismos en un período determinado) y existen diversos métodos para estimar dicho indicador, entre los que destacan (UNAM, 2015):

- La volatilidad histórica
- La volatilidad dinámica (suavizamiento exponencial)
- La volatilidad implícita
- Las series de tiempo
- Los Procesos Autorregresivos (AR)
- Los Promedios Móviles (MA)
- El Modelo Autorregresivo y de Promedio Móvil (ARMA)
- El Modelo Autorregresivo Integrado de Promedio Móvil (ARIMA)
- El Modelo con Heteroscedasticidad Condicional Autorregresiva (ARCH) y el Modelo con Heteroscedasticidad Condicional Autorregresiva Generalizado (GARCH)

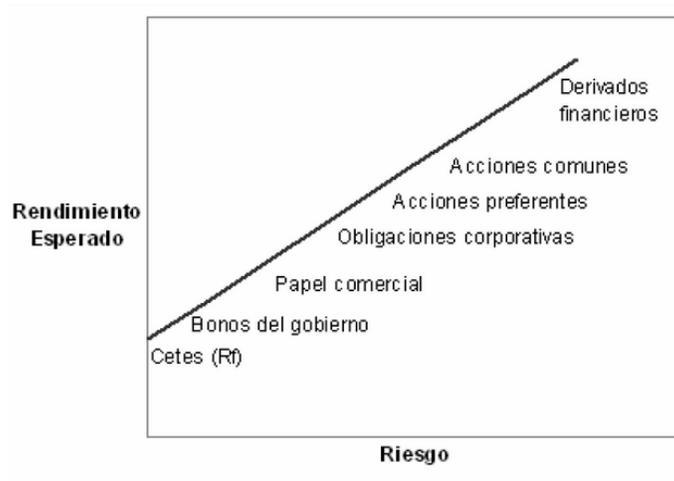
Cabe señalar que en este trabajo se utilizaron los Modelos ARIMA-GARCH para estimar la volatilidad como medida de riesgo de la SB3. Al respecto, Engle (1982) inició las investigaciones sobre la volatilidad e introdujo un nuevo proceso estocástico llamado Modelo ARCH, en el cual la varianza condicionada a la información pasada **no es constante** y depende del cuadrado de las innovaciones pasadas. Posteriormente, Bollerslev (1986) generalizó los Modelos ARCH y propuso los Modelos GARCH en los cuales la varianza condicional depende no solo de los cuadrados de las perturbaciones, sino también, de las varianzas condicionales de períodos anteriores. Estos Modelos se explican con mayor detalle en el Capítulo IV.

d) Relación riesgo-rendimiento

Para explicar dicha relación, se inicia indicando que un portafolio de inversión es el conjunto de dos o más instrumentos financieros que puede incluir instrumentos de algunos o de todos los mercados financieros como: el mercado accionario, el mercado de deuda, el mercado de metales, el mercado de divisas y el mercado de derivados: futuros, opciones y swaps, (Véliz, Cervantes y Carmona, 2012). Dichos autores, señalan que existen portafolios de renta fija en el que el inversionista recibe un interés periódico constante (principalmente de bonos, donde se recibe interés de manera constante en un periodo determinado) y portafolios de renta variable donde el rendimiento se genera de acuerdo a las utilidades obtenidas por las empresas, conformado por acciones donde los accionistas reciben su rendimiento en forma de dividendos y de acuerdo al tipo de acciones que posean. Para construir un portafolio de inversión eficiente es indispensable tomar en cuenta la relación *riesgo-rendimiento* ya que de nada vale obtener un determinado rendimiento sin tener presente los riesgos asociados (UNAM,2015). Esta relación es directamente proporcional, es decir *a mayor riesgo, mayor rendimiento esperado y viceversa*. Un ejemplo de lo anterior se muestra en la Grafica 10 donde se sitúa el riesgo en abscisas y el rendimiento esperado en ordenadas, de modo tal que una inversión en CETES o bonos gubernamentales (los cuales se presentan como instrumentos de bajo riesgo) obtendrá rendimientos esperados menores en comparación con una

inversión en derivados financieros los cuales se consideran como alternativas de mayor riesgo.

Gráfica 10. Relación (ex ante) riesgo-rendimiento esperado para activos financieros.



Fuente: Administración y Economía (2013)

Rendimiento y riesgo. Recuperado de:

<http://admonyeconomia.blogspot.com/2012/05/rendimiento-y-riesgo-conceptos-basicos.html>

Cabe señalar que la relación *riesgo-rendimiento* se fundamenta en una de las teorías aplicables a la gestión de riesgos de activos financieros: la Teoría de la Cartera (también llamada Teoría Moderna de la Gestión del Portafolio) desarrollada por el economista estadounidense *Harry Markowitz* en 1952 y que a continuación se explica.

II.IV Teoría de la Cartera de *Harry Markowitz*¹¹

El comportarse de manera óptima implica tomar riesgos, en ello consiste el paradigma central de las finanzas: debemos asumir ciertos riesgos para obtener beneficios, pero no todos los riesgos aportan las mismas compensaciones, por lo tanto, optimizamos nuestro comportamiento y en particular, nuestra cartera financiera para maximizar los rendimientos y minimizar los riesgos. Este simple

¹¹ Sección basada en Marcowitz (1952,1989), Ferruz y Sarto (2002), Engle (2004), Blanco, Ferrando y Martínez (2015) y Hernández (2017).

concepto tiene una larga historia en economía pues en Engle (2004) se menciona que Markowitz (1952) y Tobin (1958) asociaron el riesgo a la **varianza** del valor de una cartera y basándose en la búsqueda de la evasión del riesgo, derivaron la Teoría de la Cartera¹² (o TDC en adelante) que estudia como maximizar la rentabilidad y minimizar los riesgos mediante la composición óptima de una cartera de valores o portafolio. Propone que el inversor debe abordar el portafolio como un todo, estudiando las características de riesgo y retorno global, en lugar de escoger valores individuales en virtud del retorno esperado de cada valor en particular. Un portafolio es un conjunto de activos financieros (títulos de deuda, acciones, divisas, derivados), en posiciones cortas y/o largas, diseñado con un fin específico y los objetivos fundamentales que suelen buscar las instituciones financieras al diseñarlos son: especulación, cobertura, arbitraje, inversión y/o fondeo (FixFinanciero,2013).

En general, la TDC ha señalado que considerar los atributos de rentabilidad y riesgo pueden ser suficientes para tomar muchas **decisiones financieras** (Ferruz y Sarto,2002). El problema radica en la adecuada mezcla de ambas variables. *Markowitz* (1952) señaló acertadamente la necesidad de considerar la función de utilidad de los inversores para determinar la combinación óptima entre *rentabilidad-riesgo*. En este sentido, identificó analíticamente por primera vez, estos dos conceptos, de manera que, para aceptar niveles mayores de riesgo, cualquier inversor exigirá una rentabilidad esperada superior, es decir a mayor riesgo mayor rendimiento. Blanco, Ferrando y Martínez (2015) mencionan que las hipótesis sobre el comportamiento y el método racional de elección del inversor del Modelo de Markowitz son:

¹² De acuerdo con Engle (2004), otro modelo para la valoración de activos financieros se atribuye a William Sharpe (1964) quien estableció que todos los inversores buscan los mismos objetivos con la misma información y estableció la Teoría del Modelo de Valoración de los Precios de los Activos de Capital, o CAPM (*Capital Asset Pricing Model*, por sus siglas en inglés) y demuestra que existe una relación natural entre los rendimientos esperados y la varianza. Por su parte, Black y Scholes (1972) y Merton (1973) desarrollaron un modelo para evaluar el precio de opciones financieras conocido como Modelo *Black-Scholes*.

- Todos los individuos se comportan racionalmente y por tanto son maximizadores de su función de utilidad esperada
- La función de utilidad esperada del inversor depende únicamente del rendimiento esperado (como medida de la rentabilidad) y la varianza o desviación típica (como medida del riesgo)
- Las funciones de utilidad de los inversores son monótonas crecientes por lo que para una cartera de valores con una misma varianza se prefiere la cartera de mayor rendimiento esperado
- Los inversores tienen aversión al riesgo, por lo que para cartera de valores con un mismo rendimiento esperado se prefiere la cartera con menor varianza
- Las curvas de indiferencia o isoutilidad son crecientes (a mayor riesgo mayor rentabilidad exigida) y convexas (a mayor riesgo, aumenta en mayor medida la rentabilidad exigida) e indican las combinaciones *rentabilidad-riesgo* que proporcionan la misma utilidad al inversor

Sobre las hipótesis de los activos y los mercados financieros se establece lo siguiente:

- Se considera que los mercados financieros son perfectos
- Todos los inversores tienen la misma amplitud en su horizonte de planificación, que es de un período. Al principio del período, adquieren una cartera de valores determinada que venden al final del período en cuestión
- En los mercados financieros se negocian “ N ” activos financieros arriesgados y sus combinaciones. No se contempla la existencia de un activo financiero libre de riesgo en el que poder invertir o con el que poder financiarse
- Los valores tienen liquidez inmediata al final del período de referencia
- No se permiten ventas al descubierto: son ventas sin una previa compra de los títulos y de lo que se trata es de especular esperando un descuento sobre la bajada a corto plazo para poderlos comprar más tarde a un precio menor y saldar la venta, esta diferencia entre la compra y la venta serán los

beneficios que obtendrá habiendo realizado una operación con unas acciones que no se tenían; cabe destacar que en esta venta no exige garantías de ninguna cámara de compensación y liquidación “*bróker*” o cualquier entidad (Rankia,2014)

El modelo planteado por *Markowitz* pretende determinar la cartera óptima, es decir, aquella que maximice la utilidad esperada por el inversor. Para ello determina un proceso de cuatro etapas:

1. Determinación del conjunto de posibilidades de inversión que ofrece el mercado:

- Se analizan los “*N*” activos arriesgados y las carteras posibles que se negocian en los mercados, estimando su rentabilidad esperada, varianzas y covarianzas entre los rendimientos de cada par de posibles activos financieros
- Con dos títulos con correlación intermedia las combinaciones se sitúan sobre una hipérbola dibujada entre tales cotas, cuyo grado de curvatura es mayor cuanto menor es la correlación entre los rendimientos de los dos activos
- Con “*N*” activos financieros y correlación intermedia es una región que llamada conjunto viable

2. Determinación del conjunto o frontera eficiente. La cartera eficiente es aquella que cumple dos condiciones:

- Para su nivel de rendimiento esperado, no existe ninguna otra cartera que tenga un riesgo más bajo
- Para el riesgo que conlleva, no existe otra oportunidad de inversión que permita obtener un rendimiento esperado mayor, es decir, proporciona la máxima rentabilidad esperada posible para su nivel de riesgo. En cualquier otro caso se considera la cartera ineficiente. La cartera eficiente de menor

riesgo es la Cartera de Mínima Varianza (CMV) y la frontera eficiente empieza en la CMV.

3. Especificación de las preferencias del inversor: La utilidad o satisfacción depende de la rentabilidad y el riesgo.

$$U = f(E_p, \sigma_p)$$

Donde:

E_p es la rentabilidad de la cartera medida por su esperanza matemática y σ_p el riesgo de la cartera medido por su desviación típica.

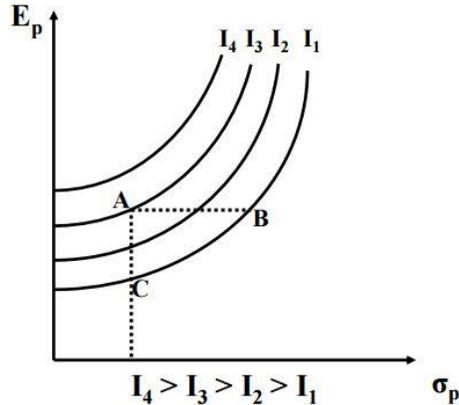
- Prima de rentabilidad positiva al aumentar el riesgo. El aumento del riesgo debe compensarse con un aumento en la rentabilidad:

$$\frac{dE_p}{d\sigma_p} > 0$$

Por lo que, en presencia del riesgo los inversores racionales aversos al riesgo tienen un comportamiento a nivel de utilidad que implica una relación marginal de sustitución rentabilidad-riesgo que exige un tratamiento que podríamos denominar de convexidad en el *trade-off* de dichas variables.

- Las curvas de indiferencia financiera son crecientes y convexas y la forma específica dependerá del grado de aversión al riesgo del inversor. La curva de indiferencia financiera o isoutilidad es la representación gráfica de todas las combinaciones rendimiento esperado-riesgo que proporcionan al inversor la misma utilidad esperada y que le son indiferentes (véase Grafica 11). Las líneas de indiferencia financiera son en general, en economía, de tipo descendente al representarlas gráficamente por medio de dos ejes de coordenadas en los que se toman, respectivamente, cantidades de dos bienes. En cambio, en la TDC de *Markowitz*, (1952) se trata de líneas ascendentes con riesgo en abscisas y rentabilidad en ordenadas.

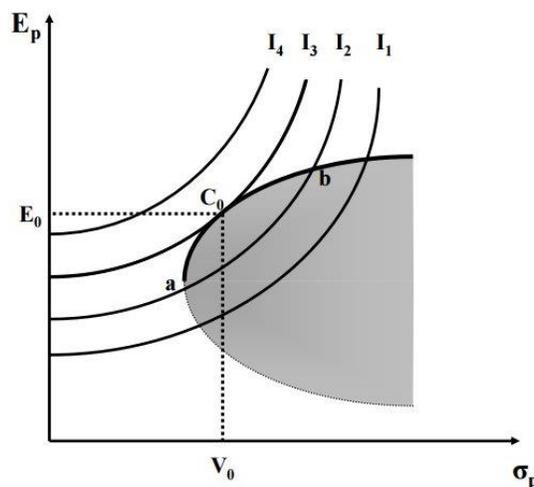
Gráfica 11 Líneas de isoutilidad con rentabilidad marginal creciente para un inversor averso al riesgo.



Fuente: Blanco, Ferrando y Martínez (2015). *Teoría de la inversión*.
Recuperado de:
<https://www.rankia.com/blog/bolsa-desde-cero/3479118-5-preguntas-claves-para-entender-modelo-markowitz>

4. Determinación de la cartera óptima: la cartera óptima se encuentra en el punto de tangencia entre la frontera eficiente y una curva de isoutilidad (véase Gráfica 12). La cartera 0 (C_0) es la que proporciona mayor utilidad posible al situarse en la curva de indiferencia más elevada. Es única para cada inversor, pues depende de las estimaciones individuales sobre los títulos (frontera eficiente) y del grado de aversión al riesgo (curvas de indiferencia).

Gráfica 12. Frontera Eficiente de Marcowitz



Fuente: Blanco, Ferrando y Martínez (2015). *Teoría de la inversión*.
Recuperado de:
<https://www.rankia.com/blog/bolsa-desde-cero/3479118-5-preguntas-claves-para-entender-modelo-markowitz>

- Para que la utilidad o satisfacción del inversor averso al riesgo permanezca constante (curvas isoutilidad), la variación incremental *rentabilidad-riesgo* debe ser creciente. Por lo tanto, para un incremento dado del nivel de riesgo, el inversor averso a dicho riesgo exigirá incrementos más que proporcionales de rentabilidad:

$$\frac{d^2E_p}{d(\sigma_p)^2} > 0$$

Como se mencionó, *Markowitz*, señala que los inversionistas tienen una conducta racional a la hora de conformar su portafolio de inversión (siempre buscan obtener la máxima rentabilidad al menor riesgo posible) y funcionan bajo el principio de diversificación que consiste en la conformación de portafolios con varios activos financieros con el objetivo de compensar los riesgos de la cartera. Lo anterior se ejemplifica en la siguiente Figura:

Figura 3. Ventajas de la diversificación de inversiones



Fuente: elaboración propia con datos de Markowitz (1952 y 1989).

CAPÍTULO III. PANORAMA GENERAL DEL SISTEMA DE AHORRO PARA EL RETIRO EN MÉXICO: 1997-2018

III.I La transición hacia el Sistema de Contribución Definida o *Generación Afore*

Como señalan Bonifant y Gómez (2010), el SAR en México tiene sus orígenes desde la Constitución de 1917 ya que en la fracción XXIX del Artículo 123, se establece que es indispensable que exista una Ley del Seguro Social que comprenda seguros de vejez y cualquier otro encaminado a la protección del trabajador. Lo anterior se llevó a cabo hasta 1943 cuando se creó la Ley del IMSS. Posteriormente en 1995, se aprobó una reforma a dicha Ley que estableció dos aspectos fundamentales para las pensiones en México:

1. El primero de ellos, consistió en la transición del sistema de pensiones pasando del beneficio definido al nuevo Sistema de Contribución Definida (o SCD en adelante), el cual entró formalmente en operaciones el 1 de julio de 1997¹³. Siguiendo con Bonifant y Gómez (2010), el SCD consiste en que cada trabajador disponga de una cuenta individual en la que se depositen las aportaciones realizadas por el patrón, el trabajador y el Gobierno Federal por concepto de ahorro para el retiro y dichos recursos integran el monto constitutivo de la cuenta individual. En línea con lo anterior, Lizardi (2015) indica que el SCD consiste en obtener recursos de los trabajadores para invertirlos en activos financieros y devolverles el principal más los intereses, de esta manera los trabajadores podrán financiar su consumo en cuando dejen de laborar.

Según Martínez y Venegas (2014), instituciones como el Banco Mundial, el Fondo Monetario Internacional, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo

¹³ Como se menciona en Lizardi (2015), para Davis & Wei Hu,(2008) son varios los países desarrollados (Estados Unidos de América, Suecia, Francia, Inglaterra, Alemania, Japón) y en desarrollo (México, Chile, Brasil) que implementaron reformas en sus sistemas de pensiones casi en todos los casos bajo las recomendaciones del Banco Mundial, debido principalmente a cambios en las tasas de crecimiento de la población, la tasa de natalidad, la esperanza de vida y la inestabilidad del entorno económico internacional.

Económico y una gran parte de los gobiernos señalan que algunas de las ventajas de pasar de un sistema pensionario de beneficio definido a uno de contribución definida son el incremento del ahorro nacional y por ende el crecimiento económico además que los trabajadores (al final de su vida laboral) podrían gozar de mayores recursos. Sin embargo, dichos autores señalan también que ni el ahorro ni el crecimiento económico son los fines últimos de los programas de pensiones (Diamond y Stiglitz,1974). Se puede incrementar el ahorro total al exponer a los trabajadores a riesgos mayores, aunque se debe analizar cuidadosamente si después de un tiempo también reportan un mayor bienestar para la población:

*“ [...] al cambiar de un sistema de reparto a uno de contribuciones definidas se transfiere el **riesgo** a distintos agentes económicos. El riesgo, en los esquemas de beneficios definidos, queda entre los contribuyentes y entre generaciones; sin embargo, en un sistema de contribuciones definidas con cuentas privadas y administradas por el sector privado o público el riesgo recae en los trabajadores de manera individual. Los riesgos que asume el trabajador bajo un plan de contribuciones definidas durante la fase de acumulación¹⁴ incluyen que el trabajador pague cargos y costos altos que imponen los administradores de las cuentas individuales y de los fondos de pensión; que el total de contribuciones sea insuficiente (por desempleo, enfermedad o falta de trabajo estable); y que el riesgo de mercado, derivado de las variaciones en los precios de los activos financieros que conforman los fondos de pensión recaiga sobre el trabajador al final de su vida laboral (Blake et al., 2001). Una vez que los trabajadores se retiran, durante la fase de distribución, asumen el riesgo de tasa de interés, de inflación y, por tanto, de ingresos fluctuantes” (Martínez y Venegas, 2014).*

2. El segundo aspecto importante fue el establecimiento del SAR para brindar servicios a los trabajadores que cotizan al IMSS y al ISSSTE, así como a los trabajadores independientes. Un trabajador independiente también puede tener acceso a una *Afore* y abrir una cuenta individual, aunque los recursos aportados sólo serán mediante aportaciones voluntarias (un fondo

¹⁴ La fase de acumulación es el tiempo durante el cual el trabajador realiza aportaciones a su cuenta individual durante su vida activa y durante la etapa de desacumulación, el trabajador o sus beneficiarios reciben una pensión (Solís, 2001).

tradicional) y es el único responsable de la cantidad depositada en su cuenta (CONDUSEF,2018).

Un punto medular del sistema consiste en asegurar que la recaudación de las cuotas obrero patronales realizadas por los patrones y entidades públicas se depositen puntualmente en las cuentas individuales de los trabajadores (CONSAR, 2014). El mencionado cambio del sistema de beneficio definido por el SCD se debió a varias circunstancias como las mencionadas en el trabajo de García y Seira (2015):

- El sistema anterior enfrentaba severos problemas financieros pues estudios de mediados de los 90's indicaban que el déficit actuarial era del 80% del PIB¹⁵. Parte del déficit era causado por cambios demográficos (mayor esperanza de vida y crecimiento poblacional) que hacían que la tasa de dependencia estimada pasara de 7% en 1995 a 14.8% en 2030
- La problemática de alta informalidad aunada a la caída del salario real en 44% de 1978 a 1995 hacia cada vez más complicado pagar las promesas pensionarias usando como base la masa salarial actual. Otro problema común fue que a menudo se usaban los superávits del fondo para financiar infraestructura y el seguro de maternidad y salud, en vez de destinarlos para el pago de pensiones
- En México el ahorro bruto doméstico había bajado de aproximadamente 20% del PIB en los años 80 a menos de 16% en 1994. Se creía que el cambio a cuentas individuales tenía el potencial de incrementar el ahorro por varios canales: desde fomentar un mayor sentimiento de propiedad del ahorro, hasta el poder acceder a mayores rendimientos por medio de la generación de competencia en el mercado de administradoras de fondos

¹⁵ Véase Sales, Solís y Villagómez, (1996).

Uno de los factores para llevar a cabo la reforma de 1995 fue el creciente costo fiscal que representaba el viejo sistema que, por las condiciones demográficas del país, era financieramente insostenible. Cerda y Grandolini (1998) señalan que de no haberse implementado la Ley del IMSS en 1997, el déficit financiero de dicho Instituto habría llegado a 141.5% del PIB de 1994 en un horizonte de 75 años.

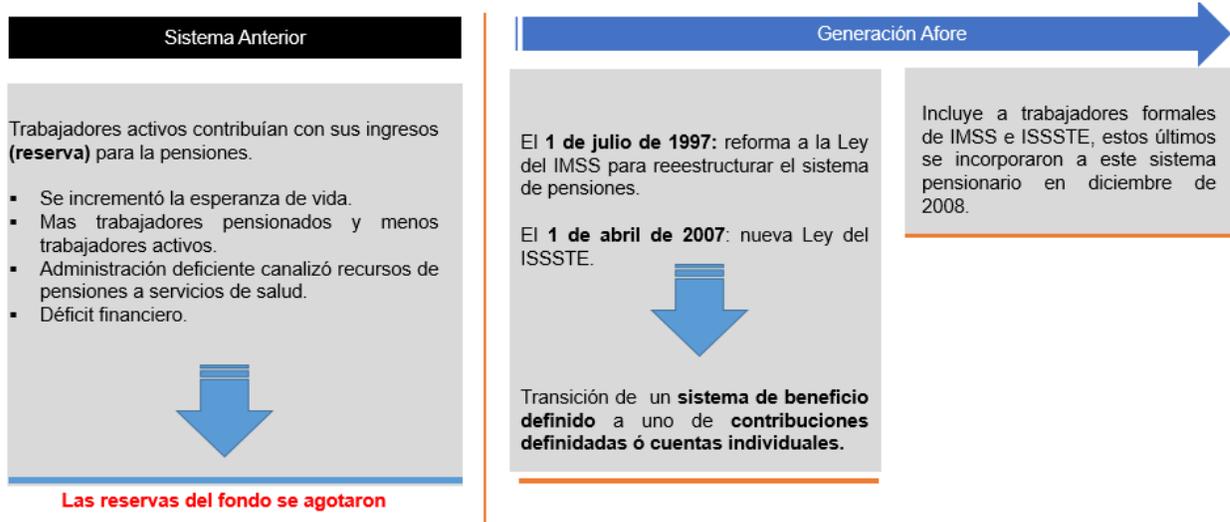
Los trabajadores de la *Generación Afore*, son aquellos que se afiliaron al IMSS a partir del 1 de julio de 1997 o bien al ISSSTE a partir del 1 de abril de 2007 y su ahorro ingresa a las cuentas individuales administradas por las *Afore* y al final de su vida laboral, los recursos acumulados en éstas, servirán para financiar su pensión. De acuerdo con Santillán, Martínez y López (2016), esta modalidad de fondos para el retiro fue originalmente introducida en **Chile** en los años ochenta y los resultados fueron positivos al reducir la carga fiscal de las pensiones de los trabajadores y al promover la modernización del sistema financiero de ese país.

En el caso del ISSSTE, el sistema pensionario también enfrentaba graves problemas pues el número de cotizantes por pensionado cayó de 20 por cada 100 en 1975 a cerca de 4 en 2005. El déficit de caja creció de manera considerable. Derivado de lo anterior, el 1 de abril de 2007 entró en vigor la nueva Ley del ISSSTE con la cual los trabajadores al servicio del Estado tuvieron la oportunidad de decidir si se mantenían o se incorporaban al SCD basado en cuentas individuales. Los que decidieron traspasarse al nuevo esquema recibieron un bono de reconocimiento de antigüedad. De esta manera, en el sistema de pensiones del ISSSTE existen dos generaciones:

1. Trabajadores del Décimo Transitorio: trabajadores que optaron por permanecer en el régimen de beneficio definido.
2. Trabajadores de la *Generación Afore*: grupo de cuentahabientes que iniciaron a cotizar después de la reforma a la Ley del ISSSTE, o bien, cotizaban antes de la reforma y eligieron cambiarse al esquema de

contribución definida aceptando un bono de pensión del ISSSTE. La siguiente Figura presenta el esquema de transición de las pensiones en México

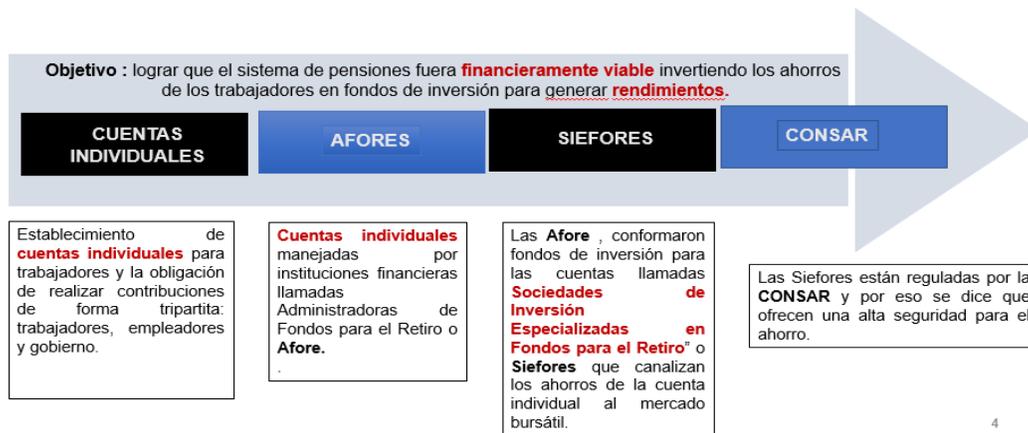
Figura 4. Elementos de la transición de pensiones en México



Fuente: elaboración propia con datos de la CONSAR.

En julio de 1994 se creó la CONSAR que es un órgano administrativo desconcentrado de la SHCP con el objetivo de coordinar, regular, supervisar y vigilar el SAR y sus participantes como son las instituciones de crédito, *Afore*, instituciones públicas que realicen funciones similares, *Siefore*, empresas operadoras, empresas que presten servicios complementarios o auxiliares, y las entidades receptoras que manejen recursos de las subcuentas de retiro, de las subcuentas individuales y de las sociedades de inversión. La siguiente Figura ejemplifica las funciones de los participantes del SAR.

Figura 5. Participantes en el nuevo sistema de pensiones



Fuente: elaboración propia con datos de la CONSAR

Ahora bien, dentro del nuevo SCD se establecieron parámetros importantes para los ahorradores que se presentan en seguida.

III.II Parámetros del Sistema de Contribución Definida para el IMSS e ISSSTE

Parámetros para trabajadores que cotizan al IMSS:

- a) Aportaciones para retiro, cesantía y vejez: las cotizaciones pensionarias de los afiliados al IMSS ingresan bimestralmente a la cuenta de los trabajadores y suman **6.5% de su salario base de cotización**, bajo un esquema tripartito:
 1. 1.125% aportado por el empleado
 2. 5.150% por el empleador y
 3. 0.225% por el Gobierno Federal

Adicionalmente, este último complementa las aportaciones con la llamada cuota social, misma que busca incrementar el ahorro de los trabajadores de menores ingresos. La cuota social se otorga a todos los cotizantes cuyo salario base de cotización sea de hasta **15 UMAS** (Unidad de Medida y Actualización) de manera

progresiva: los trabajadores de menores salarios reciben una aportación mayor por este concepto¹⁶.

- b) Requisitos para pensión: Para tener derecho a pensión los trabajadores deberán cumplir un mínimo de **1,250 semanas cotizadas** al IMSS. Podrán ejercer su derecho a pensión a partir de los 60 años de edad (retiro por cesantía en edad avanzada), siempre y cuando cumplan con el requisito de semanas cotizadas señaladas en la Ley del Seguro Social de 1997.
- c) Edad de retiro: En México existe la cesantía (a partir de los 60 años) y el retiro en vejez (65 años).
- d) Negativa de pensión: Aquellos trabajadores que a la edad de jubilación no cumplan con el tiempo de cotización requerido **no tendrán derecho a pensión**. En esos casos, el ahorro acumulado en sus cuentas para el retiro (aportaciones más rendimientos) será entregado en una sola exhibición, sin restricciones en su uso.
- e) Pensión Mínima Garantizada (PMG): Para aquellos trabajadores que no alcancen a cubrir con su ahorro el equivalente a una renta vitalicia de al menos un salario mínimo, el Gobierno garantiza el pago de una pensión mínima. El monto mensual de la PMG es equivalente a un salario mínimo de 1997 ajustado anualmente, en el mes de febrero, por el Índice Nacional de Precios al Consumidor INPC para garantizar el poder adquisitivo de dicha pensión. A junio de 2018 la PMG del IMSS equivalía a **3,051 pesos mexicanos**.

¹⁶ La UMA es una referencia económica aprobada y usada desde el 27 enero de 2016, fue introducida para sustituir el esquema Veces Salario Mínimo (VSM) y se creó con la finalidad de que un aumento en el salario mínimo de los trabajadores no tuviera un impacto inflacionario tan marcado, pues aumentar este no sólo incrementaba los sueldos, sino también las obligaciones fiscales. Desde el 1 de febrero de 2018 el valor de la UMA establecido por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía es de \$80.60 pesos mexicanos (El Contribuyente, 2018).

Parámetros para trabajadores que cotizan al ISSSTE:

a) Aportaciones a la seguridad social: La aportación obligatoria por concepto de retiro, cesantía y vejez suma **11.3% del sueldo básico** del trabajador y es aportada de la siguiente manera:

1. 5.175% por el Estado (en su papel de empleador) y
2. 6.125% por el trabajador

Asimismo, el Gobierno efectúa una aportación por concepto de cuota social, la cual es uniforme para todos los trabajadores cotizantes al ISSSTE. Esta cuota social diaria se ubicó en **4.63126** pesos mexicanos en junio de 2018.

b) Ahorro solidario: Adicionalmente se tiene el ahorro solidario, éste es opcional por parte del trabajador y resulta de una aportación conjunta: el Gobierno Federal otorga 3.25 pesos por cada peso que aporta el cuentahabiente del ISSSTE, con un límite del 2% sobre su sueldo.

c) Requisitos para pensión: Para tener derecho a pensión, los trabajadores de la generación *Afore* deberán tener **65 años de edad y un mínimo de 25 años** cotizados al ISSSTE.

d) Negativa de pensión: En caso de no cumplir los años cotizados, el trabajador recibirá una negativa de pensión y los recursos acumulados en la *Afore* le serán entregados en una sola exhibición.

e) Pensión garantizada: Los trabajadores de la *Generación Afore* que coticen al ISSSTE al menos 25 años, tendrán derecho a una pensión garantizada mayor a la del IMSS, equivalente a **4,756** pesos mexicanos de 2018¹⁷.

¹⁷ Para mayor detalle consulte el artículo 93 de la Ley del ISSSTE de 2007.

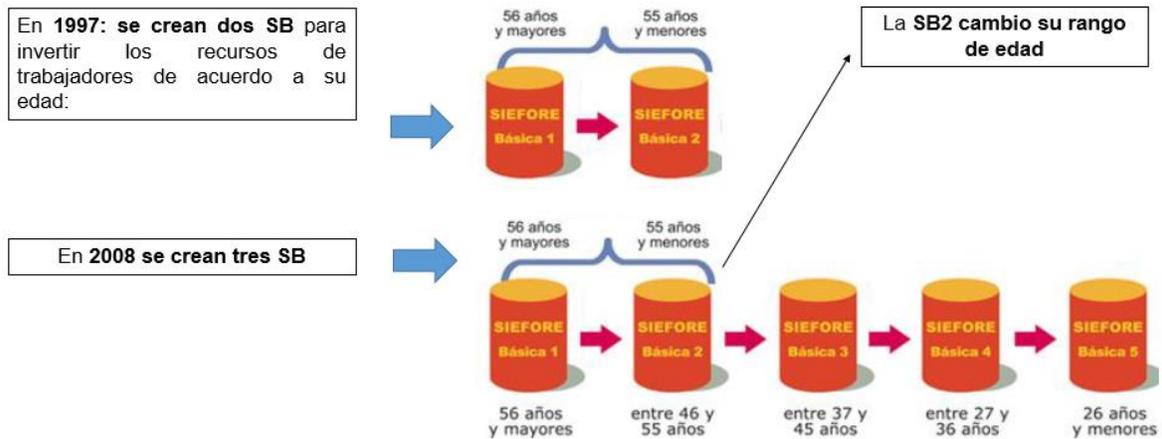
III.III La creación, evolución y fusión de las *Siefore Básicas*:1997-2015

Como se mencionó al inicio, actualmente se encuentran operando en México cinco *Siefore Básicas* las cuales son asignadas de acuerdo a la edad del trabajador. La asignación por rango de edad se puede consultar a detallé en las disposiciones de carácter general que establecen el régimen de inversión al que deberán sujetarse las sociedades de inversión especializadas de fondos para el retiro y que fueron publicadas en el Diario Oficial de la Federación el día 31 de mayo de 2016. Al inicio del nuevo sistema de pensiones en 1997, sólo existía la SB1 que comprendía el grupo de edad de 56 años en adelante y la SB2 de 55 años y menos. Con el paso de los años se llevaron a cabo varias modificaciones al régimen de inversión:

- En 2008 se modificó la política de inversión en la LSAR para crear tres sociedades más: la SB3 para los trabajadores de 37 y 45 años; la SB4 de 27 y 36 años y la SB5 para el segmento ahorrador más joven de 26 años y menores. La creación de estos tres fondos fue con el objetivo de ofrecer al trabajador acceso a mayores opciones de rendimientos y riesgos de acuerdo a su rango de edad. Las autoridades anunciaron múltiples modificaciones al régimen de inversión para procurar que los fondos obtuvieran la rentabilidad más alta posible evitando riesgos innecesarios; permitiendo la creación de distintos tipos de fondos de inversión con diferentes niveles de riesgo (Martínez y Venegas, 2014).

Es importante señalar que la creación de los tres nuevos fondos, obligó a que la SB2 modificara su rango de edad (véase Figura 6) pues al inicio participaban trabajadores de 55 años y menos y posteriormente limitó su rango a trabajadores entre 55 y 46 años.

Figura 6. Evolución del Régimen de Inversión de las *Siefore*:1997-2008



Fuente: Gómez, Banda, y Bonifant (sin año).
Rendimientos en el Sistema de Ahorro para el Retiro Mexicano.

- En octubre de 2012, la SB5 transfirió sus recursos a la SB4, debido a que su peso relativo respecto al total de los recursos administrados era cada vez menos significativo (baja cotización de ese grupo de edad) y ello limitaba que se aprovechara de manera eficiente el régimen de inversión (véase Figura 7)
- Por último, en diciembre de 2015 se creó la *Siefore Básica de Pensiones* o SB0 para blindar de la volatilidad de los mercados financieros los recursos de trabajadores de 60 años o más que están próximos al retiro

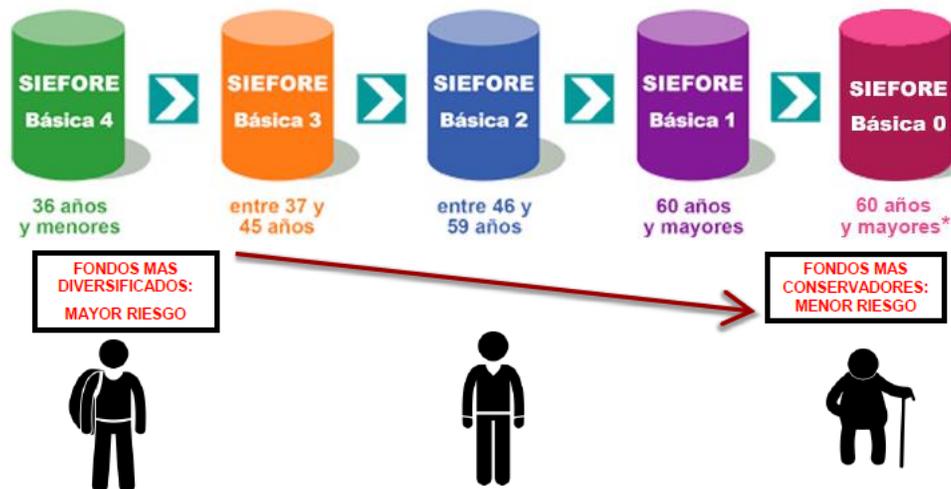
Figura 7. Evolución del Régimen de Inversión de las *Siefore*: 2012-2015



Fuente: Gómez, Banda, y Bonifant (sin año).
Rendimientos en el Sistema de Ahorro para el Retiro Mexicano.

El argumento principal para justificar la introducción de distintos tipos de *Sociedades* fue que a lo largo de la vida del trabajador tendría lugar una migración desde las *Siefore* con políticas de inversión más agresivas dirigidas a los trabajadores más jóvenes en el sistema, hacia fondos más conservadores, pensados para trabajadores con edad ya cercana a su retiro (Santillán, Martínez y López, 2016). Así, a enero de 2018, el SAR cuenta con las cinco *Siefore Básicas* que atienden a distintos grupos de cotizantes, de acuerdo con su edad y el tiempo que les falta para retirarse. El objetivo de la familia *Siefore* consiste en asumir un mayor riesgo y buscar obtener mejores rendimientos para los trabajadores más jóvenes (véase Figura 8) pues con el paso de los años y conforme avanza la edad de los cotizantes, se busca proteger los ahorros a través de inversiones con un menor nivel de riesgo (CONSAR, 2018).

Figura 8. Ciclo de vida de los trabajadores y familia de Siefore a 2018



*Trabajadores que están próximos a realizar retiros totales por pensión o negativa de pensión, así como los trabajadores del ISSSTE con bono redimido.

Fuente: e-SAR (2018). *Información sobre las Siefore*.

Recuperado en: <https://www.e-sar.com.mx/PortalEsar/public/sieforeInfo.do>

Blake, Cairns y Dowd (2001) señalan que el economista Paul Samuelson justificaba el manejo de fondos de pensión basado en fases conforme a la edad, debido a que los rendimientos a largo plazo de activos como acciones, bonos y propiedades

presentan reversión a la media; por lo tanto, era 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 y antes de su retiro.

Un detalle amplio de los tipos de instrumentos en los que pueden invertir las *Sociedades* y de los límites de inversión en cada uno de ellos se muestra en la Tabla 6 que presenta un resumen de la regulación aplicable a estos fondos. Todos los límites son porcentajes máximos, excepto el límite de protección inflacionaria y se especifica que la SB0 únicamente puede invertir en valores gubernamentales mexicanos de corto plazo.

Tabla 6. Límites al Régimen de Inversión de las Siefore

Clase de activo	Siefore Básica 0 (60 años y mayores)	Siefore Básica 1 (60 años y mayores)	Siefore Básica 2 (46 a 59 años)	Siefore Básica 3 (37 a 45 años)	Siefore Básica 4 (36 años y menores)
Valores Extranjeros ^{/1}	0%	20%	20%	20%	20%
Renta Variable ^{/1/2}	0%	10%	30%	35%	45%
Instrumentos en Divisas ^{/1}	0%	30%	30%	30%	30%
Instrumentos Bursatilizados ^{/3}	0%	10%	15%	20%	30%
Instrumentos Estructurados ^{/1/4}	0%	10%	15%	20%	20%
FIBRAS ^{/5} e Inversiones inmobiliarias	0%	5%	10%	10%	10%
Protección Inflacionaria ^{/6}	No	Sí (51% Min.)	No	No	No
Mercancías ^{/1}	0%	0%	5%	10%	10%

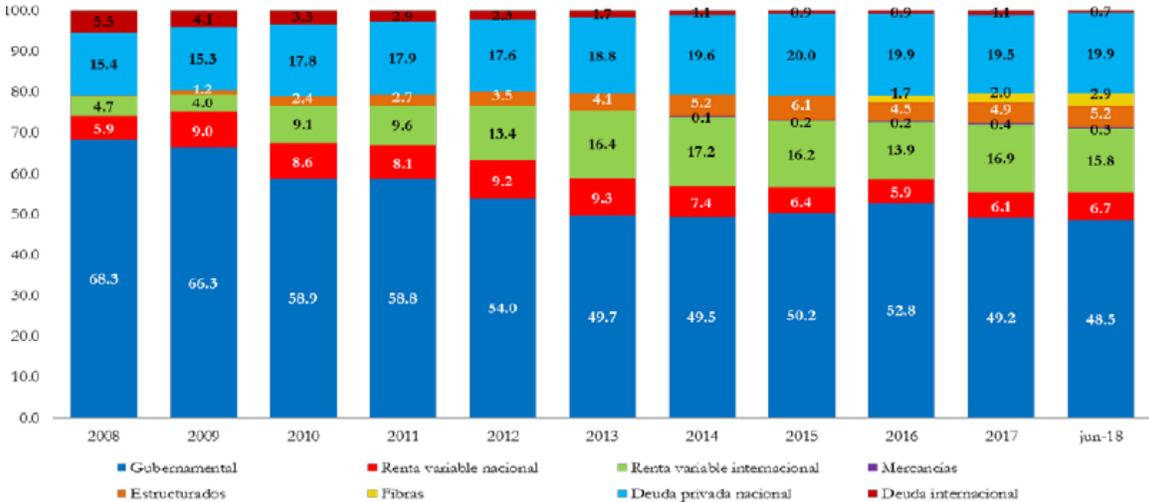
Fuente: CONSAR (2018). *Diagnóstico del SAR en México: Funcionamiento, beneficios y retos*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/consar/documentos/diagnostico-del-sistema-de-ahorro-para-el-retiro-en-mexico-funcionamiento-beneficios-y-retos?idiom=es>

Notas:

1. Como porcentaje del Activo Total de la *Siefore*, incluyendo los activos administrados por los mandatarios.
2. Incluye acciones individuales, IPOs, índices accionarios domésticos e internacionales, incluidos en la relación de índices, y obligaciones forzosamente convertibles en acciones de emisores nacionales.
3. Se computan las bursatilizaciones que cumplan con lo dispuesto en el Anexo R de las Disposiciones en materia financiera, las cuales se considerarán emitidos por un independiente, así como los Certificados Bursátiles Vinculados a Proyectos Reales.
4. Incluye CKDs y CERPIs.
5. Incluye a los FIBRAS genéricas y FIBRA-E. La última es un fideicomiso emisor cuyos recursos de la emisión se destinen a la inversión directa o indirecta en sociedades, proyectos o activos de energía o infraestructura.
6. Límite mínimo de inversión en activos financieros que aseguren un rendimiento igual o superior a la inflación en México.

Respecto a la diversificación de las carteras, la CONSAR (2018) señala que en la medida que un portafolio esté más diversificado, puede distribuir de mejor manera los riesgos. Derivado de lo anterior, ha promovido la diversificación de las inversiones ampliando el régimen de inversión. Cuando el SAR inició operaciones en 1997, las inversiones se realizaban principalmente en los activos de mayor presencia en el SFM que fueron valores gubernamentales. Con el tiempo, se han incrementado las capacidades de gestión financiera de las *Afore* y el régimen de inversión se ha flexibilizado dando como resultado portafolios de inversión más diversificados. Vale la pena comentar que la *Comisión* vigila diariamente que las *Afore* cumplan el Régimen de Inversión, monitoreando las decisiones de inversión que toman y los niveles de riesgo de las carteras.

Gráfica 13. Evolución de la diversificación en la composición de la cartera de las *Siefore*: 2008-2018



Fuente: CONSAR (2018). *Diagnóstico del SAR en México: Funcionamiento, beneficios y retos*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/consar/documentos/diagnostico-del-sistema-de-ahorro-para-el-retiro-en-mexico-funcionamiento-beneficios-y-retos?idiom=es>

La Gráfica anterior muestra como de 2008 en adelante a disminuido la inversión en deuda gubernamental y en deuda internacional. En contraste, la renta variable internacional y las inversiones en deuda privada internacional han aumentado. La siguiente Tabla presenta una cronología de los cambios más relevantes al régimen

de inversión que se han implementado en el nuevo sistema de pensiones de 1998 a 2016.

Tabla 7. Cambios relevantes al Régimen de Inversión de las *Siefore*: 1998-2016

Año	Modificaciones al Régimen de Inversión
1998	Inicio del SAR, las inversiones se realizaban principalmente en valores gubernamentales.
2001	Se permite operar derivados y realizar operaciones de préstamo de valores.
2002	Se introduce el Valor en Riesgo (<i>VaR</i>) como límite regulatorio.
2005	Se permite la inversión en valores extranjeros de deuda y de renta variable.
2005	Se introducen los <i>ETFs</i> ¹⁸ .
2007	Se posibilita invertir en activos alternativos (Fibras y Estructurados)
2008	Ampliación de los Fondos de ciclo de vida y entrada en vigor del Indicador de Rendimiento Neto (IRN).
2010	Redefinición de la metodología del <i>VaR</i> para resolver fenómenos pro-cíclicos negativos observados durante la crisis.
	Ampliación de límites de renta variable y autorización para invertir en Ofertas Públicas Iniciales. Se permiten menores calificaciones crediticias para instrumentos de deuda nacional, así como inversión en deuda subordinada.
2011	Mejoras para inversión en <i>CKDs</i> ¹⁹ , ampliación en divisas y en países elegibles. Autorización para invertir en Mercancías.
2012	Reorganización de familia de <i>Siefore</i> . Cambios en las medidas de control de Riesgos (<i>VaR</i> , <i>CVaR</i>). Ajustes en Instrumentos bursatilizados.
2013	Se habilita al <i>CVaR</i> para fijar los escenarios para el cómputo de la medida de <i>DCVaR</i> . Definición de país elegible como aquellos cuyas autoridades reguladoras y supervisoras de mercados financieros pertenezcan al Comité sobre el Sistema Financiero Global, a la Unión Europea, países miembros de la OCDE, y de la Alianza del Pacífico. Se autorizan las operaciones tipo <i>swaption</i> . Autorización para invertir en Fibras y <i>REITs</i> ²⁰ .
2014	Se precisan los criterios específicos para permitir a las <i>Siefore</i> autorregular el <i>VaR</i> . Se detalla el régimen de inversión de la <i>Siefore</i> Básica especializada para gente cercana al retiro (SB0). Diferenciación por tipo de fondo en los horizontes para el cálculo del IRN
2016	Se incorporan al RI los Fibra E, <i>CERPIs</i> ²¹ , y los instrumentos Híbridos. Eliminación de sublímites de Estructurados. Se redefine la composición del cajón de Instrumentos Estructurados (<i>CKDs</i> y <i>CERPIs</i>), así como límites de concentración. Se establece un cajón para Fibras y Fibras E. Se flexibiliza la inversión en Fondos Mutuos Indexados. Ampliación de límites para renta variable en 5% y creación de un cajón especial para el límite de emisor-contraparte para las Empresas Productivas del Estado

Fuente: CONSAR. *Vicepresidencia financiera*.

Recuperado de: <https://www.gob.mx/consar/documentos/diagnostico-del-sistema-de-ahorro-para-el-retiro-en-mexico-funcionamiento-beneficios-y-retos?idiom=es>

¹⁸ Del inglés *Exchange Trade Funds*, los *ETF* son un vehículo de inversión cuya política busca replicar el comportamiento de los activos que componen un índice bursátil, ya sea de renta fija, variable, divisas o materias primas u otros activos financieros (Economipedia,2018).

¹⁹ Son valores fiduciarios destinados para el financiamiento de uno o más proyectos, o para la adquisición de una o varias empresas y sus rendimientos no son producto del pago de principal ni de intereses predeterminados, sino del usufructo y beneficios de cada proyecto (BMV, 2018).

²⁰ Siglas en inglés de *Real Estate Investment Trust*, es una compañía que posee, opera o financia bienes raíces que generan ingresos, su similitud son los Fibras en México (Investopedia,2018).

²¹ Certificados Bursátiles Fiduciarios de Proyectos de Inversión, son instrumentos estructurados cuyos recursos de la emisión se destinan a financiar proyectos, así como la inversión en acciones, partes sociales o al financiamiento de sociedades, ya sea directa o indirectamente, a través de uno o varios vehículos de la inversión (BMV, 2018a).

III.IV El proceso de inversión de las *Afore*²²

El proceso de inversión de las *Afore* parte del principio de “*responsabilidad fiduciaria*”, es decir, las administradoras deben atender en todo momento al interés de los trabajadores. La responsabilidad fiduciaria no es la forma de actuar exclusiva del SAR, sino que es un principio fundamental en los mercados financieros a nivel internacional (CONSAR, 2018a). Otro factor que prevé la regulación del SAR para que una *Administradora* invierta es que quienes están a cargo de administrar los recursos de ahorradores, cuenten con un proceso de toma de decisiones con contrapesos adecuados y responsabilidades delimitadas para cada uno de los participantes. A lo anterior se le llama gobierno corporativo. Los órganos de gobierno a cargo del proceso de inversión son los siguientes:

- Consejo de Administración
- Comité de Inversión
- Comité de Riesgos Financieros

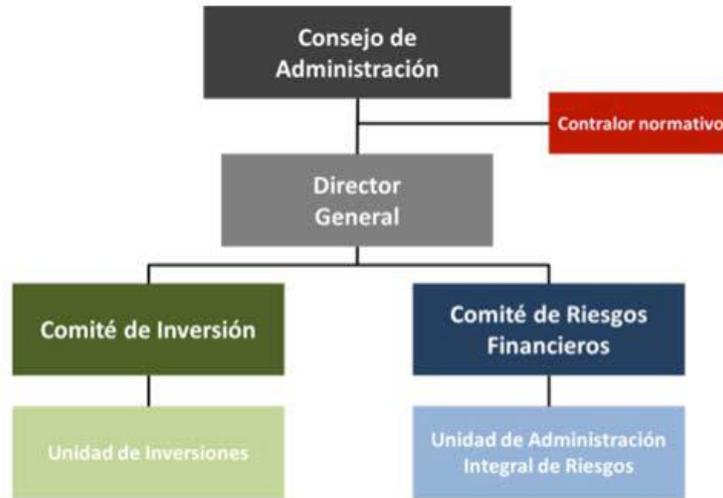
Además de estos órganos de gobierno existen funcionarios que son clave en el proceso de decisiones de inversión como lo son:

- Director general de la *Afore*
- Contralor normativo
- Consejeros independientes
- Responsables de inversiones y de riesgos

Los comités y funcionarios de las *Siefore* se muestran en la siguiente Figura.

²² Sección basada en el informe trimestral al H. Congreso de la Unión sobre la situación del SAR, correspondiente al primer trimestre de 2018.

Figura 9. Estructura de los Órganos de Gobierno de las *Siefore*



Fuente: CONSAR, (2018)

Diagnóstico del SAR en México: Funcionamiento, beneficios y retos. Recuperado de: <https://www.gob.mx/consar/documentos/diagnostico-del-sistema-de-ahorro-para-el-retiro-en-mexico-funcionamiento-beneficios-y-retos?idiom=es>

El Director general de la *Afore* ejecuta las decisiones estratégicas aprobadas por el Consejo de Administración, no solo en lo referente a las inversiones sino también a los asuntos operativos, de servicios y comerciales. El Contralor normativo es responsable de vigilar que los funcionarios y empleados de la misma cumplan con la normatividad establecida. Los Consejeros independientes procuran que las decisiones que se tomen en las sesiones sean en beneficio de los trabajadores y se apeguen a las sanas prácticas del mercado a través de su voto y de su participación activa en los comités. Además, deben ser expertos en temas financieros, económicos o de seguridad social, que cuentan con reconocido prestigio y solvencia moral y que participan en los comités para anteponer el interés de los trabajadores en las decisiones de inversión. La figura de Consejero independiente es también utilizada a nivel internacional como mejor práctica corporativa para alinear los intereses de los inversionistas y eliminar o mitigar conflictos de interés en las decisiones de inversión.

El Consejo de Administración es el máximo órgano de gobierno y toma las decisiones estratégicas de la *Afore*. Una de sus responsabilidades es aprobar los

prospectos de inversión, los cuales tienen el objetivo de revelar a los trabajadores la información relativa a las políticas de inversión que seguirá la *Afore*.

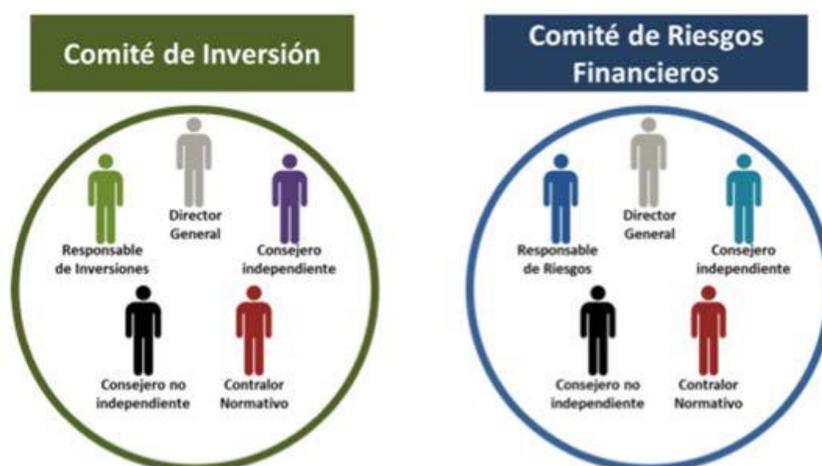
III.V El Comité de Inversión y el Comité de Riesgos Financieros

El Comité de Inversión tiene la responsabilidad de determinar la política y estrategia de inversión de la *Siefore*, así como la composición y diversificación de los instrumentos financieros en los que se invierten los recursos. La estrategia de inversión es el conjunto de reglas y políticas que establece la compra y venta de instrumentos financieros y define la visión de la *Administradora* con respecto al rendimiento que espera obtener y a los riesgos que quiere asumir. La aprobación de la compra o venta de instrumentos financieros se lleva a cabo en las sesiones de este Comité, donde típicamente el responsable de la Unidad de Inversiones pone a consideración de los miembros del Comité una propuesta de inversión, acompañándola del análisis financiero correspondiente y de los rendimientos y riesgos esperados; posteriormente, después de una discusión colegiada, los miembros del Comité votan a favor o en contra de la propuesta.

Por su parte, el Comité de riesgos financieros tiene la responsabilidad de administrar los riesgos a los que se exponen las inversiones, así como vigilar que las operaciones se ajusten a los límites, políticas y procedimientos para la administración de riesgos aprobados por el Consejo de Administración. Las inversiones en los mercados financieros tienen la expectativa de generar rendimientos para los inversionistas, sin perder de vista que todas las inversiones tienen riesgos (algunos más que otros) por lo que el análisis de los mismos es fundamental. Los instrumentos financieros están sujetos a distintos tipos de riesgo: de mercado, liquidez, crédito, operativo, de contraparte, entre otros. Todos estos son analizados por la Unidad de Análisis Integral de Riesgos de la *Administradora*. El Comité de Riesgos Financieros también es un órgano colegiado en el que participa el Director general de la *Afore*, el responsable de la Unidad de Riesgos Financieros, al menos un Consejero independiente y el Contralor normativo.

El Comité de Riesgos Financieros debe de aprobar un marco general de administración de riesgos y de medidas prudenciales a las que se debe ajustar la *Afore* para llevar a cabo sus inversiones y el responsable de la Unidad de Administración Integral de Riesgos es el encargado de hacer la medición de los riesgos y verificar que los portafolios cumplan con el marco prudencial. En seguida se ilustra esquemáticamente la composición mínima de los Comités de Inversiones y de Riesgos Financieros.

Figura 10. Composición de los Comités de Inversión y Riesgo



Fuente: CONSAR, (2018)

Diagnóstico del SAR en México: Funcionamiento, beneficios y retos.
Recuperado de: <https://www.gob.mx/consar/documentos/diagnostico-del-sistema-de-ahorro-para-el-retiro-en-mexico-funcionamiento-beneficios-y-retos?idiom=es>

Es importante señalar que la regulación obliga a ambos Comités a que todas sus decisiones queden plasmadas en actas pormenorizadas, lo cual fortalece los incentivos para llevar a cabo decisiones de inversión y de riesgos adecuadas. Estos Comités actúan de manera paralela pero coordinada para las decisiones de inversión y también fungen como contrapesos entre ellos.

Finalmente, la normativa emitida por la *Comisión* establece obligaciones y restricciones adicionales a las *Afore* en sus procesos de inversión, con el objetivo

de contribuir a que los ahorros de los trabajadores reciban la mayor seguridad y rentabilidad posible en un marco adecuado de administración de riesgos. Algunas de las más relevantes son las siguientes:

1. Circular 15 del “*Régimen de Inversión*” (C.15): En ella se establecen las reglas de en qué y cuánto pueden invertir las *Afore*, es decir los límites de inversión, determinados en su mayoría por la Junta de Gobierno de la CONSAR que cumplen dos propósitos principales: lograr una adecuada diversificación del portafolio a través de permitir a las *Afore* la inversión en una amplia gama de instrumentos y procurar un nivel aceptable de riesgo en el portafolio. Las inversiones de las *Afore* deben de cumplir los límites que les impone el régimen de inversión, por lo que no es posible invertir de forma ilimitada en un solo instrumento o vehículo. Al respecto la LSAR en su Artículo 43 señala:

El régimen de inversión deberá tener como principal objetivo otorgar la mayor seguridad y rentabilidad de los recursos de los trabajadores. Asimismo...tenderá a incrementar el ahorro interno y el desarrollo de un mercado de instrumentos de largo plazo acorde con el sistema de pensiones (LSAR, 1996 Art. 43).

2. Circular Única Financiera (CUF): Establece una lista de obligaciones y reglas prudenciales que las *Afore* deben seguir para invertir en los distintos instrumentos y vehículos permitidos en la C.15. Cualquier inversión en un instrumento financiero debe estar soportada con un análisis de los riesgos asociados al mismo: entre más riesgoso sea el instrumento, más estricto debe ser el análisis.

3. Circular 71-1: Reglas generales que establecen el procedimiento para la construcción de los índices de rendimiento neto de las sociedades de inversión especializadas de fondos para el retiro, aplicables a los procesos de traspaso, asignación de cuentas individuales, y como resultado de la fusión entre administradoras de fondos para el retiro. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de diciembre de 2007.

CAPÍTULO IV. MODELOS APLICADOS EN EL ESTUDIO ECONOMÉTRICO

IV.1 Modelo para estimar el rendimiento de un activo financiero.

En series de tiempo financieras, se busca trabajar con series *estacionarias* que por lo general, resultan de la diferencia de los logaritmos que justamente coincide con el cálculo de los **rendimientos** de un activo financiero. Primero se obtienen logaritmos para estabilizar la varianza ya que el logaritmo permite reducir el nivel de volatilidad sin cambiar la estructura del comportamiento de la serie. Posteriormente, para obtener los rendimientos se calcula la diferencia de la serie logarítmica para estabilizar el término de la media. De esta manera, se puede realizar una estimación de los rendimientos más *ad hoc* en el tratamiento de series financieras. A continuación, se presenta la metodología para el cálculo de rendimientos de activos financieros propuesta por Jorion (2004) la cual hace énfasis en la importancia del cálculo de los rendimientos continuos sobre los discretos:

En el contexto de la medición del riesgo de mercado, la variable aleatoria considerada es la tasa de rendimiento de un activo financiero. El rango de posibles pagos sobre un valor puede ser descrito por su función de distribución de probabilidad. Por ejemplo, si se define como el horizonte de medición un mes, los rendimientos se miden a partir del final del mes previo denotado por el subíndice $t - 1$, al final del mes actual, denotado por t . La tasa de rendimiento aritmética o discreta se calcula como la ganancia de capital más cualquier pago intermedio, tal como un dividendo o cupón:

$$r_t = \frac{P_t + D_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \quad (1.1)$$

Donde:

r_t es el rendimiento del activo financiero i al tiempo t ,

P_t es el precio de la cartera del activo financiero al tiempo t , y

P_{t-1} es el precio de la cartera del activo financiero al tiempo $t - 1$

Esta definición implica que cualquier pago es reinvertido solo al final del mes. Para concentrarse en un horizonte de mayor plazo, en la práctica se utiliza la tasa de rendimiento geométrico, la cual se define en términos de logaritmos del cociente de precios:

$$r_t = \ln \left[\frac{P_t + D_t}{P_{t-1}} \right] \quad (1.2)$$

Donde:

r_t es el rendimiento del activo financiero i al tiempo t ,

\ln es el logaritmo neperiano del cociente de precios,

P_t es el precio de la cartera del activo financiero al tiempo t , y

P_{t-1} es el precio de la cartera del activo financiero al tiempo $t-1$.

Por simplificación, se asume que los pagos D_t son cero. Alternativamente, P es el valor de un fondo mutuo que reinvierte todos los dividendos. Por lo tanto, no tiene lugar un rebalanceo con rendimientos geométricos, mientras que las medias aritméticas correspondan al caso de una inversión fija; esto es, donde las ganancias se retiran y las pérdidas se acumulan.

Ahora bien, la ventaja de utilizar rendimientos geométricos desde el punto de vista económico es que podrían ser más significativos que los rendimientos aritméticos. Si los rendimientos geométricos son distribuidos normalmente, entonces la distribución no puede conducir a un precio que sea negativo. Esto es porque la cola izquierda de la distribución, tal como $\ln(P_t/P_{t-1}) \rightarrow -\infty$ se obtiene como $(P_t/P_{t-1}) \rightarrow 0$, o $P_t \rightarrow 0$. En contraste, en la cola izquierda de la distribución normal de los rendimientos aritméticos, $R_t = (P_t - P_{t-1})/P_{t-1} \rightarrow -\infty$ se obtiene como $(P_t/P_{t-1}) - 1 < -1$, o $P_t < 0$. Económicamente, esto no es significativo. Por lo tanto, imponer una distribución normal sobre la tasa de rendimiento aritmética permite una conducta aberrante en los precios. Otra ventaja de la utilización de rendimientos geométricos es que permite fácilmente extensiones a periodos múltiples. Ahora, si se considera el rendimiento sobre un periodo de dos meses. El rendimiento geométrico puede ser descompuesto como:

$$P_{t2} = \ln(P_t / P_{t-2}) = \ln(P_t / P_{t-1}) + \ln(P_{t-1} / P_{t-2}) = R_{t-1} + R_t \quad (1.3)$$

Esto es particularmente útil dado que el rendimiento geométrico de dos meses es simplemente la suma de los dos rendimientos mensuales. Una vez señalado lo anterior, hay que admitir que en múltiples situaciones la diferencia entre los dos rendimientos es pequeña: considérese que $R_t = \ln(P_t / P_{t-1}) = \ln(1 + r_t)$. Si r_t es pequeña, R_t puede ser descompuesta a través de una serie de *Taylor* como $R_t = r_t + (r_t^2)/2 + (r_t^3)/3 + \dots$, la cual se simplifica a $R_t \approx r_t$, si r_t es pequeña. Por lo tanto, en la práctica, mientras los rendimientos sean pequeños, habrá una pequeña diferencia entre los rendimientos continuos y discretos. Lo anterior podría no cumplirse en mercados con grandes movimientos, como los emergentes, o cuando el horizonte de intervalo se mide en años.

Una vez determinados los rendimientos continuos mensuales, (por ejemplo, de un periodo de 5 años), ahora se busca obtener el rendimiento promedio anualizado. Una buena aproximación para dicha estimación podría ser la propuesta por Martínez y Venegas (2014):

$$r_a = \left[\frac{\sum \ln p_f - \ln p_i}{n} \right] * tp \quad (1.4)$$

Donde:

r_a es el rendimiento promedio anualizado del periodo,

$\ln p_f$ el logaritmo en la última fecha del periodo,

$\ln p_i$ el logaritmo en la fecha de inicio del periodo,

n el número de observaciones y

tp representa el número de días promedio anual en el periodo estudiado. De esta manera, se pueden estimar los rendimientos de los fondos de la SB3, que como se mencionó, coinciden con la búsqueda de *estacionariedad* de las series financieras.

IV.II Metodología *Box-Jenkins*²³

La metodología *Box-Jenkins* resulta útil para conocer si la serie a estudiar sigue un proceso AR puro (el valor de p), un proceso MA puro (el valor de q), un proceso ARMA (valores de p y q) o un proceso ARIMA, en cuyo caso se deben conocer los valores de p, d y q . Pero antes es conveniente explicar los procesos antes mencionados para una mejor comprensión de la aplicación econométrica.

- Proceso Autorregresivo (AR)

Sea Y_t el logaritmo del precio de un activo financiero en el periodo t . Si se modela Y_t como:

$$(Y_t - \delta) = \alpha_1(Y_{t-1} - \delta) + u_t \quad (2.1)$$

donde δ es la media de Y y u_t es un término de error aleatorio no correlacionado con media cero y varianza constante σ^2 , o bien que la serie es un proceso estocástico estrictamente estacionario que satisface la definición de “*ruido blanco*” la cual se puede expresar de la siguiente manera para el caso de la serie de tiempo Y_t :

$$Y_t \sim iidN(0, \sigma^2) \quad (2.2)$$

en caso contrario, se dice que la serie de tiempo Y_t presenta una caminata aleatoria o no es estacionaria, debido a la existencia de una raíz unitaria; entonces, para transformarla se recurre a la **diferenciación** (Galán, 2014). Se busca la estacionariedad en sentido débil, es decir, que las series no tengan tendencia y que su varianza sea constante.

Así, Y_t sigue un proceso estocástico autorregresivo de primer orden, o AR(1). Aquí el valor de Y en el tiempo t depende de su valor en el periodo anterior y de un término aleatorio; los valores de Y están expresados como desviaciones de su valor medio.

²³ Sección basada en Galán (2004), Gujarati y Porter (2010), Jáuregui (2014) y Meléndez (2014).

En otras palabras, este modelo dice que el valor de pronóstico de Y en el periodo t es simplemente alguna proporción $= \alpha_1$ de su valor en el periodo $(t - 1)$ más un “*shock*” (choque o perturbación aleatoria) en el tiempo t ; de nuevo, los valores de Y están expresados alrededor del valor de su media. Pero si consideramos este modelo:

$$(Y_t - \delta) = \alpha_1(Y_{t-1} - \delta) + \alpha_2(Y_{t-2} - \delta) + u_t \quad (2.3)$$

decimos que Y_t sigue un proceso autorregresivo de segundo orden o AR(2), es decir, el valor de Y en el tiempo t depende de sus valores en los dos periodos anteriores, los valores de Y expresados alrededor del valor de su media δ . En general, tenemos

$$(Y_t - \delta) = \alpha_1(Y_{t-1} - \delta) + \alpha_2(Y_{t-2} - \delta) + \dots + \alpha_p(Y_{t-p} - \delta) + u_t \quad (2.4)$$

en cuyo caso Y_t es un proceso autorregresivo de orden p , o AR(p).

- Proceso de Medias Móviles (MA)

El proceso AR, no es el único mecanismo que puede generar a Y . Existe un modelo de Y_t de la siguiente manera:

$$Y_t = \mu + \beta_0 u_t + \beta_1 u_{t-1} \quad (2.5)$$

donde μ es una constante y u , al igual que antes, es el término de error estocástico de ruido blanco. Aquí, Y en el periodo t es igual a una constante más un promedio móvil de los términos de error presente y pasado. En este caso decimos que Y sigue un proceso de promedios móviles de primer orden, o MA(1). Pero si Y sigue la expresión:

$$Y_t = \mu + \beta_0 u_t + \beta_1 u_{t-1} + \beta_2 u_{t-2} \quad (2.6)$$

es un proceso MA(2). En forma más general,

$$Y_t = \mu + \beta_0 u_t + \beta_1 u_{t-1} + \beta_2 u_{t-2} + \dots + \beta_q u_{t-q} \quad (2.7)$$

es un proceso MA(q). En resumen, un proceso de promedios móviles es tan sólo una combinación lineal de términos de error de ruido blanco.

- Proceso Autorregresivo y de Promedios Móviles (ARMA)

Desde luego, es muy probable que Y tenga características de AR y de MA a la vez y por consiguiente, sea ARMA. Así, Y_t sigue un proceso ARMA(1,1) si se escribe como:

$$Y_t = \theta + \alpha_1 Y_{t-1} + \beta_0 u_t + \beta_1 u_{t-1} \quad (2.8)$$

porque hay un término autorregresivo y uno de promedios móviles y θ representa un término constante. En general, en un proceso ARMA (p, q), habrá p términos autorregresivos y q términos de promedios móviles.

- Proceso Autorregresivo Integrado de Promedios Móviles (ARIMA)

Los modelos de series de tiempo analizados se basan en el supuesto de que las series de tiempo consideradas son (débilmente) estacionarias: la media y la varianza de una serie de tiempo débilmente estacionaria son constantes y su covarianza es invariante en el tiempo. Pero muchas series de tiempo financieras son no estacionarias, es decir, son integradas. Si una serie de tiempo es integrada de orden 1 [es decir, si es $I(1)$], sus primeras diferencias son $I(0)$, es decir, estacionarias. En forma similar, si una serie de tiempo es $I(2)$, sus segundas diferencias son $I(0)$. En general, si una serie de tiempo es $I(d)$, después de diferenciarla d veces se obtiene una serie $I(0)$. Por consiguiente, si debemos diferenciar una serie de tiempo d veces para hacerla estacionaria y luego aplicarle el modelo ARMA (p, q), decimos que la serie de tiempo original es **ARIMA (p, d, q)** es

decir, es una serie de tiempo autorregresiva integrada de promedios móviles, donde p denota el número de términos autorregresivos, d el número de veces que la serie debe diferenciarse para hacerse estacionaria y q el número de términos de promedios móviles.

Un punto importante para utilizar la metodología *Box-Jenkins*, es contar con una serie de tiempo **estacionaria** o una serie de tiempo que sea estacionaria después de una o más diferenciaciones. La razón para suponer estacionariedad se explica de la siguiente manera en Gujarati y Porter (2010):

El objetivo de Box-Jenkins es identificar y estimar un modelo estadístico que se interprete como generador de los datos muestrales. Entonces, si se va a pronosticar con este modelo estimado, debe suponerse que sus características son constantes a través del tiempo y, en particular, en periodos futuros. Así, la sencilla razón para requerir datos estacionarios es que todo modelo que se infiera a partir de estos datos pueda interpretarse como estacionario o estable en sí mismo, y proporcione, por consiguiente, una base válida para pronosticar (Pokorny, 1987).

Ahora bien, la metodología *Box-Jenkins* considera cuatro etapas para su desarrollo:

1. Identificación: Consiste en encontrar los valores apropiados de p , d y q . Las herramientas principales en la identificación son la Función de Autocorrelación (FAC), la Función de Autocorrelación Parcial (FACP) y los correlogramas resultantes, que son simplemente los gráficos de FAC y de FACP respecto de la longitud del rezago, el cual se determina al calcular la FAC hasta un tercio o una cuarta parte de la longitud de la serie de tiempo. Es recomendable comenzar con rezagos lo bastante grandes y luego reducirlos mediante un criterio estadístico, como *el criterio de información Akaike o de Schwarz*. Por otra parte, también podemos utilizar el estadístico Q para probar si una serie de tiempo es de ruido blanco:

$$Q = n \sum_{k=1}^m p^2_k \quad (2.9)$$

Donde n es el tamaño de la muestra y m la longitud del rezago. En muestras grandes, este estadístico se distribuye aproximadamente como la distribución ji cuadrada con m grados de libertad (gl). En una aplicación, si la Q calculada excede el valor Q crítico de la distribución ji cuadrada en el nivel de significancia seleccionado (generalmente menor al 5%), podemos rechazar la hipótesis nula (H_0) de que todos los p_k (verdaderos) son iguales a cero; por lo menos algunos de ellos deben ser diferentes de cero.

Por su parte, los correlogramas son una forma para encontrar el patrón ARMA de la serie de tiempo al considerar la FAC y la FACP. La Tabla 8 presenta los lineamientos generales de los diversos procesos estocásticos de acuerdo a los patrones teóricos de la FAC y la FACP. Así, los correlogramas asociados de un número seleccionado de patrones ARMA, se pueden ajustar a los procesos AR(1), AR(2), AR(3), MA(1), MA(2), MA(3), ARIMA (1,1), ARIMA (2,2) y así sucesivamente.

Tabla 8. Patrones teóricos de FAC y FACP

Tipo de modelo	Patrón típico de FAC	Patrón típico de FACP
AR(p)	Disminuye exponencialmente o con un patrón de onda sinusoidal achatada o ambos.	Picos significativos en los rezagos q
MA(q)	Picos significativos en los rezagos q	Decrece exponencialmente
ARMA(p, q)	Decrece exponencialmente	Decrece exponencialmente

Nota: Los términos decrecimiento exponencial y decrecimiento geométrico significan lo mismo

Fuente: Gujarati y Porter, (2010)

Es necesario aplicar pruebas de diagnóstico para determinar si el Modelo ARMA seleccionado es razonablemente preciso. Al respecto, las llamadas pruebas de raíz unitaria buscan la estacionariedad de la serie. Ejemplos de ellas son la prueba Dickey-Fuller Aumentada (DFA) y la prueba Phillips y Perron (PP) que se basan en la hipótesis nula (H_0) de que la serie de tiempo tiene una raíz unitaria; o sea, es no estacionaria. El supuesto de ambas pruebas es que si el valor absoluto calculado del estadístico tau ($|t|$) excede la DFA o PP absoluta o los valores críticos tau de MacKinnon, rechazamos la hipótesis de que $\delta = 0$, en cuyo caso la serie de tiempo

es estacionaria. Por el contrario, si el $|t|$ calculado no excede el valor crítico tau , no rechazamos la (H_0) , en cuyo caso la serie de tiempo es no estacionaria.

La prueba DFA consiste en este caso en estimar la siguiente regresión:

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (2.10)$$

donde ε_t es un término de error puro de ruido blanco y donde $\Delta Y_t = (Y_{t-1} - Y_{t-2})$; $\Delta Y_{t-2} = Y_{t-2} - Y_{t-3}$, etc. El número de términos de diferencia rezagados que debemos incluir con frecuencia se determina de manera empírica, con la idea de incluir los términos suficientes para que el término de error en (2.10) no esté serialmente relacionado y sea posible obtener una estimación insesgada de δ , el coeficiente de Y_{t-1} rezagado. Los paquetes econométricos tienen una opción que selecciona automáticamente la longitud del rezago con base en los criterios de información de *Akaike*, *Schwarz* y otros.

Respecto al tamaño de prueba DFA, existen tres tipos: 1) una caminata puramente aleatoria, 2) una caminata aleatoria con deriva y 3) una caminata aleatoria con deriva y tendencia. Es importante observar que los valores críticos de la prueba tau para probar la hipótesis de que $\delta = 0$ son diferentes en cada una de los tres tipos de la prueba DFA. Por su parte, la prueba PP utiliza métodos estadísticos no paramétricos para evitar la correlación serial en los términos de error, sin añadir términos de diferencia rezagados. La distribución asintótica de la prueba PP es la misma que la prueba DFA.

2. Estimación: Tras identificar los valores apropiados de p, d y q la siguiente etapa es estimar los parámetros de los términos autorregresivos y de promedios móviles incluidos en el modelo. Algunas veces, este cálculo se efectúa mediante mínimos cuadrados simples, pero en otras ocasiones hay que recurrir a métodos de estimación no lineal (en parámetros). Esta labor se lleva a cabo ahora a través de rutinas en diversos paquetes estadísticos. Por ejemplo, la estimación de un Modelo ARIMA, se puede presentar de la siguiente forma:

sea Y_t^* las primeras diferencias del logaritmo de la serie a estudiar, entonces, un modelo MA identificado tentativamente podría ser por ejemplo:

$$Y_t^* = \mu + \beta_1 u_{t-1} + \beta_2 u_{t-2} \quad (2.11)$$

3. Examen de diagnóstico: Después de seleccionar un modelo ARIMA particular y de estimar sus parámetros, tratamos de ver si el modelo seleccionado se ajusta a los datos en forma razonablemente buena, pues es posible que exista otro modelo ARIMA que también lo haga. Es por esto que el diseño de Modelos ARIMA de *Box-Jenkins* es un **proceso iterativo**, se requiere gran habilidad para seleccionar el modelo ARIMA correcto, Una simple prueba del modelo seleccionado es ver si los residuales estimados a partir de este modelo son de ruido blanco; si lo son, aceptamos el ajuste particular; si no lo son, debemos empezar de nuevo. Es importante realizar la prueba para detectar autocorrelación en los residuos en el análisis de regresión, para ello se utiliza la prueba *Durbin-Watson* (DW) que es la razón de la suma de las diferencias al cuadrado de residuos sucesivos sobre la suma de cuadrados de los residuos. En dicha prueba las variables explicativas, o regresoras, son no estocásticas, el término de error sigue la distribución normal, los modelos de regresión no incluyen el (los) valor(es) rezagado(s) de la regresada y sólo se toma en cuenta la correlación serial de primer orden. Así, la prueba DW se define como:

$$d = \frac{\sum_{t=2}^{t=n} (\bar{U}_t - \bar{U}_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^{t=n} \bar{U}_t^2} \quad (2.12)$$

Donde:

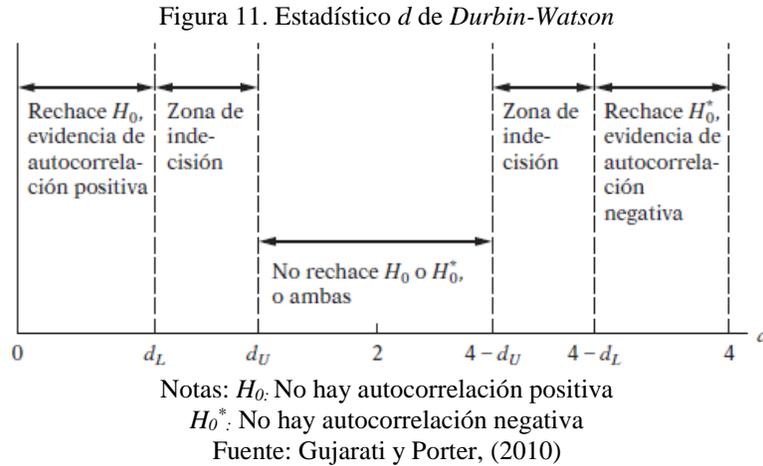
$$d = 2(1 - r),$$

d esta entre 0 y 4,

r es la autocorrelación de la muestra de los residuos y

t es el número de observaciones.

Se busca un límite inferior d_L y un límite superior d_U tales que si el valor d calculado en (2.12) cae fuera de estos valores críticos, puede tomarse una decisión respecto de la presencia de correlación serial positiva o negativa.

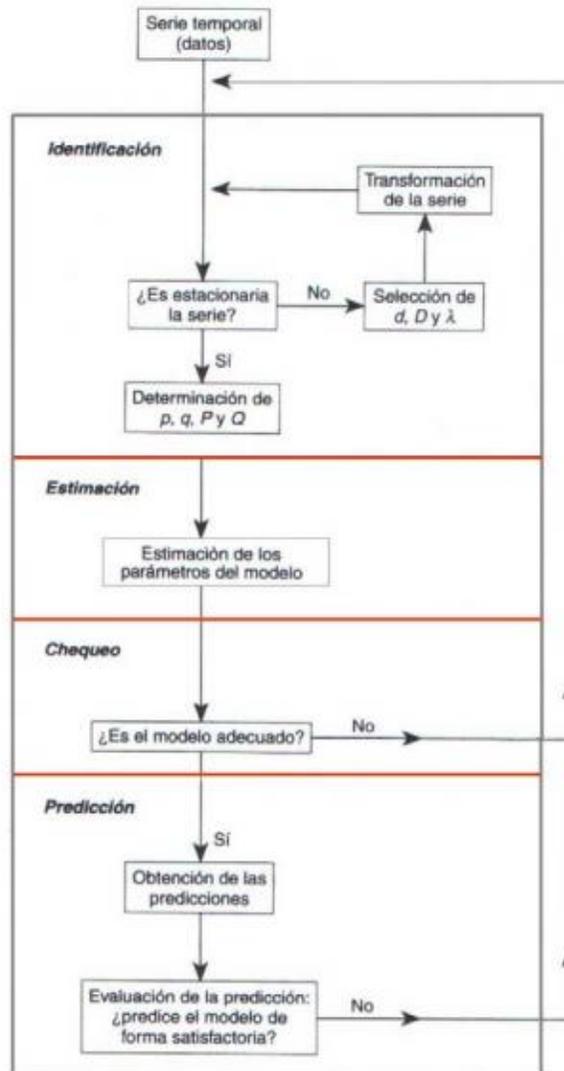


4. Pronóstico: En esta investigación **no** se pretende desarrollar un pronóstico de los rendimientos bajo el entendido de que en la práctica financiera los *rendimientos pasados no garantizan rendimientos futuros*, sin embargo, para el modelado de rendimientos financieros (que se explica en el siguiente Capítulo) se utilizará un Modelo ARIMA de la forma $(p, 1, q)$, donde p denota el número de términos autorregresivos, d el número de veces que la serie debe diferenciarse (en este caso 1) para hacerse estacionaria y q el número de términos de promedios móviles (Martínez y Venegas, 2014). Así el modelo utilizado está representado como:

$$y_t = a_0 + \sum_{i=1}^p a_i y_{t-1} + \sum_{i=1}^q \beta_i \varepsilon_{t-1} \quad (2.13)$$

Como se señaló, la metodología *Box-Jenkins* es un proceso iterativo representado en la siguiente Figura:

Figura 12. Metodología *Box-Jenkins*



Fuente: De la Fuente, (2016)

Una vez descrita la metodología *Box-Jenkins*, en seguida se presentan los detalles técnicos de los Modelos ARCH y GARCH para estimar la varianza como medida de riesgo de mercado.

IV.III Modelo con Heteroscedasticidad Condicional Autorregresiva (ARCH)²⁴

El Modelo ARCH fue desarrollado por el economista estadounidense Robert F. Engle en 1982 en la *London School of Economics* en 1979. David Hendry inventó el nombre y Frank Srba escribió el primer modelo ARCH para evaluar el carácter impredecible de la inflación como una de las principales causas de los ciclos económicos en el Reino Unido.

Cuando los profesionales ponían en práctica sus estrategias financieras, necesitaban estimaciones de las **varianzas** y un método simple con el nombre de volatilidad histórica, se solía usar. En dicho método, se estima la volatilidad mediante la desviación típica muestral de los rendimientos a lo largo de un corto periodo de tiempo. Por otra parte, en realidad es la volatilidad de un periodo futuro la que debería considerarse como medida del riesgo, por lo que son necesarias no sólo una medida de la volatilidad actual, sino también una predicción de la volatilidad futura, por lo tanto, el método de volatilidad histórica **no** ofrecía ninguna solución para estos problemas. En línea con lo anterior, Casas y Cepeda (2008) argumentan que la volatilidad varía en el tiempo y por lo tanto, los modelos clásicos de series de tiempo no son adecuados para modelarla, ya que supone que la varianza es constante. Una solución al fenómeno anterior, se presenta en Engle (1982) bajo una clase de procesos estocásticos denominados *Autorregresivos Condicionalmente Heteroscedásticos* o ARCH (*Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*, por sus siglas en inglés) que se explica a continuación:

El Modelo ARCH describe la predicción de la varianza en función de variables observables actuales (en vez de usar desviaciones típicas sobre muestras largas o cortas) y propone usar medias ponderadas de los cuadrados de los errores de predicción del pasado (una especie de varianza ponderada). Un proceso ARCH produce patrones dinámicos de vuelta a la media que se pueden predecir, también produce un mayor número de valores extremos de lo que se esperaría de una

²⁴ Apartado basado en Engle (2004).

distribución normal estándar, ya que los valores extremos durante el periodo de alta volatilidad son mayores de los que se hubiesen podido anticipar con un proceso de volatilidad constante. El modelo funciona de la siguiente manera:

“[...] se pueden calcular predicciones cada día o en cada periodo. Examinando estas predicciones para diferentes ponderaciones, podemos encontrar el conjunto de ponderaciones que hacen que las predicciones sean tan cercanas a la varianza del siguiente rendimiento como sea posible. Este procedimiento, basado en la máxima verosimilitud, ofrece una solución sistemática al problema de estimar las ponderaciones óptimas. Una vez determinadas las ponderaciones, este modelo dinámico de volatilidad variable en el tiempo puede utilizarse para medir la volatilidad en cualquier periodo...Las distribuciones no condicionadas pueden expresarse matemáticamente y, por lo general, son realistas” (Engle, 2004).

Los Modelos ARCH tienen características principales que se refieren a procesos no correlacionados en serie, con media cero, varianzas no constantes condicionales al pasado, pero con varianzas incondicionales constantes. Para dichos procesos, el pasado reciente brinda información sobre la varianza del pronóstico de un período donde se introduce un modelo de regresión con las perturbaciones que siguen a un proceso ARCH y para probar dicho efecto, se emplea la prueba del *Multiplicador de Lagrange* propuesta por Engle (1982) y Bollerslev (1986) que se basa en la autocorrelación de los residuos elevados al cuadrado y que establece la hipótesis nula (H_0) que no hay efectos ARCH de primer orden. El éxito de la familia de modelos ARCH se puede atribuir a las aplicaciones que éstos tienen en finanzas ya que pueden aplicarse a problemas estadísticos con series temporales y adquieren un valor especial cuando se aplican a series temporales financieras. Esto se debe en parte a la importancia del dilema entre *riesgo-rendimiento* en los mercados financieros y a **tres características** presentes en los rendimientos que coinciden en gran medida por los ya mencionados por Engle y Patton (2001):

1. Agrupamiento o *clúster* de volatilidad: Existen lapsos donde los precios muestran amplias variaciones durante prolongados periodos y luego se dan

intervalos de una calma relativa (Gujarati y Porter, 2010). Tanto los periodos de más agitación como los más tranquilos están agrupados en el tiempo y a los inversionistas les interesa la volatilidad de los precios de las acciones, pues una gran volatilidad puede significar enormes pérdidas o ganancias y en consecuencia, provocar mayor incertidumbre.

2. Exceso de curtosis: Los rendimientos tienen sorprendentemente, una gran cantidad de valores extremos o colas gordas.
3. Impredecibilidad: Los rendimientos son prácticamente impredecibles.

Como se mencionó en el Capítulo II, la **volatilidad** es la varianza condicional de la serie subyacente y en el caso de las series de tiempo financieras, se modela la volatilidad de los retornos. Considerando lo anterior, la pregunta es: ¿cómo se modelan las series de tiempo financieras que experimentan volatilidad? Una característica de la mayoría de las series de tiempo financieras es que en su forma de nivel son caminatas aleatorias (son no estacionarias). Por otra parte, en la forma de primeras diferencias, por lo general resultan estacionarias. En consecuencia, en vez de modelar las series de tiempo financieras en su forma de nivel, se recomienda hacer modelos de sus primeras diferencias.

Las primeras diferencias suelen presentar amplia volatilidad, lo cual indica que la varianza de las series de tiempo financieras se modifica con el tiempo. En estos casos es cuando resulta práctico el uso del Modelo ARCH. Como su nombre lo indica, la **heteroscedasticidad, o varianza desigual**, puede tener una estructura autorregresiva en la que la heteroscedasticidad observada a lo largo de diferentes periodos quizá esté autocorrelacionada. Así las tres características de los rendimientos (volatilidad, exceso de curtosis e impredecibilidad) son precisamente las características para las cuales se diseñó el modelo ARCH el cual está dado por los siguientes parámetros²⁵:

²⁵ Véase Argáez *et al.* (2014) y Catalán, (2011).

Sea (ε_t) una sucesión de variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas (*i.i.d.*) con distribución normal estándar $N(0,1)$. Entonces el proceso (Y_t) es un proceso ARCH(q) si:

$$(Y_t) = \sigma_t (\varepsilon_t)$$

Donde

$$\sigma_t^2 = w + \sum_{i=1}^q \alpha_i Y_{t-1}^2 \quad (3.1)$$

considerando: $w > 0, \alpha_i \geq 0, i = 1, \dots, q$. La ecuación (3.1) implica que la varianza condicional σ_t^2 evoluciona según los valores previos Y_{t-1}^2 es decir,

$$y_t^2 = w + \sum_{i=1}^q \alpha_i Y_{t-1}^2 + n_t \quad (3.2)$$

para alguna variable aleatoria n_t . Usando la expresión (Y_t) y la ecuación (3.1) es posible verificar que el proceso y_t^2 evoluciona conforme un proceso AR(q) y en el caso de series financieras, captura la tendencia del agrupamiento de la volatilidad, es decir, a grandes (pequeños) cambios en los precios, le siguen grandes (pequeños) cambios en los precios, aunque con signo no predecible. La condición $\alpha_i \geq 0, i = 1, \dots, q$, garantiza que la varianza condicional sea **no negativa** (la varianza debe ser positiva y finita) ya que si alguna de las α_i es negativa y el valor de Y_{t-1}^2 es muy grande, se podría obtener una varianza condicional negativa. Una característica de este modelo es que la distribución condicional de Y_t dada la información obtenida hasta el tiempo $t - 1$ se distribuye $N(0, \sigma_t^2)$. Esto se obtiene del hecho de que ε_t y σ_t^2 son independientes, ya que por la ecuación (3.1) σ_t^2 depende de los errores anteriores a t es decir, de ε_{t-1} . Así, la identificación del efecto ARCH en el modelo está dada por:

$$u_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \alpha_2 u_{t-2}^2 \dots \alpha_k u_{t-k}^2 + n_t \quad (3.3)$$

considerando las siguientes hipótesis:

$$H_0: \alpha_1 = 0, \alpha_2 = 0, \dots, \alpha_K = 0$$

$$H_1: \alpha_1 \neq 0, \alpha_2 \neq 0, \dots, \alpha_K \neq 0$$

Como se indicó, para la identificación del orden del modelo ARCH, es conveniente utilizar el correlograma sobre los residuales al cuadrado. Además, es necesario obtener la estacionariedad para el proceso Y_t bajo la restricción adicional: $\sum_{i=1}^q \alpha_i < 1$.

IV.IV Modelo con Heteroscedasticidad Condicional Autorregresiva Generalizado (GARCH)²⁶

Bollerslev (1986), desarrolló el modelo de Heteroscedasticidad Condicional Autorregresiva Generalizado o GARCH (*Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*, por sus siglas en inglés). Este modelo básicamente generaliza el modelo ARCH que es puramente autorregresivo, para lograr un modelo autorregresivo de medias móviles. Se establece el supuesto de que las ponderaciones de los cuadrados de los residuos pasados disminuyen geométricamente a una tasa que debe estimarse a partir de los datos. Engle (2004) señala que la especificación GARCH (1,1) es el caballo de batalla de las aplicaciones financieras, pues el modelo se puede emplear para describir la dinámica de volatilidad de casi todas las series de rendimientos financieros:

“El modelo GARCH (1,1) se presta a una interpretación fácil de entender e intuitivamente atractiva. La predicción GARCH de la varianza es una media ponderada de tres predicciones diferentes de la varianza. Una de ellas es una varianza constante que corresponde a la media de largo plazo. La segunda es la predicción que se hizo en el periodo anterior. La tercera corresponde a la nueva información que no estaba disponible cuando se hizo la predicción anterior. Ésta podría considerarse como una predicción de la varianza basada en un único periodo de información. Las ponderaciones de estas tres predicciones determinan la rapidez con la que cambia la varianza al incluir información nueva y la rapidez con la que vuelve a su media de largo plazo” (Engle,2004).

²⁶ Véase Engle (2004).

De este modo, el modelo GARCH para modelar la volatilidad es de la forma²⁷:

$$\varepsilon_t \rightarrow N(0, y_t) \quad \varepsilon_t = \sqrt{h_t} v_t \quad v_t \sim \text{iid}N(0,1),$$

así, todas las perturbaciones de t a ε_{t-q} tienen un efecto directo sobre ε_t , de tal forma que la varianza condicional actúa como un proceso autorregresivo de orden q . Así, la ecuación de la varianza del Modelo GARCH (1,1) está determinada por²⁸:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q a_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \beta_i h_{t-i} \quad (4.2)$$

Donde:

σ_t^2 es la varianza del error,

ε_t es el proceso del error que se modelará y es condicional a la información disponible en el tiempo t ,

$\sum_{i=1}^p \beta_i h_{t-i}$ es la varianza rezagada y

$\sum_{i=1}^q a_i \varepsilon_{t-i}^2$ el *shock* de las noticias.

Asimismo, las restricciones en el modelo GARCH son: $p \geq 0$, $q > 0$, $\alpha_0 > 0$ y $\alpha_1 \geq 0$ (para $i = 1, 2, \dots, q$) y $\beta_1 \geq 0$, (para $i = 1, 2, \dots, p$). Es decir, los Modelos GARCH requieren que la varianza condicional sea **no negativa**, entonces, la varianza no crece al infinito y describe un proceso estacionario dado por: $\sum_{i=1}^q (a_i \beta_1 < 1)$. De esta manera el modelo GARCH permite modelar la varianza condicional como resultado de las varianzas condicionales pasadas; es decir, por los valores pasados de sí misma y por las perturbaciones pasadas.

²⁷ Véase Catalán (2011) y Martínez y Venegas (2014).

²⁸ Véase Bollerslev, (1986).

CAPITULO V. ANÁLISIS EMPÍRICO

El análisis inicia con la estimación de los rendimientos financieros tomando como base los precios de cierre diarios registrados en la BMV de las *Siefore* que conformaron la SB3. El periodo de estudio comprendió del 3 de marzo de 2008 al 28 de septiembre de 2018. De acuerdo con la disponibilidad de los datos de la CONSAR, la muestra incluyó un total de 8 *Siefore* que cotizaron sin interrupción durante el periodo de estudio, las cuales fueron: *Azteca*, *Sura*, *Coppel*, *Citibanamex*, *Invercap*, *Principal*, *ProfuturoGNP* y *PensionISSSTE*. Esta última inició operaciones a partir de diciembre de 2008. La información utilizada para contrastar la hipótesis propuesta en esta investigación comprende un horizonte de tiempo de 126 meses (10.6 años) que representan un total de 2662 datos diarios por cada fondo²⁹. Al disponer de las series de tiempo financieras de los 8 fondos, a continuación, se presenta el procedimiento econométrico para la estimación de los rendimientos y el riesgo de mercado para dos fondos:

- La *Siefore* **Azteca** *Básica de Pensiones, S.A. de C.V.* (en adelante *Azteca*) y
- La *Siefore* **Sura** *Básica de Pensiones, S.A. de C.V.* (en adelante *Sura*). Cabe señalar que el mismo procedimiento fue aplicado para los 6 fondos restantes.

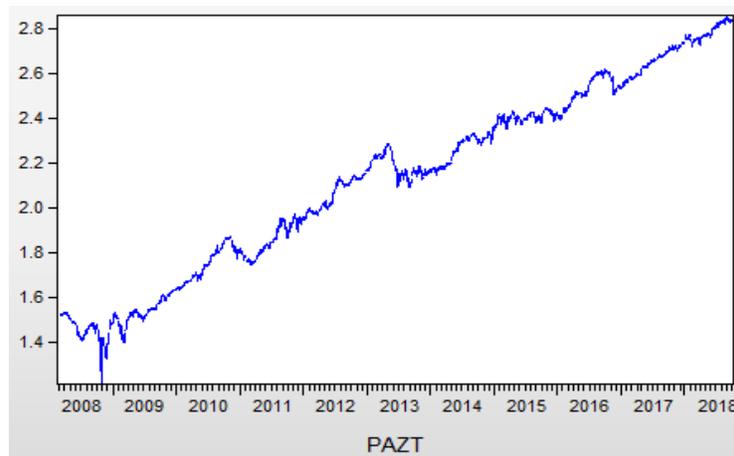
V.I Modelado de rendimientos financieros

Las variables de estudio son el precio de cierre de *Azteca* y *Sura* consideradas como variables aleatorias y discretas expresada como Y_t , donde para $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_{2661}, Y_{2662}$, el subíndice $_1$ denota la primera observación (es decir, los precios de *Azteca* y *Sura* el 3 de marzo de 2008 y el subíndice $_{2662}$ la última observación (los precios al 28 de septiembre de 2018). El proceso de generación de datos basado en las series de tiempo de las *Siefore*, supone que siguen un proceso estocástico o

²⁹ Se eliminaron los días 18 de noviembre de 2008 y 4 febrero de 2014 ya que la CONSAR repitió el precio del día anterior.

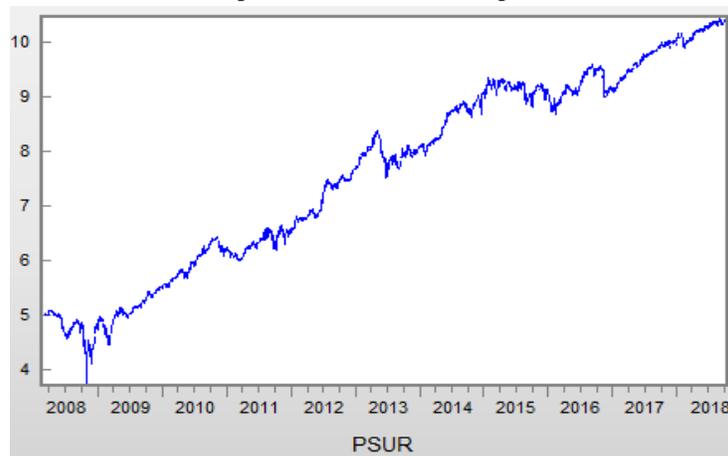
aleatorio (variables aleatorias ordenadas en el tiempo) y que dichas series buscan ser **estacionarias**, es decir, que su media, su varianza y su autocovarianza (en los diferentes rezagos) sean iguales sin importar el momento en el cual se midan (invariantes respecto del tiempo). Entonces, para estimar los rendimientos, se crearon las variables de los precios de Azteca como PAZT y para Sura PSUR, posteriormente se procedió a realizar una primera verificación tentativa de la existencia de estacionariedad bajo un análisis gráfico de las series en forma de niveles diarios. De esta manera se presenta una visión global del comportamiento histórico de los precios de los fondos desde su creación hasta 2018.

Gráfica 14. Serie de precios de cierre diarios para Azteca: 2008-2018*



*Último dato al cierre de septiembre.
Fuente: elaboración propia

Gráfica 15. Serie de precios de cierre diarios para Sura: 2008-2018*



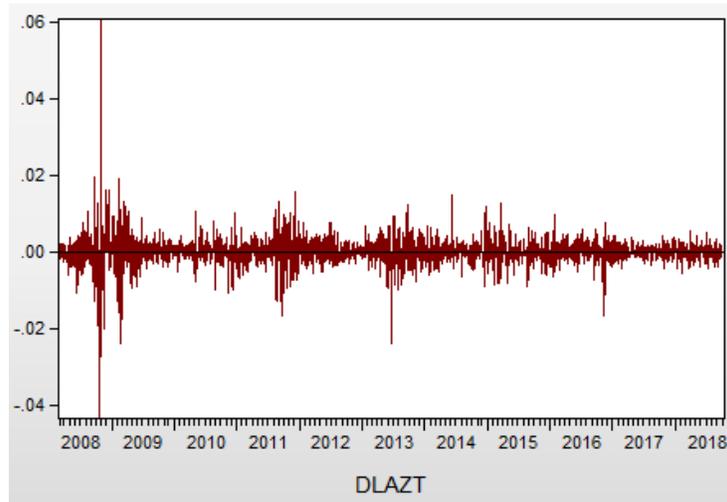
*Último dato al cierre de septiembre.
Fuente: elaboración propia

Las gráficas anteriores muestran la evolución de los precios a lo largo de los últimos 10 años. Se observa un componente de tendencia creciente (cambio del valor medio de la serie con el paso del tiempo) ya que, a principios de 2008, el precio registrado de *Azteca* fue 1.518674 y para finales de 2018 se situó en 2.847326. Por su parte *Sura* inicio con un precio de 5.024689 y cerró en 10.449157.

Es notoria la caída a valores mínimos a finales de 2008. Sin duda, los precios fueron afectados por la crisis financiera internacional 2008-2009, que puso de manifiesto la vulnerabilidad de los sistemas financieros internacionales sobre todo en países desarrollados y en el caso mexicano, se manifestó (entre otros aspectos) en la caída de los fondos de pensiones. En adelante, se aprecian ligeros descensos para 2011 y 2013 y una recuperación gradual con pocas fluctuaciones en los últimos dos años. Ambas series son **no** estacionarias, dado que no tienen la característica de media y varianza constante a lo largo de toda la muestra ni tampoco una variabilidad constante, entonces se busca que cumplan con el supuesto de estacionariedad.

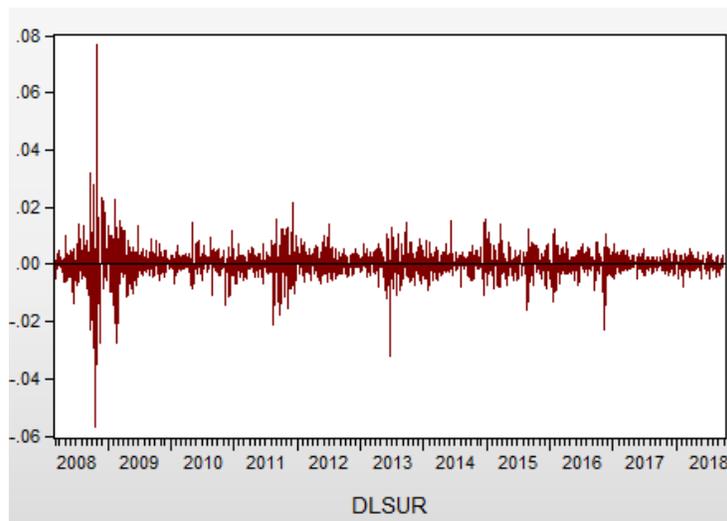
Como se explicó en el Capítulo IV, las series estacionarias son aquellas que resultan de la diferencia de los logaritmos que justamente coinciden con la serie de los **rendimientos** un activo financiero. Entonces se procedió a generar nuevas variables del logaritmo de la serie original para *Azteca*: $LPAZT = \log(PAZT)$ y para *Sura* $LPSUR = \log(PSUR)$. Posteriormente, se obtuvieron los rendimientos continuos de acuerdo con la ecuación (1.2) donde por simplificación, se asume que los pagos Dt son cero. Considerando lo anterior, las nuevas series para *Azteca* fueron: $DLAZT = d(LPAZT)$ y para *Sura* $DLSUR = d(LPSUR)$. Después, se graficaron las nuevas series para analizar el comportamiento de los rendimientos y verificar si cumplían o no con un proceso estacionario.

Gráfica 16. Serie de rendimientos para *Azteca*: 2008-2018*



*Último dato al cierre de septiembre.
Fuente: elaboración propia

Gráfica 17. Serie de rendimientos para *Sura*:2008-2018*

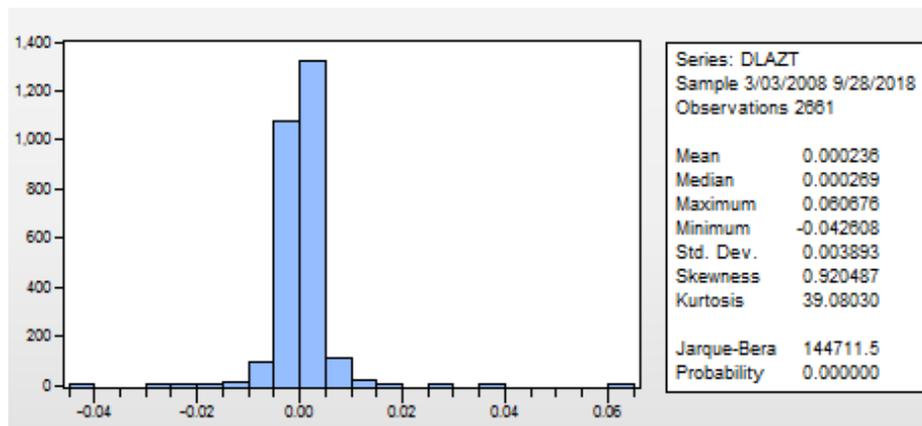


*Último dato al cierre de septiembre.
Fuente: elaboración propia

En las Gráficas anteriores, las series de rendimientos están centradas en cero a lo largo del periodo de la muestra. Se observa en 2008 una altísima variabilidad de precios con una caída jamás vista en los últimos 10 años y entre 2017 y 2018 un comportamiento relativamente estable o con poca fluctuación, Además, las gráficas muestran que la media y la varianza son constante en todo el periodo, así como los llamados *clúster* de volatilidad: la volatilidad alta en un periodo continuó siéndolo en

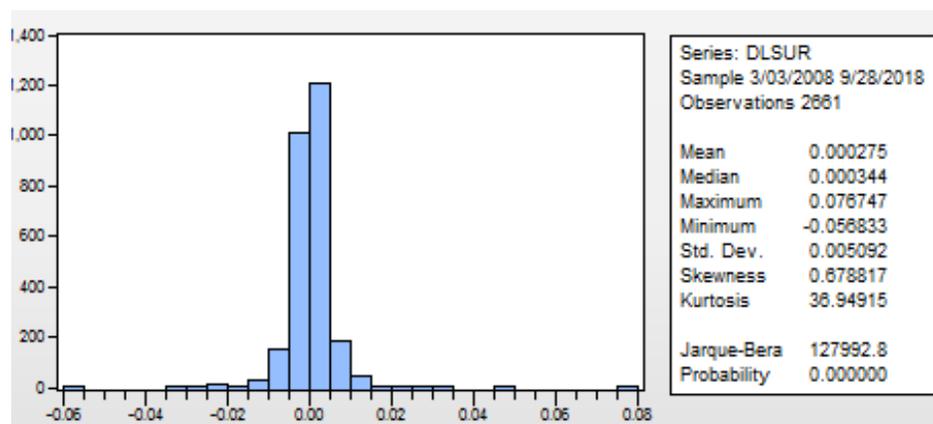
el periodo siguiente, por el contrario, la que fue baja en un periodo, continuó siendo baja en el periodo siguiente. Otra característica importante es que los puntos donde la cotización de los precios disminuyó bastante, coincidió con los puntos donde la serie de rendimientos fue más volátil. De esta manera, la transformación de los precios a rendimientos permitió manejar información estable y más adecuada para la modelación econométrica. Ahora bien, para comprobar la normalidad de la distribución de los rendimientos para las *Siefore* se presentan los siguientes histogramas y estadísticos básicos de los fondos analizados.

Tabla 9. Histograma y estadísticos básicos de los rendimientos de *Azteca*



Fuente: elaboración propia

Tabla 10. Histograma y estadísticos básicos de los rendimientos de *Sura*



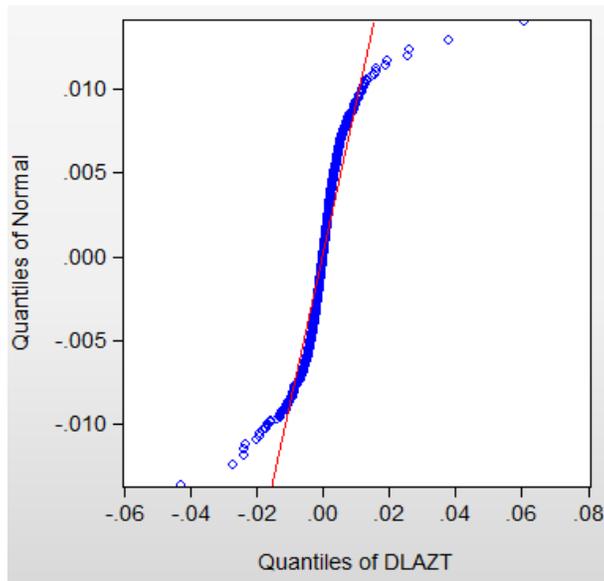
Fuente: elaboración propia

Al analizar los datos anteriores, se observa que la media se aproxima a cero para ambos fondos, se situó alrededor del 0.02% por día de apertura. Otro estadístico interesante que se presenta a la derecha de los histogramas, fue el valor de la *Kurtosis* (K) que mide la magnitud de los extremos. Si los rendimientos se distribuyen según una normal el valor de $K = 3$. Cuanto menor a 3 es el valor de K (ya sea en valor superior o inferior) más se distancia de la forma de una función de distribución normal. De esta manera, el valor de K para *Azteca* fue 39.08 y para el caso de *Sura* de 36.94, dichos valores tan altos corresponden a distribuciones leptocúrticas e infieren la presencia de colas pesadas.

Ambos fondos, presentan coeficientes de asimetría positivos, lo que indica que los rendimientos poseen asimetría en los extremos de la cola derecha en relación a una distribución normal. Por su parte, los valores del estadístico *Jarque-Bera* (cuya estimación contiene a la *Kurtosis* y el coeficiente de asimetría o *Skewness*) establece la hipótesis nula (H_0) que las series poseen una distribución de probabilidad normal. Usando un nivel de significancia de 5% y *2gl* para los rendimientos se obtuvo un valor Chi teórico de 5.992, por lo tanto, se rechaza la H_0 ya que el valor de *Jarque-Bera* fue muy alto (144711.5 para *Azteca* y 127992.8 para *Sura*) por lo tanto, las series no responden a una distribución normal.

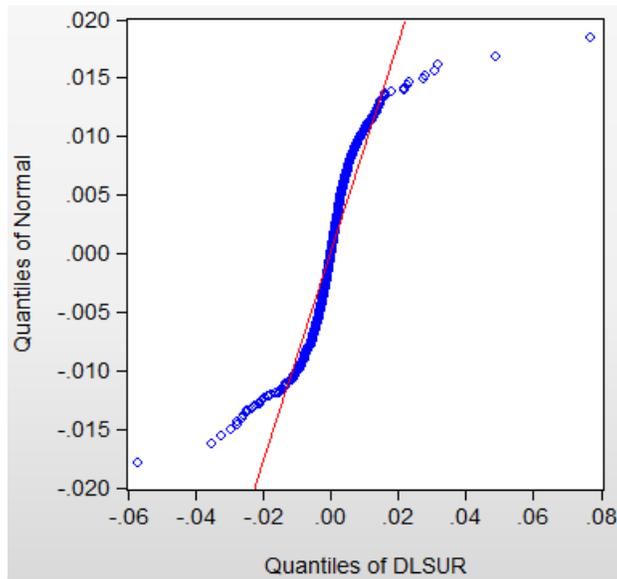
Otra manera de observar la presencia de colas pesadas (bajo el supuesto de que las series no sigue una distribución normal), fue la gráfica cuantil o *Q-Q Plot Normal* (*QQN*) que es un método gráfico para analizar la bondad de ajuste de la distribución teórica y la distribución de la serie analizada. Si la gráfica *QQN* es una línea recta, los rendimientos se distribuyen normalmente, pero si tiene forma de “ese” existen valores extremos. Como se observa en las siguientes gráficas se presentó el caso de colas pesadas, ya que existió un quiebre de ambas curvas para cualquiera de los dos extremos y los rendimientos no se ajustaron a la línea recta marcada en color rojo (en el caso de *Sura* fue más notorio). Lo anterior es una prueba de que los valores extremos son importantes para el caso de los rendimientos de estos fondos.

Gráfica 18. Cuantiles de los rendimientos de *Azteca*



Fuente: elaboración propia

Gráfica 19. Cuantiles de los rendimientos de *Sura*



Fuente: elaboración propia

Por lo tanto, bajo la aplicación de pruebas no formales como el cálculo de estadísticos básicos y la aplicación del método gráfico *QQN*, se pudo establecer que las series de los rendimientos no se distribuyen normalmente. Cabe señalar que para el resto de las seis *Siefore*, se obtuvieron las gráficas *QQN* y se observó un comportamiento en forma de “ese” para los rendimientos y en todos los fondos el valor de *K* fue superior a 3.

Con el objetivo de observar la factibilidad de modelar los rendimientos (las primeras diferencias de los logaritmos de los precios) de las *Siefore* bajo los Modelos ARMA, se realizaron dos pruebas formales de raíz unitaria para comprobar que las series fueran estacionarias: el *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) y la prueba *Phillips-Perron* (PP). Como se indicó en el Capítulo IV, estas pruebas establecen la hipótesis nula (H_0) de presencia de raíz unitaria de acuerdo a la comparación entre el *T-statistic* y los distintos valores críticos de *MacKinnon*. Se dice que una serie presenta raíz unitaria si alguno de dichos valores es mayor que el *T-statistic* (en valores absolutos). Por lo tanto, se procedió a efectuar ambas pruebas y los resultados se muestran en las siguientes Tablas:

Tabla 11. Pruebas de Raíz Unitaria para *Azteca*

Variable	Modelo	Prueba						Clasificación
		ADF	<i>P-value</i>	<i>DW</i>	PP	<i>P-value</i>	<i>DW</i>	
<i>T-statistic</i>	1	-41.72422	0.0000	1.980837	-41.05779	0.0000	1.980837	<i>estacionaria</i>
	2	-41.89092	0.0000	1.979786	-41.13711	0.0000	1.979786	<i>estacionaria</i>
	3	-41.88668	0.0000	1.979805	-41.12951	0.0000	1.979805	<i>estacionaria</i>
Valores críticos de <i>MacKinnon</i>	1	-1.940943*			-1.940943*			<i>estacionaria</i>
	2	-2.862427*			-2.862427*			<i>estacionaria</i>
	3	-3.411497*			-3.411497*			<i>estacionaria</i>

*Indica que la prueba es significativa al 95%. Para llevar a cabo el contraste de la estacionariedad se aplicaron las pruebas ADF (*Augmented Dickey-Fuller*) y PP (*Phillips-Perron*) para los siguientes tres modelos: 1) sin intercepto y sin tendencia, 2) con intercepto o deriva y 3) con intercepto y con tendencia determinística y/o estocástica.

Fuente: elaboración propia

Tabla 12. Pruebas de Raíz Unitaria para *Sura*

Variable	Modelo	Prueba						Clasificación
		ADF	P-value	DW	PP	P-value	DW	
<i>T-statistic</i>	1	-34.19689	0.0000	2.001095	-40.92840	0.0000	1.976856	<i>estacionaria</i>
	2	-34.35016	0.0000	2.001502	-40.96387	0.0000	1.976053	<i>estacionaria</i>
	3	-34.35573	0.0000	2.001498	-40.97237	0.0000	1.976055	<i>estacionaria</i>
Valores críticos de <i>MacKinnon</i>	1	-1.940943*			-1.940943*			<i>estacionaria</i>
	2	-3.411497*			-3.411497*			<i>estacionaria</i>
	3	-2.862427*			-2.862427*			<i>estacionaria</i>

*Indica que la prueba es significativa al 95%. Para llevar a cabo el contraste de la estacionariedad se aplicaron las pruebas ADF (*Augmented Dickey-Fuller*) y PP (*Phillips-Perron*) para los siguientes tres modelos: 1) sin intercepto y sin tendencia, 2) con intercepto o deriva y 3) con intercepto y con tendencia determinística y/o estocástica.

Fuente: elaboración propia

Para *Azteca* y *Sura*, se observó que al 95% de confianza se rechazó la (H_0) de presencia de raíz unitaria después de aplicar las primeras diferencias. Los distintos valores de los *T-statistic* fueron mayores que cualquiera de los valores críticos de *MacKinnon*, por lo tanto, las series son estacionarias. Además, se observó que en el test *Durbin-Watson* los rezagos incorporados en las pruebas ADF y PP eliminaron correctamente posibles problemas de autocorrelación en los residuos.

Para identificar los valores apropiados de p , d y q se aplicó la metodología *Box-Jenkins* utilizando el análisis gráfico de la Función de Autocorrelación (FAC) y la Función de Autocorrelación Parcial (FACP) en primeras diferencias. Los correlogramas proporcionaron indicios para poder estimar que ambas series seguían un proceso AR puro (el valor de p) bajo Modelos Autorregresivos de orden 1 o AR(1) para ambos fondos ya que el primer valor de la FACP presentó el patrón típico de pico únicamente en el primer rezago. Al ser Modelos integrados de orden 1, por sus primeras diferencias dadas por $I(0)$ fueron estacionarios. La búsqueda de estacionariedad de las series coincidió con la estimación de los rendimientos diarios para un horizonte de los **últimos 126 meses**. Posteriormente, se estimó el **rendimiento promedio anualizado** de acuerdo con la ecuación (1.4). De esta

manera, las *Siefore* con mayor rendimiento en orden de desempeño fueron: *ProfuturoGNP*, *Sura* y *PensionISSSTE*, en contraste las de menor desempeño fueron: *Invercap* y *Principal*.

Tabla 13. Rendimiento promedio anualizado de las *Siefore* de la SB3: 2008-2018
-últimos 126 meses-

	Siefore	Rendimiento promedio anualizado*
1	Azteca	5.94%
2	Sura	6.92%
3	Coppel	5.74%
4	Citibanamex	6.28%
5	Invercap	5.04%
6	Principal	5.91%
7	ProfuturoGNP	7.04%
8	PensionISSSTE [†]	6.93%

*Los rendimientos diarios se anualizaron multiplicándolos por la raíz del número de días que las *SB3* cotizó en el año (251.6 días) para obtener la tasa promedio anualizada.

[†] Este fondo inició operaciones a partir de diciembre de 2008 por lo que el cálculo fue estimado del 4 de diciembre de 2008 al 28 de septiembre de 2018.

Fuente: elaboración propia con datos de la CONSAR

V.II Estimación de la varianza como medida de *riesgo de mercado*

Para calcular la varianza condicional como medida de *riesgo de mercado* se modeló la volatilidad de ambas *Siefore* con los Modelos de la familia ARIMA-GARCH. El Modelo GARCH se compone de dos ecuaciones interrelacionadas: una para la media condicional que se indica aquí como un Modelo ARIMA ($p, 1, q$) que se presenta en la primera parte de las Tablas 14 y 15 y la ecuación de la varianza condicional (σ_t^2) dada por (4.2) que aparece en la segunda parte. Ambas ecuaciones se resuelven

de manera simultánea para obtener los coeficientes y verificar la significancia estadística de cada uno y así seleccionar el Modelo con mejor ajuste en cada caso. Además, el Modelo GARCH agrega un componente a la estructura del Modelo ARCH (1), en la cual asume que la volatilidad no solamente depende de los cuadrados del componente de incertidumbre un periodo atrás en el tiempo, sino que también depende de la misma varianza un periodo atrás en el tiempo (de manera autorregresiva).

Ahora bien, para comprobar el efecto ARCH, se utilizó la prueba del *Multiplicador de Lagrange* que se basa en la autocorrelación de los residuos elevados al cuadrado y en ambos fondos se rechazó la hipótesis nula (H_0) de ausencia de efectos de heteroscedasticidad condicional autorregresiva con una significancia menor al 1%. En ambos casos el parámetro sujeto a la regresión fue inferior a 1 (0.465184 para *Azteca* y 0.480295 para *Sura*) confirmando que las series si tenían efectos ARCH y por consiguiente la varianza de los rendimientos fue variante en el tiempo y pudo ser modelada. Es importante mencionar que en este estudio, no fue necesario la creación de una variable ficticia, llamada también variable “*dummy*” o variable dicotómica que toma las modalidades de ausencia/presencia (0/1) en la regresión de los modelos propuestos.

Considerando lo anterior, se estimaron cuatro modelos econométricos para cada fondo y a continuación se presentan los resultados de las estimaciones de los Modelos ARIMA-GARCH para *Azteca* y *Sura*. La estrategia de elección del Modelo con mejor ajuste fue la comparación entre los *criterios de información de Akaike, Schwarz y Hannan-Quinn*. Cabe señalar que en el Anexo IV se presentan las rejillas de selección completas para la estimación de los Modelos ARIMA-GARCH con mejor ajuste para el resto de las seis *Sifore*.

Tabla 14. Modelos ARIMA-GARCH estimados para *Azteca*

	Modelos			
	AR (1)AR(11)	AR (1)AR(11)	AR (1)AR(11)	AR (1)AR(11)
α_0	0.000317	0.000318	0.000318	0.00031
Z-stat	6.8864	6.894526	6.896286	6.679874
P	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
α_1	0.126874	0.126965	0.126995	0.126235
Z-stat	5.957379	5.89923	5.898164	5.9011
P	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
α_2	-0.046895	-0.046812	-0.046771	-0.046699
Z-stat	-2.285715	-2.281381	-2.279101	-2.281514
P	0.0223	0.0225	0.0227	0.0225
	GARCH(1,1)	GARCH(2,1)	GARCH(1,2)	GARCH(2,2)
α_0	2.37E-07	2.39E-07	2.33E-07	4.32E-07
Z-stat	3.65E+00	3.56E+00	2.82E+00	3.6927
P-value	0.0003	0.0004	0.0048	0.0002
α_1	0.151798	0.149919	0.149081	0.162228
Z-stat	6.868719	3.668465	3.670185	6.410075
P-value	0.0000	0.0002	0.0002	0.0000
β_1	0.832941	0.002808	0.85819	0.126534
Z-stat	42.64128	0.06404	3.114424	4.486223
P-value	0.0000	0.9489	0.0018	0.0000
β_2		0.83192	-0.022252	-0.099252
Z-stat		36.9549	-0.093546	-1.748651
P-value		0.0000	0.9255	0.0804
β_3				0.783973
Z-stat				16.17936
P-value				0.0000
<i>Akaike info criterion</i>	-8.910770	-8.910018	-8.910019	-8.910736
<i>Schwarz criterion</i>	-8.897451	-8.89448	-8.894481	-8.892978
<i>Hannan-Quinn criter.</i>	-8.905949	-8.904393	-8.904395	-8.904308

Fuente: elaboración propia

Tabla 15. Modelos ARIMA-GARCH estimados para *Sura*

	Modelos			
	AR (1)AR(11)	AR (1)AR(11)	AR (1)AR(11)	AR (1)AR(11)
α_0	0.000404	0.000404	0.000404	0.000404
Z-stat	6.6096	6.597399	6.602232	6.615613
P	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
α_1	0.144661	0.146011	0.146176	0.146069
Z-stat	6.747717	6.779056	6.780694	6.795424
P	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
α_2	-0.044776	-0.044047	-0.04392	-0.043887
Z-stat	-2.150476	-2.120529	-2.114826	-2.113096
P	0.0315	0.0340	0.0344	0.0346
	GARCH(1,1)	GARCH(2,1)	GARCH(1,2)	GARCH(2,2)
α_0	3.59E-07	3.74E-07	3.33E-07	2.76E-07
Z-stat	3.83E+00	3.64E+00	3.09E+00	0.4650
P-value	0.0001	0.0003	0.0020	0.6419
α_1	0.167657	0.155074	0.153413	0.15392
Z-stat	7.113788	3.97114	4.087129	3.940729
P-value	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001
β_1	0.823012	0.017824	0.938412	-0.027381
Z-stat	42.53117	0.3849	3.784025	-0.095994
P-value	0.0000	0.7003	0.0002	0.9235
β_2		0.817282	-0.100558	1.100008
Z-stat		32.9821	-0.468563	0.696382
P-value		0.0000	0.6394	0.4862
β_3				-0.233756
Z-stat				-0.180571
P-value				0.8567
Akaike info criterion	-8.423836	-8.423196	-8.423214	-8.422475
Schwarz criterion	-8.410518	-8.407658	-8.407675	-8.404718
Hannan-Quinn criter.	-8.419015	-8.417571	-8.417589	-8.416048

Fuente: elaboración propia

La elección del mejor Modelo con mejor ajuste fue aquel que minimizó la mayor cantidad de criterios de información (*celdas en color rojo*), en este caso se minimizó sin tomar en cuenta los valores absolutos, es decir considerando los signos tal cual, de esta manera los resultados de las estimaciones de los modelos ARIMA-GARCH permitieron seleccionar el Modelo con mejor ajuste para *Azteca* y *Sura* el cual

fue un AR(1) AR(11) GARCH (1,1) ya que en ambos casos, los valores del Modelo fueron estadísticamente significativos, el coeficiente de la constante fue positivo y la suma de los coeficientes del término ARCH (el *shock* de las noticias) y del término GARCH (la volatilidad de un periodo anterior) fueron menores a 1, lo que indica que los Modelos fueron estacionarios. La siguiente Tabla presenta los Modelos econométricos seleccionados para las 8 *Siefore* analizadas, así como la ecuación de la varianza de las mismas.

Tabla 13. Modelos estimados y ecuaciones de varianza para las *Siefore* de la SB3.

	Siefore	Modelo	Ecuación de la varianza
1	Azteca	AR(1)AR(11) GARCH (1,1)	$\sigma_t^2 = 0.000000237 + 0.151798\varepsilon^2_{t-1} + 0.832941\sigma^2_{t-1}$
2	Sura	AR(1)AR(11) GARCH (1,1)	$\sigma_t^2 = 0.000000359 + 0.167657\varepsilon^2_{t-1} + 0.823012\sigma^2_{t-1}$
3	Coppel	AR(1)AR(11) GARCH (1,1)	$\sigma_t^2 = 0.000000196 + 0.140961\varepsilon^2_{t-1} + 0.841366\sigma^2_{t-1}$
4	Citibanamex	AR(1)AR(11) GARCH (1,1)	$\sigma_t^2 = 0.000000335 + 0.174153\varepsilon^2_{t-1} + 0.817043 \sigma^2_{t-1}$
5	Invercap	AR(1)AR(11) GARCH (1,1)	$\sigma_t^2 = 0.000000108 + 0.139237\varepsilon^2_{t-1} + 0.869830\sigma^2_{t-1}$
6	Principal	AR(1)AR(11) GARCH (1,1)	$\sigma_t^2 = 0.000000314 + 0.154488\varepsilon^2_{t-1} + 0.829410\sigma^2_{t-1}$
7	ProfuturoGNP	AR(1)AR(11) GARCH (1,2)	$\sigma_t^2 = 0.000000352 + 0.173455\varepsilon^2_{t-1} + 0.400685\sigma^2_{t-1} + 0.409275\sigma^2_{t-2}$
8	PensionISSSTE	AR(1) GARCH (1,1)	$\sigma_t^2 = 0.000000292 + 0.142934\varepsilon^2_{t-1} + 0.838849\sigma^2_{t-1}$

Fuente: elaboración propia

Interpretando las ecuaciones de la varianza de los primeros dos fondos, se observa que los valores y el parámetro asignado del GARCH (1,1) fue estadísticamente significativo y la varianza fue positiva y finita para los 8 fondos. Por su parte, la suma de los coeficientes de los términos ARCH y GARCH (que es el pasado de la misma volatilidad) fueron 0.98473900 para *Azteca* y para *Sura* 0.99066900, ambos valores cercanos a la unidad significan que los *shocks* son bastante persistentes y que el proceso de varianza es convergente a su valor no condicional o de largo plazo, es decir que cumple la condición de estabilidad intrínseca. Es importante mencionar que

V.III Análisis de la relación *riesgo-rendimiento* para la *Siefore Básica 3*

En este apartado se presentan los rendimientos estimados y los valores de la varianza como medida de riesgo de mercado. Dichos valores son el resultado de la ecuación de varianza de cada Modelo econométrico con mejor ajuste que fue estimado para cada fondo y que se presentó en la Tabla 13. De esta manera, las *Siefore* con rendimientos cercanos al **promedio simple** de la SB3 fueron (en orden de mayor a menor) *ProfuturoGNP*, *Sura*, *PensionISSSTE* y *Citibanamex*. En contraste, las Sociedades que registraron rendimientos por debajo del promedio fueron (en orden de mayor a menor) *Azteca*, *Principal*, *Coppel* y *Principal*.

Tabla 14. Rendimiento promedio anualizado y varianza de las *Siefore* de la SB3:2008-2018
-últimos 126 meses-

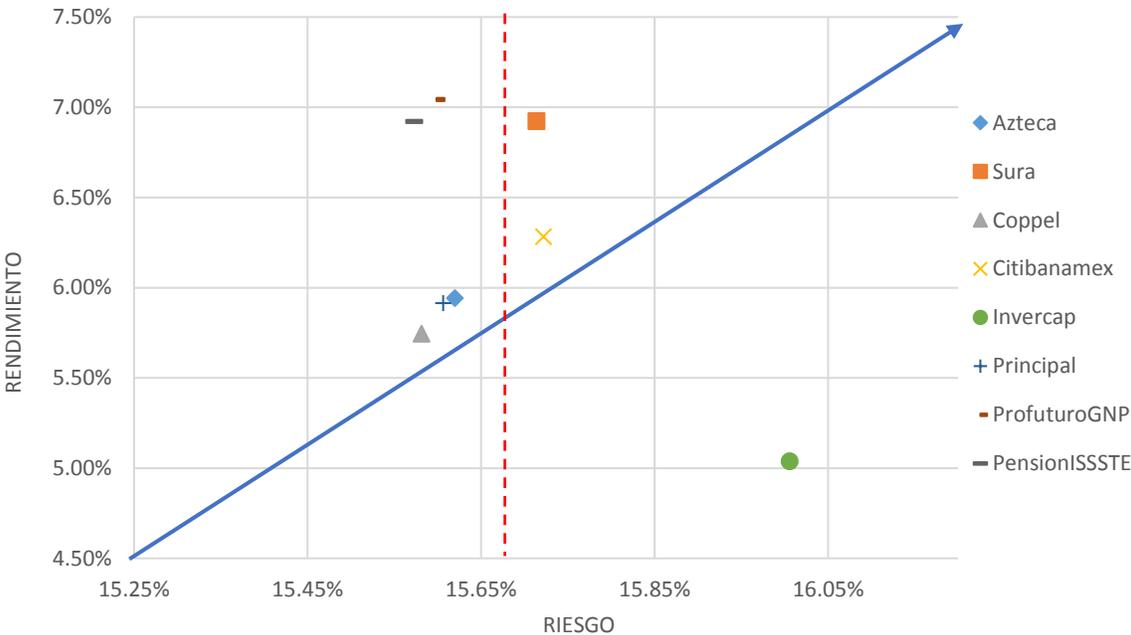
	Siefore	Rendimiento promedio anualizado	Varianza
1	Azteca	5.94%	0.9847392370
2	Sura	6.92%	0.9906693590
3	Coppel	5.74%	0.9823271960
4	Citibanamex	6.28%	0.9911963350
5	Invercap	5.04%	1.0090671080
6	Principal	5.91%	0.9838983140
7	ProfuturoGNP	7.04%	0.9834153520
8	PensionISSSTE	6.93%	0.9817832920
9	SB3*	6.22%	0.9893884640

*Promedio simple
Fuente: elaboración propia

Como se mencionó en el Capítulo II, para aceptar niveles mayores de riesgo, cualquier inversor exigirá una rentabilidad esperada superior, por lo tanto, la relación *riesgo-rendimiento* es directamente proporcional, es decir a mayor riesgo mayor rendimiento. Al graficar el riesgo en abscisas y el rendimiento en ordenadas, se analizó primero el riesgo de mercado. Al respecto, se observa en la Gráfica 20 que ***Invercap*** incurrió en el mayor riesgo de mercado con un 16.01%, por lo tanto, se esperaba que obtuviera los rendimientos más altos, sin embargo, ocurrió lo contrario

ya que generó el rendimiento más bajo (5.04%) de todos los fondos. Por lo tanto, en la práctica la relación *riesgo-rendimiento* (representada por la flecha azul) fue completamente nula para dicho fondo y contradice la teoría financiera. La línea punteada en rojo representa el promedio simple del riesgo de mercado de los ocho fondos el cual fue de 15.67% y como se aprecia, sólo tres fondos están a la derecha (por encima) de dicho promedio: *Sura*, *Citibanamex* e *Invercap*.

Gráfica 20. *Riesgo promedio anualizado vs rendimiento promedio anualizado*³⁰ de las *Siefore* de la *SB3*:2008-2018.



Fuente: elaboración propia

En contraste, al analizar el rendimiento, destacó *ProfuturoGNP* que generó los rendimientos más altos en el periodo de estudio (7.04%) con un riesgo del 15.60%. La segunda posición en generación de rendimientos fue para *PensionISSSTE* con 6.93% y se expuso a un riesgo menor en 0.03% respecto a *ProfuturoGNP*. La *Siefore*

³⁰ La varianza se anualizó multiplicándola por la raíz del número de días que las *SB3* cotizó en el año (251.6 días) para obtener la tasa promedio anualizada.

Sura se ubicó en tercer al pagar rendimientos del 6.93%, pero con un riesgo mayor en 0.11%, en comparación con *ProfuturoGNP*.

Por su parte, las *Siefore* más aversas al riesgo fueron *PensionISSSTE* con un 15.57% y *Coppel* con un 15.58%, sin embargo, este último fondo pago más rendimientos (0.70%) que la peor posicionada *Invercap*. En estricto sentido, la evidencia empírica permite señalar que la *Siefore* con la mejor relación riesgo-*rendimiento* fue ***ProfuturoGNP***. Lo anterior se determinó mediante el cociente del riesgo entre el rendimiento que indica que por cada unidad de rendimiento que generó *ProfuturoGNP*, se expuso a 2.21 unidades de riesgo (ver Tabla 15).

Por su parte la *Siefore* con la peor relación riesgo-*rendimiento* fue ***Invercap*** ya que, por cada unidad de rendimiento generado, se expuso a 3.18 unidades de riesgo. Bajo esta afirmación se presenta el siguiente listado de los fondos analizados en esta investigación que obtuvieron la mejor relación *riesgo- rendimiento* de acuerdo a la metodología econométrica utilizada y que complementa el comportamiento de los fondos presentados en la Gráfica 20.

Tabla 15. *Siefores* con la mejor relación riesgo-*rendimiento*:2008-2018
-últimos 126 meses-

	Afore	Riesgo promedio anualizado	Rendimiento promedio anualizado	Cociente
1	ProfuturoGNP	15.60%	7.04%	2.21
2	PensionISSSTE	15.57%	6.93%	2.25
3	Sura	15.71%	6.92%	2.27
4	Citibanamex	15.72%	6.28%	2.50
5	Azteca	15.62%	5.94%	2.63
6	Principal	15.61%	5.91%	2.64
7	Coppel	15.58%	5.74%	2.71
9	Invercap	16.01%	5.04%	3.18

Fuente: elaboración propia

V.IV Rendimientos estimados *versus* Indicador de Rendimiento Neto (IRN) de la CONSAR.

Como complemento a esta investigación, se presenta un breve análisis comparativo entre los rendimientos obtenidos contra los valores del Indicador de Rendimiento Neto (IRN) de la SB3 que publica la CONSAR³¹. La comparación tiene sentido, pues la metodología utilizada es esta investigación difiere de la propuesta por la *Comisión*, sin embargo, esta institución utiliza (al igual que este trabajo) los **precios de cierre diarios** registrados en la BMV de las *Siefore* para construir su indicador. La CONSAR presenta mensualmente su IRN, el cual tiene propósitos diferentes a la estimación de los rendimientos de este trabajo. Como indican Martínez y Venegas (2014), el propósito del IRN es servir como referencia en traspasos de cuentas individuales de una *Afore* a otra, para la asignación de cuentas individuales de los trabajadores que no eligen una *Afore* y para la fusión de estas. En el caso de esta investigación, el objetivo fue calcular los rendimientos y el riesgo de mercado para conocer la relación entre estas dos variables y así conocer el desempeño de los fondos.

Continuando con Martínez y Venegas (2014) mencionan que el IRN presenta mensualmente la estabilidad de los rendimientos como el **promedio anualizado de éstos en los últimos 84 meses** (es decir, no cubre todo el periodo de creación del fondo). En este trabajo el cálculo fue más amplio, pues comprendió del 3 de marzo de 2008 (inicio de operaciones de la SB3) al 28 de septiembre de 2018, por lo que b

³¹ El IRN se estima de acuerdo a la siguiente fórmula indicada en la *Circular CONSAR 71-1*: $IRN_{(t-n,t)}^i = r_{(t-n,t)}^i - C_t^i$ donde: $IRN_{(t-n,t)}^i$ es el Índice de Rendimiento Neto desde la fecha $t - n$ hasta la fecha t de la Sociedad de Inversión i ; el periodo de $t - n$ a t corresponde a 36 meses; $r_{(t-n,t)}^i$ es el *rendimiento de gestión* compuesto entre la fecha $t - n$ y la fecha t para la Sociedad de Inversión i . Para calcular el *rendimiento de gestión* se utiliza la serie de precios de gestión. C_t^i es la comisión sobre saldo vigente en la fecha t para la Sociedad de Inversión i ; n corresponde al periodo de 36 meses por el que se está calculando el Índice de Rendimiento Neto, expresado en días naturales y t es la fecha para la que se calculará el Índice de Rendimiento Neto para traspasos y para la asignación a 36 meses. Por su parte, el *rendimiento de gestión* de los últimos 36 meses de una Sociedad de Inversión se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$r_{(t-n,t)}^i = \left(\frac{P_t^i}{P_{t-n}^i} \right)^{\frac{360}{n}} - 1$$

donde: $r_{(t-n,t)}^i$ es el *rendimiento de gestión* compuesto entre la fecha $t - n$ y la fecha t para la Sociedad de Inversión i ; P_t^i es el precio de gestión de la Sociedad de Inversión i en el día t ; n es el periodo de 36 meses por el que se está calculando el *rendimiento de gestión* expresado en días naturales.

se presentaron los rendimientos como el **promedio anualizado de éstos en los últimos 126 meses** (véase Tabla 14). Además, el IRN de la *Comisión* considera para su cálculo un año de 360 días, mientras que los rendimientos presentados aquí consideraron el número de días que cotizó la SB3 en un año (251.6 días).

Primero se presenta la comparación del **rendimiento total** de la SB3 que se estimó, *versus* el valor del IRN de la CONSAR que lo publica con un horizonte de **los últimos 84 meses**:

Tabla 16. Indicador de Rendimiento Neto de la CONSAR para las *Siefore Básicas* -últimos 84 meses-

Tipo de Siefore	Horizonte	IRN de CONSAR ³²	Rendimiento promedio anualizado de la SB3	Diferencial
Siefore Básica 4 (36 años y menores)	84 meses	7.04%	-	-
Siefore Básica 3 (37 a 45 años)	84 meses	6.44%	6.19%	- 0.25%
Siefore Básica 2 (46 a 59 años)	60 meses	4.84%	-	-
Siefore Básica 1 (60 años y mayores)	36 meses	4.54%	-	-
Siefore Básica de Pensiones 0 (60 años y mayores, trabajadores que están próximos a realizar retiros totales por pensión o negativa de pensión, así como los trabajadores del ISSSTE con bono redimido)	12 meses	6.40%	-	-

*Cifras al cierre de septiembre de 2018.

Fuente: CONSAR (2018b). *Panorama General del SAR*.

Recuperado de: <https://www.gob.mx/consar/documentos/panorama-general-del-sar-56798?idiom=es>

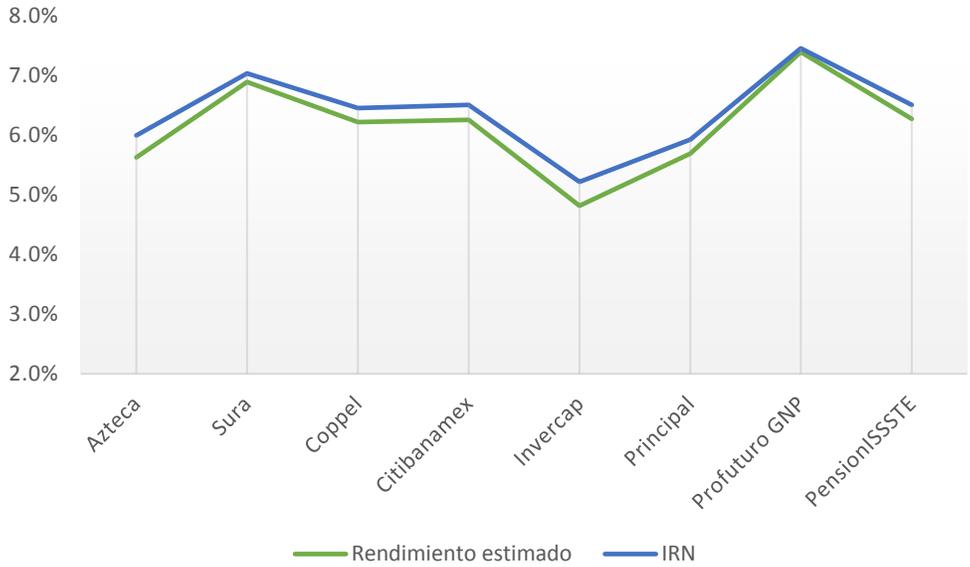
Como se aprecia en la Tabla anterior, el rendimiento promedio anualizado de la **SB3** estimado resultó **inferior** al IRN, el cual incluye la deducción de las comisiones,

³² Calculado conforme a la metodología descrita en las Disposiciones de Carácter General que establecen el procedimiento para la construcción de los Indicadores de Rendimiento Neto de las Sociedades de Inversión Especializadas de Fondos para el Retiro publicadas en el DOF el 8 enero de 2015 y sus posteriores modificaciones.

refleja el desempeño obtenido por las inversiones en cada *Siefore* e indica que las decisiones de traspaso pueden resultar convenientes para los trabajadores. Entre ambas metodologías, se obtuvo un diferencial negativo del 0.25%.

Posteriormente, se realizó la comparación de rendimientos por **cada *Siefore***, por lo que fue necesario ajustar la serie de precios al horizonte de la CONSAR de los últimos 84 meses, por lo tanto, las series de precios se analizaron de septiembre de 2011 a septiembre de 2018. Al respecto, se puede observar una coincidencia moderada entre ambos rendimientos para todos los fondos ya que el IRN representado por la línea azul de la Gráfica 21, supera a los rendimientos estimados (representados por la línea verde) donde *ProfuturoGNP* y *Sura* obtuvieron la mayor coincidencia ya que registraron los diferenciales negativos más bajos (0.06% y 0.14%) como lo muestra la Tabla 17.

Gráfica 21. Rendimientos vs Indicador de Rendimiento Neto de la CONSAR para las *Siefore* de la SB3 -Horizonte a 84 meses.



Fuente: elaboración propia con datos de la CONSAR

Cabe señalar que en todos los casos, los rendimientos estimados fueron inferiores a los publicados por la CONSAR, sin embargo, las coincidencias para *ProfuturoGNP*

y *Sura* llaman la atención ya que fueron dos de los fondos que generaron mayores rendimientos. De igual manera se observa coincidencia en aquel fondo con menor desempeño que fue *Invercap*.

Tabla 17. Indicador de Rendimiento Neto de la CONSAR para las *Afore* de la SB3 -últimos 84 meses-

	Afore	IRN de CONSAR*	Rendimiento promedio anualizado	Diferencial
1	Azteca	6.00%	5.63%	-0.37%
2	Sura	7.04%	6.90%	-0.14%
3	Coppel	6.46%	6.22%	-0.24%
4	Citibanamex	6.51%	6.26%	-0.25%
5	Invercap	5.22%	4.82%	-0.40%
6	Principal	5.93%	5.69%	-0.24%
7	ProfuturoGNP	7.46%	7.40%	-0.06%
8	PensionISSSTE	6.51%	6.27%	-0.24%

*Cifras al cierre de septiembre de 2018.

Fuente: CONSAR (2018b). *Panorama General del SAR*.

Recuperado de: <https://www.gob.mx/consar/documentos/panorama-general-del-sar-56798?idiom=es>

Como se indicó al inicio de esta investigación, las comparativas presentadas, no pretenden funcionar como una guía para la selección de una *Afore* óptima para el ahorrador, tampoco buscan generar ninguna tendencia económica ni política al respecto, únicamente se realizaron con el propósito de encontrar coincidencia entre los rendimientos estimados y los del regulador. De esta manera al observar coincidencias moderadas, fue posible realizar un análisis del *riesgo-rendimiento* más objetivo y presentar resultados con estimaciones probabilísticas más realistas sobre la operación de los ocho fondos estudiados.

CONCLUSIONES

La presente investigación tuvo como objetivo principal analizar la relación *riesgo-rendimiento* de ocho fondos que conformaron la *Siefore Básica 3* (SB3), calculando el rendimiento y el riesgo de mercado de sus inversiones de 2008 a 2018. Además, se realizó una comparación entre los rendimientos estimados y el Indicador de Rendimiento Neto de la CONSAR. Para ello se presentó de inicio, el panorama general del Sistema de Ahorro para el Retiro en México, haciendo énfasis en la creación de las *Siefore Básicas*, en la evolución de sus regímenes de inversión y en el análisis de información estadístico-financiera de dichos fondos de 1997 a 2018. Cabe señalar que la relación *riesgo-rendimiento* establece que, para aceptar niveles mayores de riesgo, cualquier inversor exigirá una rentabilidad esperada superior, es decir *a mayor riesgo mayor rendimiento y viceversa* (Markowitz, 1952).

Al término de la investigación se puede establecer que en el actual sistema de pensiones, la participación de las *Siefore* en el Sistema Financiero Mexicano es muy importante, ya que en casi 21 años de operación, acumularon un ahorro importante, del cual los **rendimientos** generados por las *Sociedades representaron casi el 50% de dicho ahorro*. Sin embargo, el ahorro es importante para una economía, pero no fue el objetivo principal del nuevo sistema de pensiones, ya que actualmente la viabilidad financiera de las pensiones se basa en la inversión de ahorros en **cinco *Siefore Básicas*** con portafolios diversificados con el fin de generar rendimientos que incrementen al final el monto de la pensión del trabajador.

Como se mencionó en el Capítulo I, la CONSAR señaló que los rendimientos de las *Siefore* fueron competitivos y **superiores** al compararlos contra otros instrumentos financieros (por ejemplo, CETES a 28 días, pagarés a 91 días e inversiones en dólares, entre otros) de 1997 a 2018. Al respecto, la afirmación de la *Comisión* es correcta, sin embargo, al analizar por separado el comportamiento de las *Siefore*, se encontró la problemática de que sus **rendimientos reales obtenidos de 2008 a 2016, registraron una tendencia a la baja**, la cual no puede ser explicada por el

comportamiento de la inflación general (que también fue a la baja) ni por las comisiones que las *Afore* cobraron al trabajador por la administración e inversión de sus recursos, las cuales han disminuido de manera gradual cada año y en 2018 se situaron en promedio en 1.01%. Al respecto, por primera vez desde que el sistema de *Afore* existe en México, las comisiones en enero de 2019, se situaron por debajo del 1%, lo que representa 10,000 millones de pesos adicionales para los ahorros de los trabajadores (SHCP,2019).

De acuerdo a lo presentado en el Capítulo III, en 1997 el SAR creó sólo dos fondos: la SB1 para trabajadores de 56 años en adelante y la SB2 para trabajadores de 55 años y menores. En **2008 se crearon tres *Siefore Básicas*** más: la SB3 para trabajadores de 37 y 45 años; la SB4 de 27 y 36 años y la SB5 para 26 años y menores. La creación de estos nuevos fondos fue con el objetivo de ofrecer al trabajador acceso a mayores opciones de rendimientos y riesgos de acuerdo a su rango de edad, por lo tanto, se esperaba que en los próximos años los rendimientos se incrementaran (o por lo menos se mantuvieran estables), pero como se mencionó, **a partir de 2008 empezaron a descender y se estancaron.**

Es importante mencionar que la creación de los tres fondos obligó a que la SB2 modificara su rango de edad a trabajadores entre 55 y 46 años. En 2012 la SB5 transfirió sus recursos a la SB4 y en 2015 se creó la *Siefore Básica de Pensiones* o SB0 para blindar los ahorros de los trabajadores de 60 años y más que están próximos al retiro. Los movimientos anteriores provocaron que las *Siefore Básicas* fueran absorbidas, divididas o fusionadas y adquirieran fondos que estaban cotizando bajo otro régimen, por lo que la transición del régimen de inversión provocó una combinación de recursos y de rendimientos que dificultó un análisis cuantitativo más objetivo a largo plazo. Sin embargo, se encontró en la investigación que la única *Siefore* que ha operado desde su inicio en 2008 hasta 2018 fue la SB3, de ahí la justificación para su análisis en este trabajo.

Una mención especial es el intento fallido de la CONSAR en la creación de la SB5, la cual terminó por transferir sus recursos a la SB4 en octubre de 2012 debido a la baja cotización de ese grupo de edad (26 años y menores) y no se aprovechó de manera eficiente el régimen de inversión. La baja cotización de trabajadores jóvenes puede deberse (entre otros factores) a la incorporación a la economía informal de este grupo de edad, sin embargo; la *Comisión* debió realizar acciones para promover el conocimiento de ese fondo que por cierto, fue el que ofrecía **los rendimientos más altos** de toda la familia de *Siefore* ya que su portafolio era el más diversificado y contenía los instrumentos de mayor riesgo. Bajo el contexto anterior, se considera que existió una **mala planeación en la transición** hacia el nuevo sistema de contribución definida (o *Generación Afore*) ya que en 1997, la SB1 y la SB2 fueron fondos insuficientes para cubrir los diversos rangos de edades de todo el universo de ahorradores en México y hasta 11 años después se crearon tres fondos, los cuales tuvieron que crearse desde un inicio en 1997.

Otra problemática detectada y que se considera más preocupante para el funcionamiento óptimo del SAR en nuestro país, fue **el desaprovechamiento del régimen de inversión de las *Siefore***, es decir, los límites máximos que impone la CONSAR para la inversión en instrumentos financieros no fueron cubiertos por ninguna *Siefore* y en ningún instrumento financiero se alcanzó el porcentaje de inversión (excepto la SB0 que sólo invierte el 100% en deuda gubernamental y cumplen con dicho porcentaje). Haciendo énfasis en la SB3 se observó que la mayor inversión la realizó en renta variable con un aprovechamiento real del 64% del régimen de inversión, las inversiones en instrumentos estructurados apenas aprovecharon el 39%, los Fibras un 20% y en el caso de las mercancías un escaso 3% del régimen. Lo anterior representa un tema preocupante que pudiera afectar en el largo plazo el funcionamiento de los fondos de pensiones en México.

Otro aspecto a destacar es que ahora el trabajador con la **libre selección de *Siefore*** (que entro en operación a inicios de 2017) puede escoger cualquier *Siefore* independientemente de la edad que tenga bajo el argumento de la *Comisión* de

alcanzar un mayor **rendimiento considerando un mayor riesgo**. Sin embargo, con este mecanismo, no se sabe si le conviene al trabajador asumir más riesgo, pues esta decisión depende sólo si los rendimientos que espera obtener, compensarán el mayor riesgo al cambiarse de *Sociedad*. Además la *libre selección* contradice el proceso de inversión de las *Afore* mencionado en el Capítulo III y que parte del principio de “*responsabilidad fiduciaria*”, es decir, las administradoras deben atender en todo momento el interés de los trabajadores, pero con *la libre selección* **la CONSAR le transfiere la responsabilidad al trabajador** para elegir el fondo de inversión que prefiera; sin embargo, dicha decisión debería ser tomada por el regulador tal como se planteó desde 1997 al asignar las *Siefore* de acuerdo al rango de edad del ahorrador. Bajo el contexto anterior, en esta investigación se considera **que la libre selección significa mayor riesgo para el trabajador**, ya que sería necesario que éste tuviera conocimientos financieros para evaluar la rentabilidad de su inversión y de la relación *riesgo-rendimiento* en el largo plazo (si es que decide cambiarse a una *Siefore* que ofrezca mayores rendimientos), de no ser así, quizá estaría poniendo en riesgo su ahorro en el caso de que su nuevo fondo no generara los rendimientos esperados.

A 21 años de la creación de la *Generación Afore* en un intento de flexibilizar el acceso de los ahorradores a fondos de inversión con mayores rendimientos, el SAR ha **contradicho** su funcionamiento, pues la creación de los fondos y la asignación por rango de edad que se estableció para la asignación de estos, pierde sentido, pues desde 2008 se hubiera instaurado la *libre selección* y dejar a los ahorradores la decisión de invertir libremente sin considerar su edad. Es como si el SAR con el paso de los años estuviera desarmando su esquema de inversión, bajo el argumento de obtener mayores rendimientos y dejándole toda la responsabilidad y el riesgo al trabajador.

De esta manera se presentan los argumentos para **aceptar la hipótesis** planteada al inicio de ese trabajo que estableció que la relación *riesgo-rendimiento* no se cumple para las *Siefore* que conformaron la SB3 porque las inversiones con mayor

riesgo de mercado, no generaron mayores rendimientos en el período de estudio. Bajo los lineamientos de la *Comisión*, si el riesgo al que se invierten los ahorros es mayor, los rendimientos que obtengan las *Siefore* deberían ser los más altos, de no ser así, estarían arriesgando los recursos del trabajador. Sin embargo, el análisis econométrico (que es una metodología más robusta desde el punto de vista estadístico) presentado en el Capítulo V **permitió demostrar que *Invercap* incurrió en el mayor riesgo de mercado** con un 16.01%, por lo tanto, se esperaba que obtuviera los rendimientos más altos, sin embargo, ocurrió lo contrario ya que generó el rendimiento más bajo (5.04%) de todos los fondos. Por lo tanto, en la práctica la relación *riesgo-rendimiento* fue completamente **nula** para dicho fondo y contradice la teoría financiera. En estricto sentido, la evidencia empírica permitió señalar que en el periodo de estudio, la *Siefore* con la mejor relación riesgo-rendimiento fue ***ProfuturoGNP*** y la peor relación *riesgo-rendimiento* fue para ***Invercap***.

El problema detectado de los rendimientos **decrecientes de los fondos** podría estar relacionado con la propia operación de los Comités de Inversión y de Riesgos financieros de las *Siefore* y específicamente con sus estrategias de inversión para la compra-venta de instrumentos financieros, los rendimientos que esperan obtener y los riesgos que pretendan asumir. Lo anterior, representa una línea de investigación que podría analizarse si se cuenta con la información sobre el proceso de inversión de una *Afore* en particular. Otra línea de investigación sería estudiar los factores que causan que las *Siefore* **no estén alcanzando los límites de inversión** propuestos por la *Comisión* y como este hecho podría incidir en la generación de mayores o menores rendimientos.

Por su parte, los rendimientos estimados comparados contra el Indicador de Rendimiento Net de la CONSAR fueron coincidentes, pero **inferiores** en todos los casos. Dicha comparativa únicamente se realizó con el fin de observar si existían o no coincidencias en términos de valores que pudieran reflejar el comportamiento de los fondos más apegado a la realidad. La comparativa, así como todos los

resultados hallados en esta investigación no pretenden funcionar como una guía para la selección de una *Afore* o *Siefore* más óptima para el ahorrador y tampoco buscan generar ninguna tendencia económica ni política al respecto.

Es importante mencionar que el periodo de estudio en esta investigación concluyó en septiembre de 2018, sería interesante ampliarlo hasta el cierre de 2019 con el propósito de medir el impacto sobre la cancelación del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM) en Texcoco, ya que de acuerdo con la CONSAR, cuatro *Afores* (*Inbursa*, *ProfuturoGNP*, *XXIBanorte* y *PensionISSSTE*) financiaron el 10% del NAICM (el 90% fue capital privado) con un monto de inversión de \$13,500 millones de pesos (mdp). El dinero de las *Administradoras* representó el 0.9% de los activos de los fondos que invirtieron en el NAICM a través de la Fibra E. Al respecto, *ProfuturoGNP* y *PensionISSSTE* fueron fondos estudiados en esta investigación y tras la cancelación del proyecto se les reembolsaría el 100% del capital, es decir, no se perderían los \$13,500 mdp, pero tampoco se generarían rendimientos. Una línea de investigación sería continuar con la medición de los rendimientos y el riesgo de estos dos fondos con el objetivo de conocer el impacto de la cancelación del NAICM bajo el supuesto de que se podrían generar minusvalías para los ahorradores en el primer semestre de 2019.

Los logros más relevantes del SAR tienen que ver con su fortalecimiento en materia de digitalización del sistema de pensiones. La CONSAR ha recibido varios reconocimientos por su estrategia de digitalización, el más reciente otorgado a finales de 2018 por el Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales (INAI), por la innovación y buenas prácticas en materia de protección de datos de los ahorradores, quienes a partir de enero de 2018 deberán proporcionar de manera obligatoria sus datos biométricos cuando acudan a su *Afore* a realizar algún trámite (registro o traspaso). Otro aspecto a destacar es que a partir noviembre de 2016, la CONSAR autorizó la primera ***Afore para niños*** que funciona como una cuenta de ahorro a largo plazo dirigida al segmento infantil para que desde temprana edad se fomente la cultura de la

inversión y el ahorro. Además, la *Comisión* lanzo en agosto de 2017 la aplicación **AforeMóvil** creada para simplificar los trámites y consultas de las personas que cuentan con una *Afore*. Con dicha aplicación el ahorrador desde un teléfono inteligente puede consultar su saldo, realizar aportaciones voluntarias, actualizar datos y solicitar estados de cuenta, entre otros trámites.

Finalmente es importante mencionar las últimas iniciativas que se han propuesto respecto al tema de pensiones en México. Al respecto, destaca la propuesta de un partido político realizada en noviembre de 2018 para regresar a un esquema de pensiones único donde el Estado administre los recursos de las cuentas individuales sin cobrar ninguna comisión por sus servicios. Por otra parte, se encuentra la propuesta del gobierno realizada en enero de 2019 con la que se propone modificar la ley del SAR para que las *Siefores* sean empleadas ahora como **fondos de inversión o Fiefores**. En términos generales cambiar de sociedad a fondo significa ampliar el rango de inversiones disponibles, por ejemplo, en proyectos de capital privado en los que podrían participar pequeñas y medianas empresas sin necesidad de hacerlo a través de un instrumento emitido en el mercado bursátil, sino participar directamente en estos proyectos buscado obtener mayores rendimientos para los trabajadores. Bajo el contexto anterior, es evidente que en los próximos años el SAR tiene que consolidarse bajo una reforma profunda al sistema de pensiones en México que de mayor certidumbre y beneficie a los inversionistas, al mercado y en mayor medida a los ahorradores.

BIBLIOHEMEROGRAFÍA

Administración y Economía (2013). *Rendimiento y Riesgo: conceptos básicos*. Recuperado de: <http://admonyeconomia.blogspot.com/2012/05/rendimiento-y-riesgo-conceptos-basicos.html>

Argáez, J.; Batún J.; Guerrero, E.; Kantún, D.; Medina, S. y Pantí H., (2014) *Un paseo por el modelo GARCH y sus variantes*, Universidad Autónoma de Yucatán, México.

Banco de México (2005). *Definiciones básicas de riesgos*. Recuperado de: <http://www.anterior.banxico.org.mx/sistema-financiero/index.html>

Banco de México (2018). *Sistema de información económica. Estadísticas sobre la inflación*. Recuperado de: <http://www.anterior.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?sector=8&accion=consultarCuadro&idCuadro=CP151&locale=es>

Banda, H. y D. Gómez (2009). *Evaluación de un portafolio de inversión institucional: el caso de los fondos de pensiones en México*. Revista Innovaciones de Negocios 6(2) pp. 303-323. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro.

Banda, H.; González, L. y Gómez, D. (2014). *Una aproximación de la teoría de portafolio a las Siefores en México/ "One approach to portfolio theory siefores in México"* pensamiento y gestión, N° 36. Universidad Tecnológica de Querétaro, Querétaro.

Blanco, F.; Ferrando, M. y Martínez, M. (2015). *Teoría de la inversión*. Ediciones Pirámide. Madrid.

Blake, D.; Cairns, A. y Dowd K. (2001). *"Pensionmetrics: stochastic pension plan design and value-at-risk during the accumulation phase"*. *Insurance: Mathematics and Economics* (29): 187-215. Recuperado de: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.470.5629&rep=rep1&type=pdf>

Banco Bilbao Vizcaya Argentaria (2015). *¿Qué es el riesgo financiero?* Recuperado de: <https://www.bbva.com/es/finanzas-para-todos-el-riesgo-financiero-y-sus-tipos/>

Banco Bilbao Vizcaya Argentaria (2018). *¿Cómo funcionan las inversiones en renta variable?* Recuperado de: <https://www.bbva.es/general/finanzas-vistazo/fondos-inversion/que-es-la-renta-variable/index.jsp>

Bolsa Mexicana de Valores (2018). *Mercado de Capital de Desarrollo CKD'e*. Recuperado de: https://www.bmv.com.mx/es/Grupo_BMV/Instrumentos_disponibles/rid/965/mod/TAB_MERCADO

Bolsa Mexicana de Valores (2018a). *Glosario de términos*. Recuperado de: <http://www.bmv.com.mx/es/grupo-bmv/glosario>

Bollerslev, T. (1986). "Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity", *Journal of Econometrics*, Vol. 31 (3) abril, pp. 307-327. Recuperado de: https://econpapers.repec.org/article/eeeeconom/v_3a31_3ay_3a1986_3ai_3a3_3ap_3a307-327.htm

Bonifant, L. y D. Gómez (2010). *Comparación de la tasa de reemplazo entre Afores*. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro. Recuperado de: <https://www.uaq.mx/>

Casas, M. y E. Cepeda (2008). *Modelos Arch, Garch y Egarch: Aplicaciones a Series Financieras*. Cuadernos de Economía, 27(48), pp.287-319. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-47722008000100011

Catalán, H. (2011). *Especificación y estimación de los modelos ARCH*. Recuperado de: https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/cc_11.2011.horario.catalan.modelosarch.esp.pdf

Cerda, L. y G. Grandolini (1998). "The 1997 Pension Reform in Mexico: Genesis and Design Features" Washington, D.C., EUA: The World Bank. Recuperado de: http://documents.worldbank.org/curated/en/463971468757212884/111511322_20041117141527/additional/multi-page.pdf

Circular CONSAR 71-1, Reglas generales que establecen el procedimiento para la construcción de los índices de rendimiento neto de las sociedades de inversión especializadas de fondos para el retiro, aplicables a los procesos de traspaso, asignación de cuentas individuales, y como resultado de la fusión entre administradoras de fondos para el retiro. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de diciembre de 2007

Comisión Nacional de los Sistemas de Ahorro para el Retiro (2014). *¿Cómo funciona operativamente el Sistema de Ahorro para el Retiro?* Recuperado de: <https://www.gob.mx/consar/articulos/como-funciona-operativamente-el-sistema-de-ahorro-para-el-retiro>

_____ (2015) *Glosario del Sistema de Ahorro para el Retiro*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/consar/articulos/glosario-del-sistema-de-ahorro-para-el-retiro>

_____ (2017) *Radiografía del sistema de pensiones a 20 años de su creación*. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/241559/Radiograf_sistema_20anos.pdf

_____ (2017a) *Informe de Anual de Labores 2017*. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/393436/2017_Informe_Anual_de_Labores_2017.pdf

_____ (2017b) *Boletín de Prensa N°07/2017*. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/187337/20017-07_Cambio_de_SIEFORE_.pdf

_____ (2018) *Diagnóstico del sistema de ahorro para el retiro en México: Funcionamiento, beneficios y retos. Documento de Trabajo N°11*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/consar/documentos/diagnostico-del-sistema-de-ahorro-para-el-retiro-en-mexico-funcionamiento-beneficios-y-retos?idiom=es>

_____ (2018a) *El contexto demográfico de las pensiones*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/consar/articulos/el-contexto-demografico-de-las-pensiones>

_____ (2018b) *Panorama General del SAR*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/consar/documentos/panorama-general-del-sar-56798?idiom=es>

_____ (2019) *Resumen de límites contenidos en el Régimen de Inversión de las Sociedades de Inversión Especializadas en Fondos para el Retiro (Siefores) contenidos en las Disposiciones que establecen el régimen de inversión al que deberán sujetarse las Siefores*. Recuperado de: http://www.consar.gob.mx/gobmx/Aplicativo/Limites_Inversion/

Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros (2018). *Información sobre Afores*. Recuperado de: <https://www.condusef.gob.mx/Revista/index.php/ahorro/retiro/745-eres-trabajador-independiente>

Datos gubernamentales (2017). *¿Para qué sirve la APP AforeMóvil?* Recuperado de: <https://www.gob.mx/aforemovil/descargables/1577/i>

Datos gubernamentales (2018). *Listado de los precios de bolsa de las Siefores, por tipo de fondo de inversión*. Recuperado de: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/listado-de-los-precios-de-bolsa-de-las-siefores-por-tipo-de-fondo-de-inversion>

Davis, E., & Y. Wei (2008). "Does funding of pensions stimulate economic growth?" *Journal of Pension Economics and Finance*, 7(2), pp. 221-249. Recuperado de: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-pension-economics-and-finance/article/does-funding-of-pensions-stimulate-economic-growth/7A8E75DEFB5E8B8D07271713A2F62C02>

De la Fuente, S. (2016). *Series temporales: Modelo ARIMA*. Universidad Autónoma de Madrid. Recuperado de: <http://www.estadistica.net/ECONOMETRIA/SERIES-TEMPORALES/modelo-arima.pdf>

Diamond, P. y J. Stiglitz (1974). "Increases in risk and risk aversion". *Journal of Economic Theory* (8), pp. 337-360. Recuperado de: https://econpapers.repec.org/article/eeejetho/v_3a8_3ay_3a1974_3ai_3a3_3ap_3a337-360.htm

Diario Oficial de la Federación (2015). *Disposiciones de carácter general que establecen el procedimiento para la construcción de los indicadores de rendimiento neto de las sociedades de inversión especializadas de fondos para el retiro publicadas en el DOF el día 8 enero de 2015 y sus posteriores modificaciones*. Recuperado de: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5378188&fecha=08/01/2015

Diario Oficial de la Federación (2016). *Disposiciones de carácter general que establecen el régimen de inversión al que deberán sujetarse las sociedades de inversión especializadas de fondos para el retiro. Publicadas en el DOF el día 31 de mayo de 2016*. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/101272/Disposiciones_RI_20160531.pdf

Economipedia (2018). *Rendimiento y ETF – Fondos cotizados*. Recuperado de <http://economipedia.com/definiciones/rendimiento.html>
<http://economipedia.com/definiciones/etf-fondos-cotizados.html>

El Contribuyente (2018). *¿Qué es UMA y para qué sirve?* Recuperado de: <https://www.elcontribuyente.mx/2017/03/que-es-la-uma-y-para-que-sirve/>

El Financiero Bloomberg (2018). *Partido del Trabajo plantea eliminar las Afores*. Video. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=WcGvY3t_Ons

El Financiero Bloomberg (2019). *AMLO propone cambiar Afores por fondos de inversión*. Video. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=milCHI_1IYU

Engle, R. (1982). "Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation". *Revista Económica*, 50 (4) julio: pp. 987-1008. Recuperado de: https://econpapers.repec.org/article/ecmemetrp/v_3a50_3ay_3a1982_3ai_3a4_3ap_3a987-1007.htm

Engle, R. (2004) *Riesgo y volatilidad: modelos econométricos y practica financiera*. Revista Asturiana de Economía N.º 31, New York University. Recuperado de: <http://www.revistaasturianadeeconomia.org/raepdf/31/ENGLE.pdf>

Engle, R. y J. Patton, (2001). "What a Good is a Volatility Model?" *Quantitative Finance*,1(2), pp.237-245.

e-SAR (2018). *Información sobre el Sistema de Ahorro para el Retiro*. Recuperado de: <https://www.e-sar.com.mx/PortalEsar/public/sieforeInfo.do>

Ferruz, L. y J. Sarto (2002). *Performance en la gestión de carteras en contexto de la Teoría de la Utilidad en presencia de riesgo*. Vol. 20-I, pp. 81-110. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Zaragoza.

FixFinanciero (2013). *Administración de Riesgos: Fundamentos de Portafolio*. Recuperado de: <https://fixfinanciero.wordpress.com/2013/03/20/administracion-de-riesgos-fundamentos-de-portafolios/>

Jáuregui, F. (2014). *Cálculo de la volatilidad de precios de acciones usando modelos ARCH/GARC*. Video. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=ZIDggJ4O-ZM&index=4&list=PLHsayG2s53geeyOVJ179y78Fjt0YkHuSd&t=451s>

Galán, J. (2014) *México: Análisis empírico de la relación peso-dólar, 2000-2014*. Revista Otros Artificios. Año 1 (3) marzo, pp. 7-13. Universidad Autónoma de México, Ciudad de México.

Galán, J. (2014). *Reglas, instrumentos y política monetaria en una economía abierta y estocástica: el caso mexicano*. Tesis de Posgrado. Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México.

Galitz, L. (1994). *Ingeniería financiera I*, 1ª Edición. Ediciones Folio, España, 1994.

García, M. y E. Seira (2015). *Consideraciones sobre la evolución y retos del Sistema de Ahorro para el Retiro*. Fundación de Estudios Financieros. Ciudad de México. Recuperado de: http://fundef.org.mx/sites/default/files/fundeforgmx/paginas/archivos/evolucionyretosdelsar_0.pdf

Gomero, N. (2014). *Portafolios de activos financieros utilizando el Modelo de Sharpe y Treynor*. Revista de la Facultad de Ciencias Contables 22 (41): pp.135-146. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. Recuperado de: <http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjOjcCZ6aHZAhUL0IMKHSUxAPMQFggoMAA&url=http%3A%2F%2Frevista.investigacion.unmsm.edu.pe%2Findex.php%2Fquipu%2Farticle%2Fdownload%2F10078%2F8819&usq=AOvVaw0oMZEYBWaIPZxy6hB7qFxo>

Gómez, D.; Banda, H. y Bonifant, A (sin año). *Rendimientos en el Sistema de Ahorro para el Retiro Mexicano*. Red Internacional de Investigadores en Competitividad. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro.

Gómez, M. (2016). *Una propuesta de cambio al régimen de inversión 2015 de las Siefors*. Tesis de Posgrado. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México.

Gujarati, D y D. Porter (2010). *Econometría*. Quinta Edición. Editorial, McGraw-Hill Interamericana.

Hernández, L. (2017). *Cinco preguntas claves para entender el modelo de Markowitz*. Recuperado de: <https://www.rankia.com/blog/bolsa-desde-cero/3479118-5-preguntas-claves-para-entender-modelo-markowitz>

Herrera, F. (2015). *Riesgo y Rendimiento de la Siefore Básica 4 en México: Una Estrategia de Administración de Riesgos*. Tesis de Posgrado. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.

Informe trimestral al H. Congreso de la Unión sobre la situación del SAR, correspondiente al primer trimestre de 2018. Disponible en: http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2018/05/asun_3712560_2018_0508_1525789792.pdf

Investopedia (2018). *Fideicomiso de Inversión Inmobiliaria - REIT*. Recuperado de: <https://www.investopedia.com/terms/r/reit.asp>

Jorion, P. (2004). *Valor en riesgo*. Traducción de Juan González Herrera. Editorial Limusa. Ciudad de México.

Ley de los Sistemas de Ahorro para el Retiro (1996). *Publicada en el DOF el día 23 de mayo de 1996. Última reforma publicada el 10 de enero de 2014*, Ciudad de México. Recuperado de: https://sep.gob.mx/work/models/sep1/Resource/24e8c91d-d2fc-4977-ad19-dc572c3e4439/ley_sistemas_ahorro.pdf

Ley del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (2007). *Publicada en el DOF el día 31 de marzo de 2007*. Recuperado de: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lissste/LISSSTE_orig_31mar07.pdf

Lizardi, F. (2015). *El ahorro de los sistemas de pensiones públicos y su posible contribución al crecimiento económico de México: 1993-2013*. Tesis de Licenciatura. Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México.

López, F. (2005). *Bolsa, mercados y técnicas de inversión*. McGraw-Hill Interamericana, Ciudad de México.

Markowitz, H. (1952). "Portfolio Selection", *The Journal of Finance*, Vol.7, No.1. pp. 77-91
Recuperado de: https://www.jstor.org/stable/2975974?seq=1#page_scan_tab_contents

Markowitz, H. (1989). "Mean-Variance Analysis in Portfolio Choice and Capital Markets". *The Journal of Finance*, Vol. 44, No.2, pp. 531-535.

Martínez, M. y F. Venegas (2014). *Análisis del riesgo de mercado de los fondos de pensión en México. Un enfoque con Modelos autorregresivos*. *Revista Contaduría y Administración* 59 (3) julio-septiembre: pp. 165-195. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. Recuperado de: <http://www.cya.unam.mx/index.php/cya/article/viewFile/78/78>

Meléndez, J. (2014). *Medición de la volatilidad en series de tiempo financieras: Modelos ARCH y GARCH* Video. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=FnswTz52jdo&t=1393s>

MexDer, (2018). *Las treinta preguntas más frecuentes sobre opciones*. Recuperado de: http://www.mexder.com.mx/wb3/wb/MEX/MEX_Repositorio/_vtp/MEX/1ef6_publicaciones/_rid/21/_mto/3/Las_30_preguntas.pdf

Morales, A.; Téllez, A. e Higuera, M. (2005). *Finanzas VI. Ingeniería Financiera Sistema Universidad Abierta y Educación a Distancia*. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de: <http://fcasua.contad.unam.mx/apuntes/interiores/docs/2005/contaduria/7/1758.pdf>

Nelson, D. (1991). "Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach". *Econometría* Vol. 59, No. 2, pp. 347-370. Recuperado de: https://www.jstor.org/stable/2938260?seq=1#page_scan_tab_contents

Raffo, E.; Ráez, L. y Quispe, C. (2012). *Aplicación de la metodología GARCH al precio de cierre en la Bolsa de Valores de Lima*, 15 (2), pp.96-105. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/html/816/81629470013/index.html>

Rankia (2014). *Diferencias entre: venta corta, venta a crédito y venta al descubierto*. Recuperado de: <https://www.rankia.com/blog/bolsa-desde-cero/2503060-diferencias-venta-corta-credito-descubierto>

Rankia (2017). *¿Qué es el riesgo financiero?* Recuperado de: <https://www.rankia.mx/blog/analisis-ipsa/3554638-que-riesgo-financiero-clasificacion>

Rankia (2018). *Obligatorio el uso de datos biométricos en trámites de Afores*. Recuperado de: <https://www.rankia.mx/blog/mejores-afores/3791480-obligatorio-uso-datos-biometricos-tramites-afores>

Romero, G. (2016). *Los sistemas de pensión en México: análisis del riesgo y rendimiento de los portafolios de las Siefores 2008-2012*. Tesis de Posgrado. Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México.

Rodríguez, E. (2014). *Compromiso y solidaridad del sector financiero en México y el mundo*. Disponible en: <http://ganar-ganar.mx/pdf/r89/32.pdf>

Ruiz, E. (2014). *Taller de Administración de Cartera y Riesgos*. Especialidad en Economía Monetaria y Financiera. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México.

Pokorny, M. (1987). "An Introduction to Econometrics", Basil Blackwell, Nueva York, 1987, p. 343.

Sales, C.; Solís, F. y Villagómez A. (1996). "The Pension System Reform: The Mexican Case". *Privatizing Social Security*. Editado por Martin Feldstein. National Bureau of Economic Research y University of Chicago Press.

Sánchez, M. (2013). *Decisiones Financieras, Competencia en el Mercado y Desempeño de las Empresas: Evidencia Empírica para Iberoamérica*. Banco de México. Recuperado de: <http://www.anterior.banxico.org.mx/publicaciones-y-discursos/publicaciones/documentos-de-investigacion/banxico/%7B6C9C4802-7300-A47E-7CC9-173120C7BA30%7D.pdf>

Santillán, R.; Martínez, M. y López, F. (2016). *Análisis econométrico del riesgo y rendimiento de las Siefores*. Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época 11 (1), pp. 29-54. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/4237/423743961002.pdf>

Secretaría de Hacienda y Crédito Público, (2019). *Anuncio de baja en comisiones de las Afores*. Video del Economista. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=6gQsdrj4uSE>

Solís, F. (2001). *Los sistemas de pensiones en México: la agenda pendiente. Una Agenda para las Finanzas Pública de México*, Instituto Tecnológico Autónomo de México, Gaceta de Economía, pp. 187-295.

Soto, J., Arias, J. y Villegas, J. (2005). *Evaluación de riesgos financieros en el mercado eléctrico colombiano*. Scientia Et Technica, vol. XI, núm. 27, abril, 2005, pp. 163-168. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84911698030>

UNAM, (2015). *Administración de Riesgos. Análisis de Riesgo y Portafolios de Inversión. Facultad de Economía*. Universidad Autónoma de México. Ciudad de México. Recuperado de: <http://herzog.economia.unam.mx/profesores/blopez/Riesgo-Pres5.pdf>

Varela, R. (2016). *Encuentro de opiniones. Afore para niños*. Video. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=ZSKgdLk9J5Q>

Véliz, S.; Cervantes, T.; y Carmona, E. (2012). *Análisis de riesgo vs. rendimiento de las acciones más volátiles que han cotizado en la BMV de 2003 a 2011*. Revista Universitaria de Administración 5 (3). Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Recuperado de: <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/NovaRua/article/view/32>

Zamora, D. (2017). *Detección de problemas financieros en la industria hotelera de la Ciudad de México, a través de técnicas de valor sustentable*. Tesis de Posgrado. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México.

Índice de Gráficas

Gráfica 1. Aportaciones y rendimientos en el Sistema de Ahorro para el Retiro, activos netos en millones de pesos:1997-2017	9
Gráfica 2. Crecimiento previsto de los activos administrados por el SAR a 2030.....	9
Gráfica 3. Participación de las <i>Siefore</i> en el Sistema Financiero Mexicano	10
Gráfica 4. Saldo acumulado de un trabajador con 5 salarios mínimos: julio 1997-julio 1998	11
Gráfica 5. Rendimientos de las <i>Afore</i> frente a otros instrumentos financieros : julio 1997 a junio 2018.....	12
Gráfica 6. Rendimientos históricos del SAR: 2003-2016 (precios de Bolsa en %)	13
Gráfica 7. Inflación general en México: 2003-2016	14
Gráfica 8. Comisiones promedio del SAR: 2008-2018.....	15
Gráfica 9. Régimen de inversión por tipo de <i>Siefore</i>	17
Gráfica 10. Relación (ex ante) riesgo-rendimiento esperado para activos financieros.	31
Gráfica 11 Líneas de isoutilidad con rentabilidad marginal creciente	36
Gráfica 12. Frontera Eficiente de Markowitz.....	36
Gráfica 13. Evolución de la diversificación en la composición de la cartera de las <i>Siefore</i> : 2008-2018.....	50
Gráfica 14. Serie de precios de cierre diarios para <i>Azteca</i> : 2008-2018.....	76
Gráfica 15. Serie de precios de cierre diarios para <i>Sura</i> : 2008-2018.....	76
Gráfica 16. Serie de rendimientos para <i>Azteca</i> : 2008-2018	78
Gráfica 17. Serie de rendimientos para <i>Sura</i> : 2008-2018	78
Gráfica 18.Cuantiles de los rendimientos de <i>Azteca</i>	81
Gráfica 19.Cuantiles de los rendimientos de <i>Sura</i>	81
Gráfica 20. Riesgo promedio anualizado vs rendimiento promedio anualizado de las <i>Siefore</i> de la SB3:2008-2018	90
Gráfica 21. Rendimientos vs Indicador de Rendimiento Neto de la CONSAR para las <i>Siefore</i> de la SB3-Horizonte a 84 meses.	94

Índice de Tablas

Tabla 1. Principales estudios realizados sobre el <i>riesgo y rendimiento</i>	6
Tabla 2. Activos netos por <i>Afore</i> y <i>Siefore</i> en millones de pesos al cierre de 2017.....	10
Tabla 3. Aprovechamiento de las inversiones de la <i>SB3</i> : valores en porcentajes.....	19
Tabla 4. <i>Afores</i> en operación en México a 2018	22
Tabla 5. Tipos de inversiones realizadas por las <i>Siefore</i> :datos al cierre de septiembre de 2018	22
Tabla 6. Límites al Régimen de Inversión de las <i>Siefore</i>	49
Tabla 7. Cambios relevantes al Régimen de Inversión de las <i>Siefore</i> : 1998-2016	51
Tabla 8. Patrones teóricos de FAC y FACP.....	64
Tabla 9. Histograma y estadísticos básicos de los rendimientos de <i>Azteca</i>	79
Tabla 10. Histograma y estadísticos básicos de los rendimientos de <i>Sura</i>	79
Tabla 11. Pruebas de Raíz Unitaria para <i>Azteca</i>	82
Tabla 12. Pruebas de Raíz Unitaria para <i>Sura</i>	83
Tabla 13. Modelos estimados y ecuaciones de varianza para las <i>Siefore</i> de la <i>SB3</i>	88
Tabla 14. Rendimiento promedio anualizado y varianza de las <i>Siefore</i> de la <i>SB3</i> :2008-2018-últimos 126 meses-.....	89
Tabla 15. <i>Siefores</i> con la mejor relación <i>riesgo-rendimiento</i> : 2008-2018 -últimos 126 meses-	91
Tabla 16. Indicador de Rendimiento Neto de la CONSAR para las <i>Siefore Básicas</i> - ultimos meses-.....	84 93
Tabla 17. Indicador de Rendimiento Neto de la CONSAR para las <i>Afore</i> de la <i>SB3</i> - últimos meses-.....	84 95

Índice de Figuras

Figura 1. Multifondos por grupo de edad.....	16
Figura 2. Clasificación de los riesgos según su naturaleza financiera.	25
Figura 3. Ventajas de la diversificación de inversiones	37
Figura 4. Elementos de la transición de pensiones en México.....	42
Figura 5. Participantes en el nuevo sistema de pensiones	43
Figura 6. Evolución del Régimen de Inversión de las <i>Siefore</i> :1997-2008	47
Figura 7. Evolución del Régimen de Inversión de las <i>Siefore</i> : 2012-2015	47
Figura 8. Ciclo de vida de los trabajadores y familia de <i>Siefore</i> a 2018	48
Figura 9. Estructura de los Órganos de Gobierno de las <i>Siefore</i>	53
Figura 10. Composición de los Comités de Inversión y Riesgo	55
Figura 11. Estadístico d de Durbin-Watson	67
Figura 12. Metodología <i>Box-Jenkins</i>	68

Índice de Anexos

Anexo I. Matriz de congruencia.....	116
Anexo II. Procedimiento para la transferencia de los ahorros depositados en la cuenta <i>Afore</i> de una sociedad de inversión (<i>Siefore</i>) a otra.	117
Anexo III. Pruebas de raíz unitaria para las <i>Siefore</i> de la SB3	118
Anexo IV. Estimación de los Modelos ARIMA-GARCH para las <i>Siefore</i> de la SB3.....	121
Anexo V. Siglario.....	127

Anexo I. Matriz de congruencia

Título		
Un modelo <i>GARCH</i> aplicado a la Sociedad de Inversión Especializada en Fondos para el Retiro Básica 3: 2008-2018		
Pregunta de investigación	Objetivo	Hipótesis
¿Cuál fue el rendimiento de las <i>Siefores</i> que conformaron la <i>Siefore Básica 3</i> , en función del riesgo de mercado entre 2008 y 2018?	Analizar la relación <i>riesgo-rendimiento</i> de las <i>Siefores</i> que conformaron la <i>Siefore Básica 3</i> , calculando el rendimiento y el riesgo de mercado de sus inversiones de 2008 a 2018.	La relación <i>riesgo-rendimiento</i> no se cumple para los fondos que conformaron la <i>Siefore Básica 3</i> porque las inversiones con mayor riesgo de mercado, no generaron mayor rendimiento en el período de estudio, lo que podría afectar el monto de las pensiones de los trabajadores y evidenciar un trabajo deficiente de las <i>Siefore</i> .

Anexo II. Procedimiento para la transferencia de los ahorros depositados en la cuenta *Afore* de una sociedad de inversión (*Siefore*) a otra.

De acuerdo al Boletín de Prensa N°07/2017 de la CONSAR, dicho procedimiento deberá hacerse a través del portal www.e-sar.com.mx , en la opción “ <i>Selección de Siefore</i> ” http://ow.ly/V3D7308w8m2 siguiendo los siguientes pasos:	
1	El ahorrador (no el agente promotor) deberá dar clic en el menú: Selección de SIEFORE
2	Llenará el formato con sus datos personales: CURP, nombre completo, Afore, correo electrónico y teléfono móvil (responde al “ <i>código de seguridad</i> ” y dar clic en siguiente).
3	Seleccionar el fondo de inversión o SIEFORE en la que desea que se inviertan sus recursos (4, 3, 2, 1, 0).
4	En el cuadro de la derecha podrá verse los rendimientos que ofrece cada una de las <i>Siefore</i> que administra la Afore en la que está registrado el trabajador
5	Al seleccionar el fondo de inversión o <i>Siefore</i> de su preferencia, el portal mostrará las reglas de inversión que maneja cada una de éstas para conocer en qué invierten su dinero.
6	Dar clic en ENVIAR.

Anexo III. Pruebas de raíz unitaria para las *Siefore* de la SB3

Pruebas de raíz unitaria para *Coppel*

Variable	Modelo	Pruebas						Clasificación
		ADF	P-value	DW	PP	P-value	DW	
<i>T-statistic</i>	1	-44.22801	0.0001	1.985594	-43.88481	0.0000	1.985594	<i>estacionaria</i>
	2	-44.48579	0.0000	1.984500	-44.01147	0.0000	1.984500	<i>estacionaria</i>
	3	-44.47338	0.0001	1.984519	-44.00744	0.0000	1.984519	<i>estacionaria</i>
Valores críticos de <i>MacKinnon</i>	1	-1.940943*			-1.940943*			<i>estacionaria</i>
	2	-3.411497*			-3.411497*			<i>estacionaria</i>
	3	-2.862427*			-2.862427*			<i>estacionaria</i>

*Indica que la prueba es significativa al 95%. Para llevar a cabo el contraste de la estacionariedad se aplicaron las pruebas ADF (*Augmented Dickey-Fuller*) y PP (*Phillips-Perron*) para los siguientes tres modelos: 1) sin intercepto y sin tendencia, 2) con intercepto o deriva y 3) con intercepto y con tendencia determinística y/o estocástica.

Fuente: elaboración propia

Pruebas de raíz unitaria para *Citibanamex*

Variable	Modelo	Pruebas						Clasificación
		ADF	P-value	DW	PP	P-value	DW	
<i>T-statistic</i>	1	-32.87946	0.0000	2.005578	-36.89638	0.0000	1.959412	<i>estacionaria</i>
	2	-32.95565	0.0000	2.005920	-36.83516	0.0000	1.958819	<i>estacionaria</i>
	3	-32.96175	0.0000	2.005919	-36.89638	0.0000	1.959412	<i>estacionaria</i>
Valores críticos de <i>MacKinnon</i>	1	-1.940943*			-1.940943*			<i>estacionaria</i>
	2	-3.411497*			-3.411497*			<i>estacionaria</i>
	3	-2.862427*			-1.940943*			<i>estacionaria</i>

*Indica que la prueba es significativa al 95%. Para llevar a cabo el contraste de la estacionariedad se aplicaron las pruebas ADF (*Augmented Dickey-Fuller*) y PP (*Phillips-Perron*) para los siguientes tres modelos: 1) sin intercepto y sin tendencia, 2) con intercepto o deriva y 3) con intercepto y con tendencia determinística y/o estocástica.

Fuente: elaboración propia

Pruebas de raíz unitaria para *Invercap*

Variable	Modelo	Pruebas						Clasificación
		ADF	P-value	DW	PP	P-value	DW	
<i>T-statistic</i>	1	-40.36534	0.0000	1.983045	-39.43626	0.0000	1.983045	<i>estacionaria</i>
	2	-40.37382	0.0000	1.982862	-39.40421	0.0000	1.982862	<i>estacionaria</i>
	3	-40.38141	0.0000	1.982862	-39.41295	0.0000	1.982862	<i>estacionaria</i>
Valores críticos de <i>MacKinnon</i>	1	-1.940943*			-1.940943*			<i>estacionaria</i>
	2	-3.411497*			-3.411497*			<i>estacionaria</i>
	3	-2.862427*			-2.862427*			<i>estacionaria</i>

*Indica que la prueba es significativa al 95%. Para llevar a cabo el contraste de la estacionariedad se aplicaron las pruebas ADF (*Augmented Dickey-Fuller*) y PP (*Phillips-Perron*) para los siguientes tres modelos: 1) sin intercepto y sin tendencia, 2) con intercepto o deriva y 3) con intercepto y con tendencia determinística y/o estocástica.

Fuente: elaboración propia

Pruebas de raíz unitaria para *Principal*

Variable	Modelo	Pruebas						Clasificación
		ADF	P-value	DW	PP	P-value	DW	
<i>T-statistic</i>	1	-40.72363	0.0000	1.974885	-39.97992	0.0000	1.974885	<i>estacionaria</i>
	2	-33.83197	0.0000	2.001634	-39.94924	0.0000	1.974226	<i>estacionaria</i>
	3	-33.83800	0.0000	2.001634	-39.95808	0.0000	1.974229	<i>estacionaria</i>
Valores críticos de <i>MacKinnon</i>	1	-1.940943*			-1.940943*			<i>estacionaria</i>
	2	-3.411497*			-3.411497*			<i>estacionaria</i>
	3	-2.862427*			-2.862427*			<i>estacionaria</i>

*Indica que la prueba es significativa al 95%. Para llevar a cabo el contraste de la estacionariedad se aplicaron las pruebas ADF (*Augmented Dickey-Fuller*) y PP (*Phillips-Perron*) para los siguientes tres modelos: 1) sin intercepto y sin tendencia, 2) con intercepto o deriva y 3) con intercepto y con tendencia determinística y/o estocástica.

Fuente: elaboración propia

Pruebas de raíz unitaria para *ProfuturoGNP*

Variable	Modelo	Pruebas						Clasificación
		ADF	P-value	DW	PP	P-value	DW	
T-statistic	1	-39.36731	0.0000	1.986973	-38.38380	0.0000	1.986973	estacionaria
	2	-39.44914	0.0000	1.986113	-38.29021	0.0000	1.986113	estacionaria
	3	-39.45611	0.0000	1.986115	-38.29909	0.0000	1.986115	estacionaria
Valores críticos de MacKinnon	1	-1.940943*			-1.940943*			estacionaria
	2	-3.411497*			-3.411497*			estacionaria
	3	-2.862427*			-2.862427*			estacionaria

*Indica que la prueba es significativa al 95%. Para llevar a cabo el contraste de la estacionariedad se aplicaron las pruebas ADF (*Augmented Dickey-Fuller*) y PP (*Phillips-Perron*) para los siguientes tres modelos: 1) sin intercepto y sin tendencia, 2) con intercepto o deriva y 3) con intercepto y con tendencia determinística y/o estocástica.

Fuente: elaboración propia

Pruebas de raíz unitaria para *PensionISSSTE*

Variable	Modelo	Prueba						Clasificación
		ADF	P-value	DW	PP	P-value	DW	
T-statistic	1	-33.80824	0.0000	2.004854	-41.50949	0.0000	1.981035	estacionaria
	2	-34.14993	0.0000	2.006224	-42.10452	0.0000	1.979733	estacionaria
	3	-34.10598	0.0000	2.006027	-41.99934	0.0000	1.979922	estacionaria
Valores críticos de MacKinnon	1	-1.940952			-1.940952			estacionaria
	2	-3.411629			-3.411629			estacionaria
	3	-2.862511			-2.862511			estacionaria

*Indica que la prueba es significativa al 95%. Para llevar a cabo el contraste de la estacionariedad se aplicaron las pruebas ADF (*Augmented Dickey-Fuller*) y PP (*Phillips-Perron*) para los siguientes tres modelos: 1) sin intercepto y sin tendencia, 2) con intercepto o deriva y 3) con intercepto y con tendencia determinística y/o estocástica.

Fuente: elaboración propia

Anexo IV. Estimación de los Modelos ARIMA-GARCH para las *Siefore* de la SB3

Modelos ARIMA-GARCH estimados para *Coppel*

	Modelos			
	AR (1) AR(11)	AR (1) AR(11)	AR (1) AR(11)	AR (1) AR(11)
α_0	0.000301	0.000301	0.000302	0.000296
Z-stat	6.9529	6.956957	6.991872	6.778456
P	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
α_1	0.119025	0.118464	0.116809	0.117653
Z-stat	5.651458	5.628503	5.596992	5.596684
P	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
α_2	-0.048882	-0.049457	-0.050901	-0.048757
Z-stat	-2.347238	-2.372941	-2.440056	-2.334019
P	0.0189	0.0176	0.0147	0.0196
	GARCH(1,1)	GARCH(2,1)	GARCH(1,2)	GARCH(2,2)
α_0	1.96E-07	1.84E-07	2.56E-07	3.63E-07
Z-stat	4.16E+00	3.81E+00	3.95E+00	4.2354
P-value	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000
α_1	0.140961	0.161492	0.18739	0.157159
Z-stat	7.197396	4.249305	6.186059	6.423216
P-value	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
β_1	0.841366	-0.028167	0.433924	0.106922
Z-stat	46.96023	-0.646205	2.189912	3.416781
P-value	0.0000	0.5181	0.0285	0.0006
β_2		0.849966	0.355709	-0.066713
Z-stat		38.75883	2.005201	-1.048091
P-value		0.0000	0.0449	0.2946
β_3				0.770043
Z-stat				14.11794
P-value				0.0000
Akaike info criterion	-9.128986	-9.128554	-9.12935	-9.129141
Schwarz criterion	-9.115667	-9.113016	-9.113812	-9.111383
Hannan-Quinn criter.	-9.124165	-9.122929	-9.123726	-9.122713

Fuente: elaboración propia

Modelos ARIMA-GARCH estimados para *Citibanamex*

	Modelos			
	AR (1) AR(11)	AR (1) AR(11)	AR (1) AR(11)	AR (1) AR(11)
α_0	0.000378	0.000379	0.000381	0.000381
Z-stat	6.4356	6.433574	6.504055	6.533087
P	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
α_1	0.158194	0.161611	0.163025	0.162201
Z-stat	6.874148	7.112781	7.240905	7.204085
P	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
α_2	-0.052307	-0.051033	-0.049987	-0.050182
Z-stat	-2.458392	-2.4279	-2.386166	-2.386391
P	0.0140	0.0152	0.0170	0.0170
	GARCH(1,1)	GARCH(2,1)	GARCH(1,2)	GARCH(2,2)
α_0	3.35E-07	3.60E-07	2.74E-07	2.28E-07
Z-stat	3.44E+00	3.37E+00	2.85E+00	1.0799
P-value	0.0006	0.0007	0.0044	0.2802
α_1	0.174153	0.147968	0.135426	0.141277
Z-stat	7.122685	3.947208	4.227122	3.883725
P-value	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001
β_1	0.817043	0.034361	1.105263	-0.028609
Z-stat	39.78733	0.687012	4.715939	-0.23911
P-value	0.0000	0.4921	0.0000	0.811
β_2		0.807529	-0.248545	1.231817
Z-stat		29.60787	-1.22214	2.108041
P-value		0.0000	0.2217	0.035
β_3				-0.350918
Z-stat				-0.737077
P-value				0.4611
<i>Akaike info criterion</i>	-8.571141	-8.570782	-8.571063	-8.570395
<i>Schwarz criterion</i>	-8.571141	-8.570782	-8.571063	-8.570395
<i>Hannan-Quinn criter.</i>	-8.571141	-8.570782	-8.571063	-8.570395

Fuente: elaboración propia

Modelos ARIMA-GARCH estimados para *Invercap*

	Modelos			
	AR (1)AR(11)	AR (1)AR(11)	AR (1)AR(11)	AR (1)AR(11)
α_0	0.000287	0.000285	0.000285	0.000283
Z-stat	4.9668	4.966034	4.937676	4.852468
P	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
α_1	0.126355	0.125043	0.125309	0.126572
Z-stat	5.90024	5.816807	5.863355	5.892481
P	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
α_2	-0.055993	-0.056668	-0.056349	-0.056773
Z-stat	-2.810171	-2.871712	-2.86001	-2.8722
P	0.0050	0.0041	0.0042	0.0041
	GARCH(1,1)	GARCH(2,1)	GARCH(1,2)	GARCH(2,2)
α_0	1.04E-07	8.98E-08	1.30E-07	1.77E-07
Z-stat	3.01E+00	2.88E+00	2.72E+00	2.5835
P-value	0.0026	0.0040	0.0066	0.0098
α_1	0.139377	0.177552	0.180789	0.168424
Z-stat	6.751478	4.045247	4.905666	4.575194
P-value	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
β_1	0.869842	-0.050234	0.509688	0.074365
Z-stat	59.03991	-1.092208	2.043928	1.142587
P-value	0.0000	0.2747	0.0410	0.2532
β_2		0.88108	0.321665	0.101128
Z-stat		53.79934	1.426552	0.419719
P-value		0.0000	0.1537	0.6747
β_3				0.672429
Z-stat				3.274765
P-value				0.0011
Akaike info criterion	-8.177552	-8.177846	-8.178005	-8.17771
Schwarz criterion	-8.164233	-8.162308	-8.162467	-8.159952
Hannan-Quinn criter.	-8.172731	-8.172222	-8.172381	-8.171282

Fuente: elaboración propia

Modelos ARIMA-GARCH estimados para *Principal*

	Modelos			
	AR (1)AR(11)	AR (1)AR(11)	AR (1)AR(11)	AR (1)AR(11)
α_0	0.000349	0.00035	0.000351	0.000352
Z-stat	6.8083	6.814893	6.834792	6.858499
P	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
α_1	0.114942	0.115689	0.116326	0.115884
Z-stat	5.51439	5.529544	5.552194	5.555818
P	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
α_2	-0.058213	-0.05789	-0.057381	-0.057262
Z-stat	-2.858687	-2.854064	-2.841456	-2.834629
P	0.0043	0.0043	0.0045	0.0046
	GARCH(1,1)	GARCH(2,1)	GARCH(1,2)	GARCH(2,2)
α_0	3.14E-07	3.24E-07	2.77E-07	2.06E-07
Z-stat	3.38E+00	3.40E+00	2.79E+00	0.6478
P-value	0.0007	0.0007	0.0052	0.5171
α_1	0.154488	0.144916	0.133582	0.135848
Z-stat	7.483823	4.097648	4.22873	3.973972
P-value	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
β_1	0.82941	0.013134	1.009301	-0.037303
Z-stat	41.21389	0.327231	4.563656	-0.218111
P-value	0.0000	0.7435	0.0000	0.8273
β_2		0.82525	-0.157206	1.236494
Z-stat		35.58162	-0.824974	1.294363
P-value		0.0000	0.4094	0.1955
β_3				-0.34562
Z-stat				-0.43925
P-value				0.6605
Akaike info criterion	-8.670559	-8.669868	-8.669957	-8.669329
Schwarz criterion	-8.657241	-8.65433	-8.654419	-8.651571
Hannan-Quinn criter.	-8.665738	-8.664244	-8.664332	-8.662901

Fuente: elaboración propia

Modelos ARIMA-GARCH estimados para *ProfuturoGNP*

	Modelos			
	AR (1)AR(11)	AR (1)AR(11)	AR (1)AR(11)	AR (1)AR(11)
α_0	0.000376	0.000373	0.000374	0.000374
Z-stat	6.5291	6.483949	6.474551	6.475686
P	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
α_1	0.0939	0.092964	0.092027	0.092042
Z-stat	4.221049	4.233568	4.210873	4.208524
P	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
α_2	-0.045445	-0.047382	-0.046922	-0.046844
Z-stat	-1.949983	-2.029806	-2.018871	-2.014901
P	0.0512	0.0424	0.0435	0.0439
	GARCH(1,1)	GARCH(2,1)	GARCH(1,2)	GARCH(2,2)
α_0	2.77E-07	2.05E-07	3.52E-07	3.65E-07
Z-stat	3.21E+00	2.95E+00	3.03E+00	2.1592
P-value	0.0013	0.0032	0.0025	0.0308
α_1	0.130098	0.176721	0.173455	0.172065
Z-stat	5.767643	3.792988	5.048934	3.867737
P-value	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001
β_1	0.856705	-0.071152	0.400685	0.007333
Z-stat	41.98681	-1.410151	2.118137	0.084923
P-value	0.0000	0.1585	0.0342	0.9323
β_2		0.884617	0.409275	0.363285
Z-stat		41.41465	2.403978	0.841002
P-value		0.0000	0.0162	0.4003
β_3				0.440149
Z-stat				1.195931
P-value				0.2317
Akaike info criterion	-8.552182	-8.553381	-8.553563	-8.552757
Schwarz criterion	-8.538064	-8.53691	-8.537092	-8.533933
Hannan-Quinn criter.	-8.547053	-8.547398	-8.547579	-8.545918

Fuente: elaboración propia

Modelos ARIMA-GARCH estimados para *PensionISSSTE*

	Modelos			
	AR (1)	AR (1)	AR (1)	AR (1)
α_0	0.000342	0.000342	0.000342	0.000342
Z-stat	5.7933	5.803051	5.803509	5.81918
P-value	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
β_1	0.1463	0.146147	0.146075	0.145288
Z-stat	6.623286	6.58291	6.585818	6.586039
P-value	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	GARCH(1,1)	GARCH(2,1)	GARCH(1,2)	GARCH(2,2)
α_0	2.92E-07	2.88E-07	2.98E-07	4.80E-07
Z-stat	3.15E+00	3.2156	2.2723	1.7411
P-value	0.0016	0.0013	0.0231	0.0817
α_1	0.142934	0.145717	0.147435	0.154418
Z-stat	4.542723	3.255614	3.286239	3.840226
P-value	0.0000	0.0011	0.0010	0.0001
β_1	0.838849	-0.003904	0.796818	0.086396
Z-stat	28.70904	-0.076812	2.35752	0.559783
P-value	0.0000	0.9388	0.0184	0.5756
β_2		0.840296	0.037263	0.122919
Z-stat		25.25128	0.125727	0.146395
P-value		0.0000	0.8999	0.8836
β_3				0.606822
Z-stat				0.877598
P-value				0.3802
Akaike info criterion	-8.774855	-8.774051	-8.774056	-8.773475
Schwarz criterion	-8.763082	-8.759923	-8.759928	-8.756993
Hannan-Quinn criter.	-8.770579	-8.768919	-8.768923	-8.767488

Fuente: elaboración propia

Anexo V. Siglario

AFORE: Administradora de Fondos para el Retiro

AMAFORE: Asociación Mexicana de Administradoras de Fondos para el Retiro A.C.

ARCH: Heteroscedasticidad Condicional Autorregresiva, (del inglés *Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*)

ARIMA: Modelo Autorregresivo Integrado de Promedio Móvil (del inglés *Autoregressive Integrated Moving Average*)

ARMA: Modelo Autorregresivo y de Promedios Móviles (del inglés *Autoregressive Integrated Moving Average*).

BANXICO: Banco de México

BMV: Bolsa Mexicana de Valores

CNBV: Comisión Nacional Bancaria y de Valores

CONSAR: Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro

GARCH: Heteroscedasticidad Condicional Autorregresiva Generalizada, (del inglés *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*)

IMSS: Instituto Mexicano del Seguro Social.

IRN: Indicador de Rendimiento Neto

ISSSTE: Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado

LSAR: Ley de los Sistemas de Ahorro para el Retiro

MPT: Teoría Moderna de Portafolios, (del inglés *Modern Portfolio Theory*)

PMG: Pensión Mínima Garantizada

SAR: Sistema de Ahorro para el Retiro

SIEFORE: Sociedad de Inversión Especializada en Fondos para el Retiro

SHCP: Secretaría de Hacienda y Crédito Público

UMA: Unidad de Medida y Actualización