



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

**El riesgo sistémico:
revisión de la literatura, análisis del
sistema financiero español y comparación
entre sus distintas medidas**

Alumno: Emilio Folqué Brier

Director: María Coronado Vaca

RESUMEN

Este trabajo tiene tres objetivos: analizar el estado del arte de la medición del riesgo sistémico financiero, a través de una revisión de la literatura existente actualizada a mayo de 2022, realizar un ejercicio de análisis del riesgo sistémico del sistema financiero español, y hacer una comparación entre medidas de detección del riesgo sistémico con datos del sistema financiero europeo. Para llevar a cabo estos dos últimos apartados nos hemos apoyado en la herramienta de cálculo *Volatility Laboratory* y el paquete en lenguaje R de funciones y datos, *SystemicR*.

A partir de la revisión de la literatura, concluimos que la medida de riesgo sistémico por excelencia es el ΔCoVaR desarrollado por Adrian y Brunnermeier, e introducido por primera vez en 2008.

La conclusión principal del análisis de riesgo del sistema financiero español es que el sistema bancario es el principal responsable del riesgo sistémico. Además, el aumento del riesgo sistémico del sistema español desde 2018 se explica principalmente por la pérdida del valor bursátil de los principales bancos españoles.

Por último, de la comparación entre medidas de detección del riesgo sistémico a nivel europeo concluimos que entre las medidas de riesgo SRISK y ΔCoVaR existe una relación positiva débil y significativa, concretamente un coeficiente de correlación de 0.13. Mientras que, de la comparación entre el SRISK y las puntuaciones de Basilea, concluimos que el SRISK, pese a ser una medida de riesgo que únicamente hace uso de datos públicos, identifica y cuantifica el riesgo de forma parecida a las puntuaciones de Basilea, que se elaboran con datos a los que solo tienen acceso las instituciones regulatorias.

Palabras clave: riesgo sistémico, ΔCoVaR , SRISK

ABSTRACT

This paper has three specific objectives: to analyse the state of the art of financial systemic risk measurement, through a review of the existing literature updated to May 2022, to carry out a systemic risk analysis exercise of the Spanish financial system, and to make a comparison between systemic risk detection measures with data from the European financial system. To carry out these last two sections we have relied on the calculation tool Volatility Laboratory and the R language package of functions and data, SystemicR.

From the literature review, we conclude that the systemic risk measure par excellence is the ΔCoVaR developed by Adrian and Brunnermeier, and first introduced in 2008.

The main conclusion of the risk analysis of the Spanish financial system is that the banking system is the main responsible for systemic risk. Moreover, the increase in the systemic risk of the Spanish system since 2018 is mainly explained by the loss of the stock market value of the main Spanish banks.

Finally, from the comparison between systemic risk detection measures at the European level we conclude that between the SRISK and ΔCoVaR risk measures there is a weak and significant positive relationship, namely a correlation coefficient of 0.13. Whereas, from the comparison between SRISK and Basel scores, we conclude that SRISK is a risk measure that correctly identifies and quantifies the systemic risk contribution of banking institutions, solely from public data.

Keywords: Systemic risk, ΔCoVaR , SRISK

Índice de contenidos

Contenido

<i>Índice de contenidos</i>	<i>I</i>
<i>Índice de figuras</i>	<i>III</i>
<i>Índice de tablas</i>	<i>IV</i>
Capítulo 1. Introducción	5
Objetivos	5
Justificación del tema objeto de estudio	5
Metodología	6
Estructura	7
Capítulo 2. Revisión de la literatura	8
Definición del riesgo sistémico y de institución financiera de importancia sistémica	9
Medidas de riesgo sistémico relevantes	9
2.1 <i>Introducción a las medidas de riesgo sistémico desarrolladas por las instituciones regulatorias</i>	10
2.2 <i>Introducción a las medidas de riesgo sistémico que utilizan exclusivamente datos de mercado</i>	17
Capítulo 3. Análisis del riesgo sistémico del sistema financiero español a partir del SRISK 28	
Volatile Laboratory (V-Lab)	28
3.1 <i>Modelos y variables</i>	28
3.2 <i>Datos de entrada</i>	30
El SRISK y el sistema financiero español	30
3.3 <i>¿A qué se debe el aumento del SRISK en el sistema financiero español?</i>	34
3.4 <i>Probabilidad de crisis del sistema financiero español</i>	38
Capítulo 4. Comparación empírica del SRISK con el ΔCoVaR y las puntuaciones de Basilea a partir de datos de entidades financieras europeas	39
Paquete SystemicR	40

4.1	<i>Funciones</i>	40
4.2	<i>Unidades del ΔCoVaR</i>	41
4.3	<i>Datos de entrada</i>	43
	Comparación empírica entre medidas que hacen uso exclusivamente de datos públicos: SRISK vs ΔCoVaR	44
4.4	<i>Homogenización de los datos</i>	44
4.5	<i>Análisis de los resultados</i>	46
	SRISK vs las puntuaciones de Basilea.....	49
	Capítulo 5. Conclusiones	52
	Conclusiones de la revisión de la literatura	52
	Conclusiones del sistema financiero español.....	52
	Conclusiones de la comparación de las medidas de riesgo.....	53
5.1	<i>SRISK vs CoVaR:</i>	53
5.2	<i>SRISK vs G-SIBS:</i>	54
	Limitaciones del trabajo.....	55
5.3	<i>Limitaciones de los datos usados</i>	55
5.4	<i>Limitaciones de la lista de los G SIBs</i>	55
	Conclusiones generales.....	56
5.5	<i>Conclusiones del aprendizaje</i>	56
5.6	<i>Conclusiones generales acerca del ΔCoVaR</i>	56
5.7	<i>Futuras investigaciones</i>	57
	Bibliografía 58	
	ANEXO I 62	
	Código en lenguaje R usado para obtener ΔCoVaR	62
	Listado de compañías incluidas en el cálculo del ΔCoVaR a partir del código de Jean-Baptiste Hasse.....	63
	Listado de las 80 principales compañías europeas en el cálculo del SRISK	65

Índice de figuras

Ilustración 1 – Puntuación de Basilea total y por categoría de los principales bancos europeos (2021)	16
Ilustración 2 – Proceso de consolidación bancaria en España desde 2007 hasta el 30 de septiembre de 2020.....	33
Ilustración 3 – Variación del SRISK en el sistema financiero español desde enero 2005 a abril del 2022.....	34
Ilustración 4 – Evolución del precio de las acciones del Santander, el BBVA y CaixaBank entre febrero de 2018 y enero de 2020	37
Ilustración 5 – Probabilidad de crisis del sistema financiero español desde enero 2005 a abril del 2022	38
Ilustración 6 – Valores de SRISK y la capacidad del sistema financiero español desde enero 2005 a abril del 2022	38
Ilustración 7 – Países que se tienen en cuenta en la comparación entre el SRISK y el ΔCoVaR	45
Ilustración 8 – Evolución de las medidas de riesgo SRISK, expresada en €, y ΔCoVaR , expresada en %, entre junio 2020 y marzo 2019.....	46
Ilustración 9 – Correlación entre la medida SRISK y el ΔCoVaR	47

Índice de tablas

Tabla 1 – Lista de los G-SIBs del año 2021	13
Tabla 2 – Rango de puntuación de cada grupo G-SIB	14
Tabla 3 – Valores del SRISK, en millones de euros (€), en junio de 2006 y abril 2022.....	30
Tabla 4 – Justificación de la variación de la medida SRISK entre febrero 2018 y enero 2020	36
Tabla 5 – Resultados del contraste de hipótesis	48
Tabla 6 – Diferencias de clasificación entre las medidas SRISK y las puntuaciones de Basilea	50
Tabla 7 – Instituciones financieras dentro de la lista G -SIIs	56
Tabla 8 – Listado de compañías incluidas en el cálculo del ΔCoVaR a partir del código de Jean-Baptiste Hasse	63
Tabla 9 – Listado de las 80 principales compañías europeas en el cálculo del SRISK.....	65

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es aumentar mis conocimientos sobre las técnicas de medición de riesgo, y en concreto, sobre la medición de riesgo sistémico financiero. Esto se pretende conseguir a partir de un análisis, cualitativo y cuantitativo, en tres aspectos concretos: realizar una revisión de la literatura actual, analizar el sistema financiero español a partir de la medida SRISK y comparar empíricamente las medidas de riesgo sistémico más relevantes.

Con la revisión de la literatura se pretende profundizar en las medidas de riesgo sistémico más relevantes, analizando los puntos a favor de una y otra, y cómo han evolucionado desde la crisis financiera de 2007-2009.

A partir del análisis del riesgo sistémico del sistema financiero español se pretende examinar las particularidades del sistema español, tan criticado durante la crisis de 2007-2009 y la posterior crisis de deuda europea.

El objetivo principal de comparar diferentes medidas de riesgo es comprobar de manera empírica algunos de los argumentos que se observan en la revisión de la literatura.

JUSTIFICACIÓN DEL TEMA OBJETO DE ESTUDIO

A partir de la crisis financiera de 2007-2009 se pudo observar de forma empírica como las pérdidas generalizadas en el sistema financiero a nivel mundial se contagiaron al resto de la economía, provocando graves daños en esta. Esto provocó que el riesgo sistémico se pusiera en el punto de mira de académicos y reguladores, con el objetivo de diseñar medidas que limiten este riesgo, pero también que actúen como señales de advertencia al detectar de manera temprana evidencia de una crisis.

La aportación de este trabajo consiste en realizar una revisión de la literatura existente, actualizada a abril de 2022, un ejercicio de análisis del riesgo del sistema financiero español, y una comparación empírica entre diferentes medidas de detección del riesgo sistémico a nivel europeo.

Por último, este trabajo tiene una justificación personal que consiste en profundizar en la medición del riesgo sistémico desde una perspectiva más teórica y descriptiva que práctica, y consolidar los conocimientos adquiridos en la realización de este trabajo con los conocimientos obtenidos en materia de riesgos financieros durante unas prácticas realizadas en la empresa *Management Solutions* en el año 2020.

METODOLOGÍA

En línea con lo planteado en el apartado de los objetivos, este trabajo abarca tres aspectos, los cuales guardan relación entre ellos, pero en los que se usan procedimientos y recursos diferentes.

En el primer aspecto, que consiste en realizar una revisión de la literatura, se sigue un enfoque cualitativo para realiza un análisis de relevancia. Los recursos que se utilizan en este apartado son artículos académicos, páginas web de instituciones regulatorias y motores de búsqueda académicos.

Los aspectos restantes del trabajo, es decir, el análisis a través de la medida de riesgo sistémico SRISK del sistema financiero español y la comparación prácticas del SRISK con otras medidas, se realizan con un enfoque cuantitativo, a partir de la herramienta de cálculo *Volatile Laboratory* o V-Lab, y de la librería SystemicR en lenguaje R.

En este trabajo de fin de grado hacemos uso de material desarrollado por terceros para alcanzar los objetivos propuestos, como es la herramienta de cálculo V-Lab, el paquete SystemicR y los artículos académicos que se referencian a lo largo del trabajo. Pese a no haber desarrollado los instrumentos, se considera importante introducir los aspectos clave de estos. Por esa razón se detallan los aspectos más importantes del V-Lab y del paquete

SystemicR en los capítulos 3 y 4. No se ha considerado necesario hacer lo mismo con el resto de las fuentes utilizadas en el trabajo al no añadir valor al trabajo.

ESTRUCTURA

El trabajo se estructura en cuatro partes o capítulos diferentes, las cuales se corresponden con los tres aspectos que se analizan durante este trabajo. La primera parte se corresponde con una revisión de la literatura actual y está comprendida en el capítulo 2. La segunda parte se desarrolla en el capítulo 3 y se corresponde con un análisis del sistema financiero español. El tercer aspecto de estudio se expone en el capítulo 4, donde se realiza una comparación práctica de las medidas de riesgo sistémico más relevantes. En la última parte del trabajo se hace una conclusión.

En el capítulo 2, se realiza la revisión de la literatura, se presenta primero la definición del riesgo sistémico, y a continuación, se introducen las medidas de riesgo sistémico más relevantes, diferenciando entre las medidas que hacen uso de datos públicos y las medidas usadas por supervisores y reguladores.

En el capítulo 3, se analiza el riesgo sistémico del sistema financiero español a partir de la medida SRISK, se presenta primero la herramienta de cálculo que se utiliza para realizar el análisis, a continuación, se analiza el incremento de SRISK a partir del año 2018 y las probabilidades de crisis.

En el capítulo 4, se realiza una comparación empírica entre medidas de riesgo relevantes. Primero se presenta el paquete SystemicR con el que se calcula el ΔCoVaR , en concreto se presentan las funciones y los datos que se usan. A continuación, se realiza una comparación entre el SRISK y el ΔCoVaR , y se cierra el capítulo con una comparación entre medidas que usan diferentes fuentes de datos, el SRISK que hace uso de datos públicos y las puntuaciones de Basilea, que hace uso de datos al que solo tienen acceso las instituciones regulatorias.

En el último capítulo se establecen las conclusiones obtenidas y sus implicaciones, así como las limitaciones del trabajo.

Capítulo 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

El objetivo de este capítulo es recopilar el estado de las investigaciones más relevantes, así como los autores más importantes en cada línea de investigación en torno al riesgo sistémico, además de describir las tecnologías, protocolos, herramientas específicas, que se van a tratar durante el trabajo para facilitar la lectura y comprensión de este.

Para realizar la revisión de la literatura se han seguido una serie de criterios. Primero, se han consultado los trabajos de los autores más relevantes en esta línea de investigación, que en este caso son Tobias Adrian, Markus K. Brunnermeier, Christian T. Brownlees y Robert F. Engle. Se consideran como los autores más relevantes ya que la mayoría de los artículos académicos hacen referencia a los trabajos de estos académicos. También se han incluido los trabajos realizados por otros autores los cuales se han considerado como relevantes al publicar sus trabajos en fuentes prestigiosas, como es el caso de las revistas "*American Economic Review*" o "*Journal of Financial Economics*", entre otras. Por último, también se ha tenido en cuenta a aquellos autores y sus trabajos que no entraban en las dos primeras categorías, pero cuyos trabajos se encuentran también referenciados en muchos otros artículos académicos. Algunos de estos autores son Stan Uryasev, Viral V. Acharya, Stefano Giglio, Mark P. Kritzman, Dimitrios Bisias, Giulio Girardi y Tolga Ergün.

En este capítulo, primero se explica en qué consiste el riesgo sistémico, siguiendo las definiciones de los autores más relevantes mencionados en el párrafo anterior, esto se detalla en el epígrafe 2.1. A continuación, en el epígrafe 2.2, se explican cuáles son los dos grandes grupos de medidas de riesgo. En el subapartado 2.2.1 se describen las medidas de riesgo aplicadas por los reguladores y supervisores, y en el subapartado 2.2.2, se describen únicamente las medidas de riesgo que utilizan exclusivamente datos de mercado, y por lo tanto públicos y accesibles. En este apartado, el 2.2.2, nos centramos en definir el CoVaR y el SRISK, que son las principales medidas de riesgo sistémico que usan información de mercado, pero también se hace una recopilación de otras medidas de riesgo sistémico relevantes. b

DEFINICIÓN DEL RIESGO SISTÉMICO Y DE INSTITUCIÓN FINANCIERA DE IMPORTANCIA SISTÉMICA

Hay muchas definiciones de riesgo sistémico, como la propuesta por el presidente del Comité de Supervisión Bancaria del Sistema Europeo de Bancos Centrales, Praet (2010), o la propuesta por Adrian y Brunnermeier (2016) , pero en este trabajo se considera que la definición más adecuada es la desarrollada por el Consejo de Estabilidad Financiera (por sus siglas en inglés, FSB), el Banco de Pagos Internacionales (por sus siglas en inglés, BIS), y el Fondo Monetario Internacional (por sus siglas en inglés, IMF) en 2009 a petición de los líderes del G-20, y que define el riesgo sistémico como “el riesgo de interrupción de los servicios financieros causado por un deterioro de todo o parte del sistema financiero y que tiene potencial para generar un efecto adverso grave en la actividad económica.” (International Monetary Fund, the Bank for International Settlements, the Secretariat of the Financial Stability Board, 2009, p. 2)

Las instituciones financieras de importancia sistémica se definen como aquellas empresas cuya incapacidad de hacer frente a sus obligaciones con los acreedores y clientes tendría consecuencias adversas significativas para el sistema financiero y la economía real. Tomamos esta definición de instituciones de importancia sistémica de Daniel Tarullo (2009), gobernador del banco central de los Estados Unidos de América, que es respaldada como definición acertada por autores como Viral Acharya y Robert Engle; “Una regulación eficaz y eficiente de este tipo requiere la identificación de las instituciones financieras de importancia sistémica (SIFI). El gobernador de la Reserva Federal, Daniel Tarullo, da una definición típica” (Acharya, et al., 2012, p. 59)

MEDIDAS DE RIESGO SISTÉMICO RELEVANTES

En una crisis financiera, las pérdidas se extienden entre las instituciones financieras poniendo en riesgo el sistema financiero al completo, lo que se traduce en un aumento del

riesgo sistémico, ya que, si la capacidad del sistema financiero se ve afectada, esto tiene consecuencias adversas en la economía.

El contagio de las pérdidas entre instituciones financieras puede producirse de forma directa o de forma indirecta. El contagio de forma directa se produce debido a los vínculos contractuales entre instituciones y el aumento del riesgo de contraparte, mientras que la propagación indirecta ocurre a partir de efecto que tiene una institución en *distress* sobre los precios y la liquidez del mercado, y que resulta en el comovimiento de los activos y los pasivos de las instituciones aumenta por encima de niveles “normales”. Aquí es donde entran las medidas de riesgo, ya que miden los comovimientos de cola que surgen debido al contagio de las dificultades económicas entre instituciones financieras. (Adrian & Brunnermeier, 2016)

En este trabajo clasificamos las medidas de riesgo en dos grandes grupos, que se diferencian por el tipo de datos que utilizan. El primer grupo de medidas hace uso de datos internos de las compañías, y por tanto restringidos al público, y el otro grupo de medidas hace uso de datos públicos, y por tanto accesibles por todo el mundo.

2.1 INTRODUCCIÓN A LAS MEDIDAS DE RIESGO SISTÉMICO DESARROLLADAS POR LAS INSTITUCIONES REGULATORIAS

En este epígrafe se introduce la lista de los bancos de importancia sistémica mundial, por su nombre en inglés *Global Systemically Important Banks (G-SIBs)*, que es la medida de riesgo sistémico más relevante a la que se tiene acceso. Esta lista se desarrolla con indicadores que las autoridades supervisoras nacionales requieren a los bancos, y que son confidenciales, pero el resultado del proceso, las instituciones bancarias que más riesgo suponen al sistema, son públicas. Antes de explicar en qué consiste esta lista o la metodología que se sigue para desarrollarla, se considera relevante explicar cuáles son las principales instituciones y comités regulatorios, así como los diferentes requerimientos de capital de los bancos.

2.1.1 Principales instituciones y comités regulatorios

El Banco de Pagos internacionales (BPI) o *Bank for International Settlements* (BIS) es una organización internacional que aloja y apoya una serie de instituciones internacionales, cuyo objetivo es alcanzar la estabilidad financiera, y entre las que se encuentran el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea y el Consejo de Estabilidad Financiera, que apoyan a los bancos centrales y otras autoridades. El BIS se constituye en 1939 y lo conforman 63 bancos centrales que representan el 95% de PIB mundial. La función principal de esta institución es hacer de banco para los bancos centrales, y promover la cooperación entre autoridades monetarias y las autoridades de supervisión financiera. (Bank for International Settlements, 2022)

El Comité de Supervisión Bancaria de Basilea o *Basel Committee on Banking Supervision* (BCBS) es el principal organismo normativo mundial para la regulación prudencial de los bancos. Desarrolla normas reguladoras mundiales para los bancos que no son legalmente vinculantes, pero estos se basan en el compromiso de los miembros del comité, los bancos centrales entre ellos, de adoptarlos. Los trabajos más relevantes de este comité son los denominados como acuerdos de Basilea, en los cuales se establecen los estándares internacionales de regulación bancaria prudencial. (Banco de España, 2022a) (Bank for International Settlements, 2022)

El Consejo de Estabilidad Financiera o *Financial Stability Board* (FSB), tiene como función la coordinación del trabajo de las autoridades nacionales y de las instituciones internacionales que emiten estándares de la actividad financiera, como el BCBS. El comité se centra en la supervisión y regulación del sector financiero en su conjunto, no solo del sector bancario. (Banco de España, 2022b)

La Oficina de Investigación Financiera o *Office of Financial Research* (OFR) es una rama independiente del Departamento del Tesoro de los Estados Unidos de América que se funda en 2010 con la ley de Protección al Consumidor y Reforma de Wall Street Dodd-Frank, y que persigue promover la estabilidad financiera. La diferencia principal con el resto de las instituciones es que es una institución americana. (Office of Financial Research, 2022)

2.1.2 Requerimientos de capital obligatorios

En este apartado se introducen los distintos requerimientos de capital obligatorios de los bancos europeos, es decir, los fondos propios que los bancos deben mantener para cubrir pérdidas inesperadas, en línea con lo establecido por el Acuerdo de Basilea III. Estos se aplican desde el 1 de enero de 2014. (Consejo de la Unión Europea, 2013) (Consejo de la Unión Europea, 2019)

Todos los bancos tienen un requisito obligatorio de mantener el 4,5 % del capital de nivel 1, y además mantener un colchón de conservación del capital y otro de capital anticíclico, que variarán según la institución. El último requisito de capital, que sólo aplica a algunos bancos es el colchón para entidades de importancia sistémica mundial. El colchón de conservación del capital debe de ser igual al 2,5% del importe total de la exposición al riesgo del banco. El colchón de capital anticíclico es un requerimiento de capital que varía, en épocas de bonanza económica se mantiene un colchón de capital adicional que se utiliza en situaciones adversas para garantizar la continuidad del banco. Por último, está el colchón para entidades de importancia sistémica mundial, obligatorio para los bancos que se consideren como que tienen una importancia sistémica mundial. El colchón requerido para los bancos sistémicos varía entre el 1 % y el 3,5 % del capital de nivel 1 ordinario. (Consejo de la Unión Europea, 2013) (Consejo de la Unión Europea, 2019)

2.1.3 Lista de bancos de importancia sistémica mundial (G-SIBs)

La lista de los bancos de importancia sistémica mundial, conocidos como G-SIBs (*Global Systemically Important Banks*) es, como su nombre indica, un ranking o lista de las instituciones de crédito que suponen un riesgo mayor al sistema financiero. Las compañías están ordenadas y se asignan a grupos o buckets, lo que determina el requerimiento de capital adicional que la compañía debe reservar. Esta lista se desarrolla siguiendo una metodología desarrollada por el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (BCBS), en la que se asigna a las instituciones financieras una puntuación, y a partir de esta se asignan a un grupo. Nos referimos a las puntuaciones que recibe cada compañía bajo esta metodología como las puntuaciones de Basilea. Se usan datos a los que solo pueden acceder las autoridades

supervisoras, por lo tanto, no podemos replicar estas medidas, por esta razón, en este trabajo se usan como referencia contra las medidas que hacen uso de datos públicos, como son el ΔCoVaR y el SRISK.

La metodología desarrollada por el BCBS divide la puntuación de cada compañía en cinco categorías, que son el tamaño, la interconexión, la sustituibilidad, la complejidad y actividad entre jurisdicciones. La puntuación final es una media aritmética de las cinco categorías (Bank for International Settlements, 2019)

Los datos que los reguladores requieren a las instituciones de crédito son públicos y se pueden encontrar en la página web del BIS. En esta se encuentran las plantillas de los datos que se solicitan a las instituciones, pero no los datos que son confidenciales. Las autoridades solicitan información como la cantidad de derivados OTC liquidados bilateralmente, los fondos depositados o prestados por otras instituciones financieras, o la cantidad de valores mantenidos hasta el vencimiento (Bank for International Settlements, 2022)

Con la información que proporcionan los bancos de manera confidencial el FSB desarrolla la lista de los G-SIBs y la actualiza cada año en noviembre. Los requerimientos de capital exigidos entran en vigor en un periodo de un año desde que se publica la lista. En el año 2019 se publicó una revisión de la metodología a usar para calcular las puntuaciones de los G-SIBs, y está se empezará a usar con los datos del año fiscal 2022, por lo tanto, el ranking usa los criterios especificados por BCBS en 2014 (Bank for International Settlements, 2019).

En la Tabla 1, se muestra la lista de los G-SIBs del año 2021, desarrollada a partir de los datos del año 2020.

Tabla 1 – Lista de los G-SIBs del año 2021

Recargo del 3,5%	Recargo del 2,5%	Recargo del 2,0%	Recargo del 1,5%	Recargo del 1,0%
-	JPMorgan Chase	BNP Paribas	Bank of America	Agricultural Bank of China
-	-	HSBC	Bank of China	Bank of New York Mellon
-	-	Citigroup	China Construction	Credit Suisse

-	-	-	Barclays	Groupe BPCE
-	-	-	Deutsche	Groupe Crédit Agricole
-	-	-	Goldman Sachs	ING
-	-	-	Industrial and Commercial Bank of China	Mizuho FG
-	-	-	Mitsubishi UFJ FG	Morgan Stanley
-	-	-	-	Royal Bank of Canada
-	-	-	-	Santander
-	-	-	-	Société Générale
-	-	-	-	Standard Chartered
-	-	-	-	State Street
-	-	-	-	Sumitomo Mitsui FG
-	-	-	-	Toronto Dominion
-	-	-	-	UBS
-	-	-	-	Unicredit
-	-	-	-	Wells Fargo

Fuente: (Financial Stability Board, 2021)

Aunque hay 5 grupos, el último está vacío, y en el caso de que en algún momento una compañía llegue a la puntuación del quinto grupo se crearía un nuevo grupo, en este caso el sexto. En Tabla 2 se muestran las puntuaciones que determinan la posición de cada empresa en cada grupo.

Tabla 2 – Rango de puntuación de cada grupo G-SIB

G-SIB Buckets	Scores
Bucket 5 (+3.5% CET1)	530-629
Bucket 4 (+2.5% CET1)	430-529
Bucket 3 (+2.0% CET1)	330-429
Bucket 2 (+1.5% CET1)	230-329
Bucket 1 (+1.0% CET1)	130-229

Fuente: (Bank for International Settlements, 2022)

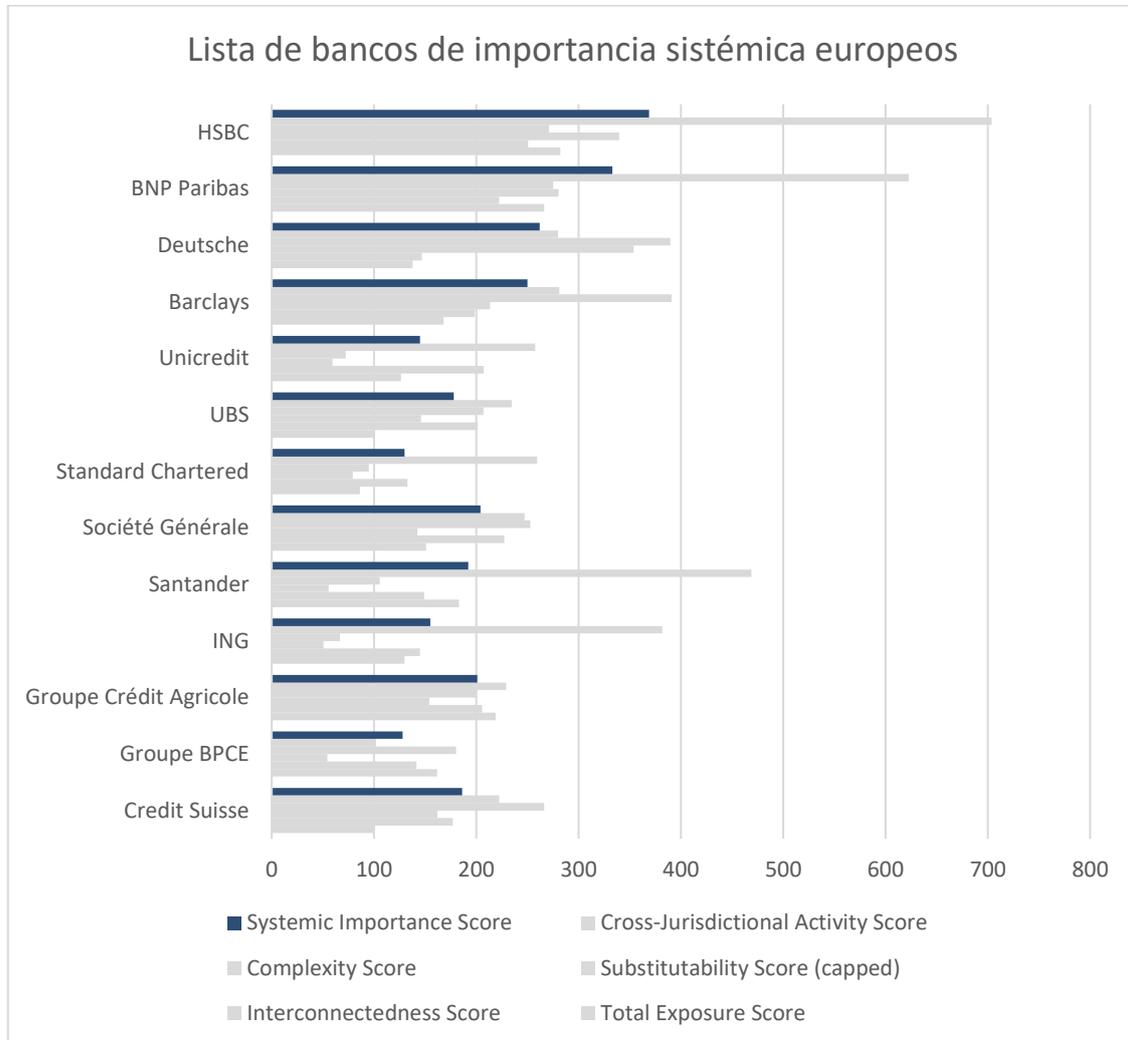
Cada grupo, o *bucket*, tiene asociado un requerimiento de capital adicional (de capital de nivel 1) además de los ya descritos en el epígrafe 2.2.1.2. Por ejemplo, en el caso del banco

BNP Paribas este deberá reservar adicionalmente el 2.0% de su capital de nivel 1 ordinario de los activos ponderados por riesgo durante el año fiscal 2023.

La diferencia en la lista publicada por el consejo de Estabilidad Financiera entre el año 2020 y el 2021 no es muy grande. El número de instituciones con un recargo de capital sigue siendo 30, sin embargo, hay tres instituciones que han aumentado de nivel, estas son JP Morgan, Goldman Sachs y BNP Paribas. (Financial Stability Board, 2021)

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se presentan las puntuaciones de las compañías europeas y como se dividen estas en cada una de las categorías. La relevancia del siguiente gráfico radica en que más adelante se compara el riesgo que supone cada institución financiera europea de importancia sistémica en función de la medida de riesgo sistémico usada, o bien la lista de los G-SIBs, o la medida de riesgo SRISK.

Ilustración 1 – Puntuación de Basilea total y por categoría de los principales bancos europeos (2021)



Fuente: elaboración propia con datos de la OFR

En este párrafo se introducen algunas de las medidas desarrolladas como alternativas al requerimiento de capital obligatorio a las instituciones financieras de importancia sistémica propuestas por el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea. Archarya et al. (2010), propone aplicar un "impuesto" a las instituciones de importancia sistémica basada en su pérdida esperada condicionada a la aparición de una crisis sistémica, mientras que Chan-Lau (2010) propone imponer cargos regulatorios de capital basado en el grado de interconexión entre las instituciones financieras, a partir de la medida de riesgo CoRisk. Por último, el Fondo Monetario Internacional recoge algunas de las diferentes propuestas que existen para

calcular un requerimiento de capital basado en el riesgo sistémico (International Monetary Fund, 2010, p. 65).

2.2 INTRODUCCIÓN A LAS MEDIDAS DE RIESGO SISTÉMICO QUE UTILIZAN EXCLUSIVAMENTE DATOS DE MERCADO

En este apartado se introducen las medidas de riesgo sistémico que hacen uso de datos públicos, es decir, de aquellos a los que puede tener acceso cualquier persona, además, se explican en detalle dos medidas de riesgo, el ΔCoVaR y el SRISK, por su relevancia académica en el riesgo sistémico, y se analizan brevemente otras medidas también significativas dentro de la literatura.

El ejemplo más claro de dato público es la evolución del valor del capital de las compañías del sistema financiero, sin embargo, algunas de las medidas de riesgo que se explican en este capítulo también utilizan valores del balance, como puede ser el valor contable de la deuda, en el caso del SRISK, el rendimiento de los bonos, la volatilidad del mercado o índices como el MSCI o el índice de volatilidad del mercado de intercambio de opciones de Chicago (VIX), entre otros.

Primero explicaremos el ΔCoVaR , a continuación, el SRISK y terminamos exponiendo otras medidas de riesgo como las propuestas por Kritzman et al. (2011), Giglio et al. (2016) y Billio et al. (2012), entre otros.

2.2.1 El ΔCoVaR

A continuación, analizamos como se calcula el ΔCoVaR , y más adelante se explicará la diferencia entre CoVaR y ΔCoVaR . Una gran parte de lo que se presenta en este subapartado se saca del trabajo de Adrian y Brunnermeier (2016). Lo que se pretende es introducir esta medida, pero también simplificar aspectos de esta, como en que consiste el cálculo de la medida, y que perfiles que no tengan una formación matemática puedan entenderla más fácilmente.

Muchos autores a raíz de la crisis financiera de 2007-2009, como Girardi y Ergün (2013), critican que el VaR como medida de riesgo no es suficiente ya que es incapaz de capturar la naturaleza sistémica del riesgo al centrarse en el riesgo individual de las instituciones. Adrian y Brunnermeier (2016) proponen una medida que no se centre en el riesgo individual de una institución, como hacía el VaR, sino en una medida que capture las conexiones entre el riesgo individual de una institución financiera y el riesgo sistémico global, a partir de la cual se pueden analizar eventos como que compañía en una situación de vulnerabilidad económica es más peligrosa para el sistema. Esta medida es el ΔCoVaR , la cual captura la dependencia de cola entre una institución particular y todo el sistema financiero, y se define como el cambio en el VaR de todo el sistema financiero condicionado a una empresa financiera que se encuentra en *distress* relativa a su estado “normal”, es decir en su cuantil 50. En otras palabras, esta medida es útil para detectar que compañía supone una mayor treta al sistema si está una situación de vulnerabilidad económica (Adrian & Brunnermeier, 2016).

La razón detrás de que esta medida reciba el nombre de ΔCoVaR es que se añade el prefijo Co a una medida de riesgo ya existente como es el VaR para empatizar que está condicionado, y el signo griego delta o Δ se incorpora ya que este denota cambio o incremento. (Adrian & Brunnermeier, 2016)

A continuación, se detalla cómo se obtiene la medida de riesgo, diferentes formas de calcular el ΔCoVaR y se introducen dos medidas adicionales presentadas por Adrian y Brunnermeier (2016)

2.2.1.1 Definición de ΔCoVaR

En primer lugar, se calcula el CoVaR, que es el VaR del sistema financiero condicionado a un evento de una institución financiera. Se consideran dos eventos, la institución financiera está en *distress* o está en una condición de normalidad, es decir el cuantil 50.

El valor del CoVaR, es decir el valor estático, nótese que no aparece el prefijo delta (Δ), se obtiene a partir de un cuantil concreto de la distribución de probabilidad condicionada, es

decir, la probabilidad de que la pérdida del sistema financiero (X^j), condicionado a un evento ($X^j|C(X^i)$), sea menor que un valor concreto, el CoVaR, es el cuantil elegido. Es decir:

$$Probabilidad \left(X^j | C(X^i) \leq CoVaR_q^{j|C(X^i)} \right) = q\%$$

La letra “j” hace referencia al sistema financiero, mientras que la letra i hace referencia a una institución financiera concreta. X es un histograma que contiene los valores de los rendimientos de las instituciones financieras y del sistema financiero para un periodo concreto: $X_{t+1}^i = -\frac{\Delta N_{t+1}^i}{N_{t+1}^i}$ siendo “N” el valor de mercado para un tiempo “t”. En la distribución de probabilidad se usa un valor concreto de X, que es VaR_q^i . Por último, “q” es el cuantil, es decir es la posición que buscamos en la distribución de probabilidad. Los cuantiles típicos que se utilizan son 95 y 50, nótese que usar el cuantil 95 en vez de 5 es fruto de que el histograma X incluye las pérdidas de valor del mercado como positiva.

A partir de distribución de probabilidad obtenemos el VaR del sistema financiero condicionado a un evento de una institución financiera en situación de quiebra y en situación de normalidad. Obtenemos el CoVaR dinámico o $\Delta CoVaR$ a partir de su resta:

$$\Delta CoVaR_q^{j|i} = CoVaR_q^{j|X^i = VaR_q^i} - CoVaR_q^{j|X^i = VaR_{50}^i}$$

Básicamente, como j siempre será el sistema financiero:

$$\Delta CoVaR_q^i = \Delta CoVaR_q^{j|i}$$

Cuando calculemos el $\Delta CoVaR$ que varía con el tiempo, este se denota de la siguiente manera: $\Delta CoVaR_{q,t}^i$. Siendo “t” la variable que indica el tiempo.

Además, a lo largo del trabajo nos referiremos a $\Delta CoVaR_{q,t}^i$ o $\Delta CoVaR_q^i$ como $\Delta CoVaR$, indistintamente, menos cuando sea necesario especificar la diferencia.

2.2.1.2 Diferentes formas de calcular el ΔCoVaR

Existen varias formas de calcular el ΔCoVaR , sin embargo, en este trabajo se destacan tres como las más relevantes actualmente. Estas son el cálculo del ΔCoVaR a partir de cópulas, a partir del método GARCH y a partir de una regresión cuantílica, siendo esta última la que utilizaremos en este trabajo para calcular el ΔCoVaR , y además es el método original propuesto por Adrian y Brunnermeier en las versiones iniciales de su trabajo, en 2008.

La regresión cuantílica es una extensión de la regresión lineal que se utiliza cuando no se cumplen las condiciones de normalidad, homocedasticidad, independencia y linealidad. Destaca por ser el método más simple para calcular el ΔCoVaR . (Adrian & Brunnermeier, 2016)

El cálculo del ΔCoVaR a partir del método de la heteroscedasticidad condicional autorregresiva multivariante o GARCH multivariante, lo desarrollan Girardi y Ergün (2013) y Adrian y Brunnermeier lo reconocen como método de cálculo válido en su trabajo final: “Desde que se distribuyó una versión anterior de este documento en 2008, ha surgido una literatura sobre enfoques de estimación alternativos para el CoVaR. El CoVaR se estima utilizando GARCH multivariante por Girardi y Ergün (2013) (...)” (Adrian & Brunnermeier, 2016, p. 1710)

Las copulas son “funciones que unen o acoplan las funciones de distribución multivariante a sus funciones de distribución marginal unidimensional” (Nelsen, 1999, p. 5). El cálculo del ΔCoVaR a partir de cópulas refleja que los resultados obtenidos se ajustan mejor a los eventos de crisis, además son particularmente útiles para caracterizar los comportamientos de cola. (Ugolini, 2014)

Existen otras formas de calcular el ΔCoVaR , como es la inferencia bayesiana propuesta por Bernardi et al. (2013a) o a partir de la realización de suposiciones de distribución sobre los *shocks* económicos y emplear estimadores de máxima verosimilitud como proponen Bernardi et al. (2013b)

2.2.1.2.1 Alteraciones al ΔCoVaR introducidas por Adrian y Brunnermeier (2016)

Adrian y Brunnermeier (2016) introducen dos medidas adaptadas del ΔCovaR , que son el CoES y el forward- ΔCovaR como medidas de riesgo, lo característico de estas medidas es que surgen a partir de la medida original del ΔCovaR .

El CoES o *coexpected shortfall* ya aparece en el *working paper* publicado en 2009. Esta medida consiste en calcular la pérdida esperable del sistema financiero condicionado a que las pérdidas sean mayores que el CoVaR_q^i . De forma análoga, el ΔCoES se calcula de la siguiente manera:

$$\Delta\text{CoES}_q^{j|i} = \text{CoES}_q^{j|i} - \text{CoVaR}_{50}^{j|i}$$

El forward- ΔCovaR aparece en el *working paper* del CoVaR de Adrian y Brunnermeier en 2011. Lo interesante de esta medida es que, como bien indica su nombre, es una medida prospectiva, por lo que puede usarse para monitorear el riesgo sistémico. El forward- ΔCoVaR refleja que durante tiempos de bonanza se acumula el riesgo sistémico en tiempos de bonanza y llega a su máximo en periodos de crisis, es decir, las empresas toman riesgos altos durante periodos de expansión de la economía lo que las hace vulnerables cuando ocurre un evento adverso. Aunque esta medida se pueda utilizar para monitorear la acumulación del riesgo sistémico en tiempo real, el forward- ΔCoVaR no tiene la capacidad de detectar que institución financiera contribuye en mayor manera al riesgo del sistema.

2.2.2 El SRISK

El SRISK es una medida de riesgo introducida por Christian Brownlees y Robert F. Engle. Esta medida mide la contribución de una institución financiera al riesgo sistémico a partir del cálculo del déficit de capital, o *capital shortfall*, de la compañía condicionada a una situación de crisis. (Brownlees & Engle, 2017)

El resultado que arroja la medida de riesgo no es otra cosa que el capital que necesitaría la compañía para dejar de estar en una situación de apuros económicos en caso de que ocurra una crisis futura. Se considera un escenario de crisis si un índice, como el MSCI, se desploma

más de un 40% a lo largo de seis meses. Nótese, que a diferencia del ΔCoVaR , el SRISK se cuantifica en unidades monetarias. (Acharya, et al., 2012)

El déficit de capital se calcula como las reservas de capital que una empresa debe mantener, tanto por los requerimientos regulatorios como por la gestión prudencial de la empresa, menos el valor del mercado del capital (*equity*). Cuando el déficit de capital es negativo significa que la compañía tiene un superávit, por lo que la compañía se encuentra en un estado saludable, por el otro lado, un resultado negativo implica que la compañía se encuentra en una situación de *distress*. El déficit de capital de una institución (“i”) para un día cualquiera (“t”) se calcula de la siguiente manera (Engle, et al., 2014):

$$CS_{i,t} = k * Activos_{i,t} - Equity_{i,t} = k * (Equity_{i,t} + Debt_{i,t}) - Equity_{i,t}$$

$$CS_{i,t} = k * Debt_{i,t} - (1 - k) * Equity_{i,t}$$

Los requerimientos de capital obligatorios a mantener en reservas por las instituciones financieras se cuantifican a partir de la variable k, la fracción de los activos a mantener en reservas, y que se conoce como la fracción de capital prudencial. Como el balance de situación es simétrico, los activos se pueden cuantificar como el valor contable de la deuda más el valor del *equity*. Cuando nos referimos a activos, verdaderamente el cuasi-valor de los activos estos son la suma de todos los activos de la compañía, es decir, tanto los corrientes como los no corrientes.

2.2.2.1 Definición matemática del SRISK

La medida de riesgo SRISK, es el capital que necesitaría una compañía para dejar de estar en una situación de *distress* condicionada a una crisis prolongada, se obtiene como la diferencia entre la capitalización requerida y la capitalización esperada de una firma. (Acharya, et al., 2012).

Esta idea es la que se cristaliza en los desarrollos de Brownlees y Engle (2017). La medida SRISK se obtiene como el déficit de capital condicionado a un evento de crisis:

$$SRISK_{i,t} = Expected_t (CS_{i,t} | R_{market,t+1-t+h} < X)$$

$$SRISK_{i,t} = k * E_t (Debt_{i,t} | R_m < X) - (1 - k) * E_t (Equity_{i,t} | R_m < X)$$

$$SRISK_{i,t} = k * Debt_{i,t} - (1 - k) * (1 - LRMES) * Equity_{i,t}$$

$$SRISK_{i,t} = Equity_{i,t} * [k * Leverage + (1 - k) * (1 - LRMES) - 1]$$

Se considera que el valor de la deuda esperado no va a cambiar ya que es poco probable que en un escenario de crisis la deuda se renegocie, por lo que el valor contable de la deuda no cambia. Además cabe destacar que la medida de riesgo SRISK es función del tamaño de la institución, del apalancamiento y la pérdida de capital esperada condicionado a la caída del mercado (LRMES). (Brownlees & Engle, 2017)

La variable R cuantifica el retorno del mercado, es la media aritmética de un periodo concreto (t+1 a t+h), mientras que la variable X es la caída porcentual de mercado, siendo lo normal una caída en el índice MSCI del 40% y un valor normal de la variable de tiempo 6 meses. El LRMES es el promedio de los rendimientos del capital de la empresa en los escenarios de crisis y se puede calcular de muchas maneras. (Brownlees & Engle, 2017)

La medida SRISK se usa en las empresas para construir una medida de *distress* financiero para todo el sistema. La cantidad total de riesgo sistémico en el sistema financiero se mide como: (Brownlees & Engle, 2017)

$$SRISK_t = \sum_{i=1}^N SRISK_{i,t}$$

Muchas veces, en vez de cuantificar el valor en unidades monetarias, se expresa el SRISK como porcentaje del riesgo del sistema financiero total. Se calcula de la siguiente manera: (Brownlees & Engle, 2017)

$$SRISK\%_{i,t} = \frac{SRISK_{i,t}}{SRISK_t} \text{ if } SRISK_{i,t} > 0$$

2.2.3 Otras medidas de riesgo sistémico a partir de datos de mercado

A continuación, se presentan una serie de medidas de riesgo que se consideran las medidas de riesgo más relevantes para medir el riesgo sistémico a partir de datos de mercado.

2.2.3.1 El CoCVaR

Wei-Qiang Huang y Stan Uryasev desarrollan la medida de riesgo llamada CoCVaR, que es el *Conditional-Value at Risk* (CVaR) del sistema financiero condicionado a que una institución esté en dificultades financieras. Esta medida es muy parecida a la medida desarrollada por Adrian y Brunnermeier (2016), el CoVaR, pero la diferencia radica en que el CoCVaR calcula el *Conditional-Value-at-Risk* (CVaR) del sistema financiero en vez del Value-at-Risk (VaR), que implica que el CoCVaR considera las pérdidas del sistema financiero más allá del VaR. La forma de obtener esta medida de riesgo es igual que la metodología seguida para la obtención del ΔCoVaR . La contribución de una institución al riesgo sistémico se obtiene como la diferencia entre el CoCVaR condicionado a que la institución se encuentre en quiebra y el CoCVaR condicionado a que la empresa se encuentre en un estado normal de operación. (Huang & Uryasev, 2017)

2.2.3.2 El CoCDaR y mCoCDaR

Rui Ding y Stan Uryasev extienden la medida de riesgo CoVaR y la medida desarrollada por el mismo Uryasev en 2017. Proponen dos nuevas medidas, que son el CoCDaR and mCoCDaR, siendo a su vez la segunda medida una extensión del CoCDaR, y cuya novedad es que permite cuantificar el riesgo al sistema financiero de varias instituciones en situación de quiebra, en vez de la consideración original de una institución en quiebra y el resto en un estado de referencia (Ding & Uryasev, 2020).

El CoCDaR es el *Conditional-drawdown-at-risk* (CDaR) del sistema financiero condicionada este a que una institución se encuentre en quiebra, medida esta a partir de reducciones o *drawdowns*. Esta nueva medida tiene en cuenta los rendimientos negativos consecutivos de un valor, mientras que CoCVaR y el CoVaR no. El CoCDaR reparará en unas pérdidas consecutivas pequeñas que resulten en una reducción grande, mientras que el

CoVaR y CoCVaR no percibirán las pérdidas pequeñas, y que dan lugar a una pérdida grande en su conjunto. (Ding & Uryasev, 2020)

2.2.3.3 El Systemic Expected Shortfall (SES)

Viral V. Acharya, Lasse H. Pedersen, Thomas Philippon y Matthew Richardson introducen por primera vez en un working paper en 2010 el *Systemic Expected Shortfall* (SES), o déficit sistémico esperado en castellano. Esta medida cuantifica la potencial contribución de cada institución financiera a una crisis sistémica. Concretamente, el SES es igual a la cantidad esperada de subcapitalización de un banco en un evento sistémico futuro en el que el sistema financiero global está descapitalizado. Además, el SRISK es una variante del *Systemic Expected Shortfall* (SES) (Acharya, et al., 2017).

2.2.3.4 El índice de riesgo sistémico de Stefano Giglio, Bryan Kelly y Seth Pruitt

Stefano Giglio, Bryan Kelly y Seth Pruitt desarrollan un índice de riesgo sistémico, que agrega información de 19 medidas de riesgo sistémico individuales y que ya existían. A través de esta combinación de medidas analizan el efecto del cambio de estas medidas en la economía real. Lo más interesante de este índice es que la combinación de medidas de riesgo sistémico, cuando se toman en conjunto, especialmente en el algoritmo PQR (*Partial Quantile Regression*), demuestra un sólido poder de predicción para la cola inferior de las perturbaciones macroeconómicas (Giglio, et al., 2016).

2.2.3.5 Medidas econométricas de conectividad y riesgo sistémico

En 2011, Monica Billio, Mila Getmansky, Andrew W. Lo, y Lorian Pelizzon publican por primera vez su propuesta de medidas econométricas de conectividad basadas en el análisis de componentes principales y las redes de causalidad de Granger. (Billio, et al., 2012)

A partir de la aplicación de estas medidas econométricas a los rendimientos de los fondos de inversión, a los bancos, a los agentes de bolsa y a las compañías de seguros, la investigación de Billio et al. (2012) concluye que los cuatro sectores la interrelación entre los sectores entre los años 2000 y 2010, son los responsables del aumento del nivel de riesgo sistémico en los sectores financiero y de seguros. Otra característica de la investigación es que las

medidas econométricas pueden identificar y cuantificar los periodos de crisis financiera, y parecen tener poder predictivo en las pruebas fuera de muestra. (Billio, et al., 2012)

2.2.3.6 El uso de Componentes principales como medida del riesgo sistémico

En el año 2011, Mark Kritzman, Yuanzhen Li, Sébastien Page, y Roberto Rigobon proponen una medida o indicador de riesgo sistémico denominada ratio de absorción o coeficiente de absorción. Esta medida se obtiene como la división entre la varianza total de un conjunto de activos y la varianza de un conjunto finito de vectores propios, que viene a ser la parte de varianza total de un conjunto de activos explicada por un número fijo de vectores propios. Esta medida capta el grado en que los mercados están unificados o acoplados, siendo estos más frágiles cuando están fuertemente acoplados, ya que las perturbaciones negativas se propagan con mayor rapidez y amplitud que cuando los mercados están poco acoplados (Kritzman, et al., 2011).

2.2.3.7 Enfoque de red de riesgo sistémico

El matemático francés, Jean-Baptiste Hasse, propone una medida de riesgo desde una perspectiva de red, y por lo tanto, basada en la interconexión de vínculos directos e indirectos entre instituciones financieras. Este enfoque permite monitorizar en tiempo real la compleja estructura de dependencias de los sistemas financieros, y entre otras cosas, simular las decisiones de los cuerpos regulatorios. Por último, Jean-Baptiste Hasse demuestra empíricamente que los vínculos indirectos de la red financiera se ven reforzados durante los eventos sistémicos (Hasse, 2020b).

2.2.3.8 El SystRisk

En el año 2019, Markus K. Brunnermeier y Patrick Cheridito introducen el SystRisk, que es una medida de riesgo sistémico que cuantifica el coste que tendría para la sociedad un seguro contra el riesgo de *distress* del sistema financiero (Brunnermeier & Cheridito, 2019).

2.2.3.9 Cambios sobre el CoVaR

Por último, destaca la contribución de Giulio Girardi y Tolga Ergün, que modificaron el CoVaR de Adrian and Brunnermeier cambiando la definición de quiebra (*financial distress*).

La medida de riesgo original consideraba que una compañía se encontraba en situación de quiebra al encontrarse justamente en su nivel de VaR, pero la modificación de Girardi y Ergün consideraba que una situación de quiebra se daba al exceder el VaR. Lo que se obtiene con este cambio es poder considerar eventos de crisis más graves, que se encuentran más alejados en la cola, y poder hacer *backtesting* del CoVaR. La metodología de cálculo del CoVaR se mantiene igual, como la contribución de una institución condicionada a estar en situación de quiebra frente a un estado de referencia, lo que varía es lo que se considera como *financial distress*. (Girardi & Ergün, 2013)

Capítulo 3. ANÁLISIS DEL RIESGO SISTÉMICO DEL SISTEMA FINANCIERO ESPAÑOL A PARTIR DEL SRISK

En este capítulo se hace un análisis del sistema financiero español a partir de la medida de riesgo SRISK. Primero se introduce la herramienta a partir de la cual se obtienen los datos para realizar el análisis, el Volatile Laboratory, y a continuación se desarrolla el análisis.

VOLATILE LABORATORY (V-LAB)

Esta herramienta ha sido desarrollada por la escuela de negocios Stern de la universidad de Nueva York, y actualmente Robert F. Engel es uno de los miembros del equipo, pero en el pasado también han formado parte de este equipo profesionales como Christian Brownlee. El propósito de esta herramienta es proporcionar a profesionales e investigadores con evidencia empírica real sobre la dinámica del mercado.

El uso de la herramienta es gratuito y se puede encontrar en el siguiente enlace (<https://vlab.stern.nyu.edu/>)

3.1 MODELOS Y VARIABLES

La herramienta ofrece distintos análisis, entre los que destacan por su relevancia internacional el análisis de correlaciones y el análisis de volatilidades, sin embargo, en este trabajo nos centraremos en el análisis de riesgo sistémico.

Dentro del análisis de riesgo sistémico se pueden hacer uso de cuatro diferentes modelos, el MES (Dynamic MES), el GMES (Global Dynamic MES), MESSIN (Dynamic MES with Simulation) y el DMES (Domestic MES). En este trabajo en concreto haremos uso de dos de estos modelos, el DMES para España y el GMES centrado en Europa y en España. Usar el modelo DMES para España nos permite simular el efecto que tiene sobre el sistema financiera una crisis local, mientras que el modelo GMES para España nos permite cuantificar el efecto de una crisis global.

Una vez elegido el tipo de análisis y el modelo, la herramienta permite entre otras cosas centrarse en un área geográfica completa, o en un país, definir como el severo es la caída de mercado, el porcentaje de capital prudencial requerido o el porcentaje de cuentas separadas (*segregated funds*) que se incluye en el pasivo total de las aseguradoras.

A continuación, se explican las variables más importantes en el cálculo del SRISK:

El *Long-Run Marginal Expected Shortfall* o LRMES, se introdujo en el capítulo de revisión de la literatura, y es la pérdida fraccionada del accionariado de una empresa cuando el índice de referencia, que puede ser el índice MSCI mundial en el caso de que se use un modelo GMES o el índice MSCI local en caso de que se use un modelo DMES, en el cálculo disminuye un 40% en un periodo de 6 meses (Brownlees & Engle, 2012).

Se calcula de la siguiente manera:

$$LRMES = 1 - e^{\log(1-d)*Beta}$$

Donde “d” es el umbral de tiempo de crisis (por defecto son 6 meses), y la variable “Beta” es la β de la firma respecto al índice MSCI, global o local, que se calcula a partir del modelo condicional dinámico de beta desarrollado por Robert Engle. (Engle, 2016)

La variable *Cor* es la correlación condicional dinámica entre el rendimiento de una acción y el rendimiento del índice MSCI. Se estima con un modelo Dynamic Conditional Correlation (DCC) que se actualiza diariamente (Engle, 2009).

La variable *Vol* es la volatilidad anualizada de los fondos propios de la empresa. Se estima con un modelo GJR-GARCH que se actualiza diariamente (Engle, 2002).

La variable *Lvg* o *leverage* es el cuasi apalancamiento de una empresa (Brownlees & Engle, 2017), y se obtiene como:

$$Leverage = (Equity_{i,t} + Debt_{i,t}) / Equity_{i,t}$$

Siendo “Debt” el valor contable de la deuda y “Equity” el valor de mercado de los fondos propios de cada institución (“i”) y en el periodo de tiempo “t”

3.2 DATOS DE ENTRADA

Para el cálculo de SRISK en el sector financiero español, la herramienta V-Lab incluye en el cálculo bancos, aseguradoras y gestoras de carteras. La herramienta usa datos de entrada diferentes a lo largo del eje temporal, ya que el sector financiero español ha ido cambiando a lo largo del siglo XXI.

EL SRISK Y EL SISTEMA FINANCIERO ESPAÑOL

La Tabla 3 recoge los datos que arroja el V-Lab del sistema financiero español en junio de 2006 y en abril de 2022, y pretende ilustrar los cambios en el número de instituciones relevantes a nivel sistémico y su contribución a este. Los valores del riesgo sistémico se han obtenido a partir de un descenso del 40% del índice MSCI local, es decir, a nivel español y no mundial.

Tabla 3 – Valores del SRISK, en millones de euros (€), en junio de 2006 y abril 2022

Institución (junio 2006)	SRISK (€ m)	Institución (abril 2022)	SRISK (€ m)
Banco Santander SA	6751	Banco Santander SA	59167.4
Bankinter SA	-97.6	CaixaBank SA	25242.7
Banco Pastor SA	-809.7	BBVA SA	22985.2
Mapfre SA	-1005	Banco de Sabadell SA	11882.7
Quabit Inmobiliaria SA	-1232	Bankinter SA	3486.7
Grupo Catalana Occidente SA	-1561	Mapfre SA	-471.3

Corp Financiera Alba SA	-1753	Realia Business SA	-525.4
Banco de Valencia SA	-1772	Grupo Catalana Occidente SA	-1097.1
Banco Espanol de Credito SA	-2356	Corp Financiera Alba SA	-2228.4
Banco de Sabadell SA	-3552		
Banco Popular Espanol SA	-4218		
Metrovacesa SA	-4400		
BBVA SA	-9678		
Total (sólo saldos positivos)	6751.0	Total (sólo saldos positivos)	122764.7

Fuente: elaboración propia con datos del V-Lab

El SRISK agregado para cada país es la suma de cada institución que tenga valores positivos. (Engle & Ruan, 2018)

A partir de los datos de la Tabla 3 se puede observar cómo ha aumentado el valor del SRISK y como se han reducido el número de instituciones financieras relevantes en España.

Respecto al aumento del valor del SRISK de forma conjunta. La primera conclusión del aumento de valor del SRISK, en línea con la definición de la medida de riesgo, es que, a día de hoy, en caso de que hubiese que rescatar el sistema financiero español esto le costaría más caro al contribuyente que rescatar el sistema financiero en junio de 2006. Una de las razones por las que esto puede ocurrir es que, en 2006, el sistema financiero estaba muy atomizado, por lo que el V-Lab no recoge en sus cálculos a las cajas de ahorros, que fueron las detonantes del “rescate” bancario español. Nótese las comillas a raíz de que no existe un consenso de si existió un rescate al sistema bancario español, ya que se inyectó capital únicamente en algunas cajas y bancos, que venían de ser cajas.

Además, destaca que en junio de 2006 el Banco Santander era la única institución que suponía un riesgo, en función de la medida SRISK, ya que los valores del *capital shortfall* del resto de las instituciones, condicionados a una crisis, eran negativos, lo que a priori indicaba que el sistema financiero gozaba de una buena salud, salvo el Santander, ya que en caso de un evento de crisis las instituciones tenían un excedente de capital. El tiempo demostró lo contrario.

Cabe destacar un apunte, como se ha visto en el capítulo 2, en la revisión de la literatura, el SRISK depende del tamaño, el apalancamiento y la pérdida de valor del *equity* (LRMES), por lo que el alto valor del SRISK del Santander no indica que este en una situación de vulnerabilidad económica constante, ya que es el que más SRISK aporta, sino que como también ocurre con los grandes bancos mundiales, como BNP Paribas o Citi Bank, por las características de estos bancos su quiebra supondría un mayor coste a los contribuyentes.

Por último, destaca como en 2022, los únicos agentes que suponen un riesgo sistémico son las instituciones bancarias, frente a las compañías aseguradoras y las gestoras de carteras.

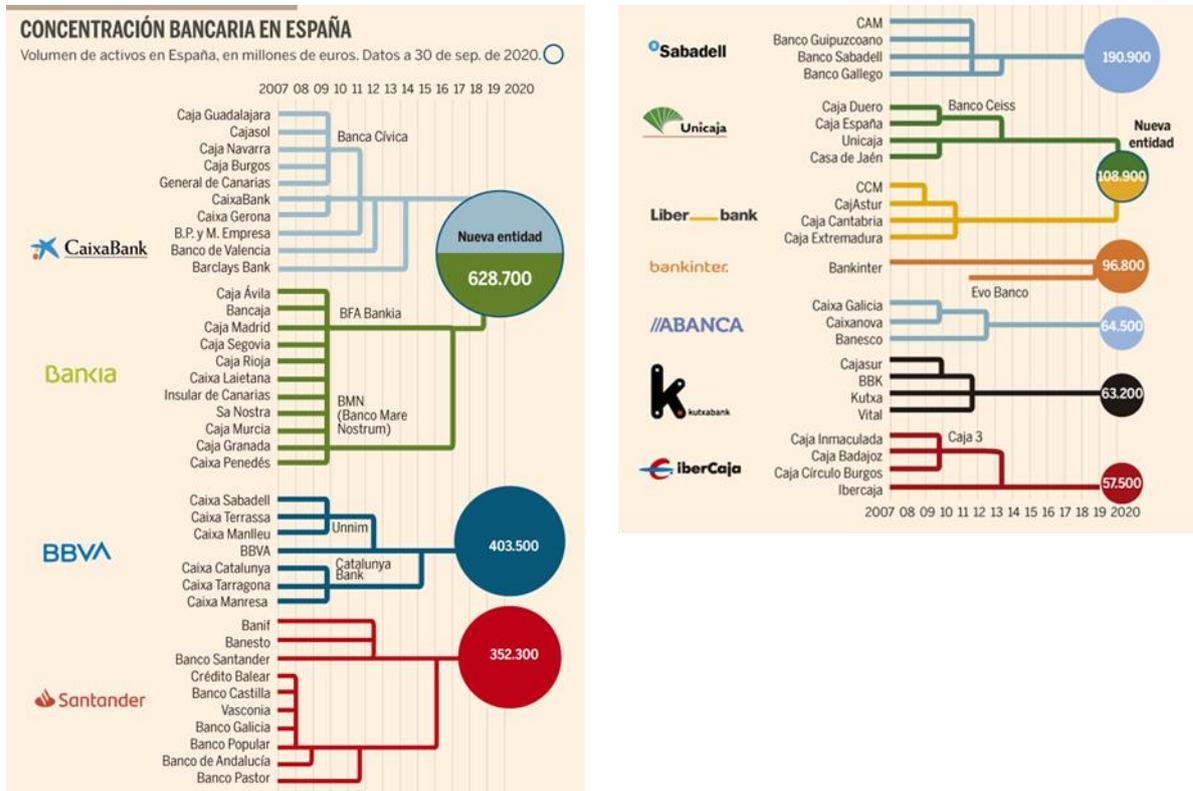
Respecto a la reducción de instituciones financieras, esta se debe principalmente a dos factores, el primero es la consolidación en el sector bancario español, y el segundo es la pérdida de peso de las instituciones inmobiliarias a raíz de la crisis financiera de 2007-2009, que tuvo un impacto severo en el sector de la construcción.

No se va a repasar la consolidación del todo el sistema bancario español, porque han ocurrido muchas operaciones pequeñas y estas no son muy relevantes para el trabajo, pero se repasa la consolidación de las empresas que están presentes en el V-Lab en 2006 y no en el 2022.

El Banco Pastor se integra en el Banco Popular, que más tarde se integra en el Banco Santander, como también ocurre con el Banco Español de Crédito (“Banesto”). Por último, el Banco de Valencia se integra en CaixaBank.

En la Ilustración 2 se muestran el proceso de integración bancaria, y se cuantifica a partir del volumen de activos que tiene cada una de las entidades en España:

Ilustración 2 – Proceso de consolidación bancaria en España desde 2007 hasta el 30 de septiembre de 2020



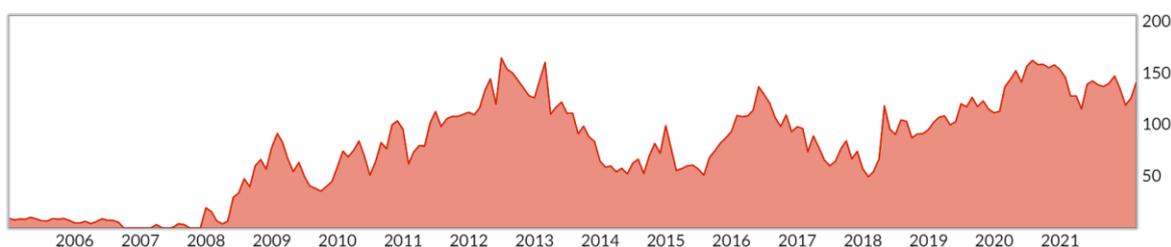
Fuente: Expansión (enero, 2021)

Después de este primer análisis del sistema español, y como ha cambiado en los últimos años, surge la siguiente pregunta relevante, que es ¿por qué ha aumentado tanto el SRISK en España, especialmente a partir del año 2018?

3.3 ¿A QUÉ SE DEBE EL AUMENTO DEL SRISK EN EL SISTEMA FINANCIERO ESPAÑOL?

La Ilustración 3 representa la variación de la medida SRISK agregada al sistema financiero español en función del tiempo. Se puede apreciar cómo ha aumentado el SRISK a lo largo de los años. Se distinguen cuatro periodos en los que el valor del SRISK se maximiza.

Ilustración 3 – Variación del SRISK en el sistema financiero español desde enero 2005 a abril del 2022



Fuente: V-Lab

El primer pico ocurre en febrero de 2009, y se justifica con la crisis financiera de 2007-2009.

La segunda etapa, o máximo del SRISK, ocurre entre julio de 2012 y marzo de 2013. El aumento del SRISK se justifica primero con la crisis de la deuda soberana europea, también conocida como la crisis del euro, que tuvo un impacto severo en el sistema financiero español, sin embargo, los máximos se alcanzan por lo que se conoce como la semana negra, donde la prima de riesgo española alcanza los 511 puntos y donde entidades como Bankia pierden en un día el 13.4% de su valor. El 9 de junio del 2012 se anuncia que España ha obtenido de Europa un rescate para sanear su sistema financiero. Datos sacados del diario Expansión.

A partir de los máximos alcanzados en 2012 y 2013, destacan un pico muy claro en el año 2016 y un aumento constante del riesgo a partir de febrero de 2018, que acaba maximizándose a raíz de la crisis del COVID en agosto de 2020. A pesar de que se puede distinguir en el gráfico otro máximo claro entre 2014 y 2016, no se va a investigar porque no se considera relevante en comparación con los otros periodos mencionados.

El máximo alcanzado en junio de 2016 se debe principalmente a lo que se conoció como la crisis de deuda asiática, con China y Japón a la cabeza de los contribuidores de riesgo. Ambos países habían estado aumentando su deuda soberana, en el caso de Japón, este aumento de deuda fue causado por el estímulo monetario desarrollado por el primer ministro Shinzo Abe. Al aumento de endeudamiento de los países asiáticos se suman también el descenso del precio del petróleo y la desaceleración económica de China. (Engle & Ruan, 2018) (Coleman, et al., 2018)

La característica común en las tres épocas en las que se alcanza un máximo en la métrica del SRISK es que los bancos aumentan muchos sus posiciones en deuda aparentemente sin riesgo, pero que más adelante sí que representa un riesgo. En la primera etapa esto ocurre con el estallido de la burbuja inmobiliaria, en el segundo con la crisis de deuda soberana europea, y en el tercer episodio con la crisis de deuda asiática. (Engle & Ruan, 2018)

Estos primeros picos que hemos analizado no son objeto de estudio porque se conocen cuáles fueron las causas detrás del incremento del valor SRISK en el sistema español, sin embargo, no se conocen las causas que hay detrás del máximo de SRISK alcanzado en agosto de 2020, en plena pandemia COVID. Lo más interesante no es el máximo, que como decimos se da en plena pandemia, sino el aumento progresivo del SRISK a partir de 2018.

Es conocido que desde que se decretaron los primeros casos y confinamientos en China las bolsas de valores sufriendo mucho, por lo que se puede explicar el aumento de SRISK desde ese momento, pero no antes. Teniendo en cuenta que el primer confinamiento se produjo sobre la población de Wuhan el 23 de enero del 2020, se va a analizar el aumento del SRISK desde febrero de 2018 y febrero del 2020.

El SRISK comienza a aumentar de forma progresiva a partir de febrero de 2018, pero se desconocen las causas, por lo que se descompone el SRISK, en función de la variación de deuda, del *equity* y del riesgo ($\Delta Debt$, $\Delta Equity$ y $\Delta Risk$), siguiendo la ecuación del SRISK:

$$SRISK_{i,t} = k * Debt_{i,t} - (1 - k) * (1 - LRMES) * Equity_{i,t}$$

Luego,

- Si aumenta la deuda de la compañía aumenta el SRISK
- Si aumenta el *equity* de la firma se reduce el SRISK
- Si aumenta el riesgo percibido de la empresa, aumentará el LRMES, por lo que aumentará el SRISK

En Tabla 4, se recoge el aumento de la medida SRISK entre febrero 2018 (t-1) y enero de 2020 (t) por institución en función de la variación de deuda, *equity* y riesgo. Se ha quitado de la Tabla 4 aquellos valores que no tenía un valor del SRISK positivo, quedando únicamente instituciones bancarias

Tabla 4 – Justificación de la variación de la medida SRISK entre febrero 2018 y enero 2020

Institución	SRISK (t)	SRISK (t - 1)	Δ SRISK	Δ DEBT	Δ EQUITY	Δ RISK
Banco Santander	47197.1	25286	21911.1	4101	16899.7	910.4
BBVA	18030.8	9101.5	8929.4	740.8	8397	-208.4
CaixaBank	12165.7	5686.8	6478.9	1648	4786.8	44.1
Banco de Sabadell	8644.6	5627.2	3017.4	114.4	3170.2	-267.2
Bankia	7632.7	3110.7	4522	-346.9	4443.7	425.2
Unicaja Banco	2037	1267.3	769.7	16.9	552.6	200.1
Bankinter	1123.4	-1278.1	2401.6	657.6	1762.6	-18.7
Total:	96831.3	48801.4	48030.1	6931.8	40012.6	1085.5

Fuente: elaboración propia. Datos: V-Lab

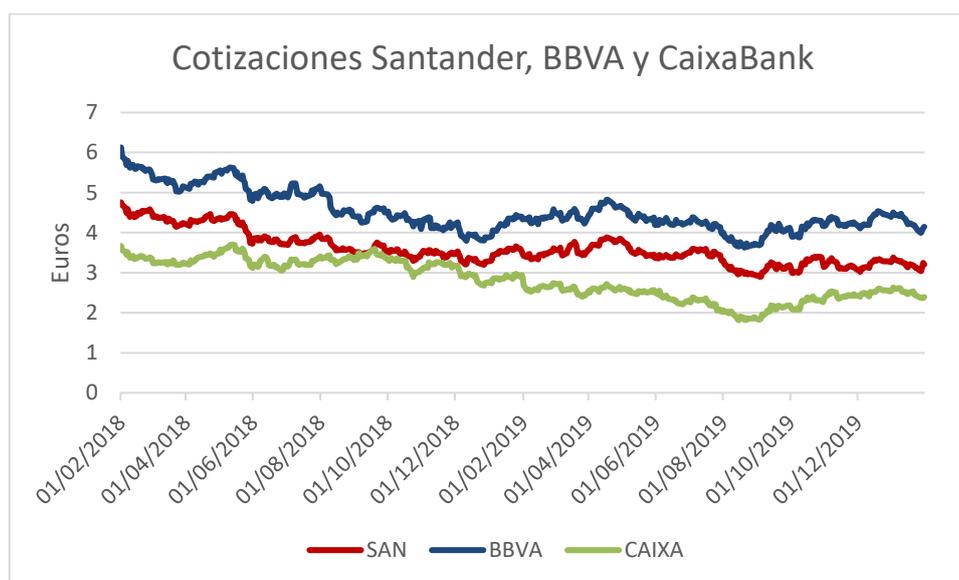
A partir de los datos recogidos en la Tabla 4 se puede concluir que el SRISK se ha duplicado en dos años, pasando de 48,801.40b\$ a 96,831.3b\$, lo que supone un aumento de 48,030.10 billones de dólares.

El incremento de la deuda de las instituciones bancarias es responsable del 14% del aumento del SISK, mientras que la reducción de la capitalización bursátil de las principales instituciones bancarias explica el 83% del incremento del SRISK. Por último, la percepción del riesgo de estas empresas solo explica el 2% del aumento.

Luego, podemos concluir que el aumento del valor del SRISK en España tras la crisis de deuda asiática se debe a la disminución de las cotizaciones de los grandes grupos bancarios. Dentro de los grupos bancarios destacan como los grandes contribuidores al aumento del SRISK los tres más grandes: el Banco Santander, responsable del 42% del incremento del SRISK a partir de la variación en el *equity*, el BBVA, responsable del 21%, y CaixaBank, responsable del 12%. En total estos tres bancos suman el 75%.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se muestra la evolución del precio de las acciones de estos bancos entre febrero de 2018 y enero de 2020:

Ilustración 4 – Evolución del precio de las acciones del Santander, el BBVA y CaixaBank entre febrero de 2018 y enero de 2020



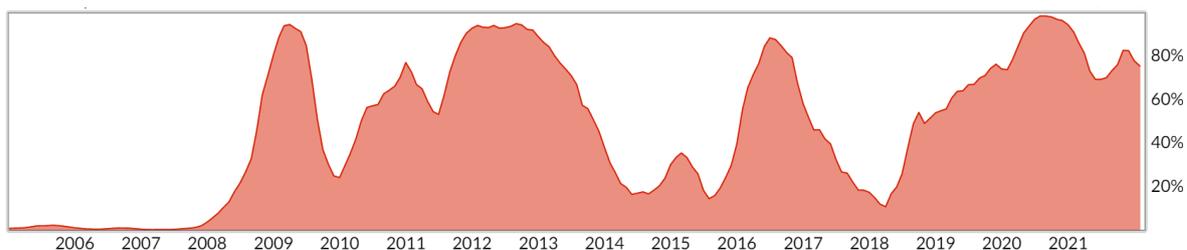
Fuente: Elaboración propia. Datos: Yahoo finance

3.4 PROBABILIDAD DE CRISIS DEL SISTEMA FINANCIERO ESPAÑOL

Engle y Ruan (2018) desarrollan una medida que evalúa la cantidad de SRISK que puede sostener una economía y una medida que cuantifica la probabilidad de crisis que existe en cada momento. (Engle & Ruan, 2018)

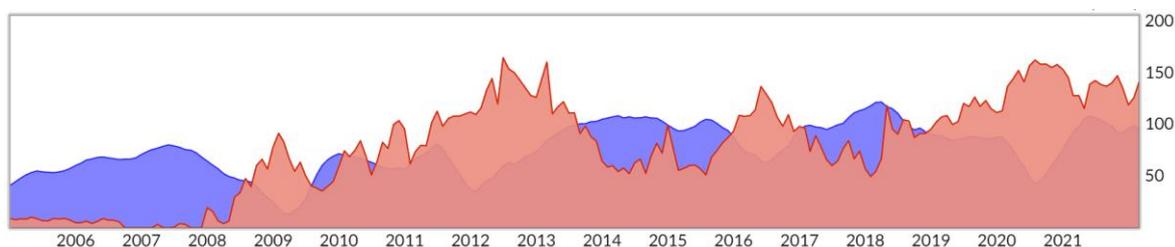
La Ilustración 5 muestra la probabilidad de crisis del sistema financiero español en función del tiempo, que está relacionado con el valor del SRISK en cada momento y la capacidad del sistema. Mientras que la Ilustración 6 muestra los valores de SRISK y la capacidad del sistema para absorber las potenciales pérdidas.

Ilustración 5 – Probabilidad de crisis del sistema financiero español desde enero 2005 a abril del 2022



Fuente: V-Lab

Ilustración 6 – Valores de SRISK y la capacidad del sistema financiero español desde enero 2005 a abril del 2022



Fuente: V-Lab

Tanto en Ilustración 5 como en la Ilustración 6 se puede observar cómo los cuatro periodos descritos coinciden tanto con los máximos de la probabilidad de crisis, y con una mayor diferencia entre el SRISK y la capacidad del sistema.

Capítulo 4. COMPARACIÓN EMPÍRICA DEL SRISK CON EL Δ CoVaR Y LAS PUNTUACIONES DE BASILEA A PARTIR DE DATOS DE ENTIDADES FINANCIERAS EUROPEAS

En este capítulo se va a hacer una comparación empírica, es decir, basada en la observación de los hechos, de las diferencias entre medidas de riesgo sistémico, el denominador común en este ejercicio será el SRISK. Al realizar un análisis del riesgo sistémico en el sistema financiero español, se considera interesante comparar el SRISK con otras medidas relevantes, como es el CoVaR y la lista de los G-SIBs, utilizando la primera datos públicos, mientras que la segunda es una lista elaborada por el FSB y apoyada por BCBS y autoridades regulatorias nacionales. (Financial Stability Board, 2021)

En línea con lo explicado en el capítulo de la revisión de la literatura, la lista de los G-SIBs se elabora con datos a los que solo tienen acceso los supervisores y reguladores, por esa razón se toman directamente las clasificaciones presentadas por los organismos internacionales, sin embargo, no ocurre lo mismo con el Δ CoVaR. Para realizar la comparación entre el SRISK y el CoVaR se ha decidido utilizar los recursos desarrollados por el académico Jean-Baptiste Hasse, el cual desarrolló una librería de R especializada en medir el riesgo sistémico que además cuenta con datos, y compararlos con los resultados de la herramienta de riesgo desarrollado por NYU Stern.

En este capítulo primero se introduce el paquete en lenguaje R que se utiliza para calcular el Δ CoVaR, luego se realiza la comparación entre el SRISK y el Δ CoVaR y se cierra el capítulo

comparando los resultados de la medida SRISK con los resultados de una medida aplicada por los reguladores y supervisores, en este caso, la lista de los G-SIBs.

PAQUETE SYSTEMICR

Uno de los objetivos de este trabajo es realizar una comparación empírica entre la medida de riesgo SRISK y otra medida de riesgo que use datos públicos, y debido a la relevancia de la medida Δ CoVaR se ha considerado como la más interesante para comparar. La comparación entre variables se hará a partir del análisis de los resultados que arrojen cada una de las medidas de riesgo acotado al sistema financiero europeo.

Para poder realizar un análisis del sistema financiero europeo nos apoyamos en el trabajo de Hasse (2020), el cual ha desarrollado una librería en R, llamada SystemicR, que incluye una serie de datos, como el precio de las acciones de empresas del sistema financiero europeo, *state variables*, y sobre todo unas funciones desarrolladas por el cual se puede obtener el Δ CoVaR dinámico y agregado, es decir, variando con el tiempo.

4.1 FUNCIONES

La librería SystemicR incluye una serie de funciones que no están relacionadas con el cálculo del Δ CoVaR, por ejemplo, `f_correlation_network_measures`, la cual desarrolla Jean-Baptiste Hasse como una nueva medida de riesgo basada en la interconexión de las instituciones financieras (Hasse, 2020b), pero en este ejercicio solo nos interesa la función `f_CoVaR_Delta_CoVaR_i_q_t`, ya que calcula el Δ CoVaR dinámico y agregado. (Hasse, 2020a)

La función `f_CoVaR_Delta_CoVaR_i_q_t` devuelve tres outputs; `CoVaR_i_q_t`, `Delta_CoVaR_i_q_t` y `Delta_CoVaR_t` siendo las dos primeras matrices xts y el último un vector xts, el cual utilizamos para realizar el análisis en el capítulo 4. El vector xts es el resultado de hacer la media de cada uno de los cambios de VaR del sistema financiero

condicionado a cada una de las instituciones incluidas en el análisis, que son 72 ($i_{final} = 72$). Sigue la siguiente operación:

$$\Delta\text{CoVaR}_{95,t} = \frac{\sum_{i=0}^i \Delta\text{CoVaR}_{95,t}^i}{i}$$

Cabe destacar que esta no es la forma exacta en la que se llega al valor del ΔCoVaR en R, sin embargo, sí que es el racional matemático que sigue el código. Se ha decidido incluir el racional matemático con el facilitar la comprensión del código que se utiliza en este trabajo.

4.2 UNIDADES DEL ΔCoVaR

Como se explicaba en el capítulo de revisión de la literatura, el $\text{CoVaR}_{q,t}^{j|X^i = \text{VaR}_q^i}$ representa el VaR del sistema financiero condicionado a una situación concreta de una institución financiera (VaR_q^i). El valor del CoVaR representa la pérdida de valor en porcentaje del sistema financiero, pero el porcentaje está expresado en unidades decimales. Es decir, para un valor de $\text{CoVaR}_{95,t}^{j|X^{\text{Santander}} = \text{VaR}_{95}^{\text{Santander}}} = 0.25$, estamos diciendo que estamos al 95% seguros de que el sistema financiero (“j”) no va a perder más de un 25% de su valor condicionado a que el Santander está en quiebra.

Por lo tanto, el CoVaR se expresa en decimales y representa la pérdida de valor porcentual del sistema financiero. Un valor de 0.25 es un rendimiento del sistema financiero del -25%, que podría expresarse en euros como – X billones de €.

$$\text{El } \Delta\text{CoVaR}_{q,t}^i \text{ es } \Delta\text{CoVaR}_{q,t}^{j|i} = \text{CoVaR}_{q,t}^{j|X^i = \text{VaR}_q^i} - \text{CoVaR}_{q,t}^{j|X^i = \text{VaR}_{50}^i}$$

Esto representa la contribución al riesgo del sistema financiero por parte de una empresa, a partir del cambio estando en condición de quiebra frente a su estado normal. Volviendo al ejemplo del Santander:

$$\Delta\text{CoVaR}_{95,t}^{j|\text{Sant.}} = \text{CoVaR}_{95,t}^{j|X^{\text{Sant.}} = \text{VaR}_{95}^{\text{Sant.}}} - \text{CoVaR}_{95,t}^{j|X^{\text{Sant.}} = \text{VaR}_{50}^{\text{Sant.}}}$$

Siendo $CoVaR_{95,t}^{j|X^{Sant.}} = VaR_{50}^{Sant.} = 0.03$, es decir, estamos al 95% seguros de que el sistema financiero (“j”) no va a perder más de un 3% de su valor condicionado a que el Santander opera con “normalidad”.

Por lo tanto, el $\Delta CoVaR$, será $0.2 - (0.03)$, que es igual a 0.17 o al 17%. Es importante remarcar que no significa que la situación de quiebra del Santander provoca que el riesgo del sistema financiero en su conjunto haya aumentado un 17% (ya que verdaderamente a aumentado un 567%) sino que el hecho de que el Santander entre en quiebra implica que la potencial pérdida del valor del sistema financiero pasa de un 3% a un 20%. Si las unidades de estrada estuviesen en unidades monetarias en vez de en retornos en decimales, la diferencia sería algo tal que así: $20M€ - 5M€ = 15M€$. Lo mismo pasa con los porcentajes, que son la unidad del rendimiento del sistema financiero y no la variación.

En la herramienta desarrollada por Hasse (2020a), se obtiene el $\Delta CoVaR$ como la media de las 72 instituciones en un momento temporal concreto “t”

$$\Delta CoVaR_{95,t} = \frac{\sum_{i=0}^i \Delta CoVaR_{95,t}^i}{i}$$

Luego el $\Delta CoVaR$ captura el aumento riesgo que supone para el sistema financiero en cada momento que una institución este en quiebra, en nuestro caso, la media de todas las instituciones. Así, un valor alto, digamos que la función $f_CoVaR_Delta_CoVaR_i_q_t$ arroja un resultado de 0.6, esto supone que el potencial rendimiento (la potencial pérdida) del sistema financiero aumenta en 60 puntos porcentuales¹, no que incrementa un 60%, con un nivel de confianza q (normalmente 95%).

Las unidades del $\Delta CoVaR_t$ son las que se pintan en las gráficas son porcentajes, y miden diferencias, pero en algunas gráficas no se expresa en termino de porcentaje sino en

¹ Un punto porcentual es la diferencia aritmética entre dos porcentajes, no confundir con el aumento real en porcentaje de lo que se está midiendo

decimales. Así una Δ CoVaR de “t” igual a 0.1 (10%) y uno de “t+1” de 0.6 (60%), implica que en ese periodo de tiempo la potencial pérdida del sistema financiero ha aumentado en 50 puntos, por lo que el riesgo de que el sistema afecte a la economía real ha aumentado mucho, pero no ha aumentado un 50%, sino 50 puntos porcentuales.

En este apartado resulta útil pensar que si el VaR se hubiese calculado con unidades monetarias los % serían una unidad monetaria como el euro.

4.3 DATOS DE ENTRADA

Para calcular el Δ CoVaR aprovechamos los datos proporcionados por Hasse (2020), los cuales se dividen en retornos de acciones y en variables de estado.

Dentro de “data_stock_returns” hay datos de las 72 instituciones financieras más grandes de Europa, y el rendimiento del índice MSCI STOXX Europe 600, ordenadas en función de la variable temporal “Date” que abarca el eje temporal desde el 4 de enero de 2000 y el 22 de julio de 2019. El conjunto de 72 instituciones financieras cuenta con 29 bancos, que representa más del 82% de los activos de bancarios de Europa, 23 compañías aseguradoras y 20 gestoras de activos. El conjunto de las 72 instituciones representa más del 80% de los activos del índice STOXX Europe 600 Financial Services. Cada una de las variables mide el rendimiento respecto al último día de cotización, no es valor de la acción, y la unidad se expresa en decimales, así un 0,02, significa que la acción ha aumentado su valor un 2%. (Hasse, 2020b)

Las variables de estado se encuentran dentro del dataset “data_state_variables”, que incluye información acerca del rendimiento de los bonos, el índice de volatilidad del mercado de intercambio de opciones de Chicago (VIX), el spread de liquidez y crédito, letras del tesoro a tres meses y el índice de sentimiento inmobiliario (RESI) (Hasse, 2020a)

Las variables de estado son necesarias para poder obtener el Δ CoVaR variable con el tiempo, pero no se debe usar un número elevado de estas para evitar caer en el sobreajuste de los datos. Además, estas no se deben analizar como factores de riesgo sistémico sino como

variables que condicionan la volatilidad y la media de las medidas de riesgo. (Adrian & Brunnermeier, 2016)

COMPARACIÓN EMPÍRICA ENTRE MEDIDAS QUE HACEN USO EXCLUSIVAMENTE DE DATOS PÚBLICOS: SRISK VS Δ CoVaR

En este epígrafe comparamos empíricamente dos medidas que hacen uso exclusivamente de datos públicos. Las dos medidas que se comparan son el SRISK y el Δ CoVaR. Los resultados que se analizan en este apartado provienen de herramientas de cálculo diferentes, el SRISK se obtiene a partir del V-Lab mientras que el Δ CoVaR se obtiene a partir de un código en R desarrollado por el matemático francés Jean-Baptiste Hasse. Además, los resultados se obtienen a partir de datos parecidos, pero no idénticos, por esa razón lo primero que se hace es analizar los datos de entrada de cada una de las herramientas y se modifican para poder comparar los resultados de ambas herramientas. Acto seguido se analizan los resultados.

A través del SRISK se puede analizar a partir de la pérdida esperada de cada una de las instituciones que compañías suponen un mayor riesgo para el sistema. Con el Δ CoVaR se puede analizar algo parecido, ya que una de las características del Δ CoVaR es que es direccional, por lo que, si cambiamos las condiciones podemos analizar que compañías suponen un mayor riesgo al sistema. Esto se consigue calculando el VaR de una compañía condicionado a que el sistema financiero esté en crisis, frente al VaR del sistema financiero condicionado a que una compañía se encuentre en apuros económicos (Adrian & Brunnermeier, 2016). Sin embargo, en este ejercicio se compara el SRISK, la suma del riesgo que supone cada institución, con el Δ CoVaR, como la pérdida máxima esperada del sistema financiero obtenido a partir de la media de las 72 instituciones de estudio.

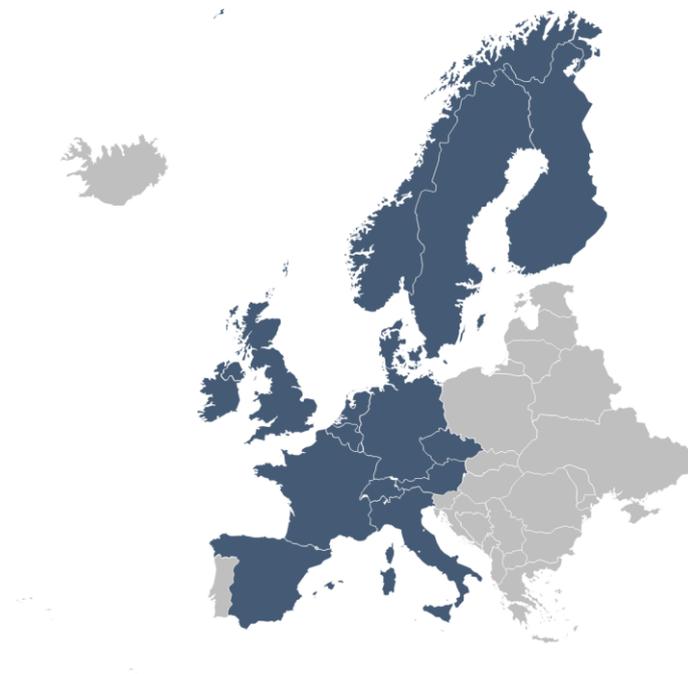
4.4 HOMOGENIZACIÓN DE LOS DATOS

Lo primero que hacemos es homogenizar los países europeos que incluimos en el análisis. Los datos de entrada del paquete SystemicR incluyen empresas del sector financiero de 15 países mientras que la herramienta de cálculo V-Lab incluye en el cálculo del SRISK del

COMPARACIÓN EMPÍRICA DEL SRISK CON EL Δ CoVaR Y LAS PUNTUACIONES DE BASEL A PARTIR DE DATOS DE ENTIDADES FINANCIERAS EUROPEAS

sistema financiero europeo 33 países, entre los que se encuentran países como Turquía y Rusia, por lo que quitamos aquellos países que no se encuentran en las dos herramientas. El resultado es que solo se tienen en cuenta los países que se muestran en Ilustración 7:

Ilustración 7 – Países que se tienen en cuenta en la comparación entre el SRISK y el Δ CoVaR



Fuente: elaboración propia

A continuación, homogenizamos el eje temporal del análisis. La herramienta V-Lab tiene datos desde junio del 2000 hasta marzo del 2022, mientras que el paquete SystemicR tiene datos desde el 4 de enero del 2000 al 22 de julio del 2019. Al igual que se hacía con los países, se mantiene solo los datos temporales comunes a ambas bases de datos, por lo que el eje temporal del análisis comprende desde el 1 de junio del 2000 al 28 de junio del 2019. Exactamente 19 años.

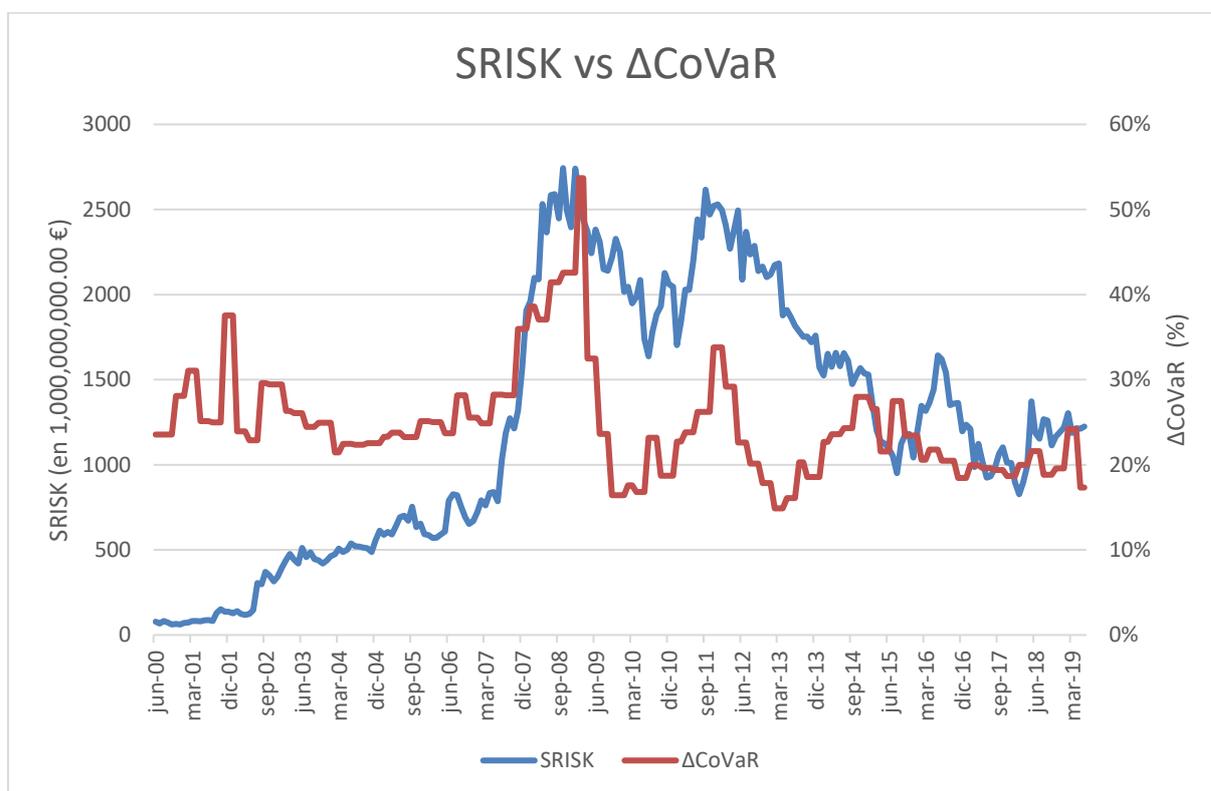
Por último, para ser coherentes se convierten las medidas de SRISK de dólares americanos a euros. Esto lo hacemos a partir del cambio de dólar a euro en el eje temporal definido en el apartado anterior.

4.5 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Una vez que se han homogeneizado los datos se procede a comparar estas dos medidas de riesgo. Lo primero que se hace es una comparación visual en la que se traza en un mismo gráfico los valores de las dos medidas de riesgo en función del tiempo.

Los resultados que se muestran en la Ilustración 8 son el resultado de calcular el SRISK con los datos de entrada descritos en el epígrafe 4.2.1, y se han calculado a partir de un análisis de riesgo sistémico (*Systemic Risk Analysis*). Mientras que los resultados del Δ CoVaR son el output de la función `f_CoVaR_Delta_CoVaR_i_q_t`.

Ilustración 8 – Evolución de las medidas de riesgo SRISK, expresada en €, y Δ CoVaR, expresada en %, entre junio 2020 y marzo 2019



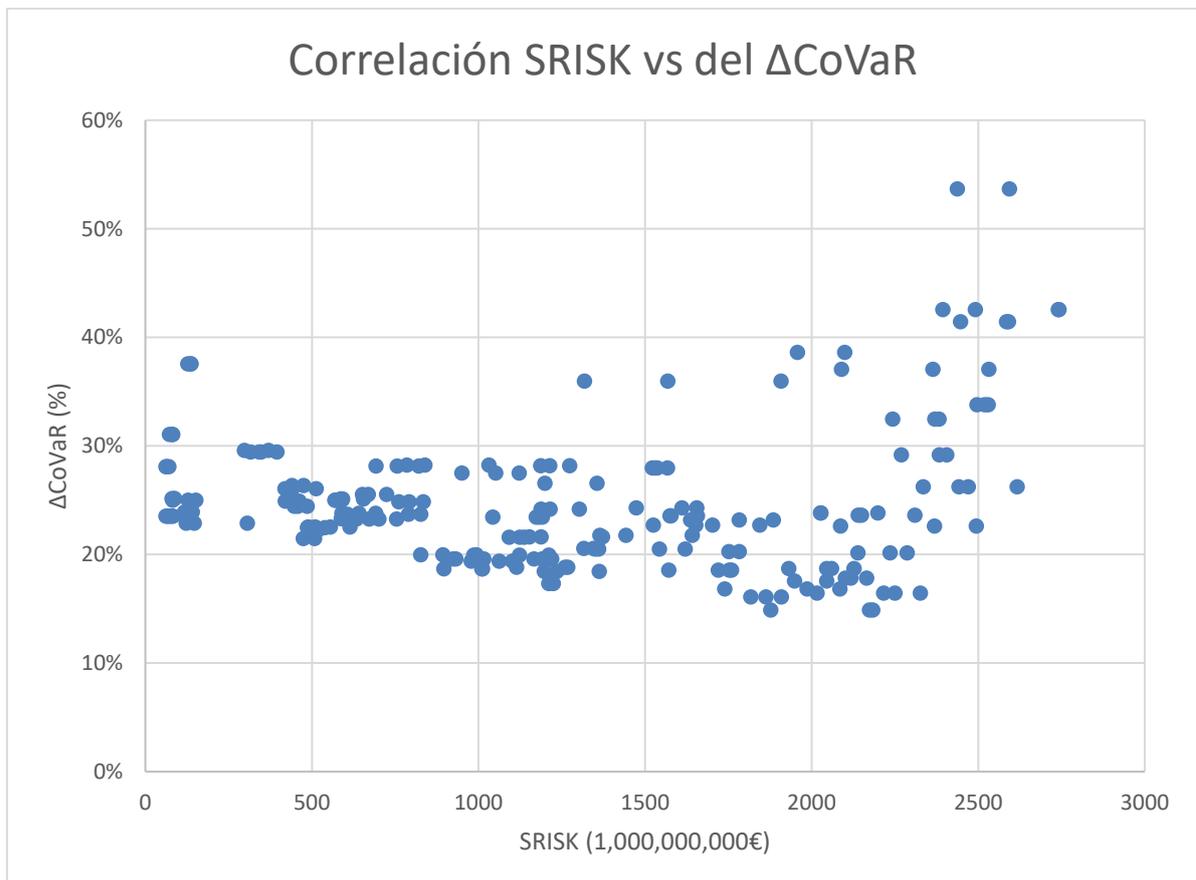
Fuente: V-Lab y (Hasse, 2020a)

En la Ilustración 8 se puede apreciar como ambas medidas de riesgo siguen tendencias parecidas, sobre todo entre el año 2007 y el 2013. Por lo que se considera interesante

cuantificar la relación entre las dos medidas a partir de un análisis de correlación, ya que esta medida cuantifica el grado en las que dos variables cambian de forma conjunta ante una tasa constante.

A partir de la Ilustración 9, se puede realizar un análisis visual. Este análisis previo sugiere que las dos variables no están, a priori, muy relacionadas, pero se puede apreciar que existe una relación.

Ilustración 9 – Correlación entre la medida SRISK y el Δ CoVaR



Fuente: V-Lab y (Hasse, 2020a)

El valor del coeficiente de correlación de Pearson entre estas dos variables es de +0.13, que implica que existe una correlación positiva débil entre las dos variables, es decir, que existe

una relación débil que explica que cuando la magnitud de una variable incrementa la otra también lo hace, y viceversa, pero de forma débil.

A continuación, se comprueba si la correlación entre las dos variables es significativa, es decir, comprobamos que la relación entre las dos variables no es fruto del azar, y que si hubiésemos analizado las dos medidas de riesgo en otro periodo, el valor del coeficiente de correlación también sería distinto de cero.

La forma en la que se determina si un coeficiente es significativo es a partir de un contraste de hipótesis, en la que se analiza si existe suficiente evidencia de que el coeficiente de correlación es diferente a cero. Los resultados del contraste de hipótesis se detallan en la Tabla 5

$H_0: \rho = 0$ (la hipótesis nula es que las variables son independientes)

$H_1: \rho \neq 0$

Tabla 5 – Resultados del contraste de hipótesis

Datos de entrada	
Coefficiente de correlación - $R(x,y)$	0.1307
Observaciones - (N)	229
Probabilidad de rechazar H_0 cuando es verdadera - (α)	0.05
Resultados	
Estadístico T	1.9858
Grados de libertad - (GL)	227
Valores críticos absoluto para $\alpha/2$	1.9705
p_valor	0.0241

Fuente: elaboración propia

Se rechaza la hipótesis nula al ser el p_valor menor que el 5%. A partir del resultado del contraste de hipótesis nos atrevemos a decir que existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, lo que implica que se puede rechazar que las medidas de riesgo son

independientes, esto quiere decir que existe una correlación entre las dos variables distintas de cero.

SRISK VS LAS PUNTUACIONES DE BASILEA

En este apartado se comparan dos medidas de riesgo, el SRISK y las puntuaciones de Basilea, cuya diferencia fundamental es que mientras que el SRISK utiliza únicamente datos públicos, las puntuaciones de Basilea se obtienen a partir de información a la que solo tiene acceso los reguladores y supervisores.

Las puntuaciones de Basilea, también conocidos como las puntuaciones de G-SIB (*Global Systemically Important Banks*), se introducen en el capítulo 2, y es una medida de riesgo que han desarrollado las entidades regulatorias. Esta medida clasifica los distintos bancos por su nivel de importancia sistémica a partir de un sistema de puntos en cinco categorías diferentes, que son tamaño, interconexión, sustituibilidad, complejidad y actividad entre jurisdicciones. (Bank for International Settlements, 2019)

Para realizar esta comparación se ha recurrido a las principales instituciones bancarias a nivel europeo, la razón principal es que sólo hay tres instituciones bancarias españolas en la medida de riesgo publicada por los reguladores, el Banco Santander, CaixaBank y BBVA, que no son suficientes como para realizar una comparación de dos medidas. Además, somos coherentes con los datos que utilizamos ya que se utilizan los mismos

En la Tabla 6 se representa la diferencia en la clasificación entre una y otra medida de riesgo. Se ha utilizado el SRISK como medida base, así que la columna “comparación” indica la posición de las puntuaciones de Basilea frente al SRISK, por lo que un resultado de -1 significa que el banco X está clasificado por los reguladores en una posición inferior, de menor importancia sistémica, que la clasificación a partir de los datos de mercado. Las columnas “Systemic Score”, “Pos. G-SIBs” y “Bucket (0-5)” hacen referencia a las puntuaciones de Basilea, mientras que “SRISK%” y “Pos. SRISK” hacen referencia a la medida SRISK.

COMPARACIÓN EMPÍRICA DEL SRISK CON EL Δ CoVAR Y LAS PUNTUACIONES DE BASILEA A PARTIR DE DATOS DE ENTIDADES FINANCIERAS EUROPEAS

Tabla 6 – Diferencias de clasificación entre las medidas SRISK y las puntuaciones de Basilea

Institution	SRISK %	Pos. SRISK	Systemic Score	Pos. G -SIBs	Bucket (0-5)	Comparación
BNP Paribas SA	9.12	1	333	2	3	-1
Credit Agricole SA*	7.63	2	201	6	1	-4
Barclays PLC	5.67	3	250	4	2	-1
Societe Generale SA	5.48	4	204	5	1	-1
HSBC Holdings PLC	5.21	5	369	1	3	4
Deutsche Bank AG	4.67	6	262	3	2	3
Banco Santander SA	4.66	7	192	7	1	0
UniCredit SpA	3.37	8	145	11	1	-3
Intesa Sanpaolo SpA	3.17	9	n/d	n/d	0	n/d
Lloyds Banking Group PLC	2.82	10	n/d	n/d	0	n/d
Natwest Group PLC (RBS)	2.77	11	93	14	0	-3
ING Groep NV	2.75	12	155	10	1	2
Credit Suisse Group AG	2.35	13	186	8	1	5
Standard Chartered PLC	2.27	14	130	12	1	2
CaixaBank SA	2.09	15	n/d	n/d	0	n/d
UBS Group AG	1.79	16	178	9	1	7
Danske Bank A/S	1.68	17	n/d	n/d	0	n/d
BBVA SA	1.65	18	91	15	0	3
Commerzbank AG	1.64	19	n/d	n/d	0	n/d
Groupe BPCE	non-listed	non-listed	128	13	1	n/d

Fuente: Volatile Laboratory (NYU Stern) y OFR

Algunas de las discrepancias entre las dos medidas de riesgo que se pueden observar a partir de los resultados de la Tabla 6 son los siguientes:

- Es interesante como un 26% de las empresas que la medida SRISK considera como que contribuyen en gran medida al riesgo sistémico no son consideradas por la medida de los reguladores. Es el caso de Intesa Sanpaolo, Lloyds Banking Group, CaixaBank, Danske Bank y Commerzbank. Solo ocurre lo contrario con una institución, el conglomerado francés BPCE.
- No coinciden en orden ninguna de las seis primeras instituciones de la clasificación por parte de ambas métricas. Destaca que los reguladores consideran HSBC como la institución que más riesgo aporta al sistema, mientras que el SRISK la considera la quinta, ocurre lo contrario con Credit Agricole, mientras que el SRISK la considera la segunda institución que más riesgo supone al sistema, los reguladores la consideran la sexta.

COMPARACIÓN EMPÍRICA DEL SRISK CON EL Δ CoVAR Y LAS PUNTUACIONES DE BASEL A PARTIR DE DATOS DE ENTIDADES FINANCIERAS EUROPEAS

- Los reguladores consideran que las cuatro instituciones que el SRISK considera como las que más riesgo generan al sistema deberían de ser relegadas a posiciones posteriores.
- La mayor discrepancia entre las dos medidas ocurre con UBS Group, ya que la diferencia es de siete posiciones, siendo la desviación típica de las posiciones de 3.3 posiciones.

Por otro lado, destaca que ambas medidas coinciden en las siete entidades que suponen un mayor riesgo para el sistema, aunque no coinciden en el peso de cada una de estas instituciones al riesgo del sistema. Las siete primeras entidades por aportación de riesgo según la medida SRISK tienen requerimientos de capital extra.

Capítulo 5. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES DE LA REVISIÓN DE LA LITERATURA

A pesar de todas las medidas de riesgo que se han presentado en el capítulo de revisión de la literatura, destacamos dos por encima de todas, que son el ΔCoVaR y el SRISK y que forman parte del grupo de medidas que utilizan exclusivamente datos públicos.

Adrian y Brunnermeier introducen el CoVaR en 2008, en un working paper de la Reserva Federal de Nueva York, siendo uno de los primeros trabajos en materia de medidas de riesgo sistémico, literatura que cautivó el interés de muchos académicos y reguladores después de comprobar de forma empírica los efectos de la crisis de 2007-2009 en las instituciones financieras. Su relevancia no se basa en ser el primer trabajo de investigación en esta materia, sino que destaca por ser una obra de referencia por el resto de los académicos y reguladores, ya que es complicado encontrar un artículo académico en este campo que no haga referencia al trabajo de Adrian y Brunnermeier.

La segunda medida, el SRISK, destaca del resto de medidas expuestas en la revisión de la literatura por varias razones, la primera es que combina datos de mercado con datos del balance de la institución financiera, la segunda razón es que es una medida que es sencilla de aplicar y de entender, igual que ocurría con el VaR en su origen.

CONCLUSIONES DEL SISTEMA FINANCIERO ESPAÑOL

El SRISK ha aumentado mucho en el sistema financiero español en los últimos 15 años, pero este aumento no es excepcional al sistema español y se ha dado en mayor o menor medida en todas las economías desarrolladas. Parte de este aumento en la medida de riesgo se debe a la consolidación que ha experimentado el sistema bancario español desde el 2007, lo que parece contradictorio, sin embargo, se debe a que muchas de las cajas no se tenían en cuenta

para el cálculo del SRISK, pero al integrarse en un banco más grande sí que pasan a tenerse en cuenta.

Destaca que, dentro del sistema financiero español, el sistema bancario es el responsable del riesgo sistémico, ya que las instituciones y las gestoras de activos tienen un valor de SRISK negativo de forma generalizada a lo largo del periodo analizado.

Los tres primeros máximos de SRISK que se analizan en este trabajo tienen un origen común. Estos picos son provocados por un proceso similar, las instituciones bancarias, adquieren grandes cantidades de deuda, aparentemente sin riesgo, pero que luego sufre un deterioro. Esto provocó situaciones de crisis en la crisis financiera de 2007-2009 y en la crisis de deuda soberana europea, en 2016 no provocó una crisis, pero sí estresó el sistema financiero. Sin embargo, el aumento del SRISK en el sistema financiero español a partir del año 2018 se debe principalmente a la pérdida del valor bursátil de los principales bancos españoles; el Santander, el BBVA y CaixaBank.

Por último, una peculiaridad del sistema financiero español es que es más vulnerable frente a una crisis global que a una crisis local, mientras que en el sistema financiero canadiense ocurre lo contrario, como se puede ver en el trabajo de Coleman et al. (2018). Se llega a esta conclusión al ser mayor el déficit de capital del sistema esperado con una caída del MSCI global frente a una caída de la misma magnitud del índice local español.

CONCLUSIONES DE LA COMPARACIÓN DE LAS MEDIDAS DE RIESGO

5.1 SRISK vs CoVaR:

El análisis de la comparación de las medidas de riesgo SRISK y ΔCoVaR arroja que entre estas dos medidas existe una relación positiva, es decir, que cuando la magnitud del SRISK incrementa el ΔCoVaR también lo hace. Esta relación no supone una sorpresa, ya que ambas medidas cuantifican la potencial pérdida del sistema financiero. Lo que se considera más relevante del contraste de hipótesis es la magnitud de la relación, que es considerada como débil, al encontrarse en la franja de valores entre 0.1 y 0.29.

Otro detalle interesante surge al analizar las tendencias que ha seguido cada medida desde el año 2000. De esta manera destaca la diferencia entre la percepción de riesgo del ΔCoVaR y el SRISK entre el año 2000 y el año 2018, que indica que el SRISK considera que existe un riesgo sistémico mayor en el año 2019 que el que existía en el año 2000, ya que este ha aumentado, sin embargo, al analizar los valores del ΔCoVaR , esta medida considera que el riesgo sistémico era menor en el año 2000 que lo que era en el año 2019.

A partir de los resultados del contraste de hipótesis se podría concluir que la monitorización del riesgo sistémico es suficiente con una de las medidas de riesgo, al cuantificar el riesgo de manera parecida. Sin embargo, debido al valor del coeficiente correlacionado, así como algunas otras diferencias que se pueden apreciar entre las dos medidas de riesgo, no se considera prudente sustituir el uso de las dos medidas por una, sino que todo parece indicar que es más prudente hacer uso de las dos medidas para monitorizar el riesgo.

5.2 SRISK VS PUNTUACIONES DE BASILEA:

La medida SRISK se compara con las puntuaciones de Basilea, que es una medida de riesgo sistémico publicada por los reguladores que no es replicable, ya que utiliza datos internos de las compañías, y que por lo tanto no son de acceso público. Por esta razón, las puntuaciones de Basilea se usan como medida de referencia.

A partir de la comparación de los resultados entre las dos medidas concluimos que el SRISK detecta las instituciones financieras que aportan un mayor riesgo sistémico, ya que las siete primeras instituciones ordenadas por aportación de riesgo coinciden, si bien no coinciden en el orden.

Además, no existen grandes discrepancias en el orden de las instituciones, es decir, aunque no coinciden exactamente en el orden, el posicionamiento en las listas de una y de otra media no es muy diferente, ya que la desviación típica de la diferencia de posiciones es de 3.3, siendo UBS la única institución que se puede considerar un valor atípico, ya que se encuentra a una diferencia de siete posiciones.

Por último, es relevante como la medida SRISK considera muchas instituciones bancarias de importancia sistémica, que no aparecen en la lista de los bancos de importancia sistémica (G-SIBs). Concretamente un 26% de las instituciones consideradas por el SRISK. Aunque esto es una diferencia relevante, se consideraría grave si el SRISK no identificase las principales instituciones de riesgo. Esto solo ocurre en una ocasión, con el conglomerado francés BPCE, considerado como el antepenúltimo banco por importancia sistémica por los reguladores, de las instituciones que incluyen en la clasificación de los G-SIBs.

A partir de los resultados, concluimos que el SRISK es una medida de riesgo que identifica y cuantifica correctamente la aportación de riesgo sistémico de las instituciones bancarias, únicamente a partir de datos públicos.

LIMITACIONES DEL TRABAJO

5.3 LIMITACIONES DE LOS DATOS USADOS

Una limitación que tiene este trabajo radica en los datos que usa en la comparación del SRISK con el ΔCoVaR , ya que no usa exactamente las mismas instituciones en la comparación. Esto se mitiga en la medida de lo posible, pero esto puede haber generado un sesgo en los resultados obtenidos.

5.4 LIMITACIONES DE LA LISTA DE LOS G SIBS

La lista de las instituciones de crédito de mayor importancia sistémica presenta algunas limitaciones. La lista de los G -SIBs se ha utilizado en este trabajo porque presenta unos resultados, que son públicos, y que identifican cuales son las instituciones que más riesgo suponen para el sistema en su conjunto, sin embargo, no aporta información del riesgo que suponen las aseguradoras y las gestoras de carteras. Hasta el 2017, el FSB publicaba una lista de los *Global Systemically Important Insurers* (G-SIIs), apoyándose en la Asociación de Supervisores de Seguros (IAIS), que identificaba las instituciones aseguradoras que más riesgo aportaban al sistema, sin embargo, en el año 2017 se dice no continuar publicando esta lista. (Financial Stability Board, 2017).

La Tabla 7 recoge los resultados de la última lista publicada por el FSB:

Tabla 7 – Instituciones financieras dentro de la lista G -SII

Compañía	País
Allianz SE	Alemania
Ping An Insurance (Group) Company of China, Ltd.	China
American International Group, Inc.	Estados Unidos
MetLife, Inc.	Estados Unidos
Prudential Financial, Inc.	Estados Unidos
Axa S.A.	Francia
Aegon N.V.	Países Bajos
Aviva plc	Reino Unido
Prudential plc	Reino Unido

Fuente: (Financial Stability Board, 2016)

Esto puede cambiar en los próximos años, ya que en 2019 el IAIS finaliza y publica el Marco Holístico para el Riesgo Sistémico en el Sector de los Seguros. A raíz de esto, en noviembre de 2022, el FSB, apoyado por el IAIS y las autoridades nacionales, anunciará si restablece la lista de las instituciones aseguradoras de mayor importancia sistémica o si la suspende de nuevo. (Financial Stability Board, 2020)

CONCLUSIONES GENERALES

5.5 CONCLUSIONES DEL APRENDIZAJE

Una de las razones por las que se eligió el riesgo sistémico como tema del trabajo de fin de grado es que era un tema que en la actualidad tiene una gran relevancia, pero también es un tema difícil de entender. Sólo explicándolo uno con sus propias palabras garantiza que ha entendido lo que está estudiando.

5.6 CONCLUSIONES GENERALES ACERCA DEL Δ CoVaR

Uno de los objetivos de este trabajo era desgranar para los perfiles menos matemáticos en que consiste la medida de Δ CoVaR, que no es ni mucho menos sencilla. Por esta razón a lo largo del trabajo se he detallado de forma extensa en que consiste el cálculo de esta medida,

ya que en muchos de los trabajos y material que he usado para desarrollar los análisis de este trabajo dan por supuesto muchas cosas, como por ejemplo las unidades de los datos que se están representando. Luego, en línea con uno de los objetivos del trabajo, considero que este trabajo facilita la comprensión de una medida compleja de riesgo como es el ΔCoVaR .

5.7 FUTURAS INVESTIGACIONES

De cara a futuras investigaciones, creo que puede ser interesante realizar una comparación entre el sistema financiero europeo y el español a partir de la medida de riesgo SRISK. Realizando un análisis de las probabilidades de crisis y un análisis de correlaciones con Alemania, Francia e Italia.

BIBLIOGRAFÍA

Acharya, V. V., Engle, R. F. & Richardson, M., 2012. Capital shortfall: A new approach to ranking and regulating systemic risks. *American Economic Review*, 102(3), pp. 59-64.

Acharya, V. V., Pedersen, L. H., Philippon, T. & Richardson, M., 2010. A tax on systemic risk. *Unpublished manuscript, Stern School of Business, New York University*.

Acharya, V. V., Pedersen, L. H., Philippon, T. & Richardson, M., 2017. Measuring systemic risk. *The review of financial studies*, 30(1), pp. 2-47.

Adrian, T. & Brunnermeier, M. K., 2016. CoVaR. *American Economic Review*, 106(7), p. 1705–1741.

Banco de España, 2022a. *La actividad internacional del Banco de España - El Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (BCBS)*. [Online] Available at: [https://www.bde.es/bde/es/areas/supervision/actividad/BCBS/El Comité de Su 13e462ea b2e4961.html](https://www.bde.es/bde/es/areas/supervision/actividad/BCBS/El%20Comite%20de%20Su%2013e462ea%20b2e4961.html) [Accessed 16 Abril 2022].

Banco de España, 2022b. *La actividad internacional del Banco de España - FSB*. [Online] Available at: <https://www.bde.es/bde/es/areas/supervision/actividad/FSB/FSB.html> [Accessed 16 Abril 2022].

Bank for International Settlements, 2019. *Global systemically important banks: revised assessment methodology and the higher loss absorbency requirement*, Basilea: s.n.

Bank for International Settlements, 2022. *Basel Committee on Banking Supervision - CCyB and G-SIB buffer*. [Online] Available at: <https://www.bis.org/bcbs/gsib/> [Accessed 16 Abril 2022].

Billio, M., Getmansky, M., Lo, A. W. & Pelizzon, L., 2012. Econometric measures of connectedness and systemic risk in the finance and insurance sectors. *Journal of Financial Economics*, 104(3), pp. 535-559.

Brownlees, C. T. & Engle, R. F., 2012. Volatility, correlation and tails for systemic risk measurement. *SSRN electronic journal*.

Brownlees, C. T. & Engle, R. F., 2017. SRISK: A Conditional Capital Shortfall Measure of Systemic Risk. *Review of Financial Studies*, 30(1), p. 48–79.

Brunnermeier, M. K. & Cheridito, P., 2019. Measuring and Allocating Systemic Risk. *Risks*, 7(2), pp. 46-65.

Chan-Lau, J. A., 2010. Regulatory Capital Charges for Too-Connected-to-Fail Institutions: A Practical Proposal. *International Monetary Fund Working Paper*.

Coleman, T. F., LaPlante, A. & Rubtsov, A., 2018. Analysis of the SRISK measure and its application to the Canadian banking and insurance industries. *Annals of finance*, 14(4), pp. 547-570.

Consejo de la Unión Europea, 2013. Reglamento sobre los requisitos prudenciales de las entidades de crédito y las empresas de inversión - Reglamento sobre Requisitos de Capital (RRC I). *Diario Oficial de la Unión Europea*.

Consejo de la Unión Europea, 2019. Reglamento sobre Requisitos de Capital (RRC II). *Diario Oficial de la Unión Europea*.

Ding, R. & Uryasev, S., 2020. CoCDaR and mCoCDaR: New Approach for Measurement of Systemic Risk Contributions. *Journal of Risk and Financial Management*, 13(11), pp. 270-288.

Engle, R. F., 2002. New frontiers for ARCH models. *Journal of Applied Econometrics*, Volume 17, p. 425–446.

- Engle, R. F., 2009. Anticipating correlations: a new paradigm for risk management. *Princeton University Press*.
- Engle, R. F., 2016. Dynamic Conditional Beta. *Journal of Financial Econometrics*, 14(4), p. 643–667.
- Engle, R. F., Jondeau, E. & Rockinger, M., 2014. Systemic Risk in Europe*. *Review of Finance*, pp. 1-46.
- Engle, R. F. & Ruan, T., 2018. How Much SRISK Is Too Much?. *SSRN 3108269*.
- Financial Stability Board, 2016. *2016 list of global systemically important insurers (G-SIIs)*, s.l.: s.n.
- Financial Stability Board, 2017. FSB statement on identification of global systemically important insurers. *Press release*, 21 Noviembre.
- Financial Stability Board, 2020. *Key Attributes Assessment Methodology for the Insurance Sector - Methodology for Assessing the Implementation of the Key Attributes of Effective Resolution Regimes for Financial Institutions in the Insurance Sector*, Basel: s.n.
- Financial Stability Board, 2021. *2021 List of Global Systemically Important Banks (G-SIBs)*, s.l.: s.n.
- Giglio, S., Kelly, B. & Pruitt, S., 2016. Systemic risk and the macroeconomy: An empirical evaluation. *Journal of Financial Economics*, Volume 119, p. 457–471.
- Girardi, G. & Ergün, A. T., 2013. Systemic risk measurement: Multivariate GARCH estimation of CoVaR. *Journal of Banking & Finance*, 37(8), p. 3169–3180.
- Girardi, G. & Ergün, A. T., 2013. Systemic risk measurement: Multivariate GARCH estimation of CoVaR. *Journal of Banking & Finance*, 37(8), pp. 3169-3180.
- Hasse, J.-B., 2020a. *Package 'SystemicR'*, s.l.: s.n.

Hasse, J.-B., 2020b. Systemic Risk: a Network Approach. *Aix-Marseille School of Economics Working Paper*.

Huang, W.-Q. & Uryasev, S., 2017. The CoCVaR approach: systemic risk contribution measurement. *Journal of Risk*, 20(4), p. 75–93.

International Monetary Fund, the Bank for International Settlements, the Secretariat of the Financial Stability Board, 2009. *Guidance to Assess the Systemic Importance of Financial Institutions, Markets and Instruments: Initial Considerations - Report to the G-20 Finance Ministers and Central Bank Governors*, s.l.: s.n.

International Monetary Fund, 2010. *Global Financial Stability Report - Meeting New Challenges to Stability and Building a Safer System*, Washington, D.C.: s.n.

Kritzman, M., Li, Y., Page, S. & Rigobon, R., 2011. Principal Components as a Measure of Systemic Risk. *The journal of portfolio management*, 37(4), pp. 112-126.

Nelsen, R. B., 1999. Introduction. In: *An Introduction to Copulas*. Nueva York: Springer, p. 5.

Office of Financial Research, 2022. *Inside the OFR - About the OFR*. [Online] Available at: <https://www.financialresearch.gov/about/> [Accessed 2022 Abril 2022].

Praet, P., 2010. *Macro-prudential and financial stability statistics to improve financial analysis of exposures and risk transfers*. s.l., s.n.

Ugolini, A., 2014. Measuring systemic risk in the Spanish financial system: A CoVaR approach. *Tesis de doctorado*, pp. 15-46.

ANEXO I

CÓDIGO EN LENGUAJE R USADO PARA OBTENER Δ CoVaR

Código usado a partir de la librería desarrollada por Jean-Baptiste Hasse (2020 a)

```
# Cargo el paquete
```

```
library("SystemicR")
```

```
# Cargo los datos
```

```
data("data_stock_returns")
```

```
data("data_state_variables")
```

```
# Ejecutamos la función
```

```
l_result_covar <- f_CoVaR_Delta_CoVaR_i_q_t(data_stock_returns, data_state_variables)
```

```
# Trazamos un gráfico con el output Delta_CoVaR_t
```

```
f_plot(l_result_covar$Delta_CoVaR_t)
```

```
# Convertimos los datos a csv para poder hacer un análisis más preciso
```

```
write.csv(l_result_covar$Delta_CoVaR_t, "datos.csv")
```

```
write.csv(data_stock_returns$Date, "fechas.csv")
```

LISTADO DE COMPAÑÍAS INCLUIDAS EN EL CÁLCULO DEL Δ CoVaR A PARTIR DEL CÓDIGO DE JEAN-BAPTISTE HASSE

Tabla 8 – Listado de compañías incluidas en el cálculo del Δ CoVaR a partir del código de Jean-Baptiste Hasse

Company name	GICS	Country
Erste Group Bank AG	Banks	Austria
KBC Group NV	Banks	Belgium
Ackermans & van Haaren	Diversified financials	Belgium
Groupe Bruxelles Lambert SA	Diversified financials	Belgium
Ageas	Insurance	Belgium
Komerční banka	Banks	Czech Republic
Danske Bank A/S	Banks	Denmark
Jyske Bank A/S	Banks	Denmark
Nordea Bank AB	Banks	Denmark
Sydbank A/S	Banks	Denmark
Sampo Oyj	Insurance	Finland
BNP Paribas SA	Banks	France
Societe Generale SA	Banks	France
Eurazeo SA	Diversified financials	France
Natixis SA	Diversified financials	France
Wendel SA	Diversified financials	France
AXA SA	Insurance	France
CNP Assurances CNP	Insurance	France
SCOR SE	Insurance	France
Commerzbank AG	Banks	Germany
Deutsche Bank AG	Diversified financials	Germany
Allianz SE	Insurance	Germany
Hannover Rueck SE	Insurance	Germany
Munich Re	Insurance	Germany
AIB Group	Banks	Ireland
Bank of Ireland Group PLC	Banks	Ireland
BPER Banca	Banks	Italy
Intesa Sanpaolo SpA	Banks	Italy
Mediobanca Banca di Credito Finanziario	Banks	Italy
UniCredit SpA	Banks	Italy
Assicurazioni Generali SpA	Insurance	Italy
DNB ASA	Banks	Normay
Storebrand ASA	Insurance	Normay
Banco Bilbao Vizcaya Argentaria SA	Banks	Spain
Banco Santander SA	Banks	Spain

Bankinter SA	Banks	Spain
Mapfre SA	Insurance	Spain
Skandinaviska Enskilda Banken AB	Banks	Sweden
Svenska Handelsbanken AB	Banks	Sweden
Swedbank AB	Banks	Sweden
Industrivarden AB	Diversified financials	Sweden
Investor Ab	Diversified financials	Sweden
Kinnevik AB	Diversified financials	Sweden
L E Lundbergforetagen AB	Diversified financials	Sweden
Credit Suisse Group AG	Diversified financials	Switzerland
Pargesa Holding SA	Diversified financials	Switzerland
UBS Group AG	Diversified financials	Switzerland
Baloise Holding AG	Insurance	Switzerland
Helvetia Holding AG	Insurance	Switzerland
Swiss Life Holding AG	Insurance	Switzerland
Swiss Re AG	Insurance	Switzerland
Zurich Insurance Group AG	Insurance	Switzerland
ING Groep NV	Banks	The Netherlands
Aegon NV	Insurance	The Netherlands
Barclays PLC	Banks	United Kingdom
HSBC Holding PLC	Banks	United Kingdom
Lloyds Banking Group PLC	Banks	United Kingdom
Royal Bank of Scotland PLC	Banks	United Kingdom
Standard Chartered PLC	Banks	United Kingdom
3i Group PLC	Diversified financials	United Kingdom
Close Brothers Group PLC	Diversified financials	United Kingdom
Intermediate Capital Group PLC	Diversified financials	United Kingdom
Man Group PLC	Diversified financials	United Kingdom
NEX Group PLC	Diversified financials	United Kingdom
Schroders PLC	Diversified financials	United Kingdom
St James's Place PLC	Diversified financials	United Kingdom
Aviva PLC	Insurance	United Kingdom
Hiscox Ltd	Insurance	United Kingdom
Legal & General Group PLC	Insurance	United Kingdom
Old Mutual PLC	Insurance	United Kingdom
Prudential PLC	Insurance	United Kingdom
RSA Insurance Group PLC	Insurance	United Kingdom

Fuente: (Hasse, 2020b)

LISTADO DE LAS 80 PRINCIPALES COMPAÑÍAS EUROPEAS EN EL CÁLCULO DEL SRISK

Tabla 9 – Listado de las 80 principales compañías europeas en el cálculo del SRISK

#	Company name	SRISK %	SRISK (\$m)	#2	Company name2	SRISK %2	SRISK (\$m)2
1	BNP Paribas SA	9.12	134904.6	41	Banca Monte dei Paschi di Siena SpA	0.51	7608.1
2	Credit Agricole SA*	7.63	112992	42	BPER Banca	0.49	7244.3
3	Barclays PLC	5.67	83888.4	43	Aviva PLC	0.48	7131.4
4	Societe Generale SA	5.48	81060.8	44	Bank of Ireland Group PLC	0.43	6404.5
5	HSBC Holdings PLC	5.21	77043.3	45	AIB Group PLC	0.33	4949.6
6	Deutsche Bank AG	4.67	69181.8	46	Virgin Money UK PLC	0.32	4762.6
7	Banco Santander SA	4.66	69031.3	47	NN Group NV	0.31	4622
8	UniCredit SpA	3.37	49807.6	48	Bankinter SA	0.25	3688.6
9	Intesa Sanpaolo SpA	3.17	46898.1	49	Alteara SCA	0.24	3482
10	Lloyds Banking Group PLC	2.82	41720.6	50	Caisse Regionale de Credit Agricole Mut	0.23	3364.9
11	Natwest Group PLC	2.77	40971.5	51	Jyske Bank A/S	0.22	3257
12	ING Groep NV	2.75	40698.7	52	Wuestenrot & Wuerttembergische AG	0.21	3069.9
13	Credit Suisse Group AG	2.35	34723.1	53	Alpha Services and Holdings SA	0.2	3025.8
14	Standard Chartered PLC	2.27	33570.9	54	Credito Emiliano SpA	0.2	2953.2
15	CaixaBank SA	2.09	30947.6	55	Basler Kantonalbank	0.2	2903.2
16	UBS Group AG	1.79	26442.7	56	Eurobank Ergasias Services and Holding	0.18	2716.1
17	Danske Bank A/S	1.68	24790.5	57	Unipol Gruppo Finanziario SpA	0.18	2694.5
18	Banco Bilbao Vizcaya Argentaria SA	1.65	24476.6	58	Banca Popolare di Sondrio SCARL	0.18	2602.4
19	Commerzbank AG	1.64	24307	59	St James's Place PLC	0.16	2336
20	London Stock Exchange Group PLC	1.45	21461.9	60	Storebrand ASA	0.15	2169.3
21	ABN AMRO Group NV	1.39	20596.4	61	Aareal Bank AG	0.12	1843.5
22	Phoenix Group Holdings	1.3	19282.9	62	Caisse Regionale de Credit Agricole Mut	0.12	1742.6
23	Sberbank PAO	1.28	18952.4	63	Yapi ve Kredi Bankasi AS	0.11	1639.6
24	CNP Assurances	1.21	17936.5	64	Haci Omer Sabanci Holding AS	0.11	1611.5
25	Nordea Bank Abp	1.1	16339.2	65	OTP Bank PLC	0.11	1600.5
26	Legal & General Group PLC	1.01	14886.9	66	Metro Bank PLC	0.1	1494.1
27	Allianz SE	0.98	14498.3	67	Credit Agricole Atlantique Vendee*	0.1	1479.1
28	Erste Group Bank AG	0.92	13663.2	68	Powszechny Zaklad Ubezpieczen SA	0.1	1455
29	Assicurazioni Generali SpA	0.92	13596.8	69	Mediobanca SpA	0.1	1441.6
30	Aegon NV	0.91	13468.4	70	Credit Agricole Sud Rhone Alpes*	0.09	1399.6
31	Banco de Sabadell SA	0.89	13231.5	71	Akbank TAS	0.09	1395.7
32	AXA SA	0.85	12561.2	72	Caisse Regionale de Credit Agricole Mut	0.09	1337.5
33	VTB Bank PJSC	0.72	10687.9	73	M Bank SA	0.09	1330.8
34	Skandinaviska Enskilda Banken AB	0.7	10350.5	74	EFG International AG	0.08	1242.4
35	Svenska Handelsbanken AB	0.69	10202.4	75	Caisse Regionale de Credit Agricole Mut	0.08	1127.3
36	KBC Groep NV	0.68	10072.5	76	PKO Bank Polski SA	0.08	1117.2
37	Banco BPM SpA	0.68	10048.2	77	Bank Pekao SA	0.07	1108.3
38	Raiffeisen Bank International AG	0.64	9538.8	78	NUERNBERGER Beteiligungs AG	0.06	958.8
39	Poste Italiane SpA	0.56	8349.5	79	Vienna Insurance Group AG Wiener Ver	0.06	950.6
40	Swedbank AB	0.54	7937.2	80	Julius Baer Group Ltd	0.06	916.2

Fuente: Volatile Laboratory (NYU Stern)

