



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

RIESGO SISTÉMICO EN EL SECTOR FINANCIERO, ANÁLISIS MEDIANTE  
REGRESIONES DE SERIES DE TIEMPO Y DE CORTE TRANSVERSAL

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

THOMAS DABOVICH KLIWADENKO

PROFESOR GUÍA:  
MARCELA VALENZUELA BRAVO

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
HERMAN BENETT CONTZEN  
RAFAEL ZUÑIGA LUCERO

SANTIAGO DE CHILE  
ENERO 2015

RESUMEN DE LA MEMORIA  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL  
POR: THOMAS DABOVICH KLIWADENKO  
FECHA: ENERO 2015  
PROF. GUÍA: MARCELA VALENZUELA BRAVO

## **RIESGO SISTÉMICO EN EL SECTOR FINANCIERO, ANÁLISIS MEDIANTE REGRESIONES DE SERIES DE TIEMPO Y DE CORTE TRANSVERSAL**

El presente trabajo de título analiza el uso de factores de riesgo sistémico como herramientas tanto para inversionistas como reguladores. El objetivo principal de este trabajo es determinar si es posible extraer información de tres factores de riesgo sistémico aplicados sobre índices económicos y activos financieros. De esta forma, se pretende determinar cómo y para quien pueden ser útiles los factores de riesgo sistémico seleccionados.

Para alcanzar el objetivo mencionado, se construyeron dos factores de riesgo sistémicos y se utilizó la medida CATFIN de Allen et al. (2012) como el tercer factor. El primer factor se construyó en base a la medida de riesgo sistémico SRISK y fue nombrado ASRF. El segundo factor utilizó a la medida de riesgo VaR, en su forma paramétrica GARCH, como base y fue nombrada PVaR.

La aplicación de los factores de riesgo sistémico sobre índices económicos se realizó mediante regresiones de series de tiempo. Se utilizaron dos índices económicos y cuatro especificaciones de regresión distintas, además de un análisis *out of sample* para determinar si los factores económicos entregaban información. En cambio, para aplicar a los factores de riesgo sobre activos financieros se utilizaron regresiones de corte transversal siguiendo la metodología Fama-MacBeth. Se utilizaron dos sets de activos financieros y seis especificaciones de regresión para determinar si se podía extraer información de los factores.

Los resultados obtenidos para las regresiones de series de tiempo muestran de que sí es posible extraer información de los factores y es más, los factores pueden predecir el comportamiento de los índices. El factor que obtiene resultados más interesantes es PVaR ya que siempre logra entregar información sobre los índices utilizados. Las regresiones de corte transversal mostraron que los factores de riesgo entregan información sobre los activos, pero esta información no es muy clara. Se obtuvo una relación positiva entre los factores de riesgo y el exceso de retorno de los activos financieros, sin embargo esta relación no es sencilla de entender o aplicar.

Finalmente, se determina que sí es posible extraer información de los factores de riesgo sistémico aplicados sobre índices económicos y activos financieros. La información extraída de las regresiones de corte transversal no es de mucha ayuda ya que no es posible aplicar estos factores para obtener mayores retornos. En cambio los resultados entregados por las series de tiempo sí logran ser de gran utilidad, ya que PVaR se puede convertir en una herramienta útil para reguladores con su gran poder de predicción del índice de actividad económica CFNAI.

# Agradecimientos

Muchas personas han influido positivamente en mi vida. Gran parte de ello se ve plasmado en este trabajo, el cual representa la conclusión de un largo proceso de aprendizaje. Familia, profesores, amigos y club me han ayudado crecer y ser una mejor persona a lo largo de estos 26 años.

Quisiera agradecer a mi profesora guía, Marcela Valenzuela, la cual me abrió la oportunidad de trabajar en un proyecto relacionado a finanzas y riesgo sistémico, y a pesar de todo, siempre tener los consejos adecuados para el óptimo desarrollo del proyecto. También darle las gracias a mi profesor co-guía, Herman Benett, por que siempre estuvo dispuesto a ayudarme.

Finalmente le quiero dar las gracias a mis padres, hermanos, amigos, mi club Alumni S.C Rugby y a la rubia por soportarme durante los buenos y malos momentos. Incontables son las personas que he conocido en todo este proceso universitario de los cuales cada uno a aportado en mí una experiencia única, por medio de una historia, una ayuda y también algunas sonrisas.

Gracias a todos por confiar en mí, y ser tan incondicionales.

*“Ever tried. Ever failed. No matter.  
Try Again. Fail again. Fail better.”  
Samuel Beckett.*

# Tabla de Contenido

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>1</b>
1.1	Antecedentes Generales . . . . .	1
1.2	Descripción del Proyecto . . . . .	3
1.3	Objetivos . . . . .	4
1.3.1	Objetivo General . . . . .	4
1.3.2	Objetivos Específicos . . . . .	4
1.4	Metodología . . . . .	4
1.4.1	Obtención de datos . . . . .	4
1.4.2	Indicadores de riesgo sistémico . . . . .	5
1.4.3	Regresiones de Series de Tiempo . . . . .	6
1.4.4	Regresiones de Corte Transversal . . . . .	7
1.4.5	Conclusiones . . . . .	7
1.5	Alcances . . . . .	7
1.6	Estructura de la Memoria . . . . .	8
<b>2</b>	<b>Marco Teórico</b>	<b>9</b>
2.1	Riesgo Sistémico . . . . .	9
2.2	Medidas de Riesgo Sistémico . . . . .	10
2.2.1	VaR . . . . .	11
2.2.2	SRISK . . . . .	14
2.2.3	CATFIN . . . . .	17
2.3	Modelo Regresión Lineal . . . . .	19
2.3.1	Modelo . . . . .	19
2.3.2	Indicadores . . . . .	20
2.4	CAPM . . . . .	21
2.5	Modelo de los Tres Factores Fama-French . . . . .	22
2.6	Metodología Fama y MacBeth . . . . .	23
2.7	Mínimo Cuadrados Ordinarios (MCO) y Corrección de Shanken . . . . .	25
2.8	Indicaores Económicos . . . . .	26
2.8.1	CFNAI . . . . .	26
2.8.2	NBER . . . . .	26
2.8.3	Standard and Poor's 500 (S&P 500) . . . . .	27
<b>3</b>	<b>Factores de Riesgo</b>	<b>28</b>
3.1	ASRF . . . . .	29
3.1.1	Construcción . . . . .	29
3.1.2	Resultados . . . . .	31
3.2	PVaR . . . . .	33

3.2.1	Construcción . . . . .	33
3.2.2	Resultados . . . . .	34
3.3	CATFIN . . . . .	35
3.3.1	Construcción . . . . .	35
3.3.2	Resultados . . . . .	36
3.4	Análisis Descriptivo . . . . .	36
<b>4</b>	<b>Series de Tiempo</b>	<b>38</b>
4.1	Construcción del Modelo de Predicción . . . . .	38
4.1.1	Regresiones . . . . .	38
4.1.2	Datos . . . . .	39
4.1.3	Variables de Control . . . . .	40
4.2	Resultados . . . . .	41
4.2.1	Índice de producción industrial . . . . .	41
4.2.2	CFNAI y sus Sectores . . . . .	43
4.2.3	In-sample y Out-of-sample . . . . .	49
4.3	Análisis . . . . .	53
4.3.1	Sectores CFNAI . . . . .	53
4.3.2	Análisis Global . . . . .	54
<b>5</b>	<b>Corte Transversal</b>	<b>57</b>
5.1	Construcción del Modelo de Fama-MacBeth . . . . .	57
5.1.1	Regresiones . . . . .	57
5.1.2	Datos . . . . .	58
5.1.3	Variables de Control . . . . .	59
5.2	Resultados . . . . .	59
5.2.1	Acciones del Sector Financiero . . . . .	60
5.2.2	25 Portafolios de Fama French . . . . .	63
5.3	Análisis . . . . .	65
5.3.1	Factores de Riesgo Sistémico . . . . .	66
5.3.2	Análisis Global . . . . .	66
<b>6</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>69</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>72</b>
	<b>Anexos</b>	<b>75</b>
A1	MES . . . . .	75
A2	Niveles de SRISK para distintas empresas . . . . .	77
A3	Resultados de SRF . . . . .	80
A4	Resultados $VaR_{EWMA}$ , $VaR_{GARCH}$ y $VaR_{tGARCH}$ . . . . .	81
A5	Gráfico CFNAI y PVar . . . . .	83
A6	Resultados Sectores del CFNAI . . . . .	84
A7	Resultados análisis In-sample: Índice producción industrial y sectores CFNAI . . . . .	88
A8	Test Diebold Mariano . . . . .	91
A9	Resultados Out of sample: Índice producción industrial y Sectores del CFNAI . . . . .	92

# Índice de tablas

3.1	Correlación tipos de VaR de la familia GARCH . . . . .	34
3.2	Correlación factores de riesgo sistémico . . . . .	37
4.1	Correlación variables de control series de tiempo . . . . .	41
4.2	Resultados regresiones de series de tiempo: Índice de producción industrial .	42
4.3	Resultados regresiones de series de tiempo: CFNAI . . . . .	44
4.4	Resultados regresiones de series de tiempo: Sector Consumo Personal y Vivienda	47
4.5	Resultados análisis In-sample: CFNAI . . . . .	50
4.6	Resultados análisis Out-of-sample: CFNAI . . . . .	52
5.1	Correlación variables de control regresiones Fama-MacBeth . . . . .	59
5.2	Resultados regresiones Fama-Macbeth para las acciones del sector financiero utilizando el factor ASRF . . . . .	60
5.3	Resultados regresiones Fama-Macbeth para las acciones del sector financiero utilizando el factor CATFIN . . . . .	61
5.4	Resultados regresiones Fama-Macbeth para las acciones del sector financiero utilizando el factor PVaR . . . . .	62
5.5	Resultados regresiones Fama-Macbeth para los 25 portafolios de Fama French utilizando el factor ASRF . . . . .	63
5.6	Resultados regresiones Fama-Macbeth para los 25 portafolios de Fama French utilizando el factor CATFIN . . . . .	64
5.7	Resultados regresiones Fama-Macbeth para los 25 portafolios de Fama French utilizando el factor PVaR . . . . .	65
A1	Resultados regresiones de series de tiempo: Sector Producción e Ingresos . .	85
A2	Resultados regresiones de series de tiempo: Sector Empleo, Desempleo y Horas	86
A3	Resultados regresiones de series de tiempo: Sector Ventas, Pedidos e Inventario	87
A4	Resultados análisis In-sample: Índice de producción industrial . . . . .	88
A5	Resultados análisis In-sample: Sector Consumo Personal y Vivienda . . . . .	88
A6	Resultados análisis In-sample: Sector Producción e Ingresos . . . . .	89
A7	Resultados análisis In-sample: Sector Empleo, Desempleo y Horas . . . . .	89
A8	Resultados análisis In-sample: Sector Ventas, Pedidos e Inventario . . . . .	90
A9	Resultados análisis Out-of-sample: Índice de producción industrial . . . . .	93
A10	Resultados análisis Out-of-sample: Sector Producción e Ingresos . . . . .	94
A11	Resultados análisis Out-of-sample: Sector Empleo, Desempleo y Horas . . . . .	95
A12	Resultados análisis Out-of-sample: Sector Consumo Personal y Vivienda . . .	96
A13	Resultados análisis Out-of-sample: Sector Ventas, Pedidos e Inventarios . . .	97

# Índice de figuras

1.1	Desempleo y recesiones económicas de EE.UU . . . . .	1
3.1	SRISK promedio en el tiempo . . . . .	31
3.2	Factor de riesgo sistémico ASRF en tiempo . . . . .	32
3.3	Factor de riesgo sistémico PVaR en el tiempo . . . . .	35
3.4	Factor de riesgo sistémico CATFIN en el tiempo . . . . .	36
4.1	Índice de actividad económica CFNAI en el tiempo . . . . .	40
A1	Nivel de SRISK en el tiempo de AIG . . . . .	77
A2	Nivel de SRISK en el tiempo de Citigroup . . . . .	78
A3	Nivel de SRISK en el tiempo de JP Morgan . . . . .	78
A4	Nivel de SRISK en el tiempo de Lehman Brothers . . . . .	79
A5	Resultado SRF . . . . .	80
A6	Resultado $VaR_{EWMA}$ . . . . .	81
A7	Resultado $VaR_{GARCH}$ . . . . .	82
A8	Resultado $VaR_{tGARCH}$ . . . . .	82
A9	Gráfico CFNAI PVaR . . . . .	83

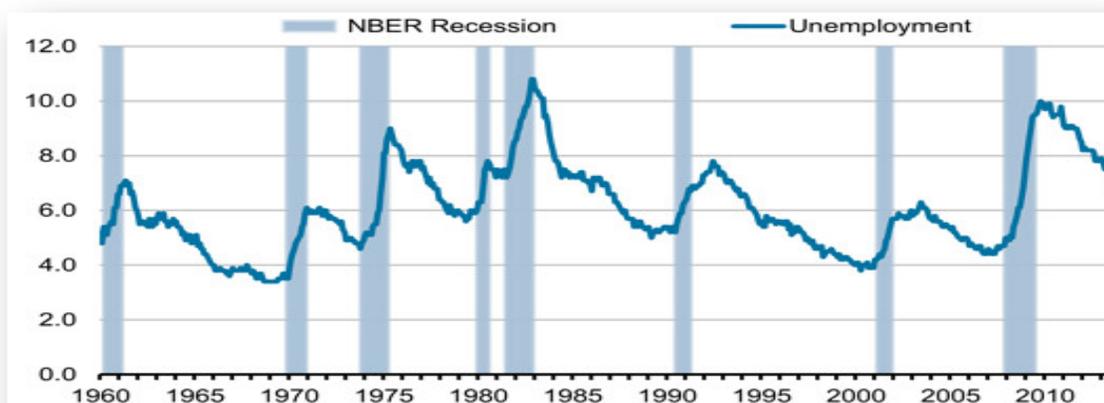


# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Antecedentes Generales

Los ciclos económicos son oscilaciones recurrentes de la economía en las que una fase de expansión, va seguida de otra de contracción y así sucesivamente. En otras palabras, se tienen dos caras de una misma moneda; la parte positiva donde se obtienen altos ingresos, tasas de desempleo bajo, buenos índices de crecimiento y expansión de la economía; la parte negativa, es donde todo se contrae teniendo como resultado recesiones o crisis económicas que afectan en forma negativa causando que los ingresos bajen, aumente el desempleo y los índices de crecimiento sean bajos o incluso negativos. Según NBER<sup>1</sup> una recesión económica se define como *“una contracción apreciable de la actividad en toda la economía, que dura más de unos pocos meses, y que generalmente afecta la producción, el empleo, el ingreso real y otros indicadores. La recesión se inicia cuando la economía alcanza su punto máximo de actividad y termina cuando llega a su nivel más bajo.”*



**Figura 1.1: Desempleo y recesiones económicas de EE.UU**

La figura muestra un gráfico de recesiones económicas y desempleo en la economía de Estados Unidos entre los años 1960 y 2013. Las recesiones económicas están marcadas por la sombra celeste y el desempleo por la línea azul.

<sup>1</sup> NBER: National Bureau of Economic Research es una organización de investigación estadounidense dedicada a promover una mayor comprensión de cómo funciona la economía.

Como se puede apreciar en la Figura 1.1, el desempleo y las recesiones económicas en Estados Unidos están directamente relacionadas según NBER. La recesión que se produjo entre los años 2007 y 2009 producto de la crisis subprime que acontecía en ese momento, fue una de las más largas y la que provocó niveles de desempleo similares a los que habían en la década de los 80.

La gran recesión en aquellos años, (2007 al 2009) dejó a muchas personas damnificadas debido a la pérdida de sus trabajos, activos financieros, e incluso la pérdida de sus casas. A causa del gran impacto que tuvo esta crisis en todo el mundo es que instituciones financieras como el Banco de Reserva de Australia, el Banco de Inglaterra, el Banco de Japón, el Norges Bank Noruego, el Banco de España, el Riksbank de Suecia, el Banco Nacional de Suiza, el Foro de Estabilidad Financiera, el Banco Central Europeo y el Fondo Monetario Internacional, por nombrar algunos, se pusieron a investigar y a publicar informes periódicamente. La razón de esto fue encontrar nuevas formas de prevenir eventos catastróficos o simplemente acaparar más información para que la economía no volviese a caer tan drásticamente.

Luego de estas investigaciones periódicas y de llegar a diversos resultados, en julio del 2010, el congreso de Estados Unidos decide crear el acta *Dodd Frank Wall Street Reform and Consumer Protection Act (Dodd Frank Act)*. Esta reforma creó el *Financial Stability Oversight Council (FSOC)* y el *Office of Financial Research (OFR)*; entre los principales mandatos de estas instituciones se encuentran: identificar los riesgos para la estabilidad financiera derivada de las actividades de las grandes empresas del mismo rubro, promover la disciplina de mercado y responder ante las nuevas amenazas a la estabilidad del sistema financiero. Según Bisias et al. (2012) para poder seguir estos mandatos, el punto de partida tiene que ser la medición a tiempo y de manera precisa del riesgo sistémico.

Una definición general de este concepto es la que da Billio et al. (2010): Riesgo sistémico es “*cualquier conjunto de circunstancias que amenazan a la estabilidad o confianza en el sistema financiero.*” Este tipo de riesgo se vuelve importante debido a que, permite explicar una gran cantidad de los sucesos ocurridos durante la crisis sub-prime, además de otorgar nuevas herramientas para el control de la estabilidad financiera.

Si bien Billio et al. (2010) proveen una definición general de riesgo sistémico, tanto la literatura académica como reguladores financieros le han dado diversas interpretaciones. Es por eso que Bisias et al. (2012) realizaron un estudio en donde recolectaron información sobre las diversas formas de calcular el riesgo sistémico aportadas por la literatura, obteniendo 31 medidas. Estas medidas se dividen en 6 grandes categorías que son: medidas macroeconómicas, medidas de redes dentro del sistema, proyecciones futuras de riesgo, medidas de test de estrés, medidas de corte transversal y medidas de iliquidez e insolvencia.

En la actualidad, se han propuesto diversas formas de medir el riesgo sistémico de forma individual para cada compañía. Entre ellas destacan: MES (Acharya et al., 2010), CoVaR (Adrian y Brunnermeier, 2011), SRISK (Brownlees y Engle, 2012; Acharya et al., 2012), CoRisk (IMF, 2009), y BIS's Shapley value method (Tarashev et al., 2010). Cada una de estas medidas de riesgo sistémico, como muchas otras, se basan en el VaR como parte fundamental de sus cálculos y estimaciones.

## 1.2. Descripción del Proyecto

La pregunta que esta memoria pretende responder es si se puede extraer información significativa de indicadores de riesgo sistémico aplicados sobre índices económicos y activos financieros. Específicamente se quiere responder a dos grandes preguntas. En primer lugar, si el riesgo sistémico en el sector financiero contiene información significativa sobre indicadores económicos y si con esta información, se puede predecir el comportamiento de los indicadores en el futuro. Además se pretende contestar si los mismos indicadores de riesgo sistémico son factores de riesgo en la economía en otras palabras, si inversionistas aversos al riesgo demandarían un premio por riesgo para invertir en activos que tienen mal desempeño cuando el riesgo sistémico es alto. Lo que se pretende hacer para contestar estas dos preguntas es realizar dos tipos distintos de regresiones para encontrar diversos resultados y conclusiones. La primera pregunta se tratará de contestar mediante regresiones de series de tiempo, en cambio para la segunda pregunta, se realizarán regresiones de corte transversal (*cross-section*).

Lo primero que se realizará será definir los indicadores de riesgo sistémico que se quieren testear. Se decidió utilizar tres indicadores que se construirán a partir de diversas medidas de riesgo sistémico. El primer indicador se construirá a partir de la medida creada por Brownlees y Engle (2012), SRISK, la cual permite calcular el riesgo sistémico de las empresas financieras de manera individual utilizando solamente sus retornos y su hoja de balance. El segundo indicador apuntará a la medida estándar de riesgo individual VaR para ser construido. El VaR seguirá un modelo de estimación similar al documentado en Danielsson et al. (2014), se utilizará el promedio simple de VaR obtenido mediante tres modelos de estimación: EWMA, GARCH y tGARCH. Finalmente el tercer y último indicador será CATFIN. Esta medida creada por Allen et al. (2012) toma el VaR de todas las empresas del sector financiero estadounidense para poder predecir medidas macroeconómicas de gran nivel como el GDP de Estados Unidos y a nivel micro como los niveles de riesgo sistémico de los bancos. CATFIN funciona como un sistema de alerta temprana para prever reducciones en la actividad económica real. Su robustez radica en la inclusión de medidas de riesgo sistémico a nivel micro, así como un amplio conjunto de variables macroeconómicas y financieras como control de sus resultados.

Ya con los indicadores de riesgo sistémico construidos, estos podrán ser sometidos a las diversas regresiones. En una primera etapa se les aplicarán regresiones de series de tiempo, con el objetivo de poder predecir distintos índices económicos. En una segunda etapa los mismos factores de riesgo sistémicos serán sometidos a la metodología Fama y MacBeth<sup>2</sup> (1973) y así determinar si existe un premio por riesgo sistémico y si este premio es negativo o positivo.

Finalmente, se analizarán los resultados obtenidos para determinar si estos son significativos o no y cuanta importancia económica tienen. Ya con todo lo anterior definido se buscará concluir si existe contribución alguna por parte de los factores al mundo del conocimiento

---

<sup>2</sup>Las regresiones Fama-MacBeth (FM) son un método de Asset Pricing para estimar parámetros de modelos. El método funciona en dos etapas; la primera etapa consiste en estimar  $\beta$ 's de cualquier factor de riesgo que se espere que estime precios de activos; y la segunda donde se regresan los promedios de los retornos de los activos contra los  $\beta$ 's estimados en la primera etapa para el periodo de tiempo a considerar.

o al mercado financiero. Por último, se espera poder determinar cómo se pueden utilizar de la mejor forma la información entregada por los distintos factores de riesgo sistémico seleccionados.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General**

Analizar si es posible extraer información relevante de tres indicadores de riesgo sistémico aplicados sobre índices económicos y activos financieros.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

1. Determinar si alguno de los factores de riesgo sistémico pueden predecir índices y recepciones financieras.
2. Determinar si algún factor de riesgo sistémico entrega un premio por riesgo en las regresiones de corte transversal.
3. Determinar que factor de riesgo entrega mejores resultados.
4. Establecer si algún factor de riesgo puede ser de utilidad para inversionistas, reguladores o ambos.

## **1.4. Metodología**

La metodología con que se desarrolló la memoria presenta los siguientes pasos:

### **1.4.1. Obtención de datos**

Debido a que el enfoque de esta memoria es el riesgo sistémico en el sector financiero, es natural considerar una muestra de instituciones financieras. Es por esto que se escogerán las instituciones más importantes del mercado financiero estadounidense, el cual es el más grande del mundo. Todos los factores son construidos a partir de información de instituciones financiera.

La estimación del indicador de riesgo sistémico basado en la medida SRISK, seleccionará información diaria de todas las acciones de entidades financieras transadas en NYSE, AMEX, NASDAQ entre enero de 1975 hasta diciembre 2012. Con la lista de empresas ya definida, se obtendrán las siguientes medidas para cada compañía: sus retornos logarítmicos diarios, su capitalización de mercado, el valor libro de sus acciones, el valor libro de sus activos y por último el retorno del mercado.

También serán utilizados los retornos diarios del portafolio ponderado por tamaño de la industria financiera de Fama French<sup>3</sup>. Ocupando el período de tiempo de enero de 1975 hasta diciembre de 2012.

Finalmente CATFIN será obtenido directamente de las estimaciones entregadas por sus autores Allen et al. (2012) por lo que no se necesitarán datos para realizar sus cálculos. Nuevamente el tiempo a considerarse será desde enero de 1975 hasta diciembre de 2012.

## 1.4.2. Indicadores de riesgo sistémico

### 1.4.2.1. Factor basado en SRISK: ASRF

Una vez que se tenga calculada la medida de riesgo sistémico SRISK para cada una de las entidades financieras de la muestra, se procederá a agregar esta información transversalmente con el fin de obtener un indicador global de riesgo sistémico basado en SRISK. Se utilizará la metodología de Fama French (1993) en la construcción de un indicador de riesgo. A continuación se explican los pasos a seguir:

- Calcular los retornos logarítmicos y el SRISK mensual de cada empresa.
- Clasificar a todas las instituciones financieras seleccionadas en base a su nivel de SRISK del mes anterior, de menor a mayor, y así formar tres categorías. Las categorías se separarán en *low risk* (L), *medium risk* (M) y *high risk* (H) donde los puntos de ruptura serán (0, 30 %], (30 %, 70 %] y (70 %, 100 %], respectivamente.
- Una vez que se tengan separadas a las acciones en las distintas categorías, se calculará el promedio mensual de los retornos de las acciones que integren las categorías (L) y (H).
- La primera parte del cálculo del indicador de riesgo sistémico será estimar SRF<sup>4</sup> el cual se construye como:

$$SFR = PRH - PRL \quad (1.1)$$

Donde PRH es el promedio mensual de los retornos que integran la categoría high risk y PRL es el promedio mensual de los retornos que integran la categoría low risk.

- El segundo paso del cálculo será obtener el valor absoluto de SRF y finalmente este será el indicador de riesgo sistémico, el cual se llamará ASRF<sup>5</sup>. La ecuación (1.2) detalla mejor como se construye el factor:

$$ASFR = |SFR| \quad (1.2)$$

---

<sup>3</sup>Los retornos del portafolio son obtenidos de la página web de Keneth French [http://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/data\\_library.html](http://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/data_library.html)

<sup>4</sup>El nombre del factor es la sigla de SRISK Factor.

<sup>5</sup>El nombre del factor es la sigla de Absolute SRISK Factor.

### 1.4.2.2. Factor basado en VaR: PVaR

El siguiente factor de riesgo sistémico se construye a partir de la metodología utilizada por Danielsson et al. (2014) para el cálculo del VaR en forma paramétrica utilizando dos modelos distintos de volatilidad y de distribución de los retornos. Los pasos a seguir son:

- Calcular de forma mensual el VaR del portafolio financiero de Fama French utilizando el modelo de volatilidad EWMA (exponentially weighted moving average) y una distribución normal de los retornos.
- Volver a calcular el VaR mensual del portafolio esta vez considerando un modelo de volatilidad GARCH y una distribución de retornos normales.
- Repetir el paso anterior, pero esta vez se considera una distribución de retornos de  $t$  de student.
- El tercer factor de riesgo es el PVaR<sup>6</sup> y es simplemente el promedio de los tres distintos VaR calculados anteriormente. La ecuación 1.3 detalla mejor como se construye el factor:

$$PVaR = \frac{VaR_{EWMA} + VaR_{GARCH} + VaR_{tGARCH}}{3} \quad (1.3)$$

### 1.4.2.3. Factor basado en CATFIN: CATFIN

El último factor de riesgo es el CATFIN y como ya se mencionó, se utilizará la medida ya proporcionada por lo que no necesita realización de cálculos.

## 1.4.3. Regresiones de Series de Tiempo

Una vez que se tengan todos los indicadores de riesgo sistémico calculados, se seleccionarán dos índices, los cuales son CFNAI y el índice de producción industrial, para poder testear el poder de predicción de los diferentes factores mediante regresiones de series de tiempo. La metodología que se utilizará, consistirá en tomar los índices seleccionados como variables dependientes y los factores como variables independientes. Se analizarán distintas especificaciones en las cuales se destacan, ocupar al indicador por sí sólo, con retrasos de la variable dependiente, incluir variables macroeconómicas y financieras de control y por último correr una regresión con todos los indicadores de riesgo sistémico juntos, más los retrasos de la variable dependiente y las variables de control.

Una vez que se tengan los resultados, se buscará identificar las intuiciones detrás de ellos y ver si el comportamiento de todos los factores es coherente. Se evaluará el poder predictivo de los resultados obtenidos mediante diferentes test muestras *in-sample* y *out-of-sample*. Además, se pretende determinar cuál de todos los factores de riesgo sistémico puede predecir mejor los distintos índices seleccionados.

---

<sup>6</sup>El nombre del factor es la sigla de Promedio VaR

#### 1.4.4. Regresiones de Corte Transversal

Con este tipo de regresión se quiere probar si el riesgo sistémico es un factor de riesgo en la economía, es decir, inversionistas que están dispuestos a pagar un premio por riesgo significativo para invertir en activos con buen desempeño en períodos de alto riesgo sistémico. Para ello, se seguirá una metodología Fama-MacBeth utilizando los tres factores de riesgo ya mencionados y diferentes activos económicos tales como: acciones del sistema financiero de Estados Unidos y los 25 portafolios de Fama French para determinar si los factores seleccionados entregan algún premio por riesgo.

Una vez que se tengan los resultados de la regresión, se podrá determinar si el riesgo sistémico aportado por las instituciones financieras tiene un efecto significativo en la sección transversal de la rentabilidad de las acciones. Además, identificar las intuiciones detrás de los resultados y ver si el comportamiento de todos los factores es coherente. Por último se quiere determinar cuál de todos los factores creados es el que logra obtener una mayor importancia económica.

#### 1.4.5. Conclusiones

Finalmente, con los resultados obtenidos de las regresiones de series de tiempo y de corte transversal, se espera poder responder y cumplir con el objetivo general y a los diferentes objetivos específicos propuestos en un comienzo. Lo más importante es poder especificar que se puede extraer o aprender de los diversos factores de riesgo sistémico utilizados y si estos hallazgos entregaron algo nuevo al conocimiento financiero.

### 1.5. Alcances

El principal alcance de esta memoria es, poder sacar conclusiones sobre qué es lo que nos entregan los factores de riesgo sistémico. Se puede obtener información nueva a partir de ellos y si pueden llegar a ser útiles para reguladores, inversionistas o ambos.

La profundidad y alcance de este trabajo de título está definido en base al tiempo que se tiene para desarrollar el trabajo. Debido a esta razón, se acotaron las medidas de riesgo sistémico elegidas. Es posible que dentro de las 31 medidas definidas por Bisias, et al. (2012), se encuentren más medidas que deban ser testeadas, pero por un tema de tiempo no se alcanzará a realizar más que lo ya especificado.

Otro factor a considerar del porqué no se eligieron más de tres factores de riesgo, es por el tiempo que se pueden llegar a tardar la ejecución de los procesos computacionales. La idea es poder programar y ejecutar las regresiones y factores de riesgo ya planteadas sin que el tiempo de ejecución sea algo de lo que se tenga que estar preocupado.

Finalmente, se espera que la información generada por el trabajo de memoria sea útil para el mundo financiero y exista un avance con respecto a lo que se sabía del riesgo sistémico y los distintos factores de riesgo.

## 1.6. Estructura de la Memoria

La estructura que sigue el trabajo de título es la que se muestra a continuación:

- **Capítulo 1 Introducción:** Corresponde a la presentación del tema, descripción del proyecto a realizar, fijación de objetivos, metodología empleada y alcances del trabajo realizado.
- **Capítulo 2 Marco Teórico:** Se presentarán los conceptos financieros y modelos económicos con los que se desarrollará el trabajo empírico.
- **Capítulo 3 Factores de Riesgo:** En este capítulo se detallan los pasos de cómo se construyó cada factor de riesgo.
- **Capítulo 4 Series de tiempo:** Aquí se detallan todos los resultados obtenidos y sus análisis realizados para las regresiones de series de tiempo.
- **Capítulo 5 Corte Transversal:** En este capítulo se muestran y se analizan los resultados obtenidos para las regresiones de corte transversal utilizando la metodología Fama-MacBeth.
- **Capítulo 6 Conclusiones:** Se enumeran las conclusiones del trabajo realizado y se proponen trabajos a realizar en el futuro.

# Capítulo 2

## Marco Teórico

Para comprender y abordar de mejor forma el trabajo es necesario desarrollar ciertos conceptos y proposiciones que se utilizarán, proporcionando una base teórica que lo avale lo que se pretende realizar. En este capítulo se desarrolla una definición de riesgo sistémico, una definición formal de las medidas de riesgo que se utilizarán y por último los modelos a utilizar en las distintas regresiones que se pretenden desarrollar.

En la primera parte del capítulo se define el concepto de riesgo sistémico el cual es el principal foco de este trabajo de título. La sección siguiente detalla las medidas utilizadas para realizar el cálculo del riesgo sistémico y creación de los factores de riesgo a utilizar. Luego se describe el modelo de regresión lineal el cual será utilizado en las regresiones de series de tiempo como en las regresiones de corte transversal. A continuación se describen los modelos de *asset pricing*; CAPM, Fama-French y Fama-MacBeth para poder dar las bases de la regresión de corte transversal que se va a utilizar. Finalmente se describe una institución y dos índices encargados de publicar información sobre la actividad económica.

### 2.1. Riesgo Sistémico

Hoy en día, existen muchas definiciones sobre qué es el riesgo sistémico debido a que se puede mirar de diversas perspectivas. Según se define en Billio et al. (2010), el riesgo sistémico es *“cualquier conjunto de circunstancias que amenazan a la estabilidad o confianza en el sistema financiero. Esto se puede originar mediante un evento gatillo, como un shock económico o la caída de una institución, la cual desencadena un caos en la economía.”* Dentro de las consecuencias que este evento inesperado podría causar, se encuentran la caída de alguna institución financiera o fallas en el mercado. Algunos efectos menos dramáticos podrían incluir pérdidas importantes para las compañías o elevadas volatilidades de los precios de los mercados financieros. En cualquier caso, las consecuencias recaen sobre las instituciones financieras, los mercados o ambos.

Según Bisias et al. (2012) no hay consenso sobre qué es el riesgo sistémico y cómo se debe calcular. El estudio sugiere que el hecho de que no haya una definición universal tiene ventajas, ya que permite incorporar múltiples perspectivas del problema. Además, los autores mencionan que es importante que el sistema financiero este bajo reevaluación constante con el fin de quedar actualizado a las nuevas condiciones del mercado.

Bisias et al. (2012) y Danielsson y Shin (2003), sugieren que el riesgo sistémico nace de manera endógena dentro del sistema financiero. Si esto es cierto, cuando el sistema está en equilibrio debiesen existir patrones inter-temporales medibles que podrían constituir los cimientos para la detección temprana de recesiones financieras. Por el contrario, si el sistema financiero es solamente vulnerable a shocks exógenos que llegan de forma impredecible, entonces son otro tipo de medidas las que se requieren.

Debido a la falta de consenso, los autores se proponen hacer una recolección de información, documentar las medidas de riesgo sistémico existente y analizar si se pueden encontrar los patrones inter-temporales que ellos proponen. El estudio definió 31 formas de calcular el riesgo sistémico y se categorizaron estas medidas en 6 distintas clases: medidas macroeconómicas, medida de redes dentro del sistema, proyecciones futuras de riesgo, medidas de test de estrés, medidas de corte transversal y medidas de iliquidez e insolvencia. Para los fines de la investigación, sólo se utilizarán las medidas transversales.

El principal objetivo que tienen las medidas de corte transversal es examinar la codependencia de las instituciones financieras con la “salud” de los demás integrantes del sistema y del mercado en sí. Dentro de las medidas que resaltan se encuentra el CoVaR, Co-Risk, Distressed Insurance Premium (DIP), MES y SES. Para lo que se pretende desarrollar sólo se utilizará MES el cual se empleará para calcular la medida SRISK, que se detallará más adelante en el capítulo.

El trabajo de Danielsson et al. (2014) establece que la gran mayoría de las medidas de riesgo sistémico tienen como un primer paso el cálculo de VaR. Algunos ejemplos son MES (Acharya et al., 2010), CoVaR (Adrian y Brunnermeier, 2011), SRISK (Brownlees y Engle, 2012; Acharya et al., 2012), CoRisk (IMF, 2009) y BISs Shapley value method (Tarashev et al., 2010). Debido a que tantas medidas ocupan al VaR como punto de partida, parece lógico utilizar al VaR en el análisis de riesgo sistémico.

## 2.2. Medidas de Riesgo Sistémico

Según la clasificación realizada por Adrian y Brunnermeier (2011), una medida de riesgo sistémico debiese identificar el riesgo para el sistema de cada institución del sector financiero de forma individual. Algunas de estas instituciones son tan grandes e interconectadas que pueden causar que se propague el riesgo de manera negativa sobre otros individuos del sistema. Además, las medidas de riesgo debiesen reconocer que el riesgo se construye en el fondo del sistema y sólo aparece durante las crisis mediante burbujas o inestabilidades.

Dentro de las muchas medidas de riesgo sistémico que existen sólo se explicaran las medidas útiles para la investigación. Dentro de cuales se destacan las CATFIN, VaR y SRISK.

### 2.2.1. VaR

Según Jorion (2006) VaR<sup>7</sup> es una de la formas más populares para calcular riesgo en los mercados financieros. Esta medida representa la pérdida máxima o la peor pérdida durante un período de tiempo con un cierto intervalo de confianza. Su definición formal es la siguiente:

$$VaR_\alpha = \inf_l \{l \in \mathbb{R} : Pr(L > l) \leq (1 - \alpha)\} \quad (2.1)$$

Donde  $Pr(L > l)$  es la probabilidad de que una pérdida  $L$  sea mayor que cierto número  $l$  y esa probabilidad no puede ser superior a  $(1 - \alpha)$ . Por lo general,  $\alpha$  representa la certeza o intervalo de confianza que se tiene que no se va perder más que esa cantidad, los valores más comunes de  $\alpha$  son 0,05 y 0,01.

Hay diversas formas de estimar el VaR como lo detalla Jorion (2006), asumiendo distribuciones paramétricas, no paramétricas y que VaR es un cuantil por nombrar algunas.

En las medidas de riesgo sistémico VaR se estima asumiendo que  $VaR = -q_\alpha$  donde  $q_\alpha$  es el cuantil  $\alpha$  para el retorno  $R$  y  $z$  es la pérdida esperada, entonces VaR se puede expresar como:

$$q_\alpha = \sup\{z | Pr[R < z] \leq \alpha\} \quad (2.2)$$

Una forma más simple de calcular el VaR resulta si se asumen métodos paramétricos de la distribución. Siguiendo estos métodos el VaR puede ser calculado directamente con la desviación estándar de la distribución elegida y un factor multiplicativo que depende del nivel de confianza y el horizonte de tiempo que se considere.

Siguiendo el procedimiento utilizado por Danielsson et al. (2014) se tiene que para calcular el VaR se debe utilizar la siguiente ecuación:

$$VaR(\alpha)_{t+1} = -\sigma_t F_R^{-1}(\vec{\theta}) \vartheta \quad (2.3)$$

donde  $\sigma_t$  es la volatilidad de los retornos en el tiempo  $t$ ,  $F_R()$  es la distribución de los retornos simples estandarizados con un set de parámetros  $\vec{\theta}$  y  $\vartheta$  es el valor del portafolio. Por lo tanto, este método requiere una estimación de la volatilidad y de una distribución para los retorno de los activos.

#### 2.2.1.1. Modelos de Volatilidad

En análisis de la volatilidad es importante en el sector financiero por diversas razones. En particular, tiene una estrecha relación con el riesgo y proporciona un método sencillo para el cálculo del VaR como ya se mencionó. La volatilidad también juega un papel importante en la asignación de activos, además un correcto modelamiento de la volatilidad permite tener mejor estimación de los ratios de apalancamiento para las instituciones financieras.

---

<sup>7</sup>La sigla VaR viene de las palabras en inglés Value at Risk.

A continuación se detallan los modelos de volatilidad EWMA y GARCH. Este trabajo de título utilizara estos dos modelos de volatilidad y se asumirá que los retornos distribuyen de forma normal o t-student dependiendo de cálculo que se requiera realizar.

### 2.2.1.1.1. Medias Móviles

#### 2.2.1.1.1.1. Equally weighted averages

La forma de estimar la volatilidad de este método es mediante el promedio de los retornos al cuadrado. Bajo la condición de que los retornos se distribuyen de forma normal, la volatilidad se calcula como:

$$\sigma_t^2 = \frac{1}{T} \sum_i^T r_{t-i}^2 \quad (2.4)$$

Donde  $T$  es el período de tiempo a considerar. Este modelo hace que se le entregue el mismo peso a cada retorno de la muestra.

#### 2.2.1.1.1.2. Exponentially weighted averages (EWMA)

Esta forma de modelar la volatilidad le otorga mayor relevancia a la observaciones más recientes que a las pasadas. De esta forma, los eventos que ocurren en la actualidad no se ven tan suavizados frente a lo que históricamente ha sucedido.

Tomando en consideración lo desarrollado por Alexander (2007), que en un tiempo  $t$  se tienen datos hasta el tiempo  $t-1$ , es decir, observaciones del tipo  $(r_{t-1}, \dots, r_2, r_1)$ . Se puede definir a las observaciones exponencial ponderadas como:

$$EWMA(r_{t-1}, \dots, r_2, r_1) = \frac{r_{t-1} + \lambda r_{t-2} + \dots + \lambda^{t-2} r_1}{1 + \lambda + \lambda^2 + \dots + \lambda^{t-2}} \quad (2.5)$$

Donde  $\lambda$  es una constante llamada constante de decaimiento, su valor fluctúa entre  $0 < \lambda < 1$ . RiskMetrics, una compañía de manejo de riesgo, tiene una metodología de cálculo de VaR mundialmente conocida utiliza un valor de  $\lambda$  de 0,94 . Como se puede ver  $\lambda^t \rightarrow 0$  a medida que  $t \rightarrow \infty$  por lo que las observaciones más antiguas son las que tienen menos relevancia. Como  $1 + \lambda + \dots + \lambda^{t-2} = (1 - \lambda)^{-1}$ , para un  $t$  grande se tiene que:

$$EWMA(r_{t-1}, \dots, r_2, r_1) = (1 - \lambda) \sum_{i=1}^T \lambda^{i-1} r_{i-t} \quad (2.6)$$

La volatilidad de este modelo se calcula de la misma forma que las observaciones exponencialmente ponderadas (EWMA), solamente que el  $r$  va al cuadrado al igual como se estimó en el modelo de promedios igualmente ponderados.

$$\sigma_t^2 = (1 - \lambda) \sum_{i=1}^T \lambda^{i-1} r_{i-t}$$

Reescribiendo la fórmula se tiene que la volatilidad se calcula como:

$$\sigma_t^2 = (1 - \lambda)r_{t-1} + \lambda\sigma_{t-1}^2 \quad (2.7)$$

### 2.2.1.1.2. GARCH

El modelo GARCH, creado por Bollerslev (1986), es ampliamente usado para modelar la volatilidad porque entrega un alto grado de flexibilidad para capturar características observadas empíricamente, y porque sus parámetros son fáciles de estimar.

Tomando lo desarrollado por Rachev et al. (2008), se tiene que los retornos logarítmicos en un tiempo  $t$ ,  $r_t$ , se pueden expresar como la suma de la esperanza condicionada del retorno  $\mu_{t|t-1}$  y un componente de innovación  $y_t$ , lo que entrega:

$$r_t = \mu_{t|t-1} + y_t \quad (2.8)$$

Donde  $\mu_{t|t-1} = \mathbb{E}(r_t | \sum_{t-1})$  y  $\sum_{t-1}$  es toda información disponible hasta el tiempo  $t - 1$ . Esta información está conformada, por ejemplo, por el valor de los retornos y el volumen transado en el pasado. Otra forma de representar la ecuación 2.8 es:

$$r_t = \mu_{t|t-1} + \sigma_{t|t-1}\varepsilon \quad (2.9)$$

Donde  $\sigma_{t|t-1} > 0$  es la volatilidad y  $\varepsilon_t \sim N(0, 1)$  es un proceso iid.

Con los conceptos previamente definidos se puede caracterizar al modelo GARCH(1,1) como:

$$\sigma_{t|t-1}^2 = \omega + \alpha y_{t|t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1|t-2}^2 \quad (2.10)$$

Donde  $\omega$ ,  $\alpha$  y  $\beta$  son mayores a cero, estas condiciones permiten asegurar que  $\sigma_{t|t-1}^2 > 0$  para cualquier tiempo  $t$ . Tomando las ecuaciones 2.8 y 2.9 se tiene que  $y_t = r_t - \mu_{t|t-1} = \sigma_{t|t-1}\varepsilon_t$ , lo que permite volver a escribir la ecuación 2.10 como:

$$\sigma_{t|t-1}^2 = \omega + \alpha \sigma_{t|t-1}^2 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1|t-2}^2 \quad (2.11)$$

Se tiene que la volatilidad en el tiempo  $t$  depende fuertemente de la volatilidad del período anterior. Para garantizar la convergencia de  $\sigma_{t|t-1}^2$  es necesario que cumpla que  $\alpha + \beta < 1$ . El valor de  $\alpha + \beta$  es conocido como el parámetro de persistencia del proceso GARCH, ya que determina la velocidad de la reversión a la media de la volatilidad promedio a largo plazo. De acuerdo a Rachev et al. (2008), un valor más alto para  $\alpha + \beta$  implica que el efecto de los shocks de volatilidad,  $y_t^2$ , desaparecen lentamente. La evidencia empírica muestra que generalmente  $\alpha + \beta$  esta cerca de 1.

## 2.2.2. SRISK

A continuación se definirá la medida de riesgo sistémico SRISK<sup>8</sup>, pero para poder realizar esto primero se deben definir las medidas ES<sup>9</sup> y MES<sup>10</sup>, para luego poder definir correctamente a SRISK.

### 2.2.2.1. ES

Según Acerbi y Tasche (2001), ES se define como la pérdida promedio esperada en el peor  $q\%$  de los casos, también se puede representar al Expected Shortfall como la perdida promedio en los días que se supera el límite del VaR. Su definición formal es la siguiente:

$$ES_{t-1} = -\mathbb{E}_{t-1}[R_t | R_t \leq q_\alpha] \quad (2.12)$$

Una ventaja que tiene el ES sobre el VaR es que este último puede ser manipulado de manera de que apuestas muy riesgosas no generen un VaR elevado. Esto se debe a que si la pérdida es inferior al VaR con un nivel de confianza del 1% o 5% entonces el VaR no captura está perdida. Además cabe mencionar que el VaR no es una medida de riesgo coherente, dado que la suma del VaR de dos portafolios puede ser más grande que de sus VaR por separado, esto no sucede con el ES.

Como se puede apreciar, el ES va ser más grande que el VaR de manera que no todas las empresas pueden incluirlo dentro de las provisiones, debido a que no todas las instituciones poseen la solvencia para realizarlo. Esta medida de riesgo debe servir como alerta para que las compañías estén monitoreando sus políticas de riesgos y las estrategias para mitigarlo cuando esto sea considerable.

Para la realización de la memoria se seguirá la definición dada por Brownless y Engle (2010) sobre el Expected Shortfall:

---

<sup>8</sup> La sigla SRISK es la abreviación de las palabras en inglés Systemic Risk indices

<sup>9</sup> La sigla ES viene de las palabras en inglés Expected Shortfall

<sup>10</sup> La sigla MES viene de las palabras en inglés Marginal Expected Shortfall

$$ES_{t-1}(C) = -\mathbb{E}_{t-1}[r_{mt}|r_{mt} \leq q_\alpha = C] \quad (2.13)$$

$$ES_{t-1}(C) = -\mathbb{E}_{t-1}[r_{mt}|r_{mt} \leq C]$$

Donde  $C$  es un cuantil negativo y  $r_{mt}$  es el retorno del mercado.

Los autores definen el cumplimiento de la condición  $r_{mt} \leq C$  como un evento sistémico. En esta manera de definir al ES toma en cuenta la expectativa condicional de observar un evento sistémico incondicional. La razón de considerar esta condición se debe por que los autores estiman que el riesgo sistémico es dañino independientemente de las condiciones del mercado.

### 2.2.2.2. MES

Supongamos que  $I$  representa a las compañías presentes en la economía y el retorno generado en el sistema en el tiempo  $t$  puede ser medido como el retorno de la empresa  $i$  ponderado por su peso en el mercado por lo que el retorno de mercado queda definido como:

$$r_{mt} = \sum_{i \in I} w_{it} r_{it} \quad (2.14)$$

Donde  $r_{it}$  y  $w_{it}$  representan el retorno y el peso en el mercado de la compañía  $i$  en el tiempo  $t$ . Tomando la ecuación 2.13 y reemplazando el primer  $r_{mt}$  por la ecuación 2.14, se obtiene:

$$ES_{t-1}(C) = - \sum_{i \in I} w_{it} \mathbb{E}_{t-1}[r_{it}|r_{mt} \leq C] \quad (2.15)$$

El MES se deduce del ES y se define como la contribución de la compañía  $i$  al riesgo del sistema. Para calcular esta medida de riesgo se debe derivar parcialmente al ES del sistema con respecto al peso en el mercado de la empresa  $i$ . Por lo tanto su definición formal es:

$$MES_{i,t-1}(C) = \frac{\partial ES_{t-1}(C)}{\partial w_{it}} \quad (2.16)$$

$$MES_{i,t-1}(C) = -\mathbb{E}_{t-1}[r_{it}|r_{mt} \leq C]$$

### 2.2.2.3. SRISK

El SRISK según Brownlees y Engle (2012) es un índice para medir la contribución del riesgo sistémico de una institución financiera, así como la totalidad de riesgo sistémico presente en el sistema financiero. El SRISK de una empresa particular, es determinado por la escasez de capital o *capital shortfall*<sup>11</sup> que se espera que la firma experimente en el caso de un evento sistémico. La escasez depende del grado de apalancamiento de la firma, su tamaño y su pérdida de capital condicionada a una caída del mercado (MES). En una crisis, las empresas con mayor SRISK son las que más contribuyen a la pérdida de capital del sector financiero y son, por tanto, las firmas con mayor riesgo sistémico.

Para calcular el SRISK se requiere información sobre los retornos de las instituciones financieras, su deuda y su MES. Sea  $D_{it}$  y  $W_{it}$  el valor libro de la deuda y el precio de mercado del capital de la compañía  $i$  en el tiempo  $t$ . Los autores asumen una gestión prudente en cada institución, por lo que estas se ven obligadas a mantener una fracción  $k$  de sus activos. Bajo estas condiciones se define el *capital buffer* de una institución en el tiempo  $t$  como:

$$CB_{it} = W_{it} - k(D_{it} + W_{it}) \quad (2.17)$$

La ecuación 2.17 representa el capital de trabajo de la empresa, cuando este es positivo, la empresa va funcionar bien, pero si es negativo la compañía presentará dificultades y escases de capital. Si el *capital buffer* de una empresa es negativo cuando el resto de la economía presenta problemas, está generará externalidades negativas al resto de la economía. Brownlees y Engle (2012) se enfocan en encontrar el *capital shortfall* en los casos que el mercado presente problemas. Los problemas en la economía se definen como la ocurrencia de un evento sistémico y el evento sistémico se refiere a que las pérdidas experimentadas por el mercado superen un umbral  $C$  sobre un horizonte de tiempo  $h$ .

Sea  $R_{mt+h:t}$  el retorno del mercado entre el tiempo  $t$  y  $t+h$ . El evento sistémico se define  $\{R_{mt+h:t} \leq C\}$  y *capital shortfall* se define como:

$$CS_{it+h|t} = -\mathbb{E}_t(CB_{it+h}|R_{mt+h:t} < C) \quad (2.18)$$

Si se utiliza la ecuación 2.17 en la ecuación 2.18 se obtiene la siguiente definición de *capital shortfall*:

$$CS_{it+h|t} = -k\mathbb{E}_t(D_{it}|R_{mt+h:t} < C) + (1 - k)\mathbb{E}_t(W_{it}|R_{mt+h:t} < C) \quad (2.19)$$

Se asume que en caso de que ocurra un evento sistémico, la deuda no puede ser renegociada, lo que implica que  $\mathbb{E}_t(D_{it}|R_{mt+h:t} < C) = D_{it}$ . Otra suposición realizada por los autores es

---

<sup>11</sup>La traducción de este concepto sería escasez de capital o falta de liquidez, pero se prefiere mantener el concepto utilizado por los autores para dejar más claro la medida de riesgo sistémico SRISK.

que  $W_{it+h} = W_{it}R_{it+h:t}$ . Es decir el precio capital en el tiempo  $t+h$  esta dado por el capital de la compañía en el tiempo  $t$  multiplicado por el retorno de la empresa entre el tiempo  $t$  y  $t+h$ . Utilizando estas suposiciones en la ecuación 2.19 se obtien:

$$CS_{it+h|t} = -kD_{it} + (1 - k)W_{it}\mathbb{E}_t(R_{it+h:t}|R_{mt+h:t} < C) \quad (2.20)$$

$\mathbb{E}_t(R_{it+h:t}|R_{mt+h:t} < C)$  es la expectativa de la cola de los retornos de la compañía  $i$  en un evento sistémico. Tomando en consideración la ecuación 2.16, el *capital shortfall* se puede volver a escribir como:

$$CS_{it+h|t} = -kD_{it} + (1 - k)W_{it}MES_{it+h:t}(C) \quad (2.21)$$

Finalmente, se define formalmente al SRISK como:

$$SRISK_{it} = \max(0, CS_{it}) \quad (2.22)$$

El SRISK del sistema en general puede ser pensado como la cantidad de capital que el gobierno necesitaría inyectarle al sistema para poder rescatarlo de una crisis. Hay distintos factores que pueden afectar al SRISK. Por ejemplo, el crecimiento en el tamaño de la empresa manteniendo el ratio de apalancamiento financiero constante, hace crecer el SRISK lo que causa que el *capital shortfall* sea potencialmente mayor. La intuición detrás de esto es que, a un mayor tamaño de la compañía con un mismo nivel de apalancamiento, significa que la deuda también tiene un mayor valor, por lo que ante cualquier externalidad negativa las posibilidades de experimentar falta de liquidez aumentan, ya que se reducirá el margen de capital de la empresa. Por último, una alta exposición de la compañía al riesgo de mercado, contribuye positivamente a un aumento en el riesgo sistémico.

El cálculo del SRISK es similar al stress test que se le aplican constantemente a las compañías financieras. Sin embargo, el SRISK se hace con la información de carácter público; el índice hace una serie de supuestos simplificadores con el fin de ofrecer una medida que pueda ser fácilmente calculada. Una característica que posee esta medida de riesgo sistémico, es que logra combinar información de mercado con información contable de la empresa.

### 2.2.3. CATFIN

Esta medida de riesgo sistémico creada por Allen et al. (2012) es un índice a nivel macroeconómico que predice futuras crisis económicas. El índice mide el nivel total de riesgo sistémico presente en el sector financiero, en lugar de tomar el riesgo sistémico de instituciones de forma individual. También se utiliza para predecir la probabilidad de que el riesgo sistémico presente en el sistema bancario tenga efectos macroeconómicos reales y negativos sobre el resto del sistema.

Para el cálculo de esta medida, los autores utilizan los retornos de todas las empresas financieras<sup>12</sup> presentes en los índices bursátiles NYSE, AMEX y NASDAQ. Se emplean los excesos de retorno de las empresas financieras para realizar los cálculos del VaR, para calcular el exceso de retorno se utiliza como tasa libre de riesgo al *one-month Treasury bill rate*. También se necesita la capitalización de mercado de forma mensual de las compañías financieras.

CATFIN se estima utilizando tanto la metodología del VaR como la del ES, cada una estas metodologías es calculada mediante tres enfoques distintos; uno no paramétrico y dos especificaciones paramétricas. Los métodos paramétricos que utiliza CATFIN para el cálculo del VaR son la Distribución de Pareto Generalizada (PGD) y la de errores sesgados generalizados (SGED)<sup>13</sup>.

La forma no paramétrica de calcular el VaR centra su análisis en la cola izquierda de la distribución empírica de los retornos, sin imponer restricciones en los momentos de la densidad. Específicamente el VaR no paramétrico al 1% en un mes determinado se mide como el valor del percentil más bajo de los excesos de retornos mensuales de las empresas financieras. Para ilustrar esto de mejor forma los autores suponen que si en un mes cualquiera se tienen 900 compañías del sector financiero, el valor del VaR al 1% no paramétrico será la novena observación más baja del exceso de retorno de corte transversal.

Por otro lado, el primer método paramétrico, PGD, toma el exceso de retorno de todas las empresas del sector financiero y se define a los retornos extremos como el 10% de las compañías que se encuentren en el lado izquierdo de la distribución de corte transversal de los retornos. En otras palabras, el 10% de la compañías que tengan el valor de exceso de retorno más bajo serán utilizadas para calcular los parámetros de la Distribución Pareto Generalizada. Una vez que se tengan los valores de los parámetros de la distribución se puede calcular el VaR al 1%.

En cambio la Distribución de Errores Sesgados Generalizados (SGED) utiliza el exceso de retorno del corte transversal de todas las compañías financieras de forma mensual para calcular los parámetros de la densidad de SGED. Una vez que se tienen los parámetros, se resuelve numéricamente la densidad de la Distribución de Errores Sesgados Generalizados para obtener el VaR al 1%.

Finalmente el CATFIN es el promedio aritmético del cálculo del VaR con un nivel de confianza del 99% mediante el enfoque GPD, SGED y el no paramétrico. De esta manera se obtiene una mejor mirada del riesgo sistémico de todo el sistema.

---

<sup>12</sup> Todas las acciones con código SIC mayor e igual a 6000 y menor igual a 6999y SCHR igual a 10 o 11.

<sup>13</sup> Para más información sobre los enfoques de cómo calcular el VaR consultar el trabajo de Allen et al. (2012).

## 2.3. Modelo Regresión Lineal

### 2.3.1. Modelo

Según Green (2002), este modelo se utiliza para estudiar la relación entre una variable dependiente y una o más variables independientes. La forma genérica del modelo de regresión lineal es la siguiente:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_n X_{ni} + \varepsilon_i \quad (2.23)$$

Donde  $Y$  es la variable dependiente o de respuesta,  $X$  son las variables independientes o explicativas,  $\beta$  es los coeficientes de regresión y, por lo tanto, los parámetros a estimar y  $\varepsilon_i$  corresponde a la perturbación aleatoria que experimenten los factores que no sean controlables y observables. Esta perturbación tiene varias explicaciones. La primera explicación es que no se puede esperar captar toda la influencia de una variable económica en un modelo, por muy elaborado que este sea. Además, existen muchos otros factores que contribuyen a la aparición de dicha perturbación y el más importante corresponde a los errores de medida. Todo instrumento de medición genera errores los cuales son traspasados a los modelos, es por esta razón que se deben considerar estas perturbaciones en las regresiones.

El modelo de regresión lineal clásico además posee los siguientes supuestos:

- **Linealidad:** Hace referencia a que la variable dependiente ( $Y$ ) es igual a un conjunto de sumas de las variables independientes ( $X$ ) multiplicadas por coeficientes de regresión ( $\beta$ ). Es por eso que la relación de la variable de respuesta  $Y$  con respecto a cada uno de sus regresores, debe ser lineal.
- **Independencia de los errores:** Tiene relación con que no debe existir correlación entre las perturbaciones. Esto significa que las variables independientes no llevan información útil para la predicción de los errores.
- **Homocedasticidad de los resultados:** Esto implica que la variación de los errores sea uniforme en todo el rango de los resultados. Tiene relación con la varianza de las perturbaciones.
- **No colinealidad entre variables independientes:** Si algunas de variables independientes se pueden escribir como una combinación lineal de otras, esto significa que el modelo presenta multicolinealidad. Si el modelo llegara a tener multicolinealidad afecta directamente a la varianza de los estimadores, ya que los hace más alto y esto genera que el modelo pueda ser inestable.
- **Normalidad de los residuos:** Aquí se considera que el valor esperado de una perturbación aleatoria sea cero para cualquier observación. Con este supuesto la media de los errores con respecto a cada variable debe ser cero, además si a este supuesto se le

agrega el de la homocedasticidad se tiene que las perturbaciones aleatorias distribuyen de forma normal con media cero y varianza constante.

## 2.3.2. Indicadores

### 2.3.2.1. Coeficiente de Determinación

El coeficiente de determinación o  $R^2$  como también se conoce mide la bondad de ajuste del modelo de regresión lineal según los resultados que arroje. El valor de este coeficiente representa la calidad del modelo para replicar los resultados obtenidos. El valor de  $R^2$  se obtiene de la siguiente ecuación:

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} = 1 - \frac{SSE}{SST} \quad (2.24)$$

Se tiene que  $SSR = \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2$ ,  $SST = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2$  y  $SSE = \sum_{i=1}^n (e_i)^2$ . Donde  $Y_i$  es el valor real de la variable dependiente,  $\hat{Y}_i$  el valor el valor de la variable dependiente dada la regresión lineal,  $\bar{Y}$  el promedio de todos los valores de  $\hat{Y}_i$  y  $e_i = Y_i - \hat{Y}_i$ .

$R^2$  puede presentar algunos inconvenientes a la hora de calcular la bondad de ajuste. Uno de estos problemas tiene relación con los grados de libertad utilizados en la estimación de parámetros, ya que  $R^2$  nunca decrecerá cuando se añada otra variable a la regresión. Una solución a esto es  $R^2$  ajustado el cual calcula el coeficiente de determinación ajustado a los grados de libertad. Se define al  $R^2$  ajustado como:

$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{n-1}{n-K}(1 - R^2) \quad (2.25)$$

Donde K son los grados de libertad y n la cantidad total de observaciones. El principal beneficio de este nuevo cálculo es que el valor de  $R^2$  disminuirá cuando se elimine la variable X de la regresión si el estadístico t, asociado a esta variable sea mayor que 1.

### 2.3.2.2. Medidas de dispersión del error

#### 2.3.2.2.1. MSE

El Error Cuadrático Medio (MSE<sup>14</sup>) se define como el promedio del cuadrado de los errores entre el valor real y el pronosticado por un modelo. Este modelo amplifica los errores más grandes, ya que está elevado al cuadrado. Lo ideal es tener la menor desviación al cuadrado

---

<sup>14</sup>La sigla MSE viene de las palabras en inglés Mean Square Error

del estimador por lo tanto, entre modelos, el mejor de ellos es aquel que presenta un menor valor del MSE.

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (2.26)$$

### 2.3.2.2.2. MAE

El Error Absoluto Medio (MAE<sup>15</sup>) proporciona información acerca del total de los errores en promedio. Esto ya que solo toma el valor absoluto de estos y por lo tanto los errores positivos no se anulan con los negativos. Mientras menor sea el valor del MAE mejor son los resultados del modelo.

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |Y_i - \hat{Y}_i| \quad (2.27)$$

## 2.4. CAPM

El modelo de valoración del precio de los activos financieros (CAPM<sup>16</sup>) está basado en los trabajos de Sharpe (1964) y Lintner (1965). Aún casi cinco décadas más tarde, el CAPM sigue siendo bastante utilizado en aplicaciones, tales como la estimación de costos de los fondos propios de las empresas y la evaluación rendimiento de las carteras.

El gran atractivo del CAPM se debe a la simpleza de su lógica y a lo intuitivo que es poder realizar predicciones sobre cómo medir el riesgo y la relación entre rentabilidad y riesgo esperado. El modelo CAPM básico predice que el retorno esperado de un determinado activo o portafolio  $p$  se relaciona con el retorno esperado del mercado a través de la siguiente ecuación:

$$\mathbb{E}(R_p) = r_f + \beta_p(\mathbb{E}(R_m) - r_f) \quad (2.28)$$

Donde  $\mathbb{E}(R_p)$  es el retorno esperado del activo  $p$ ,  $r_f$  es el retorno del activo considerado por el mercado como activo libre de riesgo,  $\mathbb{E}(R_m)$  es retorno esperado del portafolio de mercado y  $\beta_p = Covarianza(R_p, R_m)/Varianza(R_m)$ .

La expresión  $\mathbb{E}(R_p - r_f)$  representa el premio por riesgo del portafolio, es decir, el exceso de retorno esperado del portafolio por sobre el retorno libre de riesgo. Los inversionistas demandan un retorno adicional por invertir en un activo distinto al activo libre de riesgo.

El modelo CAPM caracteriza las decisiones financieras de un inversionista, por lo que el

---

<sup>15</sup>La sigla MAE viene de las palabras en inglés Mean Absolut Error

<sup>16</sup>La sigla CAPM viene de las palabras en inglés Capital Asset Price Model.

premio por riesgo de su portafolio equivale al premio por riesgo de todos los inversionistas en el mercado.

La ecuación 2.28 establece que el retorno esperado de un activo se compone de la tasa libre riesgo  $r_f$  más un premio por asumir el riesgo que conlleva invertir en dicho activo. El coeficiente  $\beta_p$  determina cuánto mayor o menor es el premio por riesgo del activo  $p$ . Se puede reescribir  $\beta_p$  de la siguiente forma para ilustrar de que depende su valor:

$$\beta_p = \frac{\text{Varianza}(R_p)}{\text{Varianza}(R_m)} \cdot \text{Correlación}(R_p, R_m) \quad (2.29)$$

La varianza del retorno de un activo mide cuán incierto o riesgoso es el retorno de ese activo en particular. Como se puede observar de la ecuación 2.29, el premio por riesgo de un activo es mayor mientras mayor sea la varianza de su retorno. La primera parte de la ecuación 2.29 representa este efecto, e indica que el premio por riesgo de un activo será mayor, mientras mayor sea la varianza de su retorno respecto a la varianza del retorno del portafolio de mercado, también conocido como riesgo de mercado.

La segunda parte de la ecuación 2.29 muestra que mientras menor es la correlación entre el retorno del activo y el retorno de mercado, menor es el premio por riesgo exigido por el mercado a dicho activo. Este es uno de los resultados más importantes del modelo CAPM, ya que determina que el mercado no exige un mayor retorno esperado por el riesgo que no está correlacionado con el riesgo de mercado. A este riesgo se le denomina riesgo no sistemático, mientras que al riesgo del activo que sí está correlacionado con el riesgo de mercado se le denomina riesgo sistemático.

El modelo CAPM asume que el portafolio de mercado es un portafolio diversificado, y por tanto, todo el riesgo no sistemático de un activo se diversifica o se disminuye al agregarlo al portafolio de mercado. Gracias al efecto que produce la diversificación, el premio por riesgo de un activo depende sólo de la sensibilidad del retorno del activo al retorno de mercado, ósea el  $\beta$  del portafolio. Por lo que a mayor sensibilidad, mayor es el  $\beta$  del activo y mayor el retorno que se le exige en el mercado.

## 2.5. Modelo de los Tres Factores Fama-French

Fama y French (1993) introducen una variación al modelo de asset pricing tradicional, CAPM. Este modelo agrega dos variables más para describir los retornos de un portafolio. Fama y French (1993) observó que existían dos clases de acciones: las de pequeña capitalización bursátil (ME<sup>17</sup>) y las acciones con un alta razón valor libro a valor de mercado del patrimonio de la empresa (ME/BE<sup>18</sup>).

Para incorporar estas dos clases de acciones a la ecuación del CAPM lo que hicieron los autores fue clasificar a las acciones según capitalización bursátil y su valor del ratio ME/BE.

---

<sup>17</sup> La sigla ME viene del concepto en inglés Market Equity.

<sup>18</sup> La sigla ME/BE viene del concepto en inglés Market Equity / Book Equity.

Las categorías de capitalización bursátil fueron dos, las pequeñas y las grandes empresas (*small y big*). En cambio, la razón ME/BE fue dividida en tres categorías; baja, media y alta (*low, medium y high*). La clasificación de las acciones en las distintas categorías se realizó mediante los siguientes puntos de corte, las empresas con el 30 % más bajo del ratio eran las bajas, las con el 30 % más elevado eran las altas y el 40 % restantes eran las medianas.

Una vez que se clasificaron todas las empresas, se crearon 6 portafolios en base a la intersección de las dos categorías de capitalización bursátil y las tres de la razón valor libro a valor de mercado del patrimonio de la empresa (S/L, S/M, S/H, B/L, B/M y B/H). Por ejemplo S/L contiene las acciones con valor ME pequeño (S) con un bajo nivel de ME/BE (L), en cambio B/H contiene a empresas de con capitalización bursátil grande (B) y valor de ME/BE alto (H).

Para poder incluir el factor capitalización bursátil lo que hicieron los autores fue calcular el promedio simple de los retornos de las acciones con ME pequeño (*small*) (S/L, S/M y S/B) y a ese resultado restarle el promedio simple de las compañías con ME grande (*big*) (B/L, B/M y B/H) La resta entre grandes y pequeñas recibió el nombre de SMB.<sup>19</sup> Esta representa la diferencia entre compañías con similar ratio ME/BE. Esta diferencia no se ve muy afectada por la influencia de los valores de los ratios de ME/BE, en cambio se concentra en el comportamiento de los retornos de acciones con menor o mayor tamaño.

HML<sup>20</sup> es la resta entre los promedios simples de los retornos de las compañías con un ratio ME/BE alto (*high*) (S/H y B/H) y las acciones con un ratio ME/BE bajo (*low*) (S/L y B/L). Las parte que integran el HML tienen en promedio el mismo tamaño de capitalización bursátil, por lo que este factor no debiese ser afectado por el tamaño de la compañía.

Luego agregaron estos dos factores a CAPM para reflejar la exposición de una cartera a estas clases, la siguiente ecuación muestra el modelo planteado por Fama French (1993):

$$R_i - r_f = \alpha + \beta(R_m - r_f) + \beta_s SMB + \beta_v HML + \varepsilon \quad (2.30)$$

## 2.6. Metodología Fama y MacBeth

La metodología de Fama y MacBeth (1973) tiene como objetivo estimar el premio que se le asigna a un factor de riesgo en particular. Este método permite testear cualquier factor que se crea que afecte los retornos de las acciones o portafolios, es así que dependiendo de la exposición del activo financiero al factor es que se puede determinar cuánto será el premio por el riesgo asumido. Las regresiones Fama-Macbeth son un método muy usado en Asset Pricing para estimar parámetros de modelos.

La regresión empleada por Fama y MacBeth (1973) consta de dos etapas. La primera consiste en regresiones de series de tiempo, donde se estima las exposiciones de cada compañía a diferentes factores de riesgo( $\beta$ 's). La segunda etapa involucra regresiones de corte transversal

<sup>19</sup> La sigla SMB viene del concepto en inglés Small Minus Big

<sup>20</sup> La sigla HML viene del concepto en inglés High Minus Low

(“*cross-section*”), con el fin de estimar los premios por riesgo asociados a dichos factores. El método de dos etapas de Fama-MacBeth asume un modelo lineal de factores. En términos matemáticos:

$$r_{it} = \alpha_{it} + \beta_{i1}F_{1t} + \beta_{i2}F_{2t} + \dots + \beta_{im}F_{mt} + u_{it} \quad (2.31)$$

Donde  $r_{it}$  es el exceso de retorno del activo  $i$  en el tiempo  $t$ ,  $\alpha$  es el intercepto,  $(\beta_{nm,t})$  son los coeficientes de regresión buscados,  $F_{mt}$  son los valores de los diferentes factores y  $u_{nt}$  es el error. Además  $i \in N$  donde  $N$  es el número de total acciones o portafolios que se quieren testear,  $m \in M$  donde  $M$  es el número total de factores de riesgo elegidos y  $t \in T$  donde  $T$  es el número total de observaciones del activo  $i$ . Lo que se desea determinar es si el o los  $m$  factores elegidos explican los retornos de las acciones o portafolios escogidos, para lograr eso se deben realizar un número de regresiones lineales igual al número  $N$  de activos que se quieren probar.

Con el valor de los  $\beta$ 's se puede determinar en qué medida se ve afectado el retorno de cada acción o portafolio por cada factor  $F$ . Se tiene que tener en cuenta que las regresiones de esta primera parte no expresan el premio otorgado por la exposición a los factores de riesgo.

Como se mencionó, la segunda etapa es la encargada de determinar el premio por riesgo de cada uno de los distintos factores. Para ello, se prueba la siguiente hipótesis en el “*cross-section*” de los retornos de los activos:

$$H_0 : \mathbb{E}[R_i] = \lambda_0 + \lambda_1\beta_{F_1} + \lambda_2\beta_{F_2} + \dots + \lambda_m\beta_{F_m} + e_t \quad (2.32)$$

Donde  $\mathbb{E}[R_i]$  es el exceso de retorno promedio del activo  $i$ ,  $\lambda_0$  es intercepto de la regresión,  $\lambda_r$  denota el premio por riesgo asociado al factor  $F_r$  ( $r=1, \dots, m$ ), los  $\beta$ 's son los coeficientes de son los encontrados en la primera parte de la regresión y  $e_t$  es el error asociado

Finalmente, las series de  $\lambda_0$  y  $\lambda_r$  son analizadas. Si el modelo de factores elegidos es apropiado para describir las diferencias en el corte transversal de los retornos de las acciones, entonces  $\lambda_0$  va tender a cero y  $\lambda_r \neq 0$  esto significa que el factor tiene un premio por riesgo asociado. Bajo el supuesto que los retornos de las acciones son normales e i.i.d. (independientes idénticamente distribuidos), los  $\lambda$ 's también serán normales e i.i.d. De esta forma, los  $\lambda$ 's pueden ser testeados mediante el test - t. Si se define  $W(\hat{\lambda}_r)$  como el estadístico t, se tiene que:

$$W(\hat{\lambda}_r) = \frac{\bar{\lambda}_r}{\hat{\sigma}_{\lambda_r}} \quad (2.33)$$

Donde:

$$\bar{\lambda}_r = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \hat{\lambda}_{rt} \quad (2.34)$$

y

$$\hat{\sigma}_{\lambda_r}^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \hat{\lambda}_{rt} - \bar{\lambda}_r \quad (2.35)$$

Donde  $N$  es el número de activos considerados

El estadístico  $W(\hat{\lambda}_r)$  distribuye  $t$  - Student y es asintóticamente normal.

## 2.7. Mínimo Cuadrados Ordinarios (MCO) y Corrección de Shanken

Siguiendo el modelo MCO el estimador de una regresión sección transversal se define como:

$$\hat{\lambda}_r = (\beta' \beta)^{-1} \beta' R_t \quad (2.36)$$

En el modelo MCO se tiene que  $Y = X\beta + \varepsilon$  y que  $\mathbb{E}(\varepsilon\varepsilon') = \Omega$  por lo que el error estándar del  $\beta$  estimado es  $(X'X)^{-1}X'\Omega X(X'X)^{-1}$ . Utilizando los valores de los errores de las ecuaciones 2.31 y 2.32, se define a la matriz de varianza covarianza de los errores como  $\mathbb{E}(uu') = \sum$  y dado a que  $e_n$  son solo promedios de la regresión de series de tiempo de los verdaderos errores  $u_{nt}$ . Por lo tanto los errores en una regresión de corte transversal tiene una matriz de varianza covarianza igual a  $\mathbb{E}(ee') = \frac{1}{N} \sum$ . Dado esto y la ecuación 2.36 se puede volver a definir la ecuación 2.35 como:

$$\hat{\sigma}_{\lambda_r}^2 = \frac{1}{N} (\beta' \beta)^{-1} \beta' \sum \beta (\beta' \beta)^{-1} \quad (2.37)$$

Las ventajas de evaluar la significancia de los premios asociados a los factores de riesgo mediante la ecuación 2.33 es que heteroscedasticidad y la correlación de la sección transversal se toman en cuenta implícitamente, ya que estas características de la distribución influyen en la precisión de cada estimador y, por lo tanto, se reflejan en la variabilidad de la serie tiempo de los estimadores. Sin embargo este enfoque no toma en consideración el error en la estimación de los betas en la primera parte de la regresión Fama-MacBeth.

Los errores de los betas tienden a ser más chicos a medida que el número total de observaciones  $N$  es más grande. Aún cuando la estimación de los errores de los betas desaparecen en el límite ( $N \rightarrow \infty$ ), esto no significa que pueden ser ignorados. Debido a estas razones es que Shanken (1992) propone hacer una corrección para obtener el verdadero error estándar asintótico. Por lo tanto, asumiendo que los errores  $u$  son i.i.d. sobre el tiempo y son independiente de los factores, se tiene que:

$$\hat{\sigma}_{\lambda_r}^2 = \frac{1}{N}(\beta'\beta)^{-1}\beta' \sum \beta(\beta'\beta)^{-1}(1 + \lambda' \sum_F^{-1} \lambda) + \sum_F \quad (2.38)$$

Donde Shanken propone multiplicar la ecuación 2.37 por  $(1 + (\lambda' \sum_F^{-1} \lambda))$  y sumarle  $\sum_F$  (matriz de varianza covarianza de los factores de riesgo).

## 2.8. Indicaores Económicos

### 2.8.1. CFNAI

El Índice de Actividad Nacional de la Fed de Chicago (CFNAI <sup>21</sup>) es un promedio ponderado de 85 indicadores mensuales de actividad económica estadounidense. El CFNAI proporciona una medida de resumen de un factor común en estos datos económicos. Este índice sigue de cerca los períodos de expansión y contracción de la economía, así como los períodos de aumento y disminución de la inflación. Debido a que la actividad económica tiende a crecer de manera similar a cómo lo ha hecho en su historia, un valor positivo del índice corresponde a un crecimiento superior a la tendencia histórica y una lectura de índice negativo corresponde a un crecimiento inferior a la tendencia histórica.

Los indicadores económicos utilizados para el cálculo del CFNAI se obtienen a partir de cuatro grandes categorías de datos: 1) La producción e ingresos, 2) Empleo, desempleo y horas, 3) Consumo personal y vivienda y 4) Ventas, pedidos e inventarios. Cada categoría posee una cantidad distinta de indicadores; la primera categoría tiene 23 indicadores, la segunda 24 indicadores, la tercera 15 indicadores y la cuarta 23 indicadores, sumando un total de 85 indicadores. Cabe destacar que todos los datos se ajustan por la inflación.

El cálculo del índice se hace mediante el método de componentes principales sobre los 85 indicadores. El índice se construye con un valor de media cero y una desviación estándar de uno. La serie mensual de datos de los indicadores es bastante volátil, en consecuencia, el CFNAI también es bastante volátil. Debido a esta razón es que se calcula el “*3 month moving average*” del CFNAI. La información del índice CFNAI es publicada a las 8:30 am ET en los días programados, normalmente hacia el final de cada mes.

La data que se usará en la investigación será la información sobre la actividad económica de Estados Unidos desde el año 1975 hasta el 2012.

### 2.8.2. NBER

La Oficina Nacional de Investigación Económica, NBER, fue fundada en 1920 como una organización privada de investigación, la cual no tiene fines de lucro o bando político y está

---

<sup>21</sup>Las sigla CFNAI se debe al nombre en inglés Chicago Fed National Activity Index.

dedicada a fomentar un mayor entendimiento de cómo funciona la economía. El compromiso de esta institución es, realizar y difundir investigaciones económicas no sesgadas sin hacer recomendaciones tanto a los encargados de las políticas públicas como a las personas inmersas en el mundo de los negocios y comunidad académica.

La NBER se concentra en cuatro tipos de investigación empírica: el desarrollo de nuevas medidas estadísticas, la estimación de los modelos cuantitativos del comportamiento económico, la evaluación de los efectos económicos de las políticas públicas y la proyección de los efectos de propuestas políticas alternativas. La NBER es apoyada por el gobierno de los Estados Unidos y por privados.

La data que se usará en la investigación será la información sobre los ciclos económicos de la economía de Estados Unidos; Aquí se describen las expansiones y recesiones económicas desde el año 1975 hasta el 2012.

### **2.8.3. Standard and Poor's 500 (S&P 500)**

El S&P 500 es un índice bursátil de las acciones más importantes de Estados Unidos. Se centra en las compañías de gran capitalización de mercado; no obstante, ya que incluye una parte significativa del valor total del mercado, también representa al mercado en sí. Las empresas del S&P 500 se consideran empresas líderes en las principales industrias de Estados Unidos. El índice con las 500 empresas que lo integran captura aproximadamente el 80 % de la capitalización de mercado disponible.

# Capítulo 3

## Factores de Riesgo

En este capítulo se presentarán los métodos empíricos de construcción de los distintos factores de riesgo sistémico, además de los resultados obtenidos para cada factor. Finalmente, se hará un análisis descriptivo de los factores de riesgo sistémico a utilizar.

Antes de continuar con los factores de riesgo sistémico, es importante señalar que los resultados obtenidos se encuentran dentro del rango temporal de los años 1975 y 2012. Esto quiere decir que la observación más antigua será la de enero de 1975 y la más reciente de diciembre de 2012. Estas observaciones son de carácter mensual, por lo que durante ese período de tiempo se tienen un máximo de 456 observaciones.

Durante el período de tiempo considerado por la memoria, la economía estadounidense vivió una serie de recesiones, crisis y caídas del mercado financiero que son importantes de mencionar. Entre enero de 1975 y diciembre de 2012 NBER alude que hubieron cinco recesiones económicas; los años en que estas recesiones se desarrollaron fueron las siguientes: 1980, 1981-1982, 1990-1991, 2001 y 2007-2009. Además de estas recesiones marcadas por NBER, se tiene el “*crash*” del mercado financiero en 1987 y la crisis de LTCM en 1998. A continuación, se explicará brevemente cada evento señalado.

Las recesiones de 1980 y de 1981-1982 están separadas por NBER debido a que en el período entre recesiones, hay una leve mejoría de la economía. En el período de tiempo entre 1980 y 1982 se vivieron los efectos de la revolución Iraní de 1979 y la subida de los precios del petróleo; además lo que golpeó más duramente a la economía estadounidense fue la política monetaria de contracción aplicada por la reserva federal.

Entre los días entre el 14 y 19 de octubre de 1987, los principales índices de mercado en Estados Unidos cayeron en un 30 % o más. El 19 de octubre de 1987, más conocido como el “*black monday*”, el Dow Jones Industrial perdió un 22,6 % de su valor total y el S&P 500 bajó un 20,4 %. Las causas del “*crash*” de 1987 se deben principalmente a “*computer o program trading*”, sobrevaluación de los precios de las acciones e iliquidez.

La razón de la recesión de 1990-1991 se debió principalmente a los ciclos económicos, la política monetaria restrictiva para disminuir la inflación y los precios del petróleo. La recesión de principio de la década de los 90, mostro la importancia del sector financiero en la economía debido al episodio del “*black monday*” que llevo al “*crash*” del sector financiero de 1987 y la crisis de los ahorros y préstamos (*savings and loans crisis*) de 1989. Ambos eventos tuvieron una influencia relevante sobre la recesión de principio de la década de los noventa.

En 1998 estalló la crisis de Long Term Capital Management este fondo de inversión tuvo pérdidas por 4600 millones de dólares en menos de cuatro meses. Gran parte de las pérdidas experimentadas por este fondo de inversión, se debió a la crisis financiera que afectó a Rusia ese mismo año.

Poco años después de la crisis de LTCM, más precisamente en el año 2001, se volvió a vivir una nueva recesión, esta vez las causas fueron las altas tasas de interés y el boom de las empresas high tech. Estas empresas tuvieron una fuerte alza en el precio de sus acciones, justo antes de llegar al año 2000, pero ya para marzo del mismo año se vivió una liquidación de sus acciones, causando que el precio de las acciones bajara igualmente que el valor de las empresas .com por lo que muchas de estas empresas quebraron.

La crisis subprime es la recesión más larga y fuerte que se ha vivido en últimos 40 años. Esta recesión se inicia debido al estallido de la burbuja de precios de las viviendas en Estados Unidos, la caída del precio de las acciones de las compañías relacionadas con los bienes raíces, la mala clasificación realizada por las clasificadora de riesgo y sobrevaloración de las hipotecas subprime; éstas son algunas de las múltiples causas de esta crisis.

De ahora en adelante, todos los gráficos que se muestren considerarán a las cinco recesiones marcadas por NBER, la caída del mercado financiero de 1987 y la crisis de 1998. Estos eventos serán representado con una sombra gris en cada gráfico.

## 3.1. ASRF

### 3.1.1. Construcción

La primera parte de la construcción de Absolute SRISK Factor (ASFR) fue el cálculo de la medida de riesgo sistémico SRISK. El cálculo de SRISK fue realizado ocupando las ecuaciones ya detalladas en el capítulo dos del presente trabajo de título. Se siguieron los mismos pasos y consideraciones que Brownlees y Engle (2012) de esta forma, se aseguró obtener datos confiables y coherentes con un método ya probado. Si hay dudas en la metodología empleada para el cálculo de estas medidas, consultar el trabajo de Brownlees y Engle (2012).

Para el cálculo del SRISK se utilizó la ecuación 2.22 que se muestra a continuación, además se necesitó información sobre la deuda, el retorno y el MES de cada compañía. Los dos primeros son fáciles de obtener y el tercero es detallado como calcularlo en el Anexo A1. Para la ecuación 2.21 los valores de  $k$  y  $C$  utilizados fueron un 8% para la fracción de activos que se debe mantener y -40% el umbral de pérdidas que debe experimentar el mercado para considerar un evento sistémico por último, se fijó el horizonte temporal  $h$  en seis meses.

$$SRISK_{it} = \max(0, CS_{it}) \quad (2.22)$$

$$CS_{it+h|t} = -kD_{it} + (1 - k)W_{it}MES_{it+h:t}(C) \quad (2.21)$$

La data fue extraída del mercado estadounidense ya que es el más grande a nivel mundial. Se tomaron las instituciones financieras del sector bancario, bienes raíces, aseguradoras y las del sector comercial que transan en los índices bursátiles NYSE, AMEX, o NASDAQ; todos estos sectores tienen código SIC entre 6000 y 6799.

Se seleccionaron entidades financieras de estas categorías entre los años 1920 y 2012. Como ya se mencionó el período de tiempo utilizado para la investigación, fue entre enero 1975 y diciembre 2012. Se utilizarán todas las compañías que tengan data disponible entre esas fechas y que hayan sido seleccionadas anteriormente. La información que se extrajo de las compañías fueron sus retornos logarítmicos diarios, capitalización de mercado, valor libro de la acción y valor libro de los activos, además se utilizó al índice S&P 500 como el retorno diario del mercado.

Luego se realizó una limpieza de los datos de manera de poder obtener calcular el factor de riesgo. Se obtuvieron 352 compañías con la información requerida, la cantidad de observaciones diarias variaron entre las empresas, para algunas se obtuvo data desde 1975 hasta el 2012 y en otras había una menor cantidad. Esta fue la base de acciones a las cuales se le calculó el SRISK.

La segunda parte de la construcción del factor consistió en calcular el SRISK y el retorno mensual de cada compañía, para luego clasificar a todas las instituciones financieras seleccionadas en base a su nivel de SRISK del mes anterior, de menor a mayor, y así formar tres categorías. Las categorías se separarán en *low risk* (L), *medium risk* (M) y *high risk* (H) donde los puntos de ruptura fueron (0, 30 %], (30 %, 70 %) y (70 %, 100 %) respectivamente. Una vez que se tengan separadas a las acciones en las distintas categorías se calculará el promedio mensual de los retornos de las acciones que integren las categorías (L) y (H).

Con los datos ya procesados y organizados se seguirá una metodología similar a la de Fama y French (1993) para crear al factor de riesgo. Se planea seguir un método parecido al utilizado por los autores para la creación de su factor HML, por lo que se realizará la resta entre el promedio de los retornos de los activos que integren las categorías (H) y (L). Este cálculo se realizará de manera mensual por lo que desde enero de 1975 hasta febrero 2012 se tendrán 456 observaciones. La ecuación 1.1 permite obtener una mejor de lo que se quiere realizar.

$$SRF = PRH - PRL \tag{1.1}$$

Donde PRH es el promedio mensual de los retornos que integran la categoría high risk y PRL es el promedio mensual de los retornos que integran la categoría low risk.

El tercer y último paso para la construcción de este factor consiste, en tomar el valor absoluto de SRF por lo que y finalmente este será el factor de riesgo sistémico, el cual se llamará ASRF. La ecuación 1.2 detalla mejor como se construye el factor:

$$ASRF = |SRF| \tag{1.2}$$

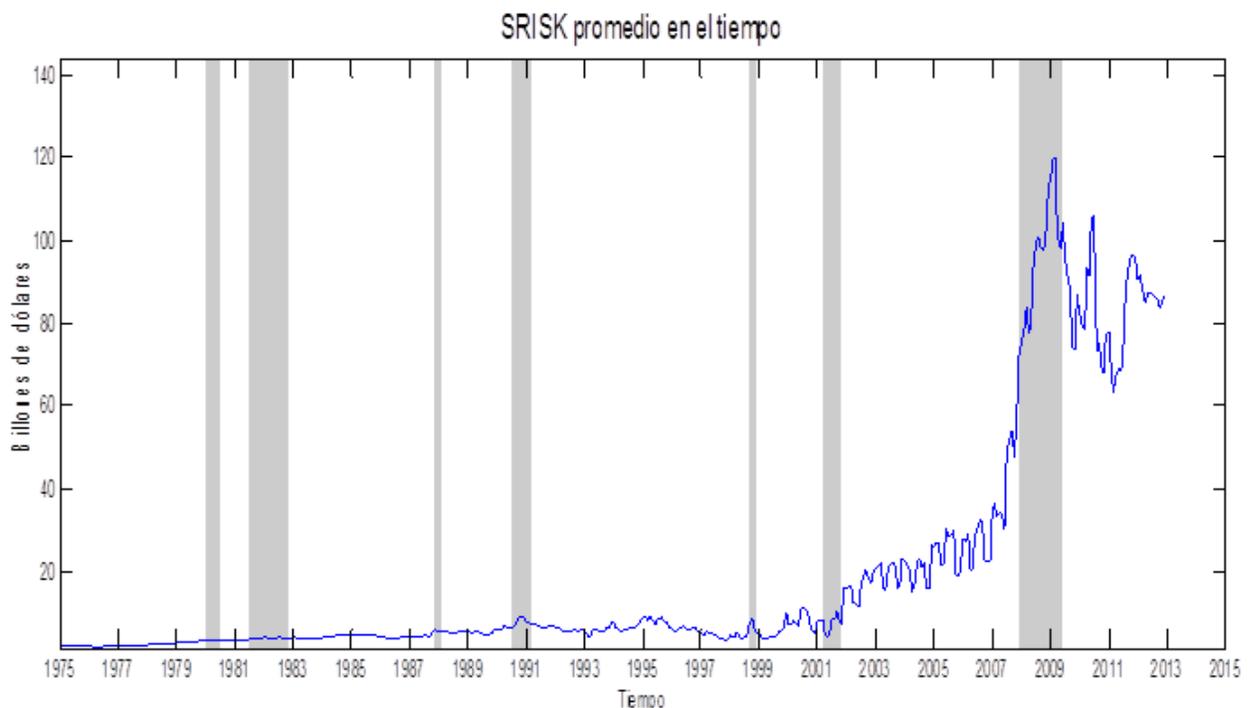
### 3.1.2. Resultados

A continuación se presentan los resultados. En una primera parte se mostrarán los resultados de SRISK, para luego mostrar los resultados obtenidos para el factor de riesgo sistémico ASFR.

#### 3.1.2.1. SRISK

El SRISK muestra la variación de riesgo sistémico en el tiempo, además puede ser pensado como la cantidad de capital que el gobierno necesitaría inyectarle al sistema o una empresa en particular para poder rescatarla en caso de que ocurriera una crisis. Algunas de las empresas seleccionadas fueron: American International Group (AIG), Citigroup, JPMorgan Chase & Co., y Lehman Brothers. Los gráficos de estos resultados se pueden ver en el Anexo ESRISK.

Se calculó el promedio simple para las 352 compañías utilizadas, de manera de mostrar el SRISK promedio en las compañías del sector financiero. La Figura 3.1 muestra el promedio anteriormente señalado a través del tiempo.



**Figura 3.1: SRISK promedio en el tiempo**

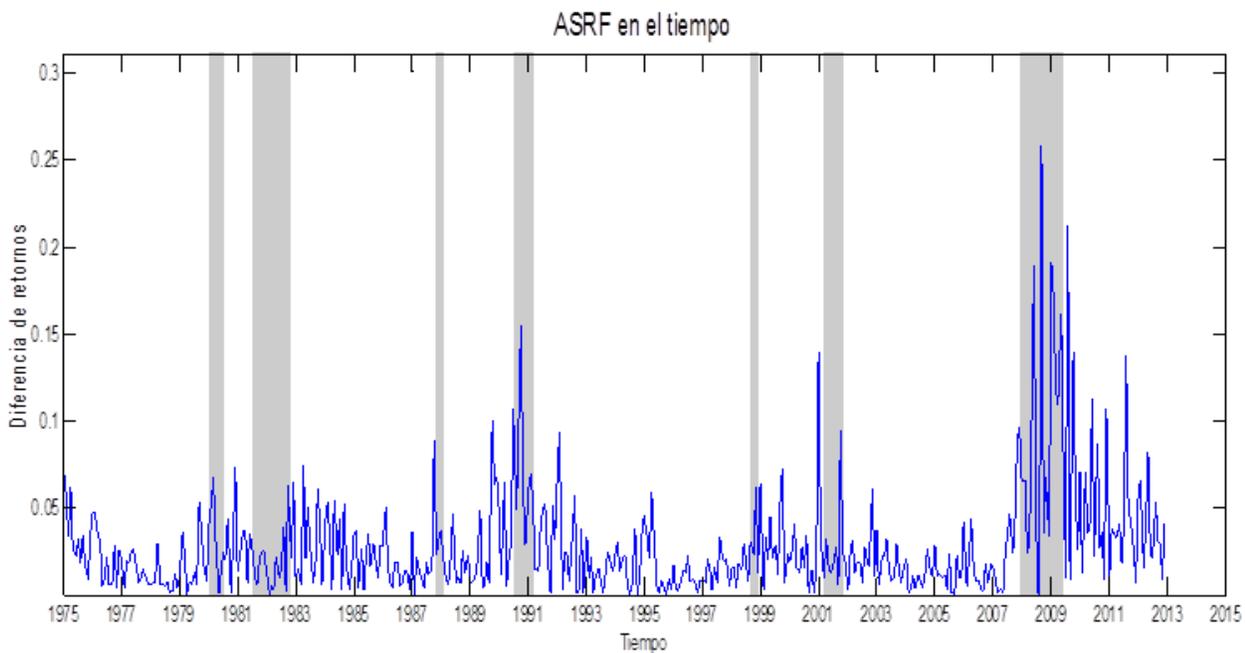
La figura muestra el valor del SRISK promedio de instituciones del sector financiero de manera mensual entre los años 1975 y 2012. En el eje Y se muestra la cantidad de billones de dólares que se necesitarían inyectar al promedio de las empresas del sector financiero si se entrara en una crisis.

En la Figura 3.1 se puede apreciar que el SRISK tiene una leve tendencia al alza entre la fecha de inicio de la data hasta julio del 2007, en donde el riesgo sistémico se dispara. Se

observa claramente el inicio de la crisis subprime y cómo esta hace que la medida de riesgo aumente rápidamente entre el 2007 y el 2008, ya para el 2009 empieza a disminuir sus valores. Aún cuando pasaron tres años del término de la crisis subprime, el valor del SRISK promedio para las empresas del sector financiero se mantuvo alto y no volvió a los niveles que se tenían a inicios del año 2007.

### 3.1.2.2. ASRF

ASRF se construye a partir del valor absoluto de SRF, en el Anexo A3 se pueden ver los resultados de la ecuación 1.1. La decisión de tomar el valor absoluto SFR tiene relación con el querer minimizar a volatilidad que presentaba los resultados de la ecuación 1.1 y de esta manera concentrarse solo en la magnitud de la diferencia de retornos. Otra ventaja que tiene tomar el valor absoluto de SFR es que la intuición en los periodos de recesión es directa en los periodos marcados con recesión los valores del factor debiesen aumentar y en los periodos de estabilidad estar cercanos a cero. La Figura 3.2 muestra al factor de riesgo en el tiempo.



**Figura 3.2: Factor de riesgo sistémico ASRF en tiempo**

La figura muestra los valores absolutos de la diferencia de retornos promedio entre activos financieros con alto nivel de SRISK y bajo nivel de SRISK las medidas son de forma mensual entre enero de 1975 y diciembre de 2012.

Se puede apreciar que existe un antes y un después de 1990 en la Figura 3.2. Antes de esa fecha hay escasas veces que el factor supere una diferencia mayor a 0,05 y por lo general está pegado en cero, sólo el “*crash*” de 1987 hace subir con fuerza al factor en este período. Luego de 1990 se tienen tres recesiones marcadas por NBER más la crisis de LTCM que hacen que aparezcan diferencias de retornos más grande en el factor.

## 3.2. PVaR

### 3.2.1. Construcción

En la construcción de PVaR el primer paso que se realizó fue el cálculo de los distintos tipos de VaR paramétrico sobre el portafolio financiero de Fama French. Siguiendo la metodología de Danielsson et al. (2014) para el cálculo del VaR (ver ecuación 2.3) se consideraron dos modelos de volatilidad y dos distribuciones de los retornos para efectuar el cálculo del factor riesgo. De los dos modelos y distribución de los retornos se calcularon tres formas de VaR.

$$VaR(\alpha)_{t+1} = -\sigma_t F_R^{-1}(\vec{\theta})\vartheta \quad (2.3)$$

La primera forma calcular el VaR consideró un modelo EWMA de volatilidad en el cual se siguió la metodología de RiskMetrics y se utilizó un valor de  $\lambda$  igual a 0,94. Además, se consideró una distribución de los retornos de forma normal y el nombre que recibió esta forma de estimar el VaR fue  $VaR_{EWMA}$ . La ecuación 2.7 muestra como se estima el modelo de volatilidad.

$$\sigma_t^2 = (1 - \lambda)r_{t-1} + \lambda\sigma_{t-1}^2 \quad (2.7)$$

En la segunda forma se nombró  $VaR_{GARCH}$  y consideró un modelo de volatilidad GARCH y una distribución de los retornos de forma normal. La ecuación 2.10 muestra la forma de estimación del modelo de volatilidad.

$$\sigma_{t|t-1}^2 = \omega + \alpha\sigma_{t-1|t-1}^2\varepsilon_{t-1}^2 + \beta\sigma_{t-1|t-2}^2 \quad (2.11)$$

La tercera y última forma de estimar el VaR también consideró un modelo GARCH, pero esta vez se utilizó una distribución t de Student para los retornos. El nombre de esta forma de calcular el VaR es  $VaR_{tGARCH}$ .

Como ya se mencionó, los datos usados para la estimación de las tres formas de VaR fueron los retornos diarios de portafolio ponderado por tamaño de la industria financiera de Fama French. El período de tiempo a considerar para esta medida fue entre enero de 1975 y diciembre de 2012.

Luego de tener calculados las tres formas de VaR, el segundo paso de la construcción de PVaR fue simplemente calcular el promedio simple de estas 3 formas de estimar el VaR. Por lo que se tiene que:

$$PVaR = \frac{VaR_{EWMA} + VaR_{GARCH} + VaR_{tGARCH}}{3} \quad (1.3)$$

### 3.2.2. Resultados

#### 3.2.2.1. $VaR_{EWMA}$ , $VaR_{GARCH}$ y $VaR_{tGARCH}$

Los resultados de los cálculos de las tres formas de calcular el VaR se encuentran en el Anexo A4. Al observar los gráficos del Anexo 3 se puede apreciar que el modelo que produce el VaR más alto es el  $VaR_{tGARCH}$  mientras el que más bajo es el  $VaR_{EWMA}$ . Los 3 tipos de VaR se comportan de la misma manera durante los periodos de recesión y de estabilidad económica. No se observan grandes diferencias entre los gráficos, lo único que varía un poco son la magnitud sus medidas pero en su forma son muy similares.

La Tabla 3.1 a continuación muestra las correlaciones entre las distintas formas de calcular el VaR. Lo primero que se puede apreciar en la tabla de correlaciones es que las tres medidas del VaR tienen una alta correlación, lo que significa que las tres medidas están calculando de manera similar el VaR y no hay una que se dispare con valores distintos. También resalta que la correlación entre  $VaR_{GARCH}$  y  $VaR_{tGARCH}$  es casi uno por lo que si se asume que los retornos distribuyen de forma normal o t de student no tiene gran diferencia. Pero si tienen diferencias considerables en la magnitud de sus resultados,  $VaR_{tGARCH}$  obtiene pérdidas esperadas más grandes que  $VaR_{tGARCH}$ .

	$VaR_{EWMA}$	$VaR_{GARCH}$	$VaR_{tGARCH}$
$VaR_{EWMA}$	1,000	0,9796	0,9756
$VaR_{GARCH}$	0,9796	1,000	0,9931
$VaR_{tGARCH}$	0,9756	0,9931	1,000

**Tabla 3.1: Correlación tipos de VaR de la familia GARCH**

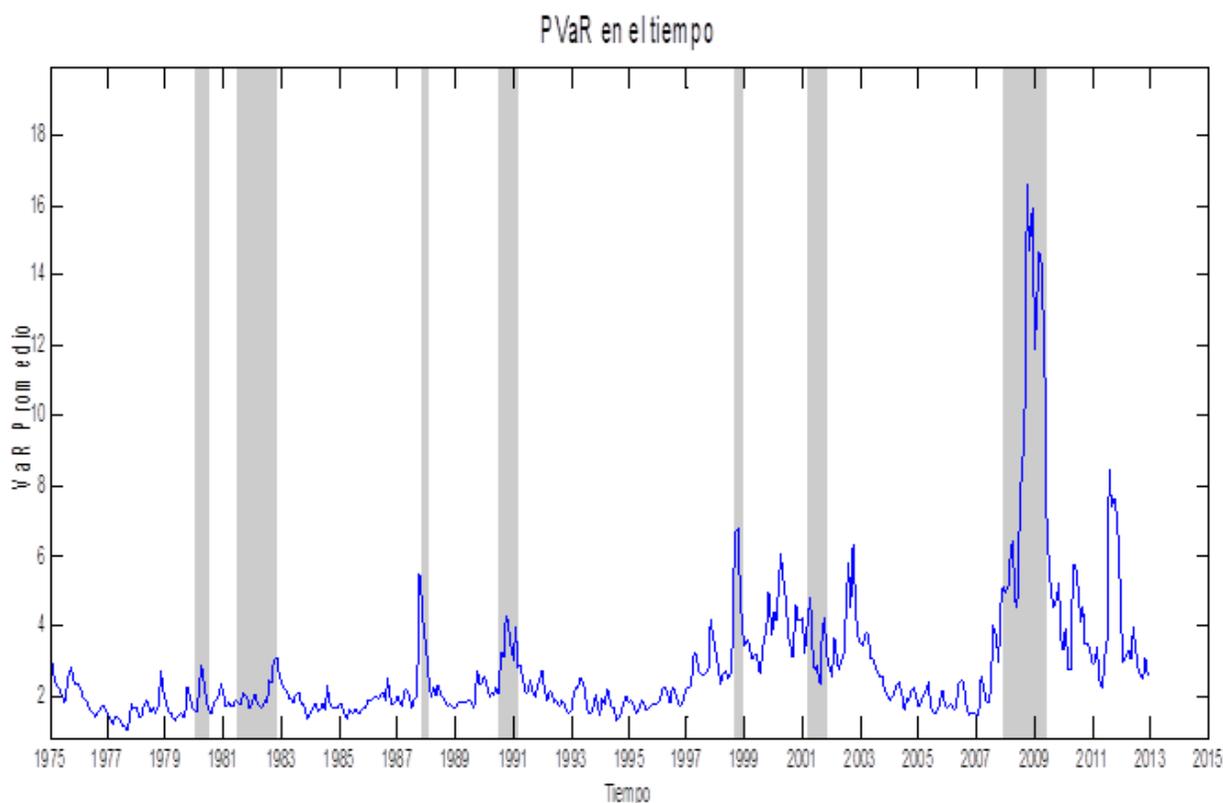
La siguiente tabla muestra la correlación entre los resultados del cálculo de distintos tipos de VaR paramétrico sobre los portafolio financiero de Fama French. Los modelos elegidos son EWMA, GARCH sobre retornos que distribuyen normal y GARCH sobre retornos que distribuyen como t de student.

La elección de los métodos de volatilidad de la familia GARCH se debe en gran medida a la buena adaptación que tienen estos métodos a los shocks de información. La familia GARCH puede ajustarse de manera más rápida que los otros métodos a lo que está sucediendo en el mercado y por esta razón calcular de mejor forma el VaR. La gran desventaja de estos métodos es que tienden a sobreestimar el valor del VaR por lo que no se tienen resultados tan precisos, pero es el precio que hay que pagar por tener un mejor ajuste a los que está sucediendo en el mercado

Aun cuando la correlación entre  $VaR_{GARCH}$  y  $VaR_{tGARCH}$  es casi uno se decidió mantener a ambas formas de calcular el VaR, ya que lo valores de  $VaR_{GARCH}$  permite mitigar un poco la sobreestimación presente en  $VaR_{tGARCH}$ . De esta forma PVaR obtiene valores más bajos que si solo se considerara a  $VaR_{EWMA}$  y  $VaR_{tGARCH}$ .

### 3.2.2.2. PVaR

La Figura 3.3 muestra los resultados obtenidos, y como era de esperarse, el PVaR sigue el mismo comportamiento que las formas de calcular el VaR utilizadas. El factor muestra que con un 99% de probabilidad en cierta fecha establecida al invertir 100 dólares en los portafolio financiero de Fama French no se tendrán pérdidas superiores al valor que indica el factor. Lo que esto quiere decir es que cuando los valores de PVaR aumentan las significa que también crecen las pérdidas esperadas. El riesgo presente en el sistema está directamente relacionado con PVaR, es por eso que se observa en los periodos marcados con gris de la Figura 3.3 subidas considerables en el valor del factor.



**Figura 3.3: Factor de riesgo sistémico PVaR en el tiempo**

La figura muestra los valores del promedio entre  $VaR_{EWMA}$ ,  $VaR_{GARCH}$  y  $VaR_{iGARCH}$  al 1% sobre el portafolio financiero de Fama French, de forma mensual entre enero de 1975 y diciembre de 2012.

## 3.3. CATFIN

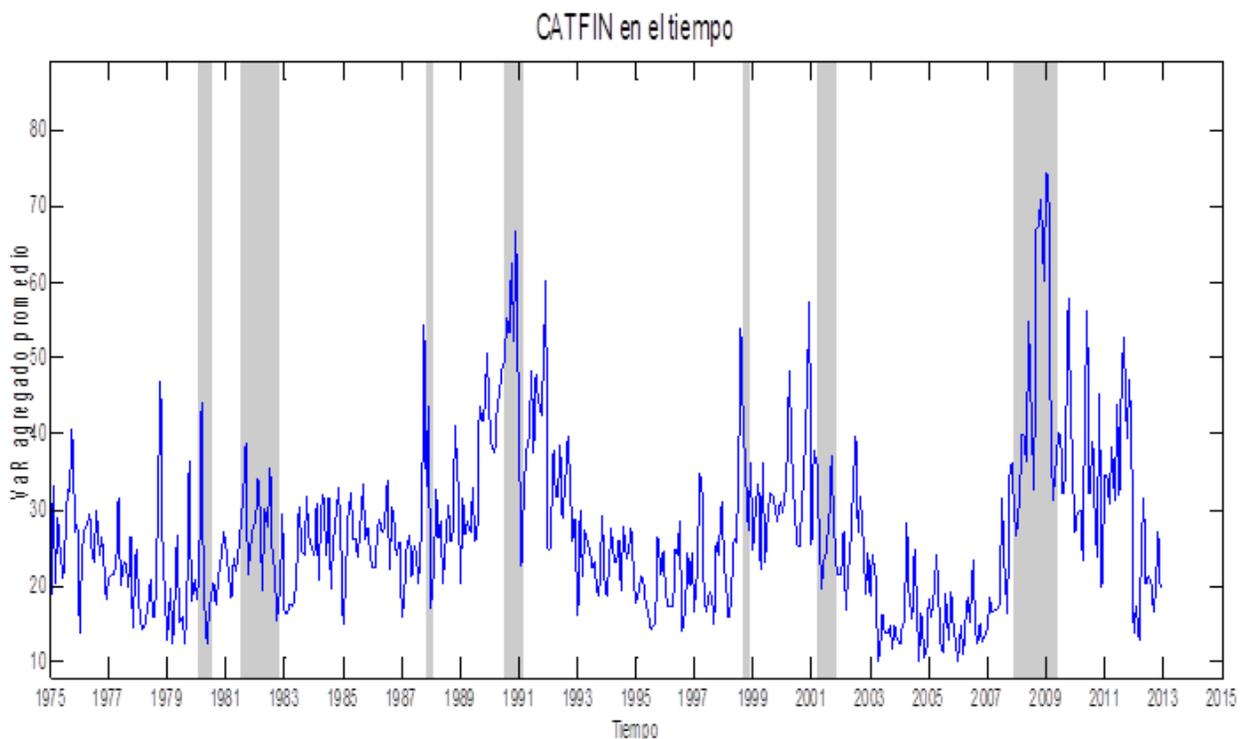
### 3.3.1. Construcción

Como ya se mencionó, se solicitó la medida CATFIN a los creadores, Allen, Bali y Tang, por lo que no necesitó la realización de cálculos. Para más detalles de esta medida se puede

consultar la sección de medidas de riesgo (2.2.3) sistémico en el capítulo dos del presente trabajo de título. Se utilizó el valor mensual de esta medida de riesgo durante el período de enero de 1975 y diciembre de 2012.

### 3.3.2. Resultados

CATFIN quiere mostrar la cantidad de riesgo sistémico presente en el sistema, por eso la relación entre la medida y el riesgo sistémico es directa; a mayor valor de CATFIN más altas son las probabilidades de que la economía entre en recesión. La Figura 3.4 a continuación muestra la evolución de la medida de Allen et al. (2012) a través del tiempo. Se puede observar que para la mayoría de los períodos marcado en gris, el factor de riesgo experimenta una alza seguido por una baja. Otra observación relevante es que cuando el mercado se encuentra en períodos de estabilidad el valor del factor se encuentra la mayoría del tiempo bajo el 30 %.



**Figura 3.4: Factor de riesgo sistémico en el tiempo**

La figura muestra los valores del VaR agregado promedio al 1 %, de forma mensual entre enero de 1975 y diciembre de 2012, calculado a todas las instituciones financieras de Estados Unidos.

## 3.4. Análisis Descriptivo

Con la construcción de los tres factores de riesgo sistémico finalizada y representados en las Figuras 3.2, 3.3 y 3.4 se pueden observar ciertas similitudes entre ellos. Lo primero que resalta es la similitud de los tres factores a un gráfico de ruido, se aprecian subidas y bajadas

de los valores en el eje Y a través del tiempo. Estas subidas y bajadas se acentúan más en la zonas grises de los gráficos donde están marcadas los eventos negativos en la economía. Otra característica que está presente en los tres gráficos de los factores de riesgo sistémico es que hay un antes y un después de 1990. Antes del año mencionado, las variaciones en los factores son pequeñas la mayoría del tiempo, donde se observa la mayor alza de los factores es para el “crash” de 1987. Luego de 1990, se observa que la volatilidad de los factores empieza a aumentar sobre todo para los periodos de recesión y en particular para la que ocurre entre los años 2007 y 2009 donde los tres factores se disparan.

Se observa en los tres gráficos de los factores que en la mayoría de los periodos marcados en gris se sigue el mismo comportamiento; se tiene un alza del factor de riesgo seguido por una baja. Este comportamiento puede ser explicado bajo dos supuestos realizados, el primero tiene que ver con el inicio de los periodos negativos para la economía y el segundo es el punto de quiebre de este periodos.

Cuando el mercado entra en una recesión parece razonable el querer minimizar las pérdidas; tanto las empresas como los inversionistas empiezan a perder la confianza en los participantes del sistema. Además, al inicio de estos periodos negativos para la economía la información y las expectativas que se van conociendo son bastante negativas. Esto genera que las compañías puedan tener problemas al querer renegociar sus deudas, experimentar falta de liquidez o inclusive quebrar. Todas estas posibles situaciones afectan aún más al sistema provocando que siga cayendo. Luego de esto parece lógico considerar que el riesgo sistémico aumente.

Con el transcurso del tiempo, llegará un punto durante la recesión en donde se empezará a recibir noticias y expectativas más positivas, la peor parte de la recesión parece que ya pasó y la confianza de los inversionistas y las empresas en el sistema parece volver; en definitiva, parece que la economía empieza a ver la luz al final de túnel. A este punto se le llama punto de quiebre debido a que se rompe con esta tendencia de caídas y se empiezan a generar expectativas para un mejor futuro. Con esto en mente se puede suponer que el riesgo sistémico en el sistema empezará a disminuir.

Por último se realizó un test de correlación entre los factores para determinar la similitud que tenían entre sí. La Tabla 3.2 muestra los resultados donde se puede apreciar que la correlación entre los tres factores es positiva y la correlación más grande se da entre PVaR y CATFIN con un 55,1 % lo cual no es muy elevado.

	<b>ASRF</b>	<b>PVaR</b>	<b>CATFIN</b>
<b>ASRF</b>	1	0,480	0,454
<b>PVaR</b>	0,480	1	0,551
<b>CATFIN</b>	0,454	0,551	1

**Tabla 3.2: Correlación factores de riesgo sistémico**

La tabla muestra la correlación entre los distintos factores de riesgo sistémicos seleccionados.

# Capítulo 4

## Series de Tiempo

### 4.1. Construcción del Modelo de Predicción

#### 4.1.1. Regresiones

Para la realización del análisis de los factores de riesgo sistémico mediante regresiones de series de tiempo se decidió utilizar el modelo de regresión lineal, descrito en el capítulo dos de la presente memoria. El modelo de regresión lineal en la forma que se quiere implementar requiere que la variable independiente, los factores de riesgo sistémico, se utilice con un período de retraso en la regresión, de esta forma se va a poder predecir a la variable dependiente, que en este caso serán índices de actividad económica. Se realizaron cuatro especificaciones de regresión distintas de manera de obtener la mayor cantidad de información posible. La primera especificación utilizada fue una regresión que solo utilizó a los factores de riesgo como variable independiente, la ecuación 4.1 muestra esto de manera más clara.

$$Y_{p,t} = \alpha_j + \beta_j X_{j,t-1} + \varepsilon_{j,t} \quad (4.1)$$

Donde  $Y_{p,t}$  es el valor del índice de actividad económica  $p$  en el tiempo  $t$ ,  $\alpha$  es el intercepto,  $\beta$  es el coeficiente de regresión buscado,  $X_{j,t-1}$  es el valor del factor de riesgo sistémico  $j$  en el tiempo  $t - 1$  y  $\varepsilon$  es el error estimado.

La segunda especificación considera agregarle retrasos o *lags* de la variable dependiente a la regresión de la ecuación 4.1.

$$Y_{p,t} = \alpha_j + \beta_j X_{j,t-1} + \sum_{i=1}^4 \mu_i Y_{p,t-i} + \varepsilon_{j,t} \quad (4.2)$$

La ecuación 4.2 muestra la segunda especificación utilizada donde el termino  $\sum_{i=1}^4 \mu_i Y_{p,t-i}$  representan *lags* de la variable dependiente que van entre uno y hasta cuatro períodos, además  $\mu$  es el coeficiente de regresión para esta variable de control.

En la tercera especificación se mantuvieron a los retrasos en la regresión pero se agrega-

ron distintas variables macroeconómicas y financieras para el control de los resultados. La ecuación 4.3 muestra la regresión utilizada.

$$Y_{p,t} = \alpha_j + \beta_j X_{j,t-1} + \sum_{i=1}^4 \mu_i Y_{p,t-i} + \gamma Z_{t-1} + \varepsilon_{j,t} \quad (4.3)$$

Donde  $Z_{t-1}$  es un vector con los valores de todas medidas de control utilizadas en el tiempo  $t - 1$  y  $\gamma$  es un vector de coeficientes de regresión para las variables de control.

La cuarta y última especificación consistió en utilizar los lags y las medidas de control más los tres factores de riesgo sistémico en una misma regresión. La ecuación 4.4 refleja esta regresión.

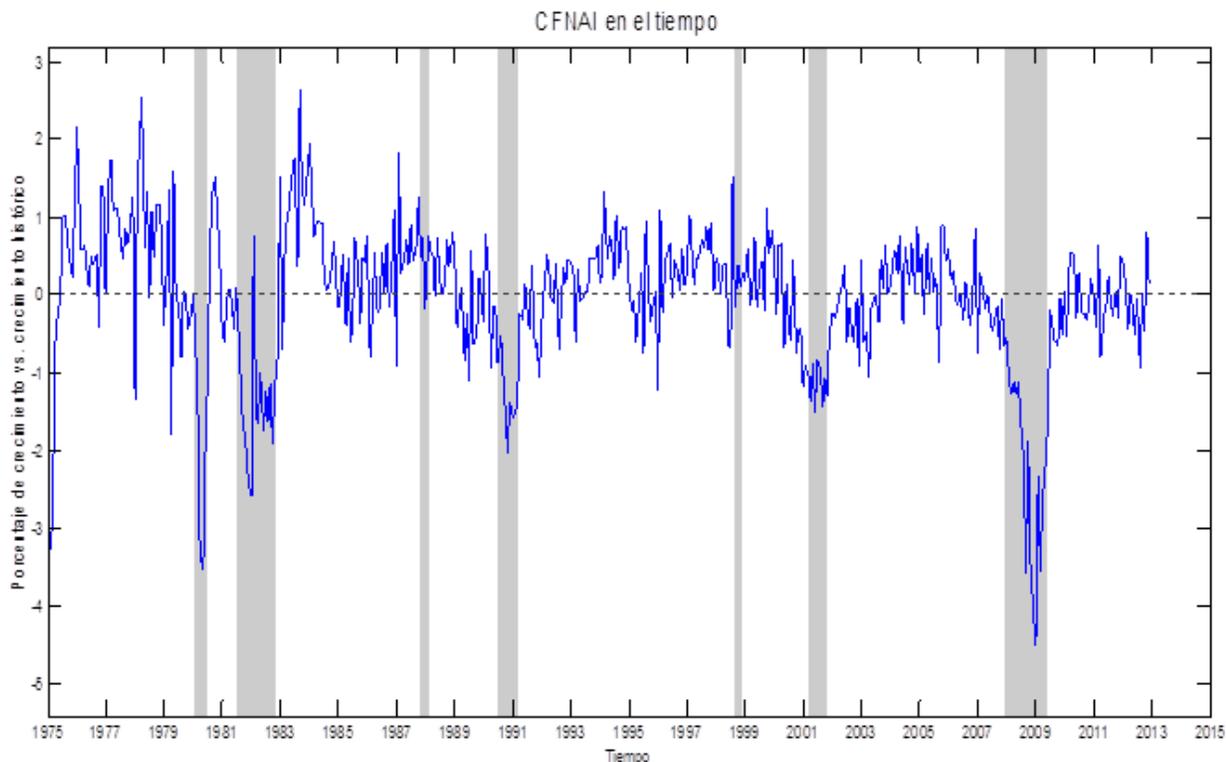
$$Y_{p,t} = \alpha_{j,t} + \sum_{j=1}^3 \beta_j X_{j,t-1} + \sum_{i=1}^4 \mu_i Y_{p,t-i} + \gamma Z_{t-1} + \varepsilon_{j,t} \quad (4.4)$$

El coeficiente de regresión más relevante es  $\beta$  para los tres factores de riesgo sistémico, se espera que este coeficiente de regresión sea negativo para los tres factores. La intuición detrás de esto tiene relación con que ante una mayor cantidad de riesgo sistémico presente en el sistema se esperan menores índices económicos en el futuro. Esto tiene sentido y es consistente, ya que durante una recesión se esperan resultados económicos más bajos que durante períodos de estabilidad. Debido a esto se espera una relación inversa entre los factores de riesgo y los indicadores económicos.

#### 4.1.2. Datos

Los datos a utilizar serán los factores de riesgo sistémico como variables independientes e índices de actividad económica como variable dependientes de las regresiones. Dentro de los índices seleccionados se encuentran el índice de producción industrial de Estados Unidos, CFNAI y los distintos sectores que componen a CFNAI. Los valores de  $p$  serán los índices económicos ya mencionados y los valores de  $j$  serán ASRF, CATFIN y PVaR en las ecuaciones detalladas anteriormente.

Como ya se mencionó, en capítulo del marco teórico, el CFNAI es un índice que muestra la actividad económica de Estados Unidos tomando en consideración la historia. Si el valor del índice es positivo, significa que la actividad económica está creciendo por sobre sus niveles históricos; si el índice tiene valor cero, muestra que el crecimiento sigue la tendencia histórica. CFNAI está compuesto 85 indicadores de cuatro grandes sectores de la economía (producción, empleo, consumo y ventas) y se construye con un valor de media cero y una desviación estándar de uno. En la Figura 4.1 se muestra los valores del índice a través del tiempo.



**Figura 4.1: Índice de actividad económica CFNAI en el tiempo**

La figura muestra al índice de actividad económica CFNAI a través de los años 1975 y 2012. Los valores del eje Y sobre cero indican que la economía crece sobre su valor histórico y valores negativos del índice muestran un crecimiento inferior a la tendencia histórica.

### 4.1.3. Variables de Control

Siguiendo el estudio realizado por Allen et al. (2012) se incluyeron una serie de variables de control, estas variables incluían indicadores tanto económicos como financieros. El vector  $Z_t$  está compuesto por las siguientes variables de control: el promedio del S&P 500 (SPmean), la volatilidad mensual del S&P 500 (SPvol), *relative spread* (Relspr), *default spread* (Def) y el *term spread* (Term). Donde SPmean es el retorno mensual del S&P 500 menos el promedio de los retornos mensuales de los últimos 6 meses del mismo índice. SPvol es la desviación estándar de los retornos del índice de los últimos seis meses. Relspr es la tasa de interés relativa a corto plazo, y es definida como la diferencia entre la *treasury bill yields* a un mes y su media móvil de doce meses atrás. Term es la diferencia existente entre el bono estadounidense a 10 años y el valor de la *treasury bill yields* a tres meses del Banco de la Reserva Federal de St. Louis. Finalmente Def se define como la diferencia de spread entre los bonos corporativos con calificación BAA y AAA del Banco de la Reserva Federal de St. Louis.

La Tabla 4.1 muestra la correlación que existe entre las diversas variables de control y los factores de riesgo sistémico. Como se puede apreciar no hay ninguna correlación elevada de

los factores de riesgo con la variables de control y de las variables de control con ellas mismas.

	PVaR	CATFIN	ASRF	SPmean	SPvol	Relspr	Term	Def
PVaR	1	0,551	0,480	0,069	0,512	-0,126	0,048	0,512
CATFIN	0,551	1	0,454	-0,263	0,359	-0,062	0,057	0,285
ASRF	0,480	0,454	1	-0,041	0,286	-0,074	0,090	0,317
Spmean	0,069	-0,263	-0,041	1	0,155	0,009	0,008	0,133
Spvol	0,512	0,359	0,286	0,155	1	0,045	0,121	0,402
Relspr	-0,126	-0,062	-0,074	0,009	0,045	1	0,585	0,319
Term	0,048	0,057	0,090	0,008	0,121	0,585	1	0,271
Def	0,512	0,285	0,317	0,133	0,402	0,319	0,271	1

**Tabla 4.1: Correlación variables de control series de tiempo**

La tabla muestra la correlación entre los factores de riesgo sistémico y las variables de control utilizadas en el análisis de series de tiempo.

## 4.2. Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos para las regresiones predictivas con los distintos índices de actividad económica. Primero se muestran los resultados obtenidos para el índice de producción industrial de Estados Unidos con su respectivo análisis. Luego se presentan los resultados obtenidos para el CFNAI y sus diversos sectores los que van acompañados de una reflexión. Finalmente se realiza una discusión sobre los resultados obtenidos, esta discusión se basa en los coeficientes de regresión estimados, su significancia estadística y su  $R^2$  ajustado. Para ayudar la interpretación de coeficientes de regresión estimados, todos los factores de riesgo sistémico fueron estandarizados para tener media cero y varianza unitaria.

### 4.2.1. Índice de producción industrial

La Tabla 4.2 muestra los resultados obtenidos para las regresiones predictivas, ocupando como variable dependiente, el índice de producción industrial en Estados Unidos y variable independiente los diversos factores de riesgo. Las primeras tres columnas de la Tabla 4.2 (I, II, III) presentan la primera especificación, en la cual se utilizó una regresión lineal simple donde la única variable independiente fue el factor de riesgo elegido (ver ecuación 4.1). Se puede apreciar que los coeficientes de regresión son negativos para los tres factores como se esperaba y que los tres factores son significativos por los menos al 99 %. La mayor importancia económica la obtiene PVaR seguido por CATFIN y en último lugar ASRF. Esto quiere decir que si PVaR incrementa en una desviación estándar el índice de producción industrial disminuye en 0,23 desviaciones estándar si el resto de las condiciones se mantienen constantes. Observando los valores de  $R^2$  se puede apreciar que PVaR explica un 10 % de los valores de la variable dependiente y es el factor con coeficiente de determinación más alto. Finalmente se puede decir que PVaR es el factor que obtiene mejores resultados en términos de estadístico t, importancia económica y coeficiente de determinación.

**Tabla 4.2: Resultados regresiones de series de tiempo: Índice de producción industrial**

La tabla muestra los coeficientes de regresión de cuatro especificaciones distintas de regresión de series de tiempo, donde la variable dependiente fue siempre el índice de producción industrial. Las primeras tres columnas (I, II y III) consideran como variables independientes al factor de riesgo elegido solamente. De la columna IV a la VI además del factor se agregan de uno a cuatro retrasos de la variable dependiente a la regresión. Las siguientes tres columnas (VII, VIII y IX) además de los retrasos de la variable dependiente incluyeron variables de control en la regresión. Por último la columna X toma como variable independiente a todos los factores de riesgo, los retrasos y las medidas de control. Todos los factores de riesgo sistémico fueron estandarizados para tener media cero y varianza unitaria. Código de significancia \* '0,05'; \*\* '0,01'; \*\*\* '0,001'.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
PVaR	-0,227 (-7,20***)			-0,132 (-4,03***)			-0,137 (-3,44***)			-0,122 (-2,78**)
CATFIN					-0,090 (-2,90**)			-0,104 (-2,96**)		-0,082 (-2,11*)
ASRF		-0,150 (-4,60***)	-0,092 (-2,80**)			-0,013 (-0,421)			0,009 (0,281)	0,060 (1,75)
SPmean							-0,776 (-1,016)	-1,520 (-1,834)	-0,540 (-0,690)	-1,294 (-1,571)
SPvol							1,623 (0,854)	0,835 (0,451)	-1,023 (-0,561)	2,140 (1,116)
Relspr							-0,067 (-0,603)	-0,003 (-0,030)	0,048 (0,431)	-0,049 (-0,440)
Term							0,085 (2,310*)	0,081 (2,193*)	0,070 (1,860)	0,081 (2,190*)
Def							-0,122 (-1,252)	-0,186 (-1,977*)	-0,222 (-2,299*)	-0,140 (-1,444)
Constante	0,193 (6,12***)	0,193 (5,94***)	0,19 (5,84***)	0,11 (3,51***)	0,10 (3,13**)	0,095 (2,93**)	0,16 (1,49)	0,20 (1,82)	0,21 (1,90)	0,19 (1,72)
Adj. R <sup>2</sup>	0,101	0,043	0,015	0,172	0,158	0,142	0,217	0,211	0,192	0,226

En las siguientes tres columnas (IV, V, VI) se muestran los resultados para la segunda especificación que consideró a los factores de riesgo más retrasos o lags de la variable dependiente (ver ecuación 4.2). Se puede ver como la inclusión de esta variable de control afecta fuertemente los resultados. Los valores de los estadísticos t son menos significativos que antes, incluso el factor ASRF deja de ser significativo. La importancia económica de los factores es menor, pero siguen manteniendo el mismo orden. En cuanto a los coeficientes de determinación se puede observar que en los tres factores es mayor por lo que la inclusión de los retrasos permite explicar un porcentaje bastante mayor del índice. Por último nuevamente PVaR es el factor más relevante en cuanto a estadístico t, importancia económica y  $R^2$ .

Las columnas VII, VIII y IX representan los resultados obtenidos para la tercera especificación, la cual además de los retrasos de la variable dependiente incluye variables macroeconómicas y financieras de control (ver ecuación 4.3). De los resultados obtenidos lo más llamativo es el cambio de signo que tiene el coeficiente de regresión del factor ASRF, este resultado no tiene ningún sentido económico por lo que no se analizará en mayor profundidad. Se puede observar como la inclusión de las variables de control tiene un efecto positivo sobre los otros dos factores de riesgo. PVaR aumenta su importancia económica, en cambio CATFIN aumenta su importancia económica y la significancia de su estadístico t. Se puede apreciar que en ambos factores la variable de control Term es significativa y la variable Def sólo es relevante para CATFIN. En cuanto a los valores de  $R^2$  obtenidos se puede apreciar que en las tres regresiones hubo un aumento de un 3% por lo que las variables de control permiten explicar un poco más de la variable dependiente. Finalmente al igual que en las otras dos especificaciones PVaR sigue siendo el factor más importante para este índice.

Los resultados de la última especificación se encuentran en la columna X de la Tabla 4.2. En esta regresión se consideraron todos los factores, variables de control y *lags* usados anteriormente para obtener resultados (ver ecuación 4.4). El resultado que más resalta es que PVaR es el factor que mayor influencia económica tiene sobre el índice y que además es el factor que obtiene una mayor significancia estadística. De las variables de control nuevamente Term es la única que obtiene una leve significancia, pero su coeficiente de regresión es muy pequeño por lo que no tiene una gran relevancia sobre la variable dependiente. El valor de coeficiente de determinación es el más alto de todas las especificaciones probadas con un 23%. Al igual que en el resto de las diferentes especificaciones el factor de riesgo sistémico PVaR fue el más relevante al obtener la mayor importancia económica y estadístico t más significativo. Esto significa que PVaR fue el factor de riesgo sistémico que mejor puede predecir el índice de producción industrial.

## 4.2.2. CFNAI y sus Sectores

### 4.2.2.1. CFNAI

Los resultados obtenidos para el CFNAI se muestran en la Tabla 4.3. Como se puede observar, todos los coeficientes de regresión para los factores de riesgo son negativos exceptuando el de ASFR en la columna X. Además los factores PVaR y CATFIN son significativos en todas las regresiones realizadas y la constante no fue relevante para ninguna regresión.

**Tabla 4.3: Resultados regresiones de series de tiempo: CFNAI**

La tabla muestra los coeficientes de regresión de cuatro especificaciones distintas de regresión de series de tiempo, donde la variable dependiente fue siempre CFNAI. Las primeras tres columnas (I, II y III) consideran cómo variables independientes al factor de riesgo elegido solamente. De la columna IV a la VI además del factor se agregan de uno a cuatro retrasos de la variable dependiente a la regresión. Las siguientes tres columnas (VII, VIII y IX) además de los retrasos de la variable dependiente incluyeron variables de control en la regresión. Por último la columna X toma como variable independiente a todos los factores de riesgo, los retrasos y las medidas de control. Todos los factores de riesgo sistémico fueron estandarizados para tener media cero y varianza unitaria. Código de significancia \* '0,05'; \*\* '0,01'; \*\*\* '0,001'.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
PVaR	-0,487 (-12,57***)			-0,170 (-4,70***)			-0,188 (-4,734***)			-0,163 (-3,87**)
CATFIN					-0,148 (-4,54***)			-0,138 (-3,941***)		-0,107 (-2,86**)
ASRF		-0,370 (-8,9***)	-0,289 (-6,73***)			-0,039 (1,158)			-0,003 (-0,078)	0,051 (-1,599)
Spmean							0,960 (1,340)	-0,008 (-0,011)	1,263 (1,699)	0,190 (0,245)
Spvol							1,828 (1,012)	0,750 (0,423)	-1,386 (-0,795)	2,612 (1,435)
Relspr							-0,157 (-1,421)	-0,080 (-0,735)	-0,052 (-0,465)	-0,141 (-1,284)
Term							0,093 (2,637**)	0,090 (2,527*)	0,080 (2,179*)	0,092 (2,608**)
Def							0,010 (0,109)	-0,075 (-0,806)	-0,084 (-0,872)	-0,011 (-0,112)
Constante	-0,034 (-0,872)	-0,033 (-0,800)	-0,034 (-0,796)	-0,002 (-0,056)	0,001 (-0,038)	0,003 (-0,090)	-0,084 (-0,849)	-0,026 (-0,258)	-0,024 (-0,238)	-0,060 (-0,612)
Adj. R <sup>2</sup>	0,257	0,147	0,089	0,540	0,522	0,502	0,591	0,583	0,565	0,599

Las especificaciones fueron las mismas que se utilizaron en la Tabla 4.2, es decir en las primeras tres columnas (I, II y III) fueron regresiones utilizando solamente los factores de riesgo. En las columnas IV, V y VI las regresiones se les agregaron los retrasos de la variable dependiente, en las siguientes tres columnas (VII, VIII y IX) la regresión incorporó variables económica y financieras de control. Por último la columna X muestra el resultado de incluir a todos los factores, retrasos de la variable dependiente y variables de control en una sola regresión.

Como ya se mencionó el coeficiente de regresión es negativo para los tres factores como se esperaba, además los tres factores son significativos al 99,9 %. El factor que más se destaca en estas tres primeras columnas es PVaR debido a que tiene el coeficiente de regresión más negativo o mayor influencia económica, el valor del t estadístico más significativo y el  $R^2$  más grande. PVaR por sí sólo puede explicar más del 25 % de los datos de CFNAI. El cómo está construido CFNAI (media cero y desviación estándar 1) le otorga aún más relevancia a PVaR, ya que por cada desviación estándar que este factor aumente y asumiendo ceteris paribus, el índice de actividad económica caerá en casi 0,5 % el siguiente mes. En la Figura A9 del Anexo A5 se puede observar al CFNAI y PVaR representados en el mismo gráfico, donde en los períodos de tiempo marcados en gris se destaca como PVaR sube y CFNAI baja confirmando la relación negativa que existe entre el factor y el índice.

De los resultados obtenidos para la segundo tipo de regresiones (IV, V y VI) se puede apreciar que la inclusión de los *lags* de CFNAI tiene importantes efectos sobre los valores de los coeficientes de regresión y el  $R^2$  de los factores de riesgo sistémico. La importancia económica de los factores disminuye a más de la mitad del valor que tenían en la primera especificación, en cambio los valores del coeficiente de determinación aumentan a más del doble. Esto muestra que la inclusión de los retrasos de CFNAI tienen un efecto significativo sobre los distintos factores de riesgo haciendo disminuir su significancia sobre el índice, pero aumentando el poder explicativo de los factores de riesgo. Los *lags* hacen que ASRF pierda significancia para CFNAI, pero mantienen a PVaR como el factor que obtiene mejores resultados en términos de estadístico t, importancia económica y  $R^2$ .

Al incluir las variables macroeconómicas y financieras de control en la regresión hacen que PVaR vuelva a tener un valor de beta más negativo y un estadístico t más significativo, para los otros dos factores solo disminuyen estos valores y ASRF sigue sin ser significativo. En cuanto a los valores de los coeficientes de determinación la inclusión de las variables de control hacen que aumenten en promedio un poco menos de un 10 % para cada factor, por lo que se puede explicar un poco más de la variable dependiente. La única medida de control que obtiene resultados significativos es Term, pero sus coeficientes de regresión son muy pequeños. Por último PVaR sigue siendo el factor más relevante para CFNAI dado su valores de beta, estadístico t y  $R^2$ .

En la columna X de la Tabla 4.3 se puede observar que al incluir todos los factores, lags y variables de control en la regresión, PVaR sigue manteniendo la relevancia sobre los demás factores. El signo del coeficiente de regresión de ASFR cambia por lo que no es un factor significativo para este índice. Al comparar los dos factores que tienen influencia sobre CFNAI, se observa que el valor de beta de PVaR es casi un 35 % más grande que el de CATFIN y que el primer factor tiene un t estadístico más significativo que el segundo. El valor de  $R^2$

obtenido para esta última regresión es de casi un 60 % lo que es bastante alto, indicando que los factores de riesgo sistémico pueden predecir una gran cantidad del índice de actividad económica. Por último, el valor del coeficiente de regresión de PVaR no es tan elevado como en las primeras columnas, pero aún así su relevancia económica indica que con un incremento en una desviación estándar del factor el CFNAI disminuirá en -0,163 desviaciones estándar si el resto de las condiciones se mantiene constante.

#### 4.2.2.2. Sectores de CFNAI

Los sectores que componen al índice CFNAI son: producción e ingresos; empleo, desempleo y horas; consumo personal y vivienda; ventas, pedidos e inventarios, a continuación se muestran los resultados obtenidos. El sector más interesante de analizar es el de consumo personal y vivienda, ya que es el único que se comporta de manera distinta al resto de los sectores y al CFNAI mismo. Es por eso que se analizará en una primera parte a este sector de manera individual, para luego analizar en forma conjunta a los tres sectores restantes.

##### 4.2.2.2.1. Consumo personal y vivienda

La Tabla 4.4 muestra los resultados obtenidos al utilizar como variable dependiente al sector consumo personal y vivienda del CFNAI. Lo que más resalta de la tabla es que ASRF tiene un comportamiento constante y es significativo en todas las especificaciones realizadas.

En las tres primeras columnas se pueden observar los resultados obtenidos, para las regresión considerando sólo al factor de riesgo. De estos resultados resalta que los tres factores obtienen coeficientes de regresión negativos como se esperaba y estadísticos  $t$  muy significativos. El valor de  $R^2$  en las tres columnas está por sobre el 20 % por lo que los tres factores por sí solos explican una cantidad considerable de la variable dependiente. La mayor importancia económica la obtiene PVaR al igual que el estadístico  $t$  y coeficiente de determinación por lo que para estas primeras tres columnas PVaR se convierte en el factor más relevante.

Al igual que para CFNAI la inclusión de los *lags* tiene importantes efectos sobre los valores de los coeficientes de regresión y de  $R^2$  de los factores de riesgo sistémico. Los coeficientes de determinación pasan de un promedio de un poco menos de 22 % para las primeras tres columnas a uno por sobre el 70 % para las siguientes tres columnas (IV, V y VI). Por otro lado llama la atención es la gran disminución que sufrieron los  $t$  estadísticos y del valor absoluto de los coeficientes de regresión, estos últimos disminuyeron su valor casi seis veces. Los *lags* tienen un efecto bastante relevante sobre los factores, un ejemplo de esto es PVaR que pasa de un 99,9 % de significancia a un 95 % cuando los retrasos de la variable dependiente se toman en cuenta en la regresión. Para estas tres columnas el factor más importante es CATFIN ya que es el que obtiene resultados más relevantes en todas las categorías.

**Tabla 4.4: Resultados regresiones de series de tiempo: Sector Consumo Personal y Vivienda**

La tabla muestra los coeficientes de regresión de cuatro especificaciones distintas de regresión de series de tiempo, donde la variable dependiente fue siempre el Sector Consumo Personal y Vivienda de CFNAI. Las primeras tres columnas (I, II y III) consideran cómo variables independientes al factor de riesgo elegido solamente. De la columna IV a la VI además del factor se agregan de uno a cuatro retrasos de la variable dependiente a la regresión. Las siguientes tres columnas (VII, VIII y IX) además de los retrasos de la variable dependiente incluyeron variables de control en la regresión. Por último la columna X toma como variable independiente a todos los factores de riesgo, los retrasos y las medidas de control. Todos los factores de riesgo sistémico fueron estandarizados para tener media cero y varianza unitaria. Código de significancia \* '0,05'; \*\* '0,01'; \*\*\* '0,001'.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
<b>PVaR</b>	-0,069 (-12,0***)			-0,010 (-2,36*)			-0,016 (-3,124**)			-0,011 (-1,998*) -0,007649
<b>CATFIN</b>		-0,0655 (-11,2***)			-0,016505 (-4,035***)			-0,01316 (-2,86**)		(1,58)
<b>ASRF</b>			-0,06356 (-10,8***)			-0,01523 (-3,79***)			-0,01308 (-3,287**)	-0,009758 (-2,378*)
<b>Spmean</b>							0,345 (3,797***)	0,246 (2,483*)	0,322 (3,521***)	0,256 (2,606**)
<b>Spvol</b>							0,281 (1,218)	0,209 (0,931)	0,117 (0,545)	0,4 (1,717)
<b>Relspr</b>							-0,009 (-0,652)	-0,008 (-0,061)	-0,005 (-0,345)	-0,009 (-0,638)
<b>Term</b>							0,003 (0,746)	0,003 (0,652)	0,004 (0,922)	0,003 (0,734)
<b>Def</b>							0,009 (0,832)	-0,008 (-0,084)	0,002 (0,192)	0,01 (0,926)
<b>Constante</b>	-0,012 (-2,037*)	-0,012 (-1,990*)	-0,012 (-0,064)	-0,002 (-0,429)	-0,002 (-0,480)	-0,002 (-0,469)	-0,010 (-0,882)	-0,003 (-0,288)	-0,008 (-0,646)	-0,011 (-0,952)
<b>Adj. R<sup>2</sup></b>	0,240	0,214	0,202	0,698	0,704	0,702	0,760	0,759	0,761	0,766

De los resultados obtenidos para la tercera especificación (VII, VIII y IX) se puede apreciar que PVaR se ve beneficiado de la inclusión de las variables de control, ya que su importancia económica y estadístico  $t$  aumentan considerablemente con respecto a la especificación anterior (IV). Los otros dos factores de riesgo se ven afectados por la inclusión de variables de control ya que disminuyen su importancia económica y la significancia de su estadístico  $t$ , en comparación a los resultados de la especificación anterior (V y VI). Los valores de  $R^2$  aumentan en comparación a la especificación anterior y el factor que obtiene un mayor valor es ASRF. En cuanto a las variables de control la única que se hace significativa es SPmean, pareciera que el promedio del S&P 500 tiene poder predictivo sobre el sector de consumo personal y vivienda. Por último es en esta especificación donde el factor ASRF se vuelve importante para este sector, ya que su estadístico  $t$  y  $R^2$  son más relevantes que el de los otros dos factores.

La última columna muestra que ASRF se mantiene como el factor que tiene el  $t$  estadístico más significativo y su importancia económica es levemente menor que la de PVaR. Estos dos factores se vuelven relevantes para este sector de CFNAI, pero no así CATFIN el cual no logra ser significativo cuando se consideran a todos los factores juntos en una sola regresión. Llama la atención que la información entregada por este factor sea capturada por ASRF, PVaR y las variables de control. Se obtiene un valor de  $R^2$  de un 76 % lo que es bastante alto y nuevamente la única variable de control que se hace significativa es SPmean. Finalmente se puede decir que ASRF es el factor más significativo para este sector ya que a lo largo de todas las especificaciones se mantuvo constante y no se vio tan beneficiado por la inclusión de las variables de control.

#### 4.2.2.2. Producción, Empleo y Ventas

Los resultados del resto de los sectores se pueden ver en el Anexo A6. El comportamiento de los tres sectores restantes es muy similar a cómo se comporta el CFNAI. Es decir; todos los coeficientes de regresión para los factores de riesgo son negativos exceptuando el de ASRF en la regresión X. En todos los sectores los factores siguen la intuición ya explicada de la relación inversa que existe entre la cantidad de riesgo sistémico presente en el sistema y los valores de los índices.

En las primeras tres columnas de los tres sectores restantes de CFNAI se obtienen coeficientes de regresión negativos con estadísticos  $t$  altamente significativos. Donde PVaR es el factor de riesgo más importante ya que obtiene la mayor importancia económica, los estadísticos  $t$  más significativos y valores de  $R^2$  que casi duplican a los de los otros dos factores.

Luego en la siguientes tres columnas (IV, V y VI) de los sectores producción, empleo y ventas se aprecia que los tres siguen la tendencia de CFNAI sobre los valores de  $R^2$ , la importancia económica y la significancia de los coeficientes de regresión, mientras que los valores del coeficiente de determinación aumentan a más del doble, los otros dos valores disminuyen en algunos casos a la mitad en comparación a los obtenidos en las primeras tres columnas. Esto significa que los *lags* tienen gran relevancia debido a que afectan en gran medida a los resultados obtenidos por los factores de riesgo. PVaR es el factor con mayor importancia económica y  $t$  estadístico más significativo en los sectores de empleo y

producción, pero no en el sector de ventas donde es CATFIN el que obtiene los resultados más importantes. En cuanto a valores de  $R^2$ , CATFIN obtiene el valor más alto en el sector ventas, mientras que PVaR lo obtiene para el sector producción y ambos factores obtienen el mismo resultado en el sector empleo. En cambio el factor ASRF pierde su significancia estadística al agregar los retrasos de la variable dependiente en la regresión y su importancia económica y valor de coeficiente de determinación son siempre más bajos que el de los otros dos factores en todos los sectores.

En las columnas VII, VIII y IX se observa que al incluir las variables macroeconómicas y financieras de control en el sector producción hacen que aumente la importancia económica de PVaR y CATFIN, pero para este último factor también aumenta la significancia de su estadístico t. En cambio en el sector empleo se aprecia que todos los factores disminuyen su importancia económica y la significancia de su t estadístico. Por último en el sector ventas solamente PVaR se ve beneficiado de la introducción de las variables de control, ya que su valor de beta se vuelve más negativo y su estadístico t se vuelve más significativo, en cambio los valores de los otros dos factores decrecen. En estas columnas la única variable de control que fue significativa en las tres columnas y en los tres sectores fue Term, pero al igual que en los resultados de CFNAI su importancia económica es muy pequeña. Finalmente se puede determinar que PVaR vuelve a ser el factor más relevante para estos tres sectores de CFNAI dado a su mayor importancia económica, significancia de estadístico t y valor del coeficiente  $R^2$ .

De la última columna en los tres sectores de CFNAI se puede observar que al incluir todos los indicadores de riesgo sistémico en la regresión, PVaR sigue manteniendo su relevancia sobre los otros factores. El signo del coeficiente de regresión de ASFR cambia por lo que no es un factor significativo para este índice. Al comparar los dos factores que tienen influencia sobre estos tres sectores de CFNAI se tiene que el valor de beta de PVaR es en promedio un 33 % más grande que el de CATFIN y que el primer factor tiene un t estadístico más significativo que el segundo. Esto quiere decir que un aumento en una desviación estándar de PVaR genera un decrecimiento mayor en los valores de los sectores producción, empleo y ventas que CATFIN.

### 4.2.3. In-sample y Out-of-sample

Se decidió realizar una profundización de los resultados obtenidos mediante los análisis *In-sample* y *Out-of-sample*. En una primera parte se muestran los resultados obtenidos para el análisis *In-sample* para los tres factores. Finalmente se exponen los resultados obtenidos para el análisis *Out-of-sample* sobre los factores PVaR y CATFIN.

#### 4.2.3.1. In-sample

Se indagó en el poder predictivo de los factores de riesgo sistémico para tres meses en el futuro mediante un análisis *In-sample*. El análisis incluyó tres de las cuatro especificaciones de regresión utilizadas anteriormente, no se empleó la especificación que considera a todos

los factores de riesgo sistémico, lags de la variable dependiente y las variables de control en la misma regresión. La Tabla 4.5 muestra los resultados para CFNAI, el resto de los resultados se encuentran en el Anexo A7. En las Tablas también se muestran los resultados obtenidos en la primera parte de manera de poder compararlos con los del nuevo análisis.

Como ya se mencionó PVaR es el factor que obtiene mejores resultados para la predicción a un mes en el futuro del índice CFNAI. Observando la Tabla 4.5 se puede corroborar lo dicho anteriormente, pero ahora si se observa la predicción a tres meses en el futuro se pueden apreciar distintos resultados. En la especificación I se tiene que los tres factores obtienen estadísticos t significativos, pero son PVaR y CATFIN los que obtienen una mayor importancia económica, un  $R^2$  más elevado y una significancia estadística del 99,9 %. En las especificaciones II y III donde se introducen retrasos de la variable dependiente y variables de control sólo CATFIN obtiene resultados estadísticamente significativos. PVaR no obtiene la misma relevancia que para la predicción a un mes en el futuro.

**Tabla 4.5: Resultados análisis In-sample: CFNAI**

La tabla muestra los coeficientes de regresión y los valores de  $R^2$  ajustado para dos períodos de predicción, la predicción a un mes son los resultados obtenidos anteriormente. Cada período tiene tres especificaciones distintas; la especificación I considera al factor de riesgo sistémico por sí sólo en la regresión, la segunda especificación (II) además del factor de riesgo considera de uno a cuatro retraso de la variable dependiente en la regresión y por último la especificación III incluye al factor de riesgo más los lags de la variable dependiente y se le suman las variables de control. La variable dependiente fue siempre el CFNAI y todos los factores de riesgo sistémico fueron estandarizados para tener media cero y varianza unitaria. Código de significancia \* '0,05'; \*\* '0,01'; \*\*\* '0,001',

	Predicción a 1 mes			Predicción a 3 meses		
	I	II	III	I	II	III
<b>PVaR</b>	-0,487 (-12,570***)	-0,170 (-4,750***)	-0,188 (-4,734***)	-0,410 (-3,379***)	-0,188 (-1,854)	-0,140 (-1,740)
<b>CATFIN</b>	-0,369 (-8,900***)	-0,145 (-4,540***)	0,138 (-3,941***)	-0,392 (-3,405***)	-0,223 (-3,616***)	-0,163 (-3,497***)
<b>ASRF</b>	-0,289 (-6,730***)	-0,034 (-1,158)	-0,002 (-0,078)	-0,284 (-3,129**)	-0,100 (-1,519)	-0,029 (-0,575)
<b>Adj. <math>R^2</math> PVaR</b>	0,257	0,540	0,591	0,191	0,350	0,530
<b>Adj. <math>R^2</math> CATFIN</b>	0,147	0,522	0,583	0,173	0,389	0,541
<b>Adj. <math>R^2</math> ASRF</b>	0,089	0,502	0,565	0,090	0,350	0,517

Se realizó este mismo análisis para el Índice de producción industrial y los distintos sectores de CFNAI estos se pueden observar en el Anexo A7. Los resultados para el Índice de producción industrial muestran que CATFIN es el factor que tiene la mayor importancia económica, el estadístico t más significativo y coeficiente de determinación en las tres especificaciones. En los sectores de CFNAI al igual a lo ocurrido anteriormente hay tres de los sectores que se comportan de manera similar al propio índice y uno que la hace de forma distinta. El sector de consumo personal y vivienda es el sector diferente y tiene a ASRF como el factor que puede predecir de mejor forma a tres meses en el futuro. El resto de los sectores se comporta de manera similar a CFNAI, es decir CATFIN obtiene un t estadístico significativo en las tres especificaciones y es el factor con una mayor importancia económica y valor de  $R^2$ .

Sólo se muestra un análisis con una predicción a tres meses en el futuro ya que a un mayor período de tiempo en el futuro los factores pierden la significancia estadística.

#### 4.2.3.2. Out-of-sample

El análisis *Out-of-sample* tiene como objetivo poder medir el poder predictivo de los factores de riesgo sistémico sobre los índices económicos seleccionados. Los factores de riesgo seleccionados fueron PVaR y CATFIN debido a que ASFR no logra obtener resultados estadísticamente significativos en el análisis *In-sample*. Se decidió utilizar un modelo de predicción simple en donde sólo se regreso al factor de riesgo sistémico. Para la calibración del modelo se seleccionaron distintos períodos de tiempo los cuales variaron entre los tres y los seis años, de esta forma se obtuvieron distintos números de predicciones para cada período. Además se decidió utilizar dos benchmarks para poder comparar el resultado de los factores, los benchmarks elegidos fueron un promedio simple de los resultados del índice económico seleccionado durante el período de calibración utilizado y la utilización del índice S&P 500 como factor en la regresión.

Se ocuparon los indicadores MSE y MAE descritos en la Sección 2.3.2.2, para poder comparar a los resultados de los factores entre sí y con los benchmarks. En las tablas de resultados se muestran un  $\Delta$ MSE y  $\Delta$ MAE los cuales son la diferencia entre el benchmark y el factor cuando la columna lleva el nombre de PVaR o CATFIN y es la diferencia entre PVaR menos CATFIN cuando el nombre de la columna lleva el nombre Factores. También se obtuvo un coeficiente de determinación el cual fue calculado mediante la diferencia entre 1 y el cociente de la suma al cuadrado de los errores del factor y la suma al cuadrado de los errores del benchmark. Por último se aplico el test Diebold Mariano descrito en el Anexo A8 para comparar si había diferencias significativas entre lo pronosticado por los benchmarks y los factores que se encuentra en las dos últimas columnas de las tablas de resultados.

La Tabla A13 muestra los resultados obtenidos para CFNAI de la cual se observa que los factores logran una mejor predicción que los benchmarks al obtener valores positivos en las columnas  $\Delta$ MSE y  $\Delta$ MAE. La columna  $\Delta$ MSE Factores muestra dos valores positivos y dos valores negativos los cuales representan que en dos ocasiones PVaR obtuvo una menor cantidad de errores que CATFIN y en otras dos PVaR obtuvo más errores que CATFIN. Los valores de  $\Delta$ MAE Factores sólo tiene resultados negativos lo que indica que los errores de CATFIN fueron mayores que los de PVaR. Con los valores de  $R^2$  sucede lo mismo que para el indicador MSE y esto hace sentido ya que la forma de calcular el indicador y el coeficiente de determinación son similares. Por último los resultados del test Diebold Mariano son buenos para ambos factores en los dos benchmarks ya que en todos los períodos se rechaza la hipótesis nula con al menos un 95% de confianza, es decir las predicciones realizadas por los factores son más precisas que las de los benchmarks. Ambos factores de riesgo sistémico logran predecir de buena manera a CFNAI, pero es PVaR el que logra una mejor predicción al obtener una menor cantidad de errores que CATFIN para el indicador MAE. Este resultado viene a confirmar lo que se había obtenido para de análisis *In-sample* de CFNAI para la predicción a un mes en el futuro.

**Tabla 4.6: Resultados análisis Out-of-sample: CFNAI**

Las tablas muestran las diferencias entre el benchmark y los factores de riesgo sistémico para los indicadores MSE y MAE en las columnas que llevan los nombres PVaR y CATFIN, también se muestra la diferencia entre PVaR y CATFIN para los mismos indicadores en las columnas que llevan el nombre Factores. Las siguientes dos columnas muestran el valor de  $R^2$  el cual es calculado como la diferencia entre 1 y el cociente de la suma al cuadrado de los errores del factor y la suma al cuadrado de los errores del benchmark. En las últimas dos columnas de cada tabla se muestran los resultados del test Diebold Mariano entre el benchmark y los factores. Todos los factores de riesgo sistémico fueron estandarizados para tener media cero y varianza unitaria. Código de significancia \* '0,05'; \*\* '0,01'; \*\*\* '0,001',

**Benchmark: Promedio**

Tiempo de calibración del modelo	$\Delta$ MSE PVaR	$\Delta$ MSE CATFIN	$\Delta$ MSE Factores	$\Delta$ MAE PVaR	$\Delta$ MAE CATFIN	$\Delta$ MAE Factores	$R^2$ PVaR	$R^2$ CATFIN	DM PVaR	DM CATFIN
3 años	0,211	0,214	0,003	0,096	0,090	-0,006	0,235	0,238	2,232*	2,567*
4 años	0,260	0,241	-0,018	0,117	0,095	-0,022	0,269	0,250	2,371*	2,377*
5 años	0,255	0,242	-0,013	0,105	0,082	-0,023	0,265	0,251	3,110**	3,298***
6 años	0,190	0,212	0,013	0,075	0,066	-0,009	0,236	0,252	2,345*	2,810**

**Benchmark: S&P 500**

Tiempo de calibración del modelo	$\Delta$ MSE PVaR	$\Delta$ MSE CATFIN	$\Delta$ MSE Factores	$\Delta$ MAE PVaR	$\Delta$ MAE CATFIN	$\Delta$ MAE Factores	$R^2$ PVaR	$R^2$ CATFIN	DM PVaR	DM CATFIN
3 años	0,093	0,096	0,003	0,039	0,033	-0,006	0,119	0,122	1,315	1,465
4 años	0,175	0,157	-0,018	0,096	0,074	-0,022	0,198	0,178	2,145*	2,049*
5 años	0,273	0,260	-0,013	0,134	0,111	-0,023	0,279	0,266	3,127**	3,126**
6 años	0,242	0,255	0,013	0,109	0,100	-0,009	0,273	0,288	2,875**	3,155**

El análisis *Out-of-sample* también se realizó para el Índice de producción industrial y este se puede ver en el Anexo A9. Los resultados para este índice muestran que CATFIN obtiene menores errores que PVaR para el indicador MSE, pero mayores errores para MAE. Los valores de  $R^2$  de CATFIN son todos más grandes que los de PVAR. CATFIN obtiene mejores resultados que PVaR en ambos benchmarks. Por último los valores obtenidos en el test Diebold Mariano muestran que la predicción realizada por PVaR no logra diferenciarse de la realizada por los benchmarks debido, en cambio CATFIN obtiene valores del test que indican que la predicciones realizadas por el factor son distintas a las de los benchmarks con más de un 95 % .

### 4.3. Análisis

A continuación se realizará un análisis de los resultados obtenidos. En una primera instancia se analizarán a los sectores de CFNAI, su relación con el índice de producción industrial y luego con los factores de riesgo sistémico. Luego se analizarán los resultados de forma global, como estos pueden ser utilizados y para quién los factores pueden ser un aporte.

#### 4.3.1. Sectores CFNAI

En el sector de producción e ingresos del CFNAI (Anexo A6, Tabla A1) se obtienen resultados bastante similares a los conseguidos por el índice de producción industrial en la Tabla 4.2. Al comparar las dos tablas se puede observar que en la primeras tres columnas donde sólo se considera al factor en ambos resultados PVaR es el factor con mayor importancia económica, significancia estadística y valor de  $R^2$ . En las siguientes tres columnas se mantiene esta tendencia de la relevancia de PVaR, con una disminución de la importancia económica, la significancia estadística y un aumento en el valor del coeficiente de determinación. En la columnas VII, VIII y IX se aprecia como CATFIN se potencia con la entrada de las variables de control, pero no le alcanza para superar a PVaR. Por último en la columna X, PVaR se afianza como el factor más significativo en ambos resultados. Estas similitudes en los resultados se pueden atribuir a la composición del sector de CFNAI. El sector producción e ingresos está compuesto en un 65 % por indicadores del sector industrial, por lo que hay una gran probabilidad de que exista una alta correlación entre la composición del índice de producción industrial y la del sector producción e ingresos del CFNAI. Esta similitud entre los resultados del índice y del sector le entrega consistencia y coherencia a los resultados obtenidos con los factores de riesgo sistémico.

El sector de consumo personal y vivienda es el único índice o sector donde el factor ASRF obtiene resultados significativos en todas las especificaciones y logra ser el factor más importante en el análisis *In sample*. Esta relevancia que obtiene este factor para este sector específico del índice CFNAI podría tener relación con los elementos que componen a este sector. Casi la mitad de los indicadores de este sector son bienes raíces de todo Estados Unidos y el resto de los indicadores se reparten en; el consumo de bienes duraderos y no duraderos; consumo de vehículos motorizados y ventas del retail. El factor de riesgo ASRF

está compuesto por instituciones financieras del sector bancario, bienes raíces, aseguradoras y sector comercial. Esta similitud de composición puede explicar el porqué el factor está altamente relacionado con este sector de CFNAI en particular. Los otros dos factores también están contruidos con información de empresas del sector financiero, pero sólo ASFR ocupa el *leverage* de esas empresas. Este último indicador está construido a partir de la medida de riesgo sistémico, SRISK, la cual ocupa los balances de las empresas financieras para ser calculada por lo que esto podría otorgarle una mayor relación al factor de riesgo con el sector consumo personal y vivienda de CFNAI.

Como ya se señaló, ASFR sólo es significativo sobre el sector de consumo personal y vivienda y al no tener mayor relevancia sobre los otros sectores de CFNAI pierde significancia sobre este índice económico. Aún cuando este factor sólo es significativo para este sector específico de CFNAI entrega más información que CATFIN. El sector de consumo y vivienda es de los más relevantes debido a que muestra como se está comportando la economía a nivel local, además de ser uno de los componentes principales del GDP de Estados Unidos. Dadas estas razones ASFR podría ser útil si se quisiese predecir índices relacionados con el consumo y vivienda y querer ver cómo se va comportar la economía a nivel local.

Las interpretaciones que nacen a partir de los resultados de los sectores de CFNAI es que en general se comportan como el índice en sí, lo cual es bastante lógico. El único que no lo hace es el sector de consumo personal y vivienda que se relaciona más con el factor ASFR. El resto de los sectores no tiene indicadores que estén relacionados con la composición de alguno de los factores de riesgo. Esto podría explicar el porqué no obtienen  $R^2$  tan altos como los del sector de consumo.

### 4.3.2. Análisis Global

Ya con los resultados de los índices producción industrial, CFNAI y todos los sectores que componen a CFNAI se propone hacer un análisis más global sobre los factores. Es importante mencionar que Allen et al. (2012) al realizar regresiones de series de tiempo similares a la desarrolladas por este trabajo de memoria, encontraron que el coeficiente de regresión de CATFIN para el índice CFNAI fue negativo y fuertemente significativo. Observando la columnas II, V y VIII de la Tabla 4.3 y las columnas I, II y III de la predicción a tres meses en el futuro de la Tabla 4.5 se puede confirmar que CATFIN obtuvo coeficientes de regresión de negativos y altamente significativos. Al obtener los mismos sentidos o direcciones que los autores de una medida ya probada le entregan una mayor solidez a los resultados obtenidos por los factores de riesgo sistémico utilizados.

Se puede observa a lo largo de todos los resultados obtenidos, cómo los valores del factor PVaR se alteran cuando en la regresión se consideran las variables económicas y financieras de control. PVaR logra obtener un coeficiente de regresión mayor y en algunos casos también aumentar su valor del estadístico t cuando a la regresión se le agregan estas variables de control. Se debe mencionar que el indicador es siempre significativo cuando se considera al factor por si sólo (columna I de los resultados) o con los retrasos de la variable dependiente en la regresión (columna IV de los resultados). Debido a esta razón es que se descarta que el poder predictivo del indicador se deba por la multicolinealidad del indicador con las medidas.

Además la Tabla 4.1 muestra que no hay una alta correlación entre PVaR y las variables de control.

El sector de consumo personal y vivienda del CFNAI es la única variable dependiente donde CATFIN no logra ser significativo para la regresión X. Esto quiere decir que tanto ASRF como PVaR absorben la información que entrega el indicador de riesgo creado por Allen et al. (2012). Esto queda demostrado ya que se observa en la Tabla 4.4, cómo CATFIN es el factor más fuerte en la segunda especificación de regresión, pero ya cuando se agregan las variables de control empieza a perder relevancia y finalmente cuando se agregan los otros dos factores de riesgo sistémico CATFIN desaparece. Este resultado es muy interesante ya que los dos factores propuestos por este trabajo de título logran predecir de mejor forma al sector de consumo personal y vivienda y capturar la información entregada por CATFIN. Esta medida que fue publicada en una de las revistas financiera más prestigiosa a nivel mundial por lo que poder obtener mejores resultados que CATFIN es relevante.

De los resultados del análisis *In sample* se aprecia que PVaR no logra ser significativo para una predicción a tres meses en el futuro en ninguno de los resultados. En cambio CATFIN obtiene resultados estadística y económicamente significativos los cuales lo convierten en un mejor factor para la predicción a un tiempo más largo que un mes en el futuro.

El análisis *Out of sample* muestra que PVaR vuelve a ser el factor más importante para la predicción del índice CFNAI al obtener una menor cantidad de errores que CATFIN y resultados más precisos que los benchmarks utilizados. Esto es coherente con lo encontrado en el análisis *In sample* a un mes en el futuro donde es PVaR el factor que más destaca para CFNAI.

El resultado más importante obtenido en este capítulo del trabajo de memoria fue lograr identificar a PVaR como el factor de riesgo más relevante en todas las regresiones de series de tiempo que buscaban predecir a un mes en el futuro. Este factor fue significativo en todas las regresiones realizadas, es más, cuando se realizaron regresiones en conjunto a los otros indicadores siempre logró destacar. Algo que se debe mencionar es que PVaR logró ser más significativo que CATFIN en todas las regresiones que los factores se testearon juntos. Además en el análisis *Out of sample* a un mes en el futuro para el CFNAI también se logra imponer sobre CATFIN. Este resultado tiene gran importancia, dado a que en el trabajo publicado por Allen et al. (2012) uno de los resultados principales que obtienen los autores es la buena predicción que tiene CATFIN de CFNAI. Además como ya se señaló la forma de realizar los cálculos fue muy similar por lo que adquiere aun más relevancia el resultado obtenido por PVaR.

Una de las razones por la cual PVaR obtiene mejores resultados que CATFIN y ASRF puede estar relacionado con la forma como se construye este factor. Como ya se menciono PVaR es un promedio de métodos de calcular VaR pertenecientes a la familia GARCH (EWMA, GARCH y tGARCH), por lo cual se adapta mejor a los shocks de información que constantemente está recibiendo el mercado. Al poder asimilar la información de mejor manera el indicador puede predecir de mejor forma lo que sucederá con el índice económico seleccionado.

Se decidió profundizar los resultados obtenidos para PVaR por lo que resolvió testear

el método del VaR promedio de la familia GARCH sobre el índice S&P 500. Se eligió este índice ya que otorga una mirada global del mercado accionario estadounidense y porque es más simple de obtener y calcular. Los resultados obtenidos son cualitativamente similares a los que se obtuvo ocupando el portafolio financiero de Fama French. Esto significa que el PVaR al ser calculado con el S&P 500 obtiene resultados significativos en todas las regresiones realizadas y sigue consiguiendo coeficientes de regresión con mayor importancia económica y estadísticos t más significativos que el de los factores ASRF y CATFIN. Eso si hay que señalar que los resultados obtenidos con el portafolio financiero son más significativos que los que se alcanzan con el S&P 500. Los resultados obtenidos por PVaR con el S&P 500 le otorgan al factor una mayor versatilidad y robustez, esto permite que PVaR se vuelva un indicador mucho más atractivo para la predicción de índices económicos.

PVaR destaca por sobre los otros dos factores debido a lo simple que es de calcular y además, de entregar resultados igual o más significativos que una medida probada como CATFIN. Estas podrían ser razones de sobra para que un regulador decidiese probar el factor. Pero esto no es todo ya que PVaR otorga una mayor versatilidad al poder utilizar a el portafolio financiero de Fama French o el índice S&P 500 para realizar el cálculo del factor, además con ambas formas de construir el factor se obtienen resultados significativos. Por último se estima que el ahorro de tiempo y de recursos que puede generar el calcular el PVaR y su versatilidad versus otros indicadores puede ser algo que llame la atención de más de algún analista.

Finalizando el análisis, se considera que los resultados obtenidos en este capítulo del trabajo de título podrían generar interés en los reguladores del mercado. Esto se debe a que con dos nuevos factores de riesgo sistémicos se puede conseguir mayor información sobre índices de actividad económica. El factor ASRF puede aportar información sobre el sector de consumo de CFNAI. En cambio PVaR puede predecir de gran forma al CFNAI a un mes en el futuro mediante análisis *in sample* como *out of sample*.

# Capítulo 5

## Corte Transversal

### 5.1. Construcción del Modelo de Fama-MacBeth

#### 5.1.1. Regresiones

El análisis de corte transversal realizado para los factores de riesgo sistémico requiere la implementación de regresiones Fama-MacBeth. Como se señaló en el capítulo dos del presente trabajo de título estas regresiones constan de dos partes; la primera en que se deben realizar regresiones lineales entre las variables dependientes, en este caso distintos set de activos económicos, y las variables independientes, los factores de riesgo sistémico, para determinar la relación entre ellos (valor de  $\beta$ ). El segundo paso es regresar el promedio del exceso de retorno de los activos contra los  $\beta$ 's estimados en la primera parte para el período de tiempo a considerar. Se realizaron seis especificaciones de regresión distintas para poder obtener una mayor cantidad de información. A continuación se detallarán las distintas especificaciones utilizadas, y ambos pasos de la regresión Fama-MacBeth.

La primera especificación utilizada consideró solamente a los factor de riesgo sistémico como variable independiente, las ecuaciones 5.1 y 5.2 muestran los dos pasos de la metodología Fama-MacBeth para esta especificación.

$$r_{p,s,t} = \alpha_{j,p,s,t} + \beta_{j,p,s}F_{j,t} + u_{j,p,s,t} \quad (5.1)$$

Donde  $r_{p,s,t}$  es el retorno en el mes  $t$  del activo  $s$  del set de activos  $p$ ,  $\alpha$  es la constante de la ecuación,  $\beta$  es el coeficiente de regresión que se quiere encontrar,  $F$  es el valor del factor  $j$  que se quiere testear y  $u$  es el error asociado.

$$H_0 : \mathbb{E}[R_{p,s}] = \lambda_0 + \lambda_{j,p}\beta_{F_{j,p,s}} + e_{j,p,s} \quad (5.2)$$

La hipótesis nula  $H_0$  consiste en asumir que el premio asociado al factor de riesgo  $j$  es cero aquí  $\mathbb{E}[R_{p,s}]$  denota el exceso de retorno promedio para el activo  $s$  del set  $p$ ,  $\lambda_0$  es la constante de la regresión,  $\lambda_{j,p}$  es el premio asociado al factor  $j$  en el set  $p$ ,  $\beta_{F_{j,p,s}}$  es el coeficiente calculado en la regresión 5.1 y  $e_{j,p,s}$  es el error atribuido a la regresión.

El resto de las especificaciones son muy similares, lo único que varía es la cantidad de variables de control que se utilizan. Se decidió representar a las distintas regresiones Fama-MacBeth en dos ecuaciones, una para cada paso. Las ecuaciones 5.3 y 5.4 dejan esto más claro.

$$r_{p,s,t} = \alpha_{j,p,s,t} + \beta_{j,p,s}F_{j,t} + \sum_{l=1}^L \beta_{l,p,s}C_{l,t} + u_{j,p,s,t} \quad (5.3)$$

Donde  $\beta_{l,p,s}$  es el coeficiente de regresión buscado para la variable de control  $l$  y  $C$  es el valor de la variable de control  $l$ .

$$H_0 : \mathbb{E}[R_{p,s}] = \lambda_0 + \lambda_{j,p}\beta_{F_{j,p,s}} + \sum_{l=1}^L \lambda_{l,p}\beta_{C_{l,p,s}} + e_{j,p,s} \quad (5.4)$$

En la ecuación 5.4  $\lambda_{l,p}$  es el premio asociado a la variable de control  $l$  y  $\beta_{C_{l,p,s}}$  es el coeficiente calculado en la regresión 5.3.

En la segunda especificación se considera sólo una variable de control por lo que el valor de  $L$  es uno, en la tercera y en la cuarta especificación se utilizan dos variables de control por lo que el el valor de  $L$  es dos y finalmente en la quinta y sexta especificación el valor de  $L$  es tres ya que se utilizan tres variables de control. La sexta especificación además, tiene otra modificación y es que esta regresión utiliza un período de tiempo más corto al considerar los meses presentes entre los años 1975 y 2006.

El coeficiente de regresión más relevante es  $\lambda$  para los tres factores de riesgo sistémico, se espera que este coeficiente de regresión sea negativo para los todos factores. La intuición detrás de esto tiene relación con que si se considera un activo  $i$  que obtenga un valor de beta elevado significará que este tendrá retornos elevados cuando el factor de riesgo sistémico sea alto. Entonces, inversionistas aversos al riesgo demandarán este tipo de activo para protegerse del riesgo sistémico, por lo tanto, en promedio estos activos tendrán retornos más bajos. Para que un inversionista se quede con un activo que rindiera mal en períodos de alto riesgo sistémico, éste demandará una compensación, por lo que el retorno promedio de este tipo de activos debiera ser mayor. Toda esta intuición se traduce en que betas altos significan retornos promedios bajos y betas bajos tienen retornos promedios altos. Finalmente, al realizar la regresión del activo  $i$  con el beta se espera ver una relación negativa entre el valor del beta y el retorno del activo  $i$ , y esto se verá reflejado en un valor negativo del coeficiente de la regresión de corte transversal.

### 5.1.2. Datos

Los datos que se utilizarán serán los factores de riesgo sistémico como variables independientes y sets de activos económicos como variable dependientes de las regresiones Fama-MacBeth. El primer set seleccionado fueron 450 acciones del sector financiero del mercado

estadounidense, todas estas compañías alguna vez integraron el S&P 100. El segundo set fueron los 25 portafolios de Fama French extraídos de la pagina web de Keneth French. Ambos sets consideran 456 observaciones las que van desde 1975 hasta el 2012 y para la especificación seis serán 384 ya que considera el período desde 1975 hasta el 2006. Por último los valores de  $p$  de las distintas ecuaciones serán las acciones del sector financiero y los 25 portafolios de Fama French, en cambio los valores de  $j$  serán ASRF, CATFIN y PVaR.

### 5.1.3. Variables de Control

Las variables de control utilizadas fueron las consideradas por el modelo de tres factores de Fama y French (1993). Estas variables son el premio por riesgo de mercado ( $R_m - r_f$ ); el tamaño de la firma (SMB) y su ratio valor libro a valor de mercado del patrimonio (HML). Todos estos datos fueron extraídos de la pagina web de Keneth French. Por lo tanto los valores de  $l$  serán estas variables ya mencionadas.

La Tabla 5.1 muestra la correlación existente entre los factores y las variables de control. Se puede apreciar que no hay ninguna correlación alta entre las variables de control y los factores de riesgo sistémico o las variables de control y ellas mismas. Esto permite mostrar que cada variable de control seleccionada busca vigilar aspectos distintos de los factores.

	ASRF	CATFIN	PvaR	$R_m - r_f$	SMB	HML
ASRF	1	0,443	0,481	-0,100	-0,039	-0,098
CATFIN	0,443	1	0,553	-0,427	-0,290	-0,061
PvaR	0,481	0,553	1	-0,103	-0,030	-0,107
$R_m - r_f$	-0,100	-0,427	-0,103	1	0,271	-0,298
SMB	-0,039	-0,290	-0,030	0,271	1	-0,246
HML	-0,098	-0,061	-0,107	-0,298	-0,246	1

**Tabla 5.1: Correlación variables de control regresiones Fama-MacBeth**  
La tabla muestra la correlación entre los factores de riesgo sistémico y las variables de control utilizadas en el análisis de corte transversal.

## 5.2. Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos para las regresiones Fama-MacBeth utilizando los distintos set de activos económicos. Primero se muestran los resultados obtenidos para las 450 acciones del sector financiero con su respectivo análisis. Luego se presentan los resultados obtenidos para los 25 portafolios de Fama-French más una reflexión de estos resultados. Finalmente se realiza una discusión sobre los resultados obtenidos. La discusión de los resultados se basa en los coeficientes de regresión estimados, su significancia estadística y su  $R^2$  ajustado. Para ayudar la interpretación de coeficientes de regresión estimados, de todos los factores de riesgo sistémico fueron estandarizados para tener la mismas unidades en sus medidas.

### 5.2.1. Acciones del Sector Financiero

Las Tablas 5.2, 5.3 y 5.4 muestran los resultados obtenidos para las acciones del sector financiero utilizando a los tres factores de riesgo sistémico. La especificación F sólo considera al factor de riesgo sistémico como variable independiente (ver ecuación 5.1 y 5.2). En cambio la especificación F1, además de considerar al factor, utiliza al premio por riesgo de mercado como variable de control dentro de las variables independientes de la ecuación (ver ecuaciones 5.3 y 5.4 considerando a  $L$  con valor igual a uno). Las especificaciones F2 y F2b consideran los mismos aspectos que F1 solamente que agregan como variable de control en el caso de F2 a SMB y en el caso de F2b a HML (ver ecuaciones 5.3 y 5.4 considerando a  $L$  con valor igual a dos). Finalmente las regresiones 75-12 y 75-06 consideran al factor de riesgo sistémico más todas las medidas de control ya utilizadas, en la misma regresión (ver ecuaciones 5.3 y 5.4 considerando a  $L$  con valor igual a tres).

	<b>F</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F2b</b>	<b>75-12</b>	<b>75-06</b>
<b>ASRF</b>	0,704 (4,39***)	0,539 (3,39***)	0,441 (2,776**)	0,439 (2,759**)	0,386 (2,426*)	0,287 (2,481*)
$R_m - r_f$		-0,090 (-0,409)	-0,260 (-1,182)	-0,161 (-0,733)	-0,249 (-1,132)	-0,123 (-0,529)
<b>SMB</b>			0,095 (0,628)		0,121 (0,804)	0,026 (0,153)
<b>HML</b>				0,130 (0,869)	-0,037 (-0,248)	-0,016 (-0,095)
<b>Adj. <math>R^2</math></b>	0,241	0,106	0,092	0,072	0,068	0,017

**Tabla 5.2: Resultados regresiones Fama-Macbeth para las acciones del sector financiero utilizando el factor ASRF**

La tabla muestra los coeficientes de regresión de seis especificaciones distintas de regresión Fama-MacBeth, donde la variable dependiente fueron siempre acciones del sector financiero. La columna F consideran cómo variable independiente al factor de riesgo elegido solamente. En la columna F1 se agregó a la regresión como variable de control el premio por riesgo de mercado. La siguiente columna (F2) considera dos variables de control, las cuales son  $R_m - r_f$  y el tamaño de la compañía (SMB). La columna F2b también considera dos variables de control las cuales son el premio por riesgo de mercado y el factor creado por Fama y French (1993) HML. Las últimas dos columnas utilizan todas las variables de control y su única diferencia es el período de tiempo que consideran, mientras que la columna 75-12 considera los meses entre los años 1975 y 2012, la columna 75-06 considera el tiempo entre 1975 y 2006. Todos los factores de riesgo sistémico fueron estandarizados para tener las misma unidades. Código de significancia \* '0,05'; \*\* '0,01'; \*\*\* '0,001'.

Observando más en detalle los resultados de la Tabla 5.2 se puede apreciar que al contrario de la intuición que se tenía en un principio todos los valores de los coeficientes de regresión del factor de riesgo sistémico ASRF fueron positivos. Esto quiere decir que mientras más relación tenga un activo con el factor (mayor valor de  $\beta$ ) se espera que tenga mayor exceso de retorno. También se observa que en la columna F de la tabla, es donde ASRF obtuvo el coeficiente de regresión más alto, estadístico t más significativo y el valor de  $R^2$  más grande. La regresión F es la que tiene una mayor importancia económica, debido a que es la que obtiene el mayor premio por riesgo con un 0,704% mensual sobre el activo libre de riesgo. Otro aspecto a destacar de los resultados es que al agregar las medidas de control a la regresión, el

coeficiente de regresión, el estadístico t de ASRF y el valor de  $R^2$  van disminuyendo, teniendo sus valores más bajos en la regresión que considera a todas las medidas (75-12). Al comparar los resultados de la regresión que toma el período completo de tiempo y la regresión que va desde 1975 hasta 2006, se tiene que el coeficiente de regresión es más grande en la primera regresión por casi un 0,1 %, pero la segunda regresión tiene un t estadístico levemente mayor. Observando las regresiones que utilizan las variables de control se puede apreciar que ninguna variable es significativa y que el valor del premio por riesgo de mercado es negativo lo que no tiene ningún sentido económico. Por último los valores del coeficiente  $R^2$  en todas las regresiones son bastante pequeños exceptuando la regresión F. Además hay que destacar que el  $R^2$  de la regresión 75-12 es menor al que se obtiene de la regresión F, esto llama la atención debido a que la regresión que considera más factores obtiene un menor valor de coeficiente de determinación.

	<b>F</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F2b</b>	<b>75-12</b>	<b>75-06</b>
<b>CATFIN</b>	0,333 (0,62)	1,072 (2,006*)	2,174 (4,052***)	1,275 (2,385*)	1,975 (3,68***)	1,734 (3,43***)
$R_m - r_f$		0,052 (0,237)	-0,084 (-0,382)	-0,091 (-0,409)	-0,125 (-0,565)	0,020 (0,086)
<b>SMB</b>			0,184 (1,211)		0,190 (1,263)	0,143 (0,839)
<b>HML</b>				0,314 (2,110*)	0,117 (0,779)	0,105 (0,635)
<b>Adj. <math>R^2</math></b>	0,006	0,048	0,215	0,08	0,179	0,137

**Tabla 5.3: Resultados regresiones Fama-Macbeth para las acciones del sector financiero utilizando el factor CATFIN**

La tabla muestra los coeficientes de regresión de seis especificaciones distintas de regresión Fama-MacBeth, donde la variable dependiente fueron siempre acciones del sector financiero. La columna F consideran como variable independiente al factor de riesgo elegido solamente. En la columna F1 se agregó a la regresión como variable de control el premio por riesgo de mercado. La siguiente columna (F2) considera dos variables de control, las cuales son  $R_m - r_f$  y el tamaño de la compañía (SMB). La columna F2b también considera dos variables de control las cuales son el premio por riesgo de mercado y el factor creado por Fama y French (1993) HML. Las últimas dos columnas utilizan todas las variables de control y su única diferencia es el período de tiempo que consideran, mientras que la columna 75-12 considera los meses entre los años 1975 y 2012, la columna 75-06 considera el tiempo entre 1975 y 2006. Todos los factores de riesgo sistémico fueron estandarizados para tener las mismas unidades. Código de significancia \* '0,05'; \*\* '0,01'; \*\*\* '0,001'.

La Tabla 5.3 muestra los resultado obtenidos para CATFIN, donde nuevamente se obtienen coeficientes de regresión positivos para el factor de riesgo. Al igual que lo sucedido con los resultados de ASRF una mayor relación con el factor de riesgo por parte de los activos significará un mayor exceso de retorno. De los resultados obtenidos destaca que la regresión F no obtuvo un estadístico t significativo además de un coeficiente de regresión bastante bajo. La regresión más importante para CATFIN resulta ser F2 ya que es donde el factor obtiene el mayor premio por riesgo, el estadístico t más significativo y el valor de  $R^2$  más alto. La importancia económica obtenida por F2 es elevada ya que se obtiene un premio de un 2,174 % mensual sobre la tasa libre de riesgo. Al contrario a lo ocurrido en la Tabla 5.2 las variables de control potencian a CATFIN a volverse más significativo y obtener un mayor coeficiente de regresión. Se puede apreciar como la variable de control HML es significativa para la regresión

F2b y la variable de control  $R_m - r_f$  vuelve a tener coeficientes de regresión negativos en tres de las cinco regresiones que está presente. En cuanto al resto de los coeficientes de determinación vale la pena mencionar que nuevamente regresiones con menos variables obtienen un valor de  $R^2$  más alto que aquellas que tienen más variables.

	<b>F</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F2b</b>	<b>75-12</b>	<b>75-06</b>
<b>PVaR</b>	0,237 (2,471*)	0,181 (1,899)	0,206 (2,104*)	0,136 (1,43)	0,174 (1,828)	0,175 (3,528***)
$R_m - r_f$		0,025 (0,112)	-0,166 (-0,750)	-0,107 (-0,486)	-0,167 (-0,758)	0,039 (0,168)
<b>SMB</b>			0,134 (0,881)		0,161 (1,071)	0,077 (0,449)
<b>HML</b>				0,187 (1,256)	-0,033 (-0,218)	-0,050 (-0,303)
<b>Adj. <math>R^2</math></b>	0,283	0,082	0,122	0,054	0,088	0,680

**Tabla 5.4: Resultados regresiones Fama-Macbeth para las acciones del sector financiero utilizando el factor PVaR**

La tabla muestra los coeficientes de regresión de seis especificaciones distintas de regresión Fama-MacBeth, donde la variable dependiente fueron siempre acciones del sector financiero. La columna F consideran cómo variable independiente al factor de riesgo elegido solamente. En la columna F1 se agrega a la regresión como variable de control el premio por riesgo de mercado. La siguiente columna (F2) considera dos variables de control, las cuales son  $R_m - r_f$  y el tamaño de la compañía (SMB). La columna F2b también considera dos variables de control las cuales son el premio por riesgo de mercado y el factor creado por Fama y French (1993) HML. Las últimas dos columnas utilizan todas las variables de control y su única diferencia es el período de tiempo que consideran, mientras que la columna 75-12 considera los meses entre los años 1975 y 2012, la columna 75-06 considera el tiempo entre 1975 y 2006. Todos los factores de riesgo sistémico fueron estandarizados para tener las mismas unidades. Código de significancia \* '0,05'; \*\* '0,01'; \*\*\* '0,001'.

En los resultados obtenidos para PVaR, de la Tabla 5.4, se observa que al igual que en los otros dos factores de riesgo todos los coeficientes de regresión del factor son positivos, lo que no cumple con lo que es esperaba en un comienzo. El mayor premio por riesgo y el valor de  $R^2$  más alto se obtienen al considerar sólo al factor de riesgo en la regresión (F), además esta regresión tiene el segundo coeficiente con estadístico t más significativo detrás del que obtiene la regresión 75-06. La importancia económica de la especificación F con un premio de 0,237% mensual sobre la tasa libre de riesgo, es menor a la obtenida en los otros dos factores de riesgo. Otra característica presente en los resultados es que cuando se consideran las variables de control en las regresiones disminuye el coeficiente de regresión y el estadístico t de PVaR. Se observa que ninguna de las variables de control logra ser significativa y que la variable  $R_m - r_f$  vuelve a tener coeficientes positivos y negativos. Otro resultado a destacar para este factor, es que la regresión de 75-06 obtiene un coeficiente de regresión mayor y una significancia mayor que los resultado de la regresión 75-12. Por último si se revisan los valores de  $R^2$  se podrá observar que la regresión F, que utiliza la menor cantidad de variables, obtiene un valor más alto que el resto de las regresiones que consideran un mayor número de variables.

## 5.2.2. 25 Portafolios de Fama French

Las Tablas 5.5, 5.6 y 5.7 que se muestran a continuación son los resultados obtenidos al realizar distintas especificaciones de regresiones Fama-MacBeth utilizando a los 25 portafolios de Fama French como variable dependiente y a los factores de riesgo sistémico como variables independientes. Las especificaciones de las tablas son las mismas que se detallaron en los resultados de las acciones del sector financiero de la sección anterior.

	<b>F</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F2b</b>	<b>75-12</b>	<b>75-06</b>
<b>ASRF</b>	2,132 (3,068**)	1,435 (2,131*)	0,335 (0,543)	2,657 (2,877**)	1,089 (1,95*)	0,510 (1,217)
$R_m - r_f$		-1,400 (-2,132*)	-1,725 (-4,819***)	-0,957 (-2,239*)	-1,458 (-4,171***)	-1,508 (-3,830***)
<b>SMB</b>			0,203 (1,208)		0,156 (0,933)	0,205 (1,106)
<b>HML</b>				0,332 (2,109*)	0,334 (2,182*)	0,444 (2,582*)
<b>Adj. <math>R^2</math></b>	0,431	0,719	0,909	0,764	0,921	0,93

**Tabla 5.5: Resultados regresiones Fama-Macbeth para los 25 portafolios de Fama French utilizando el factor ASRF**

La tabla muestra los coeficientes de regresión de seis especificaciones distintas de regresión Fama-MacBeth, donde la variable dependiente fueron siempre los 25 portafolios de Fama French. La columna F consideran cómo variable independiente al factor de riesgo elegido solamente. En la columna F1 se agrego a la regresión como variable de control el premio por riesgo de mercado. La siguiente columna (F2) considera dos variables de control, las cuales son  $R_m - r_f$  y el tamaño de la compañía (SMB). La columna F2b también considera dos variables de control las cuales son el premio por riesgo de mercado y el factor creado por Fama y French (1993) HML. Las últimas dos columnas utilizan todas las variables de control y su única diferencia es el período de tiempo que consideran, mientras que la columna 75-12 considera los meses entre los años 1975 y 2012, la columna 75-06 considera el tiempo entre 1975 y 2006. Todos los factores de riesgo sistémico fueron estandarizados para tener las misma unidades. Código de significancia \* '0,05'; \*\* '0,01'; \*\*\* '0,001'.

Al observar los resultados del factor ASRF, en la Tabla 5.5, se tiene que al igual a lo sucedido en las acciones del sector financiero todos los coeficientes de regresión fueron positivos. Como ya se mencionó esto demuestra una relación positiva entre los betas obtenidos en la primera ecuación de Fama-MacBeth y los excesos de retorno de los activo. Se puede apreciar que en la regresión F se encuentra el coeficiente de regresión con el estadístico t más significativo y el segundo con mayor importancia económica. Se observa claramente cuando se agrega el exceso de retorno del mercado a la regresión los valores del coeficiente de regresión y el estadístico t disminuyen, además si se agrega la medida SMB los valores disminuye aun más, esto se puede apreciar en la regresión F2. Vale la pena mencionar que cuando se considera al factor de riesgo más las variables de control HML y el exceso de retorno del mercado (F2b) se obtiene el mayor coeficiente de regresión. El premio por riesgo que obtiene está regresión es bastante alto debido a que es un 2,657% mensual por sobre el activo libre de riesgo.

Se aprecia claramente que las variables de control  $R_m - r_f$  y HML tienen relevancia en las regresiones que están presentes, ya que obtienen coeficientes de regresión con estadísticos

t significativos. Otro resultado a destacar es que la regresión 75-06 no obtiene resultados significativos además de un coeficiente de regresión bastante pequeño. Por último los valores del coeficiente  $R^2$  obtenidos para todas las regresiones de este factor, son bastante elevados debido a que se encuentran todos por sobre el 45 % y llegan a un porcentaje sobre el 93 % para la columna 75-12. A diferencia a lo que sucedió en los resultados anteriores aquí si la regresión que incluyó más variables obtuvo un coeficiente de determinación más alto.

	<b>F</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F2b</b>	<b>75-12</b>	<b>75-06</b>
<b>CATFIN</b>	2,732 (2,366*)	-0,414 (-0,338)	2,225 (1,498)	-0,942 (-0,710)	3,497 (2,358*)	2,040 (1,339)
$R_m - r_f$		-1,645 (-4,608***)	-1,757 (-4,764***)	-1,902 (-4,588***)	-1,623 (-4,231***)	-1,702 (-4,079***)
<b>SMB</b>			0,243 (1,405)		0,329 (2,104*)	0,341 (1,933)
<b>HML</b>				0,198 (1,262)	0,269 (1,751)	0,369 (2,192*)
<b>Adj. <math>R^2</math></b>	0,107	0,623	0,913	0,732	0,931	0,924

**Tabla 5.6: Resultados regresiones Fama-Macbeth para los 25 portafolios de Fama French utilizando el factor CATFIN**

La tabla muestra los coeficientes de regresión de seis especificaciones distintas de regresión Fama-MacBeth, donde la variable dependiente fueron siempre los 25 portafolios de Fama French. La columna F consideran cómo variable independiente al factor de riesgo elegido solamente. En la columna F1 se agrego a la regresión como variable de control el premio por riesgo de mercado. La siguiente columna (F2) considera dos variables de control, las cuales son  $R_m - r_f$  y el tamaño de la compañía (SMB). La columna F2b también considera dos variables de control las cuales son el premio por riesgo de mercado y el factor creado por Fama y French (1993) HML. Las últimas dos columnas utilizan todas las variables de control y su única diferencia es el período de tiempo que consideran, mientras que la columna 75-12 considera los meses entre los años 1975 y 2012, la columna 75-06 considera el tiempo entre 1975 y 2006. Todos los factores de riesgo sistémico fueron estandarizados para tener las misma unidades. Código de significancia \* '0,05'; \*\* '0,01'; \*\*\* '0,001'.

Los resultados de CATFIN se muestran en la Tabla 5.6 de los cuales se puede apreciar que no todos los coeficientes de regresión para el factor de riesgo son positivos como era lo que se había obtenido en los resultados anteriores. Los coeficientes negativos se obtienen en las regresiones F1 y F2b, pero sus t estadísticos no logran ser significativos lo que no permitiría rechazar la hipótesis nula, de que sus coeficientes de regresión sean iguales a cero. Esto es extraño debido a todos los otros resultados hasta el momento que fueron todos positivos, pero al no ser significativos no tienen tanta importancia.

Otros resultados que se destacan para CATFIN son que sólo obtiene dos regresiones que logran obtener un t estadístico significativo. Estas son las regresiones F y 75-12, donde la primera es la que obtiene un mayor t estadístico y la segunda obtiene el mayor premio por riesgo. El premio por riesgo obtenido por CATFIN es de casi un 3,5 % mensual sobre la tasa libre de riesgo, lo cual podría ser interesante para los inversionistas. Se ve claramente como la variable de control  $R_m - r_f$  es significativa para todas las especificaciones en que está presente y que al incluir la variable SMB en las regresiones (F2 y 75-12) cambia el signo del coeficiente de regresión de CATFIN. La variable SMB logra afectar de gran medida al factor de riesgo, hasta logra ser significativa para la regresión 75-12. La regresión F obtiene un valor

de un 10 % en su coeficiente de determinación ajustado, pero a medida que se agregan las variables de control los valores de  $R^2$  van aumentando llegando hasta un 93,1 % cuando se consideran todas la variables de control en la regresión 75-12.

	<b>F</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F2b</b>	<b>75-12</b>	<b>75-06</b>
<b>PVaR</b>	1,100 (3,651***)	0,628 ( 2,047*)	0,310 (1,084)	0,607 (2,4*)	0,575 (2,238*)	0,186 (1,39)
$R_m - r_f$		-1,214 (-3,387***)	-1,606 (-4,427***)	-1,239 (-3,529***)	-1,295 (-3,607***)	-1,257 (-3,068**)
<b>SMB</b>			0,228 (1,350)		0,286 (1,787)	0,338 (1,879)
<b>HML</b>				0,112 (0,688)	0,280 (1,834)	0,411 (2,458*)
<b>Adj. <math>R^2</math></b>	0,490	0,646	0,920	0,629	0,941	0,939

**Tabla 5.7: Resultados regresiones Fama-Macbeth para los 25 portafolios de Fama French utilizando el factor PVaR**

La tabla muestra los coeficientes de regresión de seis especificaciones distintas de regresión Fama-MacBeth, donde la variable dependiente fueron siempre los 25 portafolios de Fama French. La columna F consideran cómo variable independiente al factor de riesgo elegido solamente. En la columna F1 se agrego a la regresión como variable de control el premio por riesgo de mercado. La siguiente columna (F2) considera dos variables de control, las cuales son  $R_m - r_f$  y el tamaño de la compañía (SMB). La columna F2b también considera dos variables de control las cuales son el premio por riesgo de mercado y el factor creado por Fama y French (1993) HML. Las últimas dos columnas utilizan todas las variables de control y su única diferencia es el período de tiempo que consideran, mientras que la columna 75-12 considera los meses entre los años 1975 y 2012, la columna 75-06 considera el tiempo entre 1975 y 2006. Todos los factores de riesgo sistémico fueron estandarizados para tener las misma unidades. Código de significancia \* '0,05'; \*\* '0,01'; \*\*\* '0,001'.

La Tabla 5.7 muestra los resultados obtenidos para PVaR, nuevamente todos los coeficientes de regresión para el factor de riesgo fueron nuevamente todos positivos. La regresión que obtiene el coeficiente de regresión y estadístico t más elevado para el factor de riesgo es la regresión F, la cual sólo considera al factor de riesgo. El premio por riesgo del factor en esa regresión es de 1,1 % mensual sobre la tasa libre de riesgo y es la especificación con mayor relevancia económica para PVaR. Al igual que en ASRF a medida que se consideran las variables de control el valor del coeficiente de regresión y del estadístico t del factor de riesgo disminuyen, la variable de control que logra la mayor disminución es SMB. La variable  $R_m - r_f$  es significativa en todas las regresiones en donde es considerada y tiene un valor negativo lo cual no tiene un sentido económico. Al revisar la regresión 75-06 se obtiene que no es significativa y su coeficiente de regresión es el más bajo de todos los resultados de PVaR, además es en la única regresión para este factor donde la variable de control HML es significativa. Los valores de  $R^2$  son bastante elevados ya que todos están arriba de un 40

### 5.3. Análisis

A continuación se realizará un análisis de los resultados obtenidos de tendrá dos partes. En la primera se analizarán los resultados obtenidos por los tres factores de riesgo sistémico

en los dos sets de activos utilizados. Luego se realizará un análisis global de los resultados y se intentará encontrar una explicación de cómo se puede ocupar y a quien le pueden servir los resultados obtenidos.

### 5.3.1. Factores de Riesgo Sistémico

Los resultados obtenidos para el factor ASRF se muestran en las Tablas 5.2 y 5.5. Lo primero que resalta de los resultados, para las acciones del sector financiero, es que ASRF obtiene resultados significativos en todas las regresiones realizadas. En cambio para los 25 portafolios no se obtiene el mismo resultado, sólo cuatro de las seis regresiones son significativas. Hay que destacar que ningún otro factor obtiene un resultado como el de ASRF para las acciones del sector financiero. Esta gran significancia del factor con el set de activos puede estar relacionado con que gran parte de las acciones presentes en la variable dependiente fueron utilizadas para la creación del ASRF. Aún cuando CATFIN y PVaR también están constituidos por acciones del sector financiero ninguno de los dos factores tiene una conexión tan directa como la de ASRF con las acciones de utilizadas para crear el set de activos.

Al observar más detalladamente los resultados de CATFIN en la Tablas 5.3 y 5.6 se puede apreciar que este factor se hace más significativo a medida que se le agregan las variables de control. En la Tabla 5.3, de las acciones del sector financiero, el factor por sí sólo no logra ser significativo (columna F), pero cuando se le agregan las variables de control si llega a ser relevante. En cambio cuando se ocupa a los 25 portafolios como variable dependiente al agregar todas las medidas de control se obtiene el coeficiente de regresión con mayor importancia económica. La variable de control que afecta en mayor magnitud a CATFIN es la de capitalización bursátil (SMB), en ambos sets se ve como este factor propuesto por Fama y French (1993) hace que el factor de riesgo sistémico incremente su premio por riesgo y su valor del estadístico t en comparación a la regresión F1.

Los resultados PVaR se muestran en las Tablas 5.4 y 5.7 se puede observar que a diferencia de CATFIN la inclusión de las variables de control hacen disminuir sus resultados. Se puede observa como en ambas tablas como la regresión F es la que obtiene la mayor importancia económica. A medida que se van agregando las variables de control el coeficiente de regresión va disminuyendo. En los resultados para las acciones del sector financiero se aprecia como la variable HML es la que más afecta al factor, pero para los resultados de los 25 Portafolios la variable SMB es la que hace disminuir más el coeficiente de regresión de PVaR.

### 5.3.2. Análisis Global

Al comparar los resultados obtenidos para las acciones del sector financiero y los 25 portafolios de Fama French se pueden llegar a diversas interpretaciones. Lo primero que resalta es que en ambos sets de activos los factores de riesgo sistémico mantuvieron un comportamiento constante. El factor de riesgo que obtuvo los premios por riesgo más grande y por ende una mayor importancia económica fue CATFIN, seguido por ASRF y en último lugar PVaR. Otro aspecto a destacar es que ASRF fue el factor que obtuvo un mayor número de regresiones

significativas entre los dos sets de activos, en cambio los otros dos factores obtienen la misma cantidad de regresiones significativas.

Un resultado que se aprecia en ambos sets de activos y en los tres factores, fue que generalmente el coeficiente de regresión más elevado o el estadístico  $t$  más significativo provenían de la regresión que sólo consideraba al factor de riesgo (F). Este resultado parece ser razonable, ya que permite demostrar que los resultados obtenidos para los diferentes factores de riesgo sistémico no son por obra de la alta correlación que existe entre el factor y las medidas de control. La excepción a esto es la regresión F de CATFIN para las acciones del sector financiero (Tabla 5.2), donde el premio por riesgo y el estadístico  $t$  son los más pequeños.

Los valores de  $R^2$  varían bastante entre los dos sets de activos, por una parte los 25 portafolios obtienen valores muy altos sobre un 90 % en algunos casos, mientras que las acciones del sector financiero no superan el 30 %. La razón de esta diferencia se debe a la cantidad de activos presentes en cada set, en el caso de las acciones del sector financiero se tienen 450 acciones, en cambio los 25 portafolios tienen la cantidad de activos que indica su nombre. La diferencia de magnitud en la cantidad de activos que se prueban en cada regresión tiene relación directa con el valor del coeficiente de determinación. Otro aspecto a destacar es que los valores de  $R^2$  en las acciones del sector financiero no se cumple la condición de que a mayor cantidad de variables independientes en una regresión mayor será el valor del coeficiente de determinación. En este sets de activos ocurre lo contrario la regresión con menor cantidad de variables independientes es la que obtiene un mayor valor de  $R^2$ . La razón de este resultado podría estar relacionado con que las regresiones Fama-MacBeth tienen dos pasos en donde se realizan dos regresiones en la cual se perdería la condición de a mayor cantidad de variables en la ecuación mayor coeficiente de determinación. Por lo que para las acciones del sector financiero el factor por si sólo puede explicar más que cuando se ocupan las variables de control en la regresión.

Exceptuando los coeficiente de regresión de CATFIN para las regresiones F1 y F2b de la Tabla 5.6, el resto de los premios por riesgo para los tres factores de riesgo sistémico fueron positivos, se puede determinar que existe una relación positiva entre el exceso de retorno promedio y los factores de riesgo sistémico. Esto muestra una coherencia en los resultados obtenidos para los factores de riesgo sistémico, ya que en los tres factores se obtuvo una relación directa entre el beta y el exceso de retorno promedio, es decir a mayor beta o relación con el factor se espera un mayor exceso de retorno promedio.

Los resultados obtenidos muestran que la intuición explicada en un comienzo no tiene sentido. Es más se obtiene todo lo contrario, un activo que tenga una correlación mayor con un factor de riesgo sistémico obtendrá retornos por sobre el mercado. El razonamiento descrito anteriormente podría ser explicado mediante los resultados que obtuvieron Allen et al. (2012) para CATFIN. Los autores utilizan un modelo de *Asset Pricing* ICAMP condicional, donde asumen que CATFIN se comporta como un precio en marco del ICAMP condicional. Allen et al. (2012) deciden probar si la exposición variable en el tiempo de los activos al riesgo sistémico y de mercado, puede predecir los retornos de esos activos en períodos futuros. Los resultados obtenidos fueron, coeficientes de regresión altamente significativo y fuertemente positivo para el retorno del riesgo de mercado. En el caso del riesgo sistémico se obtuvo un coeficiente de regresión significativamente positivo. Estos resultados indican que se espera

que los portafolios o activos de que tengan mayor sensibilidad a los aumentos de CATFIN obtendrán mayores retornos en el próximo período.

La explicación que dan Allen et al. (2012) sobre el por qué de los signos de los resultados obtenidos para CATFIN no es muy clara, los autores hacen algunos supuestos que no son evidentes para poder justificar los resultados obtenidos. Aún cuando no es el mismo método de *Asset Pricing* y no se entiende bien la explicación dada, los hallazgos de CATFIN realizados por Allen et al. (2012), podrían servir para poder confirmar que la dirección o sentido de los resultados obtenidos en este trabajo de memoria siguen la misma línea de los resultados que ya se han obtenido antes. Es difícil de encontrar alguna explicación intuitiva de los resultados obtenidos por el método de *Asset Pricing* Fama-Macbeth.

Se esperaba que los tres factores de riesgo obtuvieran resultados significativos en la totalidad o en la gran mayoría de las regresiones, como fue el caso de ASRF para las acciones del sector financiero, pero esto no ocurrió. Es llamativo que CATFIN sólo obtenga dos regresiones significativas para los 25 portafolios de Fama French y PVaR obtenga tres en las acciones del sector financiero, estos resultados le quitan solidez a los resultados obtenidos. Es más se advierte que con la introducción de algunas de las variables de control los factores de riesgo sistémico pierden la significancia de sus resultados, en cambio con otras variables se obtienen resultados más significativos. Este efecto también contribuiría a que los resultados obtenidos perdieran solidez, el caso más crítico es el de CATFIN, primero en el set de activos de las acciones del sector financiero donde sólo obtiene significancia cuando se le agregan las medidas de control, y segundo en los 25 portafolios obtiene premios por riesgo negativos cuando se ocupan distintas medidas de control. El que las medidas de control tengan tanta influencia sobre los resultados obtenidos da para pensar. Tal vez si se hubiesen considerado otras medidas de control como por ejemplo; la volatilidad del mercado o la tasa de interés los resultados serían distintos. Puede ser que tal vez haya información que los factores de riesgo sistémico no capturen y que la inclusión de diversas variables de control altere la información que capturan los factores y por ende los resultados. Esto establece que los resultados obtenidos pueden depender de que variables de control se utilicen.

Finalizando el análisis se tiene que los resultados obtenidos para las regresiones de corte transversal para los distintos factores de riesgo sistémico discreparon con la intuición que se tenía en un comienzo. Por lo que se buscó una explicación para los resultados obtenidos mediante otro método de *Asset Pricing* pero no pareció ser muy convincente. Se piensa que la variables de control pueden tener un alto impacto en los resultados obtenidos, es decir que los resultados que se obtengan van a depender más de la variables de control que de los factores de riesgo sistémico utilizado. Estas diversas razones muestran que no es evidente el cómo a los inversionistas o reguladores pueden utilizar estos factores de riesgo sistémico y que premios pueden obtener de ellos. Esto se debe a que dependiendo de las variables de control que se consideren para el análisis se obtendrán diferentes resultados.

# Capítulo 6

## Conclusiones

El principal objetivo de esta memoria era analizar si era posible extraer información de tres factores de riesgo sistémico aplicados sobre índices económicos y activos financieros. Para cumplir con este objetivo se construyeron los tres factores de riesgo sistémico, los cuales fueron utilizados como variables independientes en regresiones de series de tiempo y Fama-MacBeth. Con el primer tipo de regresión se busco el poder predecir índices económicos, mientras con la segunda se trato de encontrar un premio por riesgo asociado al riesgo sistémico sobre distintos activos económicos.

Lo primero que se realizó fue la construcción de los factores de riesgo sistémico los cuales fueron llamados ASRF, PVaR y CATFIN. Los dos primeros factores requirieron del cálculo de medidas de riesgo como SRISK y VaR. Para el tercer factor se utilizó la medida de riesgo sistémico CATFIN como factor de riesgo, esta medida fue probada en el trabajo de Allen et al. (2012), por lo cual no hubo necesidad de calcularla sólo se pidió prestada.

Los resultados obtenidos para SRISK mostraron que esta medida fue creciendo con el paso del tiempo hasta que se elevó considerablemente para la crisis subprime entre los años 2007 y 2009. Además se observa que hay un antes y un después del año 1990 en donde se empieza a notar una mayor alza en el valor del factor. Se calcularon tres tipos de VaR ( $VaR_{EWMA}$ ,  $VaR_{GARCH}$  y  $VaR_{tGARCH}$ ) en las cuales se observa una mayor volatilidad que SRISK. Las subidas y bajadas que experimentan las medidas son de mayor magnitud durante los períodos de recesión. En estas medidas de riesgo también se observa un antes y un después del año 1990 las alzas y las bajas de los valores de estas medidas son de mayor magnitud después del año señalado.

El cálculo de ASRF consideró una metodología similar a la empleada por Fama y French (1993) para el cálculo de su medida HML, pero utilizando la medida de riesgo sistémico SRISK. Por otra parte para realizar el cálculo de PVaR solo se consideró el promedio simple entre las tres formas de VaR calculadas. Los resultados obtenidos para los tres factores de riesgo sistémico fueron relativamente similares. En los tres se observó un comportamiento de subidas y bajadas en los valores del eje Y a través del tiempo muy similar a lo que es un gráfico de ruido. En los tres factores se puede apreciar que para casi todos los períodos marcados por recesiones o crisis se observa un alza del factor seguido por una baja. Además, al igual que en las medidas de riesgo se observa un antes y un después del año 1990 en donde las subidas y bajadas de los valores de los factores son de mayor magnitud después de 1990.

Para la realización de las regresiones de series de tiempo se consideraron dos índices de actividad económica para ser testeados, los cuales fueron el índice de producción industrial y el índice de la actividad económica de Estados Unidos, CFNAI, además de estos dos índices se ocuparon los sectores que componían al CFNAI para profundizar los resultados obtenidos. Se utilizaron cuatro especificaciones de regresión para poder determinar qué información se podía extraer de estos índices económicos. Los resultados obtenidos para los dos índices y para tres de los cuatros sectores que componen a CFNAI fueron que el factor que mejor predecía el comportamiento de los índices y sectores fue PVaR seguido por CATFIN, en cambio ASRF no logra ser significativo y por ende predecir. Hay sólo un sector de CFNAI donde no se obtienen estos resultados, este es el sector de consumo personal y vivienda en donde ASRF logra predecir a este sector al igual que PVaR, pero la información entregada por CATFIN es capturada por los otros dos factores. Se profundizaron estos resultados de la series de tiempo mediante un análisis *in sample* a tres meses en el futuro y otro análisis *out of sample* de los resultados obtenidos en una primera instancia. Del primer análisis se obtuvo que los factores PVaR y ASRF no pudieron predecir de buena forma ninguno de los dos índices de actividad económica seleccionados, solamente CATFIN pudo obtener resultados estadísticamente significativos para predicciones de un trimestre en el futuro. Los resultados para la predicción *out of sample* muestran que PVaR puede predecir al índice CFNAI de buena manera a un mes en el futuro. Este factor de riesgo logra obtener mejores resultados que los dos benchmarks seleccionados y que el factor CATFIN.

Los hallazgos encontrados para las regresiones de series de tiempo pueden tener una importancia para los reguladores del sistema financiero, ya que permiten obtener información relevante para los índices económicos seleccionados. Esto se debe, a que se encontró un factor o indicador de riesgo sistémico, PVaR, que puede obtener resultados iguales o mejores que una medida ya probada como es CATFIN. Además de este resultado el factor posee ventajas como por ejemplo que obtiene buenos resultados para análisis *out of sample*, es un indicador versátil, ya que puede utilizar al portafolio financiero de Fama French o el índice S&P 500 para su construcción y obtener resultados significativos con ambas formas. Otra ventaja que tiene es que es fácil de calcular y podría generar ahorros tanto en el costo como en el tiempo de estimación. La última ventaja a destacar de PVaR es que al utilizar la métodos de la familia GARCH en la estimación de VaR logra obtener una mejor asimilación de los shocks información que recibe el mercado. Los resultados y las ventajas encontradas para PVaR son los grandes argumentos de por qué este factor de riesgo sistémico puede empezar a llamar la atención de reguladores para poder estar atento a futuras recesiones económicas.

En las regresiones de Fama-MacBeth se utilizó a 450 compañías del sector financiero y a los 25 Portafolios de Fama French como sets de activos para lograr obtener información de los factores de riesgo sistémico. Para lograr este objetivo se realizaron seis especificaciones de regresión distintas. Los resultados obtenidos mostraron que existe una relación positiva entre los factores de riesgo y el exceso de retorno de los distintos activos, esto quiere decir que a mayor relación con cualquier factor de riesgo se espera un mayor exceso de retorno. Otro resultado que debe destacar es que los tres factores obtienen resultados distintos según las variables de control consideradas, no hay un patrón de comportamiento. Dentro de los resultados que se obtuvieron en ambos sets de activos se destaca que CATFIN fue el factor que obtuvo los mayores premios por riesgo, seguidos por ASRF y en último lugar PVaR.

No se hace tan evidente encontrar una intuición detrás de la relación directa que existe entre los factores de riesgo y el exceso de retorno de los activos que se obtuvo de las regresiones Fama-MacBeth. Aún cuando los resultados siguen el sentido de los resultados encontrados por Allen et al. (2012) para CATFIN tampoco se logra encontrar una razón del porqué de los resultados. Además que no haya un comportamiento definido de los factores de riesgo en las distintas especificaciones, demuestra que los resultados dependen más de las variables de control elegidas que de los mismos factores en sí. Estos hallazgos no permiten obtener información que sea relevante para reguladores o inversionistas ya que no se puede seguir algún patrón de comportamiento de los factores. Por último un factor que puede ayudar a entender el porqué no se logra obtener información relevante es que durante el período de tiempo elegido para trabajar se experimentan pocas recesiones o eventos negativos para la economía. Se detallan seis eventos negativos para la economía en entre los años 1975 y 2012 y solamente la crisis subprime de 2007-2009 genera un impacto tan grande sobre los factores durante un período de tiempo tan largo.

De la totalidad de resultados obtenidos se puede concluir que los factores de riesgo sistémico elegidos si pueden predecir índices económicos, pero no pueden predecir recesiones. Los factores de riesgo entregan premios por riesgo en las regresiones Fama-MacBeth. Los tres factores de riesgo pueden ser útiles para reguladores ya que los tres pueden predecir algún índice o sector de un índice. En el caso de los inversionistas no se ve de manera clara como los resultados obtenidos pueden serles de utilidad ya que los resultados de las regresiones Fama-MacBeth no otorgan intuiciones que sean claras de aplicar.

La determinación de sólo un factor de riesgo con los mejores resultados se hace complicada, debido a que los tres factores obtuvieron diversos resultados. PVaR obtiene muy buenos resultados para las regresiones de series de tiempo, pero su resultados en el regresiones Fama-MacBeth no son optimos, ya que obtiene los premios por riesgos más bajos entre los tres factores. En cambio CATFIN obtiene buenos resultados para las regresiones de series de tiempo y los premios por riesgo más alto para las regresiones Fama-MacBeth, pero este último resultado se ve afectado por qué variables de control son incluidas. Por último ASRF no obtiene buenos resultados para las regresiones predictivas, pero es el factor que obtiene un mayor número de regresiones significativas y el que obtiene los segundos mayores premios por riesgo en las regresiones Fama-MacBeth. Además la poca claridad de los resultados de las regresiones Fama-MacBeth dificultan aun más esta determinación. Lo que sí se puede determinar fácilmente es que PVaR fue el factor que entregó mejores resultados en las regresiones predictivas sobre los índices de actividad económica.

Finalmente, se puede decir que se cumplió con todos los objetivos propuesto en un principio. La principal conclusión conseguida por el trabajo realizado es que si es posible conseguir información de los tres factores de riesgo sistémico aplicados sobre índices y activos económicos. Aún cuando sólo la información obtenida por las regresiones de series de tiempo puede ser utilizada, lo encontrado para las regresiones Fama-MacBeth puede aportar al mundo del conocimiento y la próxima vez que alguien quiera investigar sobre este tema podrá partir un escalón más arriba.

# Bibliografía

- [1] C. Acerbi and D. Tasche. Expected Shortfall: a natural coherent alternative to Value at Risk. *Bank for International Settlements*, Mayo 2001.
- [2] V. Acharya, R. Engle, and M. Richardson. Capital shortfall: A new approach to ranking and regulating systemic risk. *American Economic Review*, 2012.
- [3] V. Acharya, L. Pedersen, T. Philippon, and M. Richardson. Measuring Systemic Risk. *Department of Finance, Stern School of Business, New York University*, Noviembre 2009.
- [4] T. Adrian and M. Brunnermeier. CoVaR. *Federal Reserve Bank of New York Staff Reports*, Septiembre 2011.
- [5] C. Alexander. *Handbook of Finance, F. J. Fabozzi*, volume 1, chapter Moving average models for volatility and correlation. 2008.
- [6] L. Allen, T. Bali, and Y. Tang. Does Systemic Risk in the Financial Sector Predict Future Economic Downturns? *Oxford University Press on behalf The Society for Financial Studies*, Junio 2012.
- [7] A. Ang, R. Hodrick, Y. Xing, and X. Zhang. The Cross-Section of Volatility and Expected Returns. *Journal of Finance*, 1, Diciembre 2006.
- [8] M. Billio, M. Getmansky, A. Lo, and L. Pelizzon. Econometric measures of systemic risk in the finance and insurance sectors. *National Bureau of Economics*, Julio 2010.
- [9] D. Bisias, M. Flood, A. Lo, and S. Valavanis. A Survey of Systemic Risk Analytics. Technical report, Office of Financial Research, U.S Department of Treasury, Enero 2012.
- [10] T. Bollerslev. Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31(3):307–327, 1986.
- [11] C. Brownlees and R. Engle. Volatility, correlation and tails for systemic risk measurement. *Department of Finance, Stern School of Business, New York University*, Octubre 2012.
- [12] Chicago Fed National Activity Index. CFNAI Historical (Real-Time) Data. [http://www.chicagofed.org/webpages/research/data/cfnai/historical\\_data.cfm/](http://www.chicagofed.org/webpages/research/data/cfnai/historical_data.cfm/), 2014. Visitado Mayo 5, 2014.
- [13] J. Cochrane. *Asset Pricing*. Graduate School of Business, University of Chicago, 4th

- edition, 2000.
- [14] J. Danielsson, K. James, M. Valenzuela, and I. Zer. Model Risk of Risk Models. *www.RiskResearch.org*, Abril 2014.
  - [15] J. Danielsson and H. S. Shin. Endogenous risk. In Modern Risk Management. *urlwww.RiskResearch.org*, Septiembre 2003.
  - [16] F. X. Diebold and R. S. Mariano. Comparing Predictive Accuracy. *Journal of Business & Economic Statistics*, 13(3):253–263, 1995.
  - [17] E. Fama and K. French. The cross-section of expected stock returns. *Journal of Finance*, 47, Junio 1992.
  - [18] E. Fama and K. French. Common risk factors in the returns on stocks and bonds. *Journal of Finance*, 33, Julio 1993.
  - [19] E. Fama and K. French. The Capital Asset Pricing Model: Theory and Evidence. *Journal of Economic Perspective*, 18, Julio 1996.
  - [20] E. Fama and K. French. The CAPM is Wanted, Dead or Alive. *Journal of Finance*, 51, Diciembre 1996.
  - [21] E. Fama and J. MacBeth. Return, and Equilibrium: Empirical Tests. *Journal of Political Economy*, 81, Mayo 1973.
  - [22] W. Greene. *Econometric Analysis*. Prentice Hall, 5th edition, 2002.
  - [23] P. Jorion. *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*. McGraw Hill, 2nd edition, 2001.
  - [24] Kenneth R. French. Data Library. [http://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/data\\_library.html](http://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/data_library.html), 2014. Visitado Mayo 7, 2014.
  - [25] G. Maturana. Identificación de factores explicativos de las diferencias en los retornos de acciones chilenas. Master’s thesis, Departamento Ingeniería Industrial, Universidad de Chile, Santiago, Chile, 2008.
  - [26] National Bureau of Economics Research. NBER Business Cycle Dates. <http://www.nber.org/cycles.htm>, 2014. Visitado Abril 24, 2014.
  - [27] S. Rachev, J. Hsu, B. Bahasheva, and F. Fabozzi. *Bayesian Methods in Finance*. The Frank J. Fabozzi Series. John Wiley & Sons, Inc., 1st edition, 2008.
  - [28] J. Shanken. On the Estimation of Beta – Pricing Models. *The Review of Financial Studies*, 84, 1992.
  - [29] J. Shanken and G. Zhou. Estimating and testing beta pricing models: Alternative methods and their performance in simulations. *Journal of Financial Economics*, 84, Enero 2007.

- [30] Standard and Poor's. S&P 500. <http://us.spindices.com/indices/equity/sp-500>, 2014. Visitado Mayo 6, 2014.
- [31] I. Welch. The Link Between Fama-French Time-Series Tests and Fama-MacBeth Cross-Sectional Tests. *Social Science Research Network*, Septiembre 2008.
- [32] J. Wooldridge. *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. MIT Press, 2nd edition, 2002.

# Anexos

## A1. MES

El MES requiere establecer algunas técnicas apropiadas para realizar sus cálculos, además de la utilización de la ecuación 2.16. Los autores de esta medida de riesgo consideran que se debe estimar el *capital shortfall* sobre un periodo largo de tiempo (de tres a seis meses) y mediante el método de series de tiempo, calcular el MES sobre un horizonte grande. Para realizar esto Brownlees y Engle (2012) proponen un modelo dinámico bivariado de series de tiempo para retornos diarios de las compañías y el mercado. Una vez que el modelo sea estimado, el proceso puede ser extrapolado para realizar predicciones de MES que se estimen convenientes.

Se considerará  $r_{it}$  como el retorno logarítmico de la  $i$ -ésima compañía y  $r_{mt}$  como el retorno logarítmico del mercado en el día  $t$ . El proceso bivariado se define para las empresas y el mercado como:

$$\begin{aligned} r_{mt} &= \sigma_{mt}\varepsilon_{mt} \\ r_{it} &= \sigma_{it}\rho_{it}\varepsilon_{mt} + \sigma_{it}\sqrt{1 - \rho_{it}^2}\xi_{it} \end{aligned} \tag{A1}$$

$$\varepsilon_{mt}, \xi_{it} \sim F$$

Donde  $\sigma_{mt}$  es la desviación estándar condicional del retorno de mercado,  $\sigma_{it}$  es la desviación estándar condicional del retorno de la compañía  $i$ ,  $\rho_{it}$  es la correlación condicionada entre la empresa  $i$  y el mercado. Los factores  $\varepsilon_{mt}, \xi_{it}$  representan los shocks que mueven a la economía, estos shocks son independientes e idénticamente distribuidos (iid) en el tiempo y tienen media, varianza unitaria y covarianza igual a cero. Por otro lado la distribución  $F$  se deja sin especificación, pero se adoptará un enfoque no paramétrico flexible para la inferencias<sup>22</sup>.

Dado a las ecuaciones 2.16 y A1 el MES de un periodo futuro se puede definir como una función de la volatilidad, correlación y las expectativas de la cola de la distribución de innovaciones estandarizadas.

---

<sup>22</sup>Las especificaciones estocásticas del modelo se completa con una descripción de las dos desviaciones estándar condicionales y la correlación condicional. Los modelos utilizados por los autores son similares a los modelos TARCH y DCC. Para una mayor profundización del asunto consultar el trabajo de Brownlees y Engle (2012).

$$MES_{t-1}(C) = \mathbb{E}_{t-1}[r_{it} | r_{mt} \leq C]$$

$$MES_{t-1}(C) = \sigma_{it} \mathbb{E}_{t-1}(\rho_{it} \varepsilon_{mt} + \sqrt{1 - \rho_{it}^2} \xi_{it} | \varepsilon_{mt} \leq C / \sigma_{mt}) \quad (A2)$$

$$MES_{t-1}(C) = \sigma_{it} \rho_{it} \mathbb{E}_{t-1}(\varepsilon_{mt} | \varepsilon_{mt} \leq C / \sigma_{mt}) + \sigma_{it} \sqrt{1 - \rho_{it}^2} \mathbb{E}_{t-1}(\xi_{it} | \varepsilon_{mt} \leq C / \sigma_{mt})$$

Se define la probabilidad condicionada de que ocurra un evento sistémico como:

$$PoS_t(C) = P_{t-1}(r_{mt} < C) = P(\varepsilon_{mt} < C / \sigma_{mt}) \quad (A3)$$

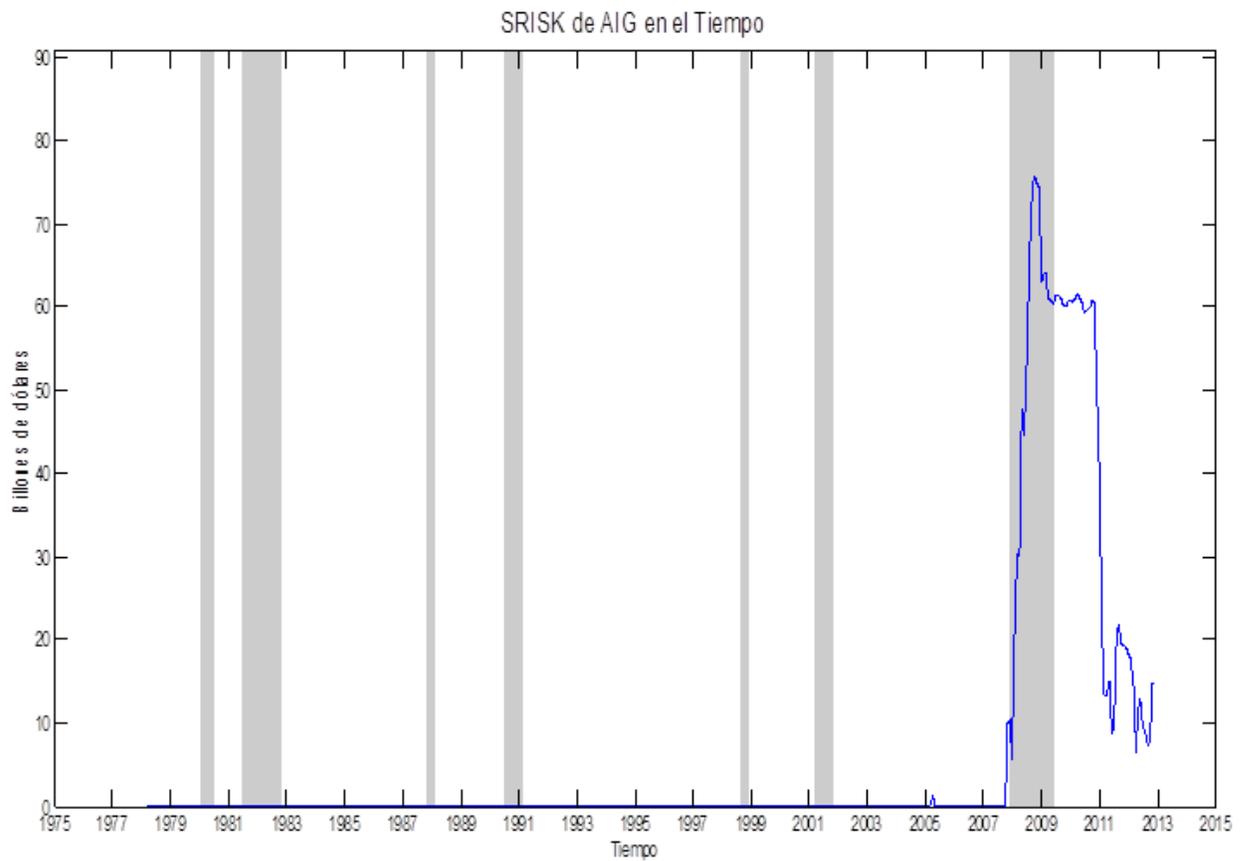
Para las ecuaciones A1 y A2 se asume que la relación entre cada compañía y el mercado es positiva.

Hay que destacar varias cosas, primero que el MES es una función creciente de la volatilidad de la compañía. Dependiendo si la correlación es alta o baja, la fórmula del MES le da más relevancia, a las expectativas de la cola de los residuos estandarizados del mercado o a las expectativas de la cola de los residuos idiosincráticos estandarizados de cada compañía. El segundo término de la ecuación A2 destaca por el supuesto de su dependencia no lineal entre  $\varepsilon_{mt}$  y  $\xi_{it}$ , si esta dependencia fuese capturada completamente por la correlación sería cero.

Segundo el MES se relaciona con el riesgo sistemático del CAPM. Si la data es generada por un modelo de un factor entonces el MES es igual al riesgo sistemático multiplicado por el ES del mercado. El enfoque utilizado por Brownlees y Engle (2012) es más flexible, que la multiplicación del riesgo sistemático con el ES, ya que permite tomar distintos momentos en el tiempo y se centra en la exposición cuando el mercado va a la baja.

Finalmente es importante destacar la implicancias de condicionar el evento sistémico  $C$ . Típicamente el VaR y el ES son expresados en términos condicionales, por lo que el evento condicional es un cuantil de la distribución condicionada de los retornos. En el enfoque clásico la probabilidad de observar el evento condicional es constante, en cambio en el enfoque utilizado por los autores esa probabilidad varía con el tiempo. A mayor volatilidad hay una probabilidad más grande de observar una pérdida por sobre un umbral definido.

## A2. Niveles de SRISK para distintas empresas

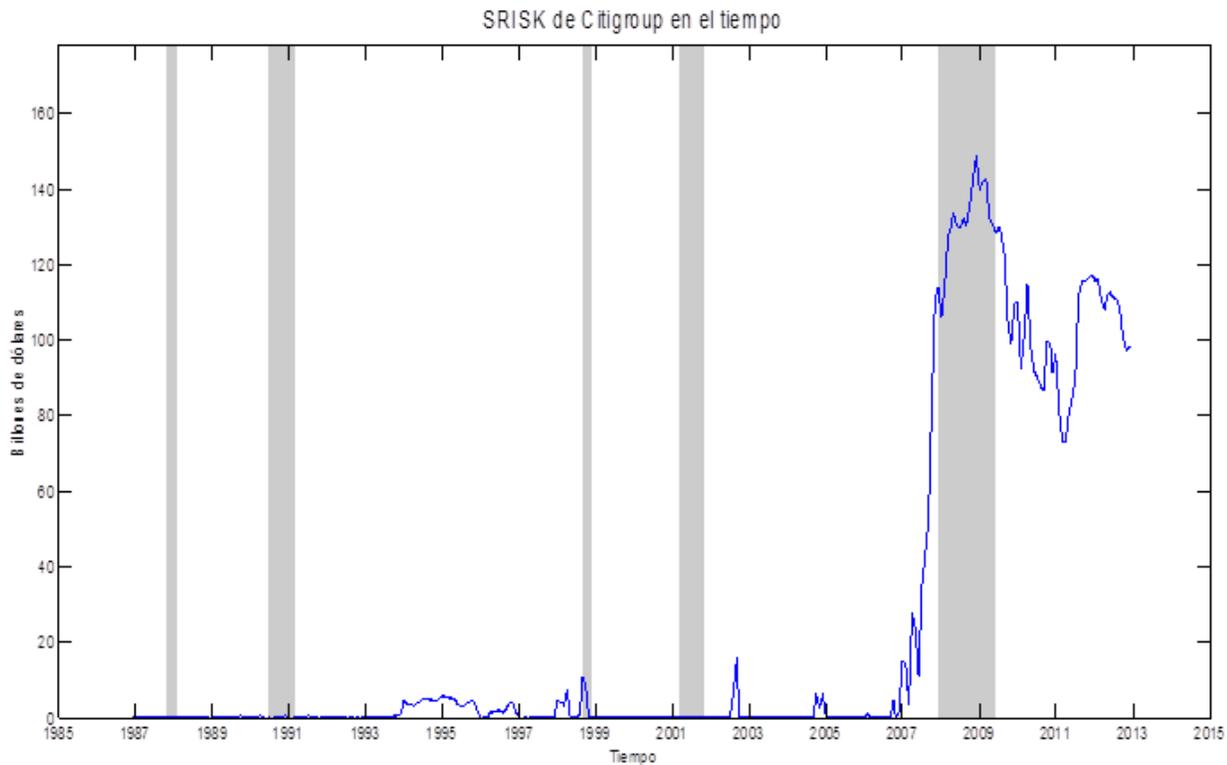


**Figura A1: Nivel de SRISK en el tiempo de AIG**

La figura muestra el valor del SRISK de manera mensual durante los años 1975 y 2012 para AIG. En el eje Y se muestra la cantidad de billones de dólares que se necesitarían inyectar a la empresa para resolver un *capital shortfall* si se entrara en una crisis.

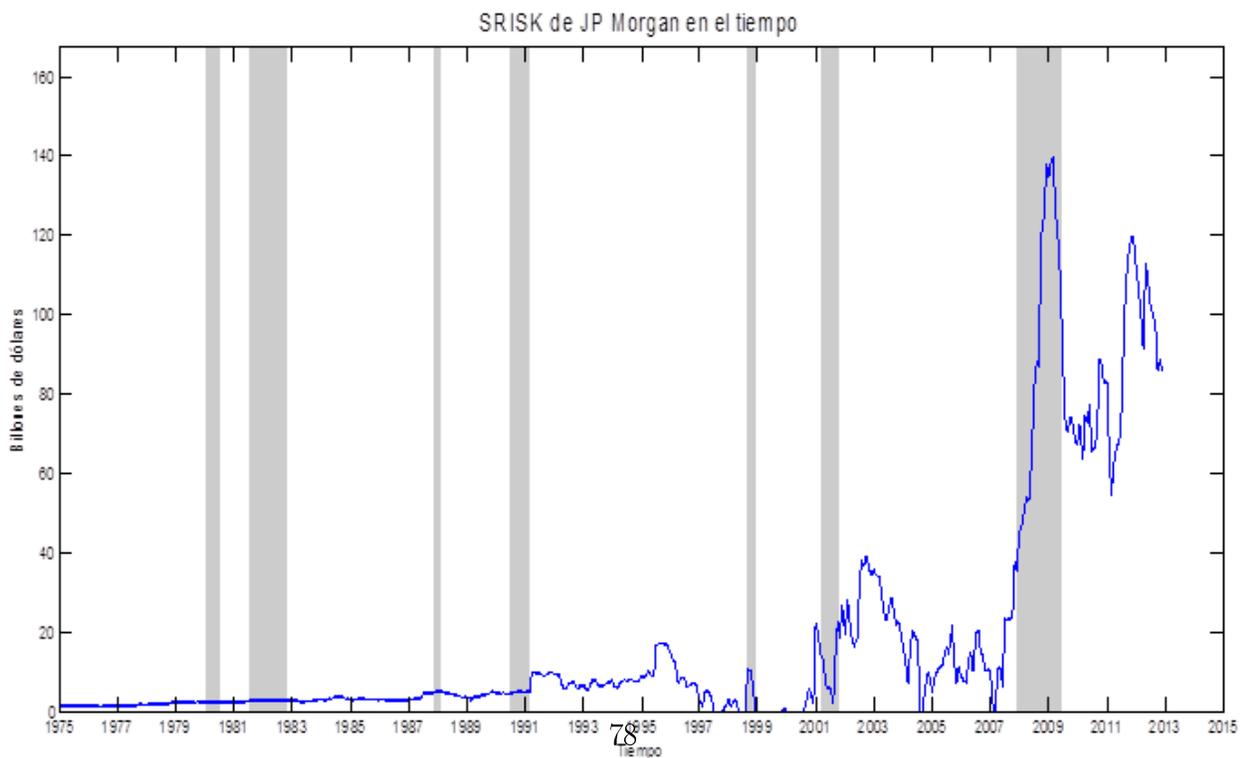
### Figura A2: Nivel de SRISK en el tiempo de Citigroup

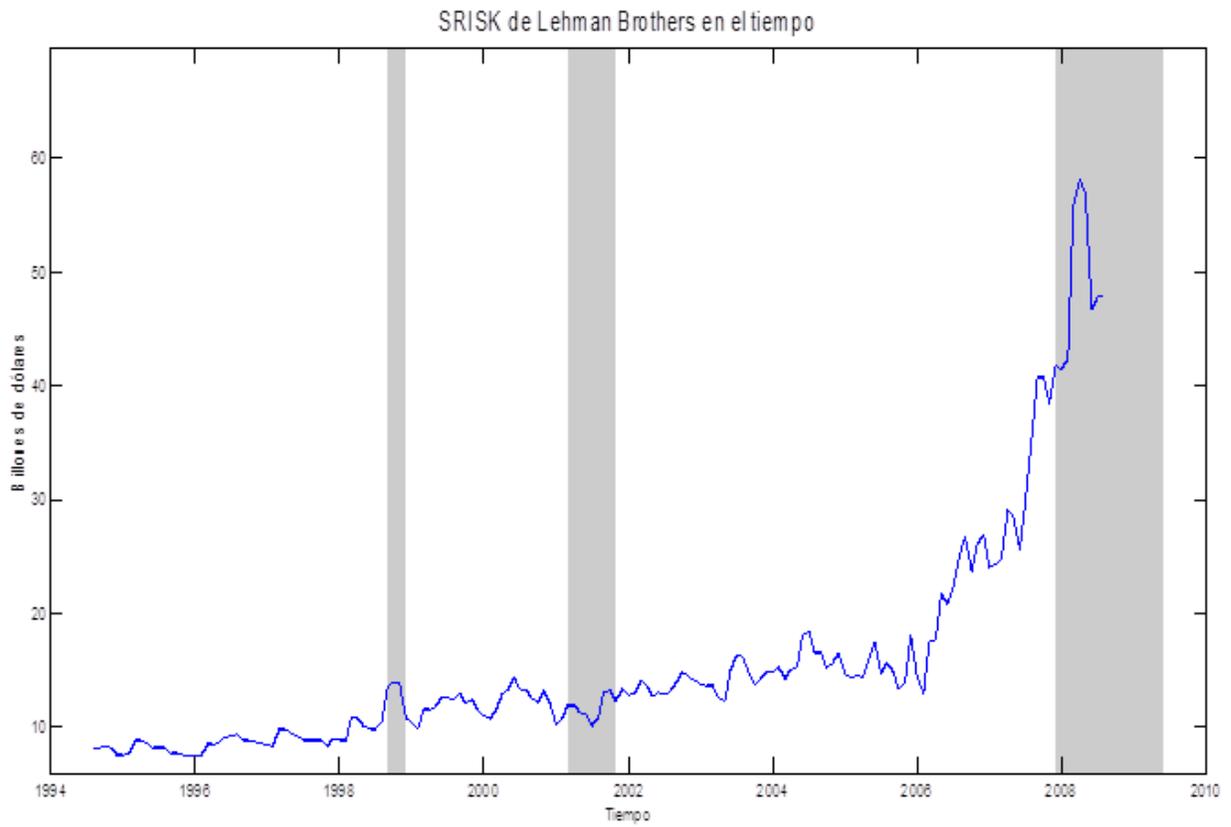
La figura muestra el valor del SRISK de manera mensual durante los años 1975 y 2012 para Citigroup. En el eje Y se muestra la cantidad de billones de dólares que se necesitarían inyectar a la empresa para resolver un *capital shortfall* si se entrara en una crisis.



### Figura A3: Nivel de SRISK en el tiempo de JP Morgan

La figura muestra el valor del SRISK de manera mensual durante los años 1975 y 2012 para JP Morgan. En el eje Y se muestra la cantidad de billones de dólares que se necesitarían inyectar a la empresa para resolver un *capital shortfall* si se entrara en una crisis.

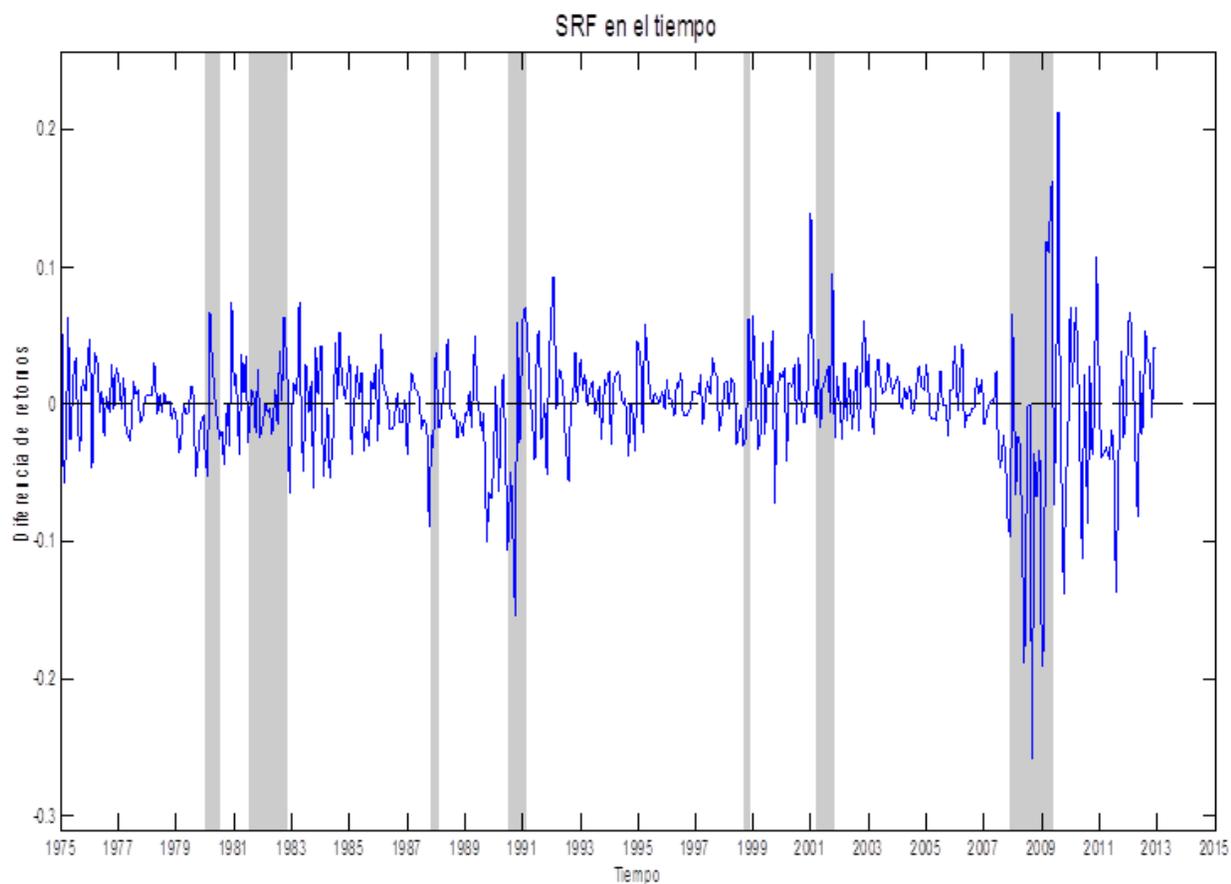




**Figura A4: Nivel de SRISK en el tiempo de Lehman Brothers**

La figura muestra el valor del SRISK de manera mensual durante los años 1975 y 2012 para Lehman Brothers. En el eje Y se muestra la cantidad de billones de dólares que se necesitarían inyectar a la empresa para resolver un *capital shortfall* si se entrara en una crisis.

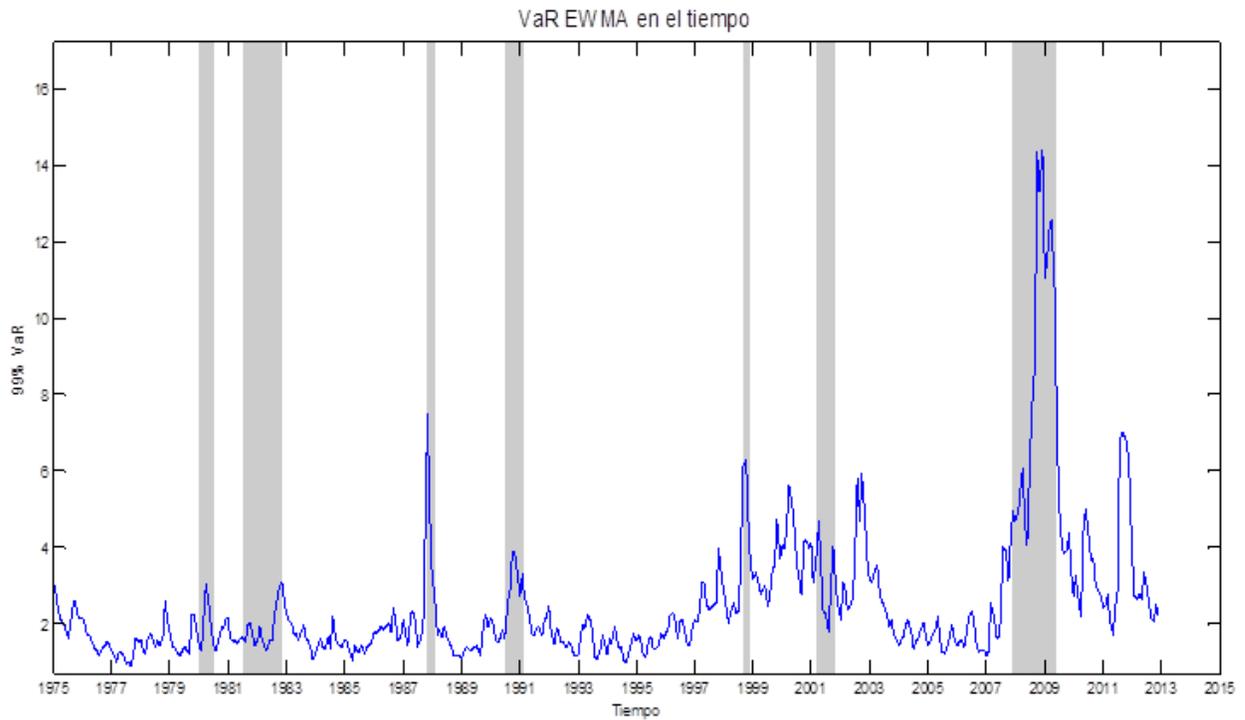
### A3. Resultados de SRF



**Figura A5: Resultado SRF**

La figura muestra la diferencia de retornos promedio entre activos financieros con alto nivel de SRISK y bajo nivel de SRISK. Las medidas son de forma mensual entre enero de 1975 y diciembre de 2012.

#### A4. Resultados $VaR_{EWMA}$ , $VaR_{GARCH}$ y $VaR_{tGARCH}$

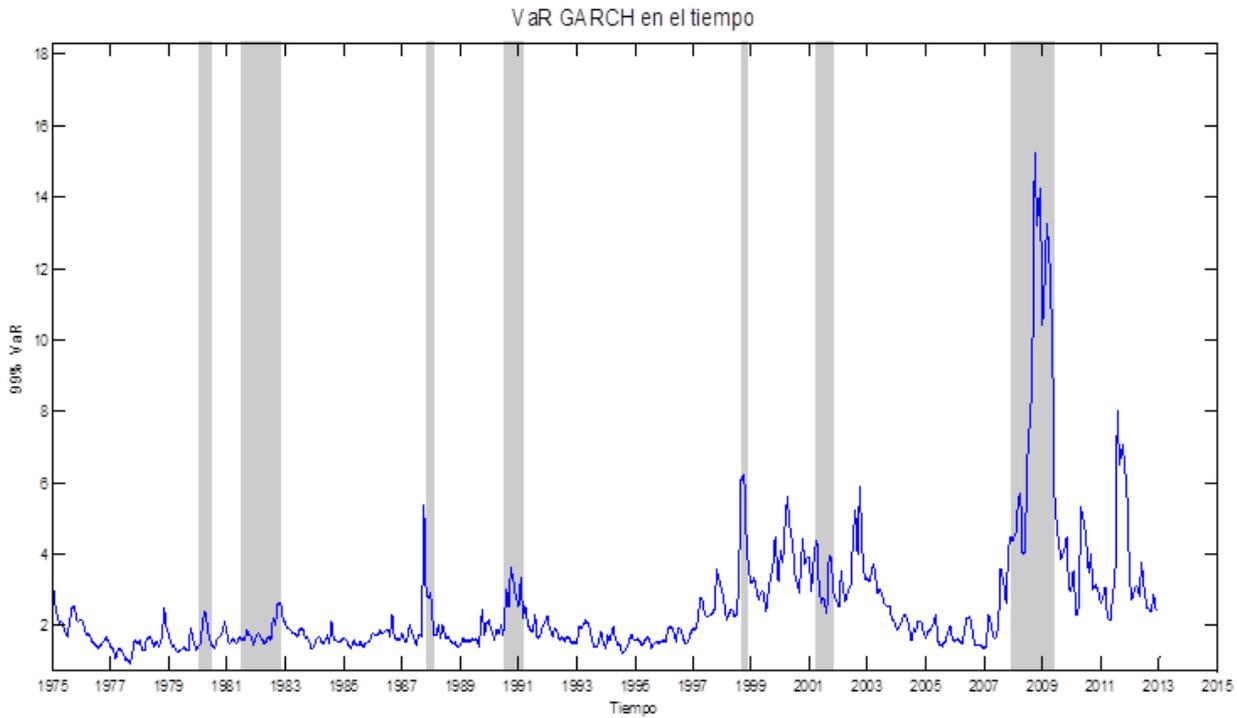


**Figura A6: Resultado  $VaR_{EWMA}$**

La figura muestra los resultados del cálculo del VaR sobre el portafolio financiero de Fama French utilizando un modelo de volatilidad EWMA y una distribución de los retornos normal. Las medidas son de forma mensual entre enero de 1975 y diciembre de 2012.

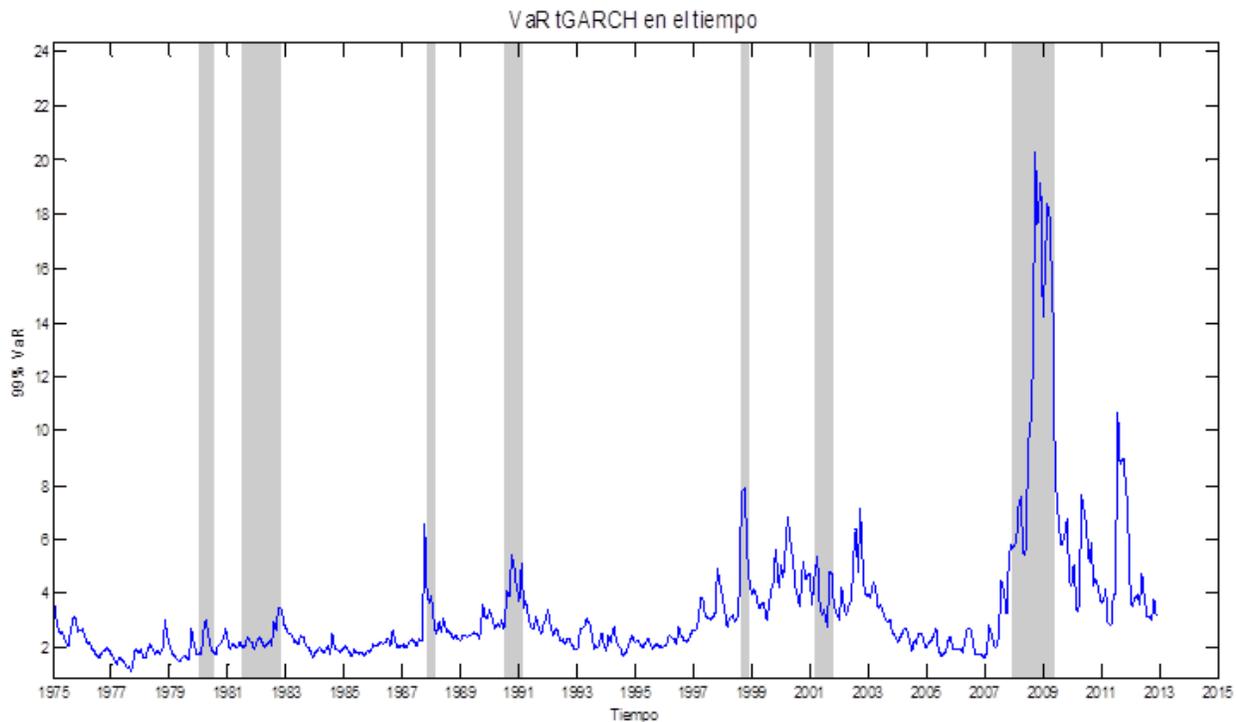
**Figura A7: Resultado  $VaR_{GARCH}$**

La figura muestra los resultados del cálculo del VaR sobre el portafolio financiero de Fama French utilizando un modelo de volatilidad GARCH (1,1) y una distribución de los retornos normal. Las medidas son de forma mensual entre enero de 1975 y diciembre de 2012.

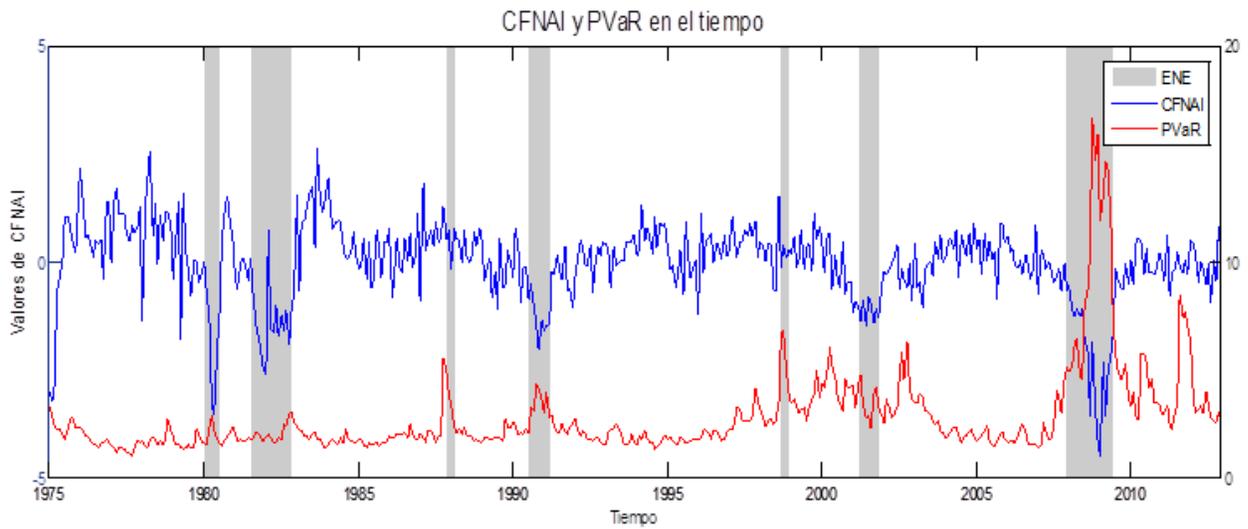


**Figura A8: Resultado  $VaR_{GARCH}$**

La figura muestra los resultados del cálculo del VaR sobre el portafolio financiero de Fama French utilizando un modelo de volatilidad GARCH (1,1) y una distribución de los retornos t de Student. Las medidas son de forma mensual entre enero de 1975 y diciembre de 2012.



## A5. Gráfico CFNAI y PVaR



**Figura A9: Gráfico CFNAI PVaR**

La figura muestra al índice de actividad económica CFNAI y al factor de riesgo PVaR entre los años 1975 y 2012. En el costado izquierdo del eje Y se encuentran los valores de CFNAI y en el lado derecho están los valores de PVaR.

## A6. Resultados Sectores del CFNAI

**Tabla A1: Resultados regresiones de series de tiempo: Sector Producción e Ingresos**

La tabla muestra los coeficientes de regresión de cuatro especificaciones distintas de regresión de series de tiempo, donde la variable dependiente fue siempre el Sector Producción e Ingresos de CFNAI. Las primeras tres columnas (I, II y III) consideran como variables independientes al factor de riesgo elegido solamente. De la columna IV a la VI además del factor se agregan de uno a cuatro retrasos de la variable dependiente a la regresión. Las siguientes tres columnas (VII, VIII y IX) además de los retrasos de la variable dependiente incluyeron variables de control en la regresión. Por último la columna X toma como variable independiente a todos los factores de riesgo, los retrasos y las medidas de control. Todos los factores de riesgo sistémico fueron estandarizados para tener media cero y varianza unitaria. Código de significancia \* '0,05'; \*\* '0,01'; \*\*\* '0,001'.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
PVaR	-0,144 (-8,31***)			-0,072 (-4,205***)			-0,084 (-4,06***)			-0,073 (-3,215**)
CATFIN		-0,103 (-5,75***)			-0,056 (-3,44***)			-0,066 (-3,55***)		-0,051 (-2,53*)
ASRF			-0,069 (-3,77***)			-0,010 (-0,470)			0,000 (0,018)	0,030 (1,699)
Spmean							-0,22 (-0,558)	-0,682 (-1,587)	-0,08 (-0,196)	-0,57 (-1,341)
Spvol							0,807 (0,82)	0,35 (0,364)	-0,746 (-0,793)	1,158 (1,169)
Relspr							-0,053 (-0,918)	-0,104 (-0,249)	0,011 (0,198)	-0,045 (-0,771)
Term							0,053 (2,735**)	0,05 (2,591**)	0,043 (2,178*)	0,051 (2,675**)
Def							-0,039 (-0,783)	-0,081 (-1,654)	-0,096 (-1,913)	-0,05 (-0,994)
Constante	-0,001 (-0,053)	-0,001 (-0,044)	-0,001 (-0,055)	0,003 (0,22)	0,004 (0,261)	0,004 (0,269)	-0,007 (-0,129)	0,022 (0,428)	0,032 (0,59)	0,006 (0,111)
Adj. R <sup>2</sup>	0,130	0,066	0,028	0,273	0,265	0,246	0,310	0,303	0,279	0,321

**Tabla A2: Resultados regresiones de series de tiempo: Sector Empleo, Desempleo y Horas**

La tabla muestra los coeficientes de regresión de cuatro especificaciones distintas de regresión de series de tiempo, donde la variable dependiente fue siempre el Sector Empleo, Desempleo y Horas de CFNAI. Las primeras tres columnas (I, II y III) consideran como variables independientes al factor de riesgo elegido solamente. De la columna IV a la VI además del factor se agregan de uno a cuatro retrasos de la variable dependiente a la regresión. Las siguientes tres columnas (VII, VIII y IX) además de los retrasos de la variable dependiente incluyeron variables de control en la regresión. Por último la columna X toma como variable independiente a todos los factores de riesgo, los retrasos y las medidas de control. Todos los factores de riesgo sistémico fueron estandarizados para tener media cero y varianza unitaria. Código de significancia \* '0,05'; \*\* '0,01'; \*\*\* '0,001'.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
PVaR	-0,207 (-13,6***)			-0,057 (-4,611***)			-0,057 (-4,294***)			-0,049 (-3,415***)
CATFIN		-0,145 (-8,66***)			-0,050 (-4,568***)			-0,042 (-3,6***)		-0,031 (-2,507*)
ASRF			-0,125 (-7,3***)			-0,016 (-1,354)			-0,003 (-0,242)	0,015 (1,404)
Spmean							0,421 (1,738)	0,131 (0,494)	0,508 (2,036*)	0,192 (0,732)
Spvol							0,314 (0,513)	0,004 (0,007)	-0,626 (-1,059)	0,539 (0,874)
Relspr							-0,081 (-2,151*)	-0,059 (-1,576)	-0,044 (-1,162)	-0,079 (-2,106*)
Term							0,036 (2,906**)	0,035 (2,825**)	0,32 (2,520*)	0,036 (-2,901**)
Def							0,024 (0,765)	-0,002 (-0,089)	-0,013 (-0,432)	0,021 (0,675)
Constante	-0,013 (0,822)	-0,012 (-0,738)	-0,013 (-0,742)	0,001 (0,100)	0,002 (0,181)	0,002 (0,213)	-0,048 (-1,443)	-0,029 (-0,893)	-0,023 (-0,674)	-0,043 (-1,315)
Adj. R <sup>2</sup>	0,288	0,140	0,104	0,655	0,656	0,642	0,719	0,715	0,705	0,723

**Tabla A3: Resultados regresiones de series de tiempo: Sector Ventas, Pedidos e Inventario**

La tabla muestra los coeficientes de regresión de cuatro especificaciones distintas de regresión de series de tiempo, donde la variable dependiente fue siempre el Sector Ventas, Pedidos e Inventario de CFNAI. Las primeras tres columnas (I, II y III) consideran como variables independientes al factor de riesgo elegido solamente. De la columna IV a la VI además del factor se agregan de uno a cuatro retrasos de la variable dependiente a la regresión. Las siguientes tres columnas (VII, VIII y IX) además de los retrasos de la variable dependiente incluyeron variables de control en la regresión. Por último la columna X toma como variable independiente a todos los factores de riesgo, los retrasos y las medidas de control. Todos los factores de riesgo sistémico fueron estandarizados para tener media cero y varianza unitaria. Código de significancia \* '0,05'; \*\* '0,01'; \*\*\* '0,001'.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
PVaR	-0,066 (-7,018***)			-0,037 (-3,55***)			-0,047 (-4,07***)			-0,041 (-3,299**)
CATFIN		-0,055 (-5,76***)			-0,036 (-3,852***)			-0,035 (-3,398***)		-0,027 (-2,425*)
ASRF			-0,030 (-3,1**)			-0,007 (-0,802)			0,000 (-0,033)	0,016 (1,633)
Spmean							0,388 (1,821)	0,137 (0,589)	0,448 (2,044*)	0,2 (0,867)
Spvol							0,713 (1,314)	0,445 (0,837)	-0,104 (-0,199)	0,899 (1,644)
Relspr							-0,042 (-1,294)	-0,018 (-0,584)	-0,006 (-0,188)	-0,037 (-1,154)
Term							0,033 (3,137**)	0,032 (2,959**)	0,028 (2,550*)	0,033 (3,098**)
Def							-0,031 (-1,115)	-0,056 (-2,059*)	-0,061 (-2,200*)	-0,038 (-1,344)
Constante	-0,008 (-0,89)	-0,008 (-0,869)	-0,008 (-0,858)	-0,003 (-0,298)	-0,002 (-0,239)	-0,002 (-0,174)	0,000 (0,006)	0,018 (0,634)	0,021 (0,729)	0,007 (0,251)
Adj, R2	0,096	0,066	0,018	0,214	0,216	0,190	0,284	0,275	0,251	0,294

## A7. Resultados análisis In-sample: Índice producción industrial y sectores CFNAI

**Tabla A4: Resultados análisis In-sample: Índice de producción industrial**

La tabla muestra los coeficientes de regresión y los valores de  $R^2$  ajustado para dos períodos de predicción, la predicción a un mes son los resultados obtenidos anteriormente. Cada período tiene tres especificaciones distintas; la especificación I considera al factor de riesgo sistémico por sí sólo en la regresión, la segunda especificación (II) además del factor de riesgo considera de uno a cuatro retraso de la variable dependiente en la regresión y por último la especificación III incluye al factor de riesgo más los lags de la variable dependiente y se le suman las variables de control. La variable dependiente fue siempre el Índice de producción industrial y todos los factores de riesgo sistémico fueron estandarizados para tener media cero y varianza unitaria. Código de significancia \* '0,05'; \*\* '0,01'; \*\*\* '0,001',

	Predicción a 1 mes			Predicción a 3 meses		
	I	II	III	I	II	III
PVaR	-0,227 (-7,20***)	-0,135 (-4,03***)	-0,137 (-3,440***)	-0,156 (-1,954)	-0,091 (-1,316)	-0,066 (-1,466)
CATFIN	-0,150 (-4,60***)	-0,093 (-2,90***)	-0,104 (-2,96**)	-0,205 (-2,979**)	-0,170 (-3,679***)	-0,128 (-3,191**)
ASRF	-0,092 (-2,80**)	-0,012 (-0,237)	0,009 (0,281)	-0,131 (-1,382)	-0,084 (-1,160)	-0,045 (-0,629)
Adj. $R^2$ PVaR	0,101	0,172	0,217	0,048	0,097	0,227
Adj. $R^2$ CATFIN	0,043	0,158	0,211	0,085	0,140	0,250
Adj. $R^2$ ASRF	0,015	0,142	0,192	0,033	0,097	0,225

**Tabla A5: Resultados análisis In-sample: Sector Consumo Personal y Vivienda**

La tabla muestra los coeficientes de regresión y los valores de  $R^2$  ajustado para dos períodos de predicción, la predicción a un mes son los resultados obtenidos anteriormente. Cada período tiene tres especificaciones distintas; la especificación I considera al factor de riesgo sistémico por sí sólo en la regresión, la segunda especificación (II) además del factor de riesgo considera de uno a cuatro retraso de la variable dependiente en la regresión y por último la especificación III incluye al factor de riesgo más los lags de la variable dependiente y se le suman las variables de control. La variable dependiente fue siempre el Sector Consumo Personal y Vivienda de CFNAI y todos los factores de riesgo sistémico fueron estandarizados para tener media cero y varianza unitaria. Código de significancia \* '0,05'; \*\* '0,01'; \*\*\* '0,001',

	Predicción a 1 mes			Predicción a 3 meses		
	I	II	III	I	II	III
PVaR	-0,069 (-12,010***)	-0,010 (-2,360*)	-0,016 (-3,124**)	-0,068 (-8,836***)	-0,008 (-1,15)	-0,011 (-1,515)
CATFIN	-0,065 (-11,201***)	-0,016 (-4,035***)	-0,013 (-2,862**)	-0,063 (-4,879***)	-0,012 (-2,072*)	-0,011 (-1,894)
ASRF	-0,064 (-10,803***)	-0,015 (-3,790***)	-0,013 (-3,287***)	-0,061 (-9,821***)	-0,013 (-2,671**)	-0,011 (-2,430*)
Adj. $R^2$ PVaR	0,240	0,698	0,760	0,236	0,681	0,745
Adj. $R^2$ CATFIN	0,214	0,704	0,759	0,202	0,684	0,746
Adj. $R^2$ ASRF	0,202	0,702	0,761	0,189	0,681	0,747

**Tabla A6: Resultados análisis In-sample: Sector Producción e Ingresos**

La tabla muestra los coeficientes de regresión y los valores de  $R^2$  ajustado para dos períodos de predicción, la predicción a un mes son los resultados obtenidos anteriormente. Cada período tiene tres especificaciones distintas; la especificación I considera al factor de riesgo sistémico por sí sólo en la regresión, la segunda especificación (II) además del factor de riesgo considera de uno a cuatro retraso de la variable dependiente en la regresión y por último la especificación III incluye al factor de riesgo más los lags de la variable dependiente y se le suman las variables de control. La variable dependiente fue siempre el Sector Producción e Ingresos de CFNAI y todos los factores de riesgo sistémico fueron estandarizados para tener media cero y varianza unitaria. Código de significancia \* '0,05'; \*\* '0,01'; \*\*\* '0,001',

	Predicción a 1 mes			Predicción a 3 meses		
	I	II	III	I	II	III
PVaR	-0,144 (-8,31***)	-0,072 (-4,205***)	-0,084 (-4,06***)	-0,104 (-2,044*)	-0,054 (-1,399)	-0,052 (-1,638)
CATFIN	-0,103 (-5,75***)	-0,056 (-3,440***)	-0,066 (-3,55***)	-0,127 (-3,150**)	-0,097 (-3,772***)	-0,077 (-3,519***)
ASRF	-0,069 (-3,77***)	-0,010 (-0,470)	0,000 (0,018)	-0,075 (-1,618)	-0,041 (-1,083)	-0,020 (-0,683)
Adj. $R^2$ PVaR	0,130	0,273	0,310	0,070	0,150	0,292
Adj. $R^2$ CATFIN	0,066	0,265	0,303	0,104	0,192	0,314
Adj. $R^2$ ASRF	0,028	0,246	0,279	0,036	0,144	0,282

**Tabla A7: Resultados análisis In-sample: Sector Empleo, Desempleo y Horas**

La tabla muestra los coeficientes de regresión y los valores de  $R^2$  ajustado para dos períodos de predicción, la predicción a un mes son los resultados obtenidos anteriormente. Cada período tiene tres especificaciones distintas; la especificación I considera al factor de riesgo sistémico por sí sólo en la regresión, la segunda especificación (II) además del factor de riesgo considera de uno a cuatro retraso de la variable dependiente en la regresión y por último la especificación III incluye al factor de riesgo más los lags de la variable dependiente y se le suman las variables de control. La variable dependiente fue siempre el Sector Empleo, Desempleo y Horas de CFNAI y todos los factores de riesgo sistémico fueron estandarizados para tener media cero y varianza unitaria. Código de significancia \* '0,05'; \*\* '0,01'; \*\*\* '0,001',

	Predicción a 1 mes			Predicción a 3 meses		
	I	II	III	I	II	III
PVaR	-0,207 (-13,601***)	-0,054 (-4,611***)	-0,057 (-4,294***)	-0,188 (-3,716***)	-0,061 (-1,485)	-0,056 (-1,130)
CATFIN	-0,145 (-8,66**)	-0,049 (-4,568***)	-0,042 (-3,600***)	-0,149 (-2,780**)	-0,068 (-2,859**)	-0,049 (-2,505*)
ASRF	-0,125 (-7,303***)	-0,014 (-1,354)	-0,003 (-0,242)	-0,112 (-3,287**)	-0,024 (-1,076)	0,001 (0,033)
Adj. $R^2$ PVaR	0,288	0,655	0,719	0,245	0,507	0,641
Adj. $R^2$ CATFIN	0,140	0,656	0,715	0,152	0,517	0,641
Adj. $R^2$ ASRF	0,104	0,642	0,705	0,085	0,492	0,627

**Tabla A8: Resultados análisis In-sample: Sector Ventas, Pedidos e Inventario**

La tabla muestra los coeficientes de regresión y los valores de  $R^2$  ajustado para dos períodos de predicción, la predicción a un mes son los resultados obtenidos anteriormente. Cada período tiene tres especificaciones distintas; la especificación I considera al factor de riesgo sistémico por sí sólo en la regresión, la segunda especificación (II) además del factor de riesgo considera de uno a cuatro retraso de la variable dependiente en la regresión y por último la especificación III incluye al factor de riesgo más los lags de la variable dependiente y se le suman las variables de control. La variable dependiente fue siempre el Sector Ventas, Pedidos e Inventario de CFNAI y todos los factores de riesgo sistémico fueron estandarizados para tener media cero y varianza unitaria. Código de significancia \* '0,05'; \*\* '0,01'; \*\*\* '0,001',

	Predicción a 1 mes			Predicción a 3 meses		
	I	II	III	I	II	III
<b>PVaR</b>	-0,066 (-7,018***)	-0,037 (-3,55***)	-0,047 (-4,407***)	-0,050 (-2,696**)	-0,020 (-1,138)	-0,030 (-1,972)
<b>CATFIN</b>	-0,055 (-5,76***)	-0,036 (-3,852***)	-0,035 (-3,398***)	-0,053 (-3,246**)	-0,033 (-2,853**)	-0,032 (-2,983**)
<b>ASRF</b>	-0,030 (-3,1**)	-0,007 (-0,802)	0,000 (-0,033)	-0,035 (-2,483*)	-0,012 (-0,991)	-0,006 (-0,538)
<b>Adj. <math>R^2</math> PVaR</b>	0,096	0,214	0,284	0,056	0,137	0,227
<b>Adj. <math>R^2</math> CATFIN</b>	0,066	0,216	0,275	0,064	0,152	0,233
<b>Adj. <math>R^2</math> ASRF</b>	0,018	0,190	0,251	0,026	0,132	0,215

## A8. Test Diebold Mariano

Este test desarrollado por Diebold y Mariano (1995) permite evaluar si existe diferencia en la precisión de dos predicciones y de esta forma poder definir cual es mejor. Para evaluar esto los autores definen el error de la predicción como  $e_{it} = \hat{Y}_{it} - Y_t$  donde el valor de  $j$  depende de la predicción utilizada. Los autores definen una función asociada al error de la predicción  $g(e_{it})$  la cual tiene valor cero cuando no se comete error, nunca es negativa y aumenta en tamaño a medida que los errores son más grandes. Típicamente  $g(e_{it})$  es el valor absoluto o el valor al cuadrado de  $e_{it}$ .

Se define como la diferencia de los dos pronósticos como:  $d_t = g(e_{1t}) - g(e_{2t})$ . Los autores proponen que los dos pronósticos tienen la misma precisión si y sólo si la diferencia tiene expectativa cero para todo  $t$ . Entonces se define la hipótesis nula como:

$$H_0 : \mathbb{E}[d_t] = 0 \quad \forall t \tag{A4}$$

El test estadístico Diebold Mariano se define como:

$$DM = \frac{\bar{d}}{\sqrt{\frac{\widehat{LRV}_{\bar{d}}}{T}}} \tag{A5}$$

Donde  $\bar{d} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T d_t$ ,  $\widehat{LRV}_{\bar{d}} = \gamma_0 + 2 \sum_{j=1}^{\infty} \gamma_j$  y  $\gamma_j = covarianza(d_t, d_{t-j})$ .  $\widehat{LRV}_{\bar{d}}$  es una estimación consistente de la varianza asintótica a largo plazo de  $\sqrt{T}\bar{d}$ .

Los autores demuestran que el estadístico DM distribuye normal entre cero y uno, por lo que se rechaza la hipótesis nula con un nivel de confianza del 95 % si  $|DM| > 1,96$ .

## A9. Resultados Out of sample: Índice producción industrial y Sectores del CFNAI

**Tabla A9: Resultados análisis Out-of-sample: Índice de producción industrial**

Las tablas muestran las diferencias entre el benchmark y los factores de riesgo sistémico para los indicadores MSE y MAE en las columnas que llevan los nombres PVaR y CATFFIN, también se muestra la diferencia entre PVaR y CATFFIN para los mismos indicadores en las columnas que llevan el nombre Factores. Las siguientes dos columnas muestran el valor de  $R^2$  el cual es calculado como la diferencia entre 1 y el cociente de la suma al cuadrado de los errores del factor y la suma al cuadrado de los errores del benchmark. En las últimas dos columnas de cada tabla se muestran los resultados del test Diebold Mariano entre el benchmark y los factores. Todos los factores de riesgo sistémico fueron estandarizados para tener media cero y varianza unitaria. Código de significancia \* '0,05'; \*\* '0,01'; \*\*\* '0,001',

**Benchmark: Promedio**

Tiempo de calibración del modelo	$\Delta$ MSE PVaR	MSE CATFFIN	$\Delta$ MSE Factores	$\Delta$ MAE PVaR	$\Delta$ MAE CATFFIN	$\Delta$ MAE Factores	$R^2$ PVaR	$R^2$ CATFFIN	DM PVaR	DM CATFFIN
3 años	0,028	0,050	0,022	0,020	0,022	0,002	0,055	0,099	0,802	2,662**
4 años	0,047	0,054	0,007	0,031	0,023	-0,007	0,093	0,106	1,293	2,491*
5 años	0,040	0,052	0,011	0,024	0,022	-0,002	0,078	0,102	0,991	2,262*
6 años	0,027	0,043	0,016	0,018	0,016	-0,002	0,057	0,093	0,693	1,873

**Benchmark: S&P 500**

Tiempo de calibración del modelo	$\Delta$ MSE PVaR	MSE CATFFIN	$\Delta$ MSE Factores	$\Delta$ MAE PVaR	$\Delta$ MAE CATFFIN	$\Delta$ MAE Factores	$R^2$ PVaR	$R^2$ CATFFIN	DM PVaR	DM CATFFIN
3 años	0,036	0,058	0,022	0,026	0,028	0,002	0,070	0,113	0,9064	2,428*
4 años	0,065	0,072	0,007	0,047	0,040	-0,007	0,124	0,136	1,6004	2,736**
5 años	0,067	0,079	0,012	0,043	0,041	-0,002	0,124	0,147	1,6025	2,856**
6 años	0,047	0,063	0,016	0,031	0,028	-0,002	0,096	0,130	1,2291	2,454*

**Tabla A10: Resultados análisis Out-of-sample: Sector Producción e Ingresos**

Las tablas muestran las diferencias entre el benchmark y los factores de riesgo sistémico para los indicadores MSE y MAE en las columnas que llevan los nombres PVaR y CATFIN, también se muestra la diferencia entre PVaR y CATFIN para los mismos indicadores en las columnas que llevan el nombre Factores. Las siguientes dos columnas muestran el valor de  $R^2$  el cual es calculado como la diferencia entre 1 y el cociente de la suma al cuadrado de los errores del factor y la suma al cuadrado de los errores del benchmark. En las últimas dos columnas de cada tabla se muestran los resultados del test Diebold Mariano entre el benchmark y los factores. Todos los factores de riesgo sistémico fueron estandarizados para tener media cero y varianza unitaria. Código de significancia \* '0,05'; \*\* '0,01'; \*\*\* '0,001',

**Benchmark: Promedio**

Tiempo de calibración del modelo	$\Delta$ MSE PVaR	$\Delta$ MSE CATFIN	$\Delta$ MSE Factores	$\Delta$ MAE PVaR	$\Delta$ MAE CATFIN	$\Delta$ MAE Factores	$R^2$ PVaR	$R^2$ CATFIN	DM PVaR	DM CATFIN
3 años	0,017	0,022	0,005	0,017	0,019	0,002	0,108	0,138	1,516	2,912**
4 años	0,024	0,023	-0,001	0,024	0,018	-0,006	0,146	0,138	1,972	2,503*
5 años	0,022	0,022	0,001	0,022	0,017	-0,004	0,178	0,135	1,664	2,343*
6 años	0,015	0,018	0,003	0,015	0,011	-0,004	0,105	0,127	1,162	1,905

**Benchmark: S&P 500**

Tiempo de calibración del modelo	$\Delta$ MSE PVaR	$\Delta$ MSE CATFIN	$\Delta$ MSE Factores	$\Delta$ MAE PVaR	$\Delta$ MAE CATFIN	$\Delta$ MAE Factores	$R^2$ PVaR	$R^2$ CATFIN	DM PVaR	DM CATFIN
3 años	0,017	0,022	0,005	0,019	0,021	0,002	0,106	0,137	1,478	2,503*
4 años	0,026	0,025	-0,001	0,031	0,025	-0,006	0,157	0,148	2,102	2,546*
5 años	0,031	0,032	0,001	0,034	0,029	-0,004	0,131	0,182	2,273	2,886**
6 años	0,023	0,026	0,003	0,024	0,020	-0,004	0,150	0,171	1,759	2,489*

**Tabla A11: Resultados análisis Out-of-sample: Sector Empleo, Desempleo y Horas**

Las tablas muestran las diferencias entre el benchmark y los factores de riesgo sistémico para los indicadores MSE y MAE en las columnas que llevan los nombres PVaR y CATFIN, también se muestra la diferencia entre PVaR y CATFIN para los mismos indicadores en las columnas que llevan el nombre Factores. Las siguientes dos columnas muestran el valor de  $R^2$  el cual es calculado como la diferencia entre 1 y el cociente de la suma al cuadrado de los errores del factor y la suma al cuadrado de los errores del benchmark. En las últimas dos columnas de cada tabla se muestran los resultados del test Diebold Mariano entre el benchmark y los factores. Todos los factores de riesgo sistémico fueron estandarizados para tener media cero y varianza unitaria. Código de significancia \* '0,05'; \*\* '0,01'; \*\*\* '0,001',

**Benchmark: Promedio**

Tiempo de calibración del modelo	$\Delta$ MSE PVaR	$\Delta$ MSE CATFIN	$\Delta$ MSE Factores	$\Delta$ MAE PVaR	$\Delta$ MAE CATFIN	$\Delta$ MAE Factores	$R^2$ PVaR	$R^2$ CATFIN	DM PVaR	DM CATFIN
3 años	0,044	0,037	-0,007	0,049	0,041	-0,008	0,304	0,256	4,659***	4,163***
4 años	0,030	0,041	-0,009	0,056	0,044	-0,013	0,316	0,258	4,607***	3,942***
5 años	0,048	0,040	-0,008	0,052	0,042	-0,011	0,301	0,251	4,060***	3,541***
6 años	0,038	0,035	-0,003	0,043	0,038	-0,005	0,271	0,248	3,129**	3,043**

**Benchmark: S&P 500**

Tiempo de calibración del modelo	$\Delta$ MSE PVaR	$\Delta$ MSE CATFIN	$\Delta$ MSE Factores	$\Delta$ MAE PVaR	$\Delta$ MAE CATFIN	$\Delta$ MAE Factores	$R^2$ PVaR	$R^2$ CATFIN	DM PVaR	DM CATFIN
3 años	0,011	0,004	-0,007	0,014	0,006	-0,008	0,100	0,038	1,064	0,363
4 años	0,031	0,021	-0,009	0,050	0,037	-0,013	0,220	0,154	2,580*	1,763
5 años	0,046	0,039	-0,008	0,063	0,052	-0,011	0,296	0,245	3,903***	3,190**
6 años	0,043	0,040	-0,003	0,053	0,048	-0,005	0,297	0,275	3,823***	3,541***

**Tabla A12: Resultados análisis Out-of-sample: Sector Consumo Personal y Vivienda**

Las tablas muestran las diferencias entre el benchmark y los factores de riesgo sistémico para los indicadores MSE y MAE en las columnas que llevan los nombres PVaR y CATFIN, también se muestra la diferencia entre PVaR y CATFIN para los mismos indicadores en las columnas que llevan el nombre Factores. Las siguientes dos columnas muestran el valor de  $R^2$  el cual es calculado como la diferencia entre 1 y el cociente de la suma al cuadrado de los errores del factor y la suma al cuadrado de los errores del benchmark. En las últimas dos columnas de cada tabla se muestran los resultados del test Diebold Mariano entre el benchmark y los factores. Todos los factores de riesgo sistémico fueron estandarizados para tener media cero y varianza unitaria. Código de significancia \* '0,05'; \*\* '0,01'; \*\*\* '0,001',

**Benchmark: Promedio**

Tiempo de calibración del modelo	$\Delta$ MSE PVaR	$\Delta$ MSE CATFIN	$\Delta$ MSE Factores	$\Delta$ MAE PVaR	$\Delta$ MAE CATFIN	$\Delta$ MAE Factores	$R^2$ PVaR	$R^2$ CATFIN	DM PVaR	DM CATFIN
3 años	0,003	0,002	0,000	0,009	0,008	-0,001	0,221	0,212	3,911***	3,731***
4 años	0,003	0,004	0,000	0,011	0,013	0,003	0,248	0,279	3,964***	4,451***
5 años	0,004	0,005	0,001	0,011	0,015	0,004	0,257	0,300	3,941***	4,531***
6 años	0,004	0,005	0,001	0,010	0,016	0,005	0,255	0,318	3,728***	4,517***

**Benchmark: S&P 500**

Tiempo de calibración del modelo	$\Delta$ MSE PVaR	$\Delta$ MSE CATFIN	$\Delta$ MSE Factores	$\Delta$ MAE PVaR	$\Delta$ MAE CATFIN	$\Delta$ MAE Factores	$R^2$ PVaR	$R^2$ CATFIN	DM PVaR	DM CATFIN
3 años	-0,001	-0,001	0,000	-0,007	-0,008	-0,001	-0,085	-0,098	-0,931	-1,156
4 años	0,000	0,000	0,000	-0,007	-0,004	0,003	-0,033	0,010	-0,321	0,097
5 años	0,002	0,002	0,001	0,000	0,003	0,004	0,118	0,169	1,219	1,714
6 años	0,003	0,004	0,001	0,004	0,010	0,005	0,198	0,265	2,100*	2,743**

**Tabla A13: Resultados análisis Out-of-sample: Sector Ventas, Pedidos e Inventarios**

Las tablas muestran las diferencias entre el benchmark y los factores de riesgo sistémico para los indicadores MSE y MAE en las columnas que llevan los nombres PVaR y CATFIN, también se muestra la diferencia entre PVaR y CATFIN para los mismos indicadores en las columnas que llevan el nombre Factores. Las siguientes dos columnas muestran el valor de  $R^2$  el cual es calculado como la diferencia entre 1 y el cociente de la suma al cuadrado de los errores del factor y la suma al cuadrado de los errores del benchmark. En las últimas dos columnas de cada tabla se muestran los resultados del test Diebold Mariano entre el benchmark y los factores. Todos los factores de riesgo sistémico fueron estandarizados para tener media cero y varianza unitaria. Código de significancia \* '0,05'; \*\* '0,01'; \*\*\* '0,001',

**Benchmark: Promedio**

Tiempo de calibración del modelo	$\Delta$ MSE PVaR	$\Delta$ MSE CATFIN	$\Delta$ MSE Factores	$\Delta$ MAE PVaR	$\Delta$ MAE CATFIN	$\Delta$ MAE Factores	$R^2$ PVaR	$R^2$ CATFIN	DM PVaR	DM CATFIN
3 años	0,002	0,004	0,002	0,004	0,007	0,003	0,050	0,086	0,972	2,169*
4 años	0,004	0,005	0,001	0,007	0,007	0,000	0,076	0,097	1,402	2,210*
5 años	0,004	0,005	0,001	0,006	0,006	0,000	0,078	0,102	1,254	2,026*
6 años	0,002	0,004	0,002	0,003	0,005	0,002	0,052	0,088	0,751	1,581

**Benchmark: S&P 500**

Tiempo de calibración del modelo	$\Delta$ MSE PVaR	$\Delta$ MSE CATFIN	$\Delta$ MSE Factores	$\Delta$ MAE PVaR	$\Delta$ MAE CATFIN	$\Delta$ MAE Factores	$R^2$ PVaR	$R^2$ CATFIN	DM PVaR	DM CATFIN
3 años	0,002	0,004	0,002	0,005	0,008	0,003	0,050	0,086	0,888	1,565
4 años	0,003	0,004	0,001	0,008	0,008	0,000	0,068	0,090	1,106	1,544
5 años	0,007	0,008	0,001	0,012	0,012	0,000	0,136	0,158	2,170*	2,738**
6 años	0,005	0,007	0,002	0,009	0,011	0,002	0,121	0,155	1,810	2,491*