



# Universidad de La Laguna

**FACULTAD DE ECONOMÍA, EMPRESA Y TURISMO**

**MÉTODOS DE CÁLCULO DEL VALOR EN RIESGO**

**METHODS OF CALCULATION VALUE AT RISK**

**AUTORES:**

- García Domínguez, Carolina Desireé
- Meza González, Ana Karolina
- Ventura García, Bibiana

**TITULACIÓN:** Grado en Contabilidad y Finanzas

**CURSO ACADÉMICO:** 2016 - 2017

**FECHA:** 2ª Convocatoria. Julio 2017

**TUTOR:** Javier Giner Rubio

San Cristóbal de La Laguna, a 4 de Julio de 2017

## **RESUMEN**

Este trabajo analiza el Valor en Riesgo (VaR) como método de cálculo del riesgo de una cartera de inversión. Existen diversos sistemas para poder obtener un resultado de la aplicación del mismo, sin embargo vamos a centrarnos en los métodos más destacados: Simulación Histórica, Método Paramétrico/Analítico y Simulación de Montecarlo.

A través de la Simulación Histórica, aplicamos a una cartera de activos financieros variaciones históricas del precio de los títulos, generando escenarios contrastables con nuestra situación inicial. El Método Paramétrico/Analítico, que resulta más sencillo de calcular que el anterior, tiene en cuenta datos de rentabilidad estimados asumiendo una distribución normal de la misma. Por último, la Simulación de Montecarlo es una fusión de los métodos anteriormente mencionados.

Otras pruebas, como son el Backtesting (usando el test de Kupiec) y el VaR estresado nos van a servir de apoyo para poder obtener unos resultados mucho más fiables.

Destacamos también Basilea, una normativa que se creó en el año 1988 con el objetivo reunir un conjunto de recomendaciones para establecer un capital mínimo que debía tener una entidad bancaria en función de los riesgos que afrontaba.

## **PALABRAS CLAVE**

Backtesting, Basilea, Horizonte Temporal, Valor en Riesgo

## **ABSTRACT**

This paper analyzes Value at Risk (VaR) as a method of calculating an investment portfolio risk. There are several systems to obtain a result of this one application, however we will focus on the most outstanding methods: Historical Simulation, Parametric / Analytical Method and Montecarlo Simulation.

Through Historical Simulation, we apply to a financial assets portfolio historical price variations of the securities, creating testable scenarios with our initial situation. The Parametric / Analytical Method, which is easier to calculate than the previous one, takes into account estimated profitability data assuming a normal distribution of the same. Finally, the Montecarlo Simulation is a fusion of the methods mentioned above.

Other tests, such as Backtesting (using the Kupiec test) and stressed VaR will help us to obtain much more reliable results.

Also, we must highlight Basilea, which, since 1988, is responsible of providing a series of recommendations to establish the capital minimum that a bank entity should have depending on the risks faced.

## **KEYWORDS**

Backtesting, Basel, Time Horizon, Value at Risk

## **ÍNDICE DE CONTENIDOS**

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>2. EL VAR.....</b>	<b>4 - 5</b>
2.1. Historia del VaR .....	4
2.2. Concepto del VaR .....	4 - 5
2.3. Ventajas del VaR .....	5
2.4. Desventajas del VaR.....	5
<b>3. MÉTODOS DEL CÁLCULO DEL VAR.....</b>	<b>6 - 8</b>
3.1. Simulación histórica .....	6
3.1.1. Pasos para calcular el VaR histórico.....	6
3.2. Método analítico (paramétrico) .....	7
3.3. Simulación Montecarlo .....	7 - 8
<b>4. COMPARACIÓN Y BACKTESTING CON LOS DISTINTOS MÉTODOS .....</b>	<b>9 - 13</b>
4.1. Representación gráfica de los rendimientos de TEF junto con las estimaciones VaR generadas .....	9 - 10
4.2. Cálculo del número y el porcentaje de excepciones generadas por cada uno de los métodos .....	10 - 11
4.3. Contratación formal de la precisión de las estimaciones VaR.....	11 - 13
4.4. Conclusiones en base a los resultados obtenidos.....	13
<b>5. DESARROLLOS RECIENTES SOBRE EL VAR (VAR ESTRESADO) .....</b>	<b>14 - 15</b>
<b>6. NORMATIVA SOBRE EL VAR BASILEA I, II Y III .....</b>	<b>16 - 18</b>
6.1. Basilea I .....	16
6.2. Basilea II .....	16
6.3. Basilea III .....	16 - 18
<b>7. POLÉMICA SOBRE EL VAR .....</b>	<b>19 - 24</b>
7.1. Artículos de polémica sobre el VaR.....	19-21
7.2. Artículos recientes sobre la fiabilidad de los test de estrés y el Banco Popular....	22 - 24
<b>8. CONCLUSIONES .....</b>	<b>25</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>26-27</b>

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

Gráfico 1. Representación del VaR con un nivel de confianza del 99% .....	5
Gráfico 2. Backtesting del VaR por simulación histórica 95% .....	9
Gráfico 3. Backtesting del VaR paramétrico 95% .....	10
Gráfico 4. Comparativa entre el VaR y el VaR estresado .....	15

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Porcentajes de excepciones para cada método .....	11
Tabla 2. Cálculo del estadístico LR para cada método .....	12

## **ÍNDICE DE IMÁGENES**

Imagen 1. La evolución de Basilea15 .....	18
Imagen 2. "El VaR, la técnica que hundió a Wall Street" - El blog Salmón (Enero 2009) .....	19
Imagen 3. "Sigue vivo el modelo que nos llevó a la crisis" - El País (Marzo 2012) .....	20
Imagen 4. "El VaR descubre sus vergüenzas tras una crisis sin precedentes" - El Economista..	21
Imagen 5. "Por qué los test de estrés no anticiparon la grave crisis del Popular" - El País .....	22
Imagen 6. Resultados del Test de Estrés elaborado por el EBA en 2016 al Banco Popular - El País.....	23
Imagen 7. "Los bancos europeos: un nuevo tropiezo" - El Economista .....	23

## 1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es estudiar diferentes métodos de cálculo del Valor en Riesgo (VaR). En los últimos años, este indicador se ha convertido en un instrumento estándar de gestión de riesgo en instituciones financieras de todo el mundo, contando con una rápida y amplia expansión. La técnica de componentes del VaR nos enseña una forma de determinar la contribución de los distintos componentes de la cartera al riesgo global después de considerar el efecto de varianzas y covarianzas.

En este trabajo analizaremos una cartera en la que aplicaremos métodos alternativos de cálculo del VaR como son la Simulación Histórica, el Método Analítico y Simulación por Montecarlo.

El primero es un método relativamente simple, fácil de interpretar, y tiene la ventaja de que no es necesario asumir que las rentabilidades siguen una distribución normal. El Método analítico, se basa en el análisis de la matriz de varianzas-covarianzas de los factores de riesgo seleccionados para representar el riesgo global de la cartera de inversión. Y por último, con Montecarlo, será una combinación del método Paramétrico de cálculo del VaR y la simulación histórica, obteniendo una aproximación del comportamiento de la rentabilidad esperada de la cartera, utilizando simulaciones por ordenador que generan recorridos aleatorios de la rentabilidad de la cartera, basados en ciertos supuestos iniciales sobre las volatilidades y correlaciones de los factores de riesgo.

Por otra parte, una vez tengamos todos los datos analíticos, procederemos a la comparación y Backtesting (contrastación empírica de los resultados de los modelos de VaR) a través de los distintos métodos. Al calcular el VaR por medio de éstos, comprobaremos cómo evoluciona el perfil de riesgo en cada uno de ellos, y, posteriormente, compararemos los resultados obtenidos frente al VaR estimado para determinar el número de ocasiones en que las pérdidas son superiores al VaR, siguiendo las recomendaciones del Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (BCBS) el que analiza lo indicado.

No podemos dejar de lado la importancia que tiene en todo el marco regulador Basilea II y III. El BCBS aprobó en 2005, un conjunto de reformas del régimen de capital de las posiciones en la cartera de negociación entre lo que destacaba la exigencia de que los bancos mantuvieran capital frente al riesgo de incumplimiento, de forma adicional al capturado en los modelos VaR.

No olvidemos, que el Valor en Riesgo, nos permite cuantificar las pérdidas esperadas máximas de la empresa (de forma global y por subcomponentes de la cartera), estimar el intercambio entre riesgo y rentabilidad, maximizar las ventajas de la diversificación, minimizar la volatilidad de los beneficios, proporcionando información sobre los riesgos asumidos.

El último apartado, estará dedicado a la polémica que ha surgido en la actualidad con el uso de este método. Haremos referencia a diversos artículos periodísticos, en los cuales se pone en duda la correcta adecuación y acierto en el empleo del VaR.

## 2. EL VAR

### 2.1. HISTORIA DEL VAR

Sería lógico pensar que el VaR (Value at Risk), una herramienta tan utilizada hoy en día en las finanzas existe desde tiempos lejanos, pero nada más lejos de la realidad.

Bien es cierto que inversores de todo el mundo llevan años preocupados por medir el posible riesgo existente a la hora de adquirir una cartera, pero no fue hasta finales de 1980 cuando surgió el concepto de VaR que hoy conocemos.

En 1987, y después de una fuerte crisis financiera, Dennis Weatherstone (presidente de la compañía financiera estadounidense JP Morgan & Co.) tomó la decisión de solicitar un informe breve y diario donde se plasmase el riesgo de pérdida en cartera durante las siguientes 24 horas.

Esta medida cobró tal importancia a lo largo de los años que terminó por convertirse en la herramienta más utilizada a nivel mundial para medir el posible riesgo a la hora de invertir en una determinada cartera.

Hoy en día esta herramienta se ha convertido en un elemento de gran utilidad para las instituciones financieras, llegando a constituir un patrón de actuación, ya que les permite conocer los niveles de riesgo al que se encuentran expuestas, así como estimar los beneficios de cada inversión comparándola con su VaR para invertir en aquellos instrumentos que proporcionen más rendimientos por cada unidad de riesgo.

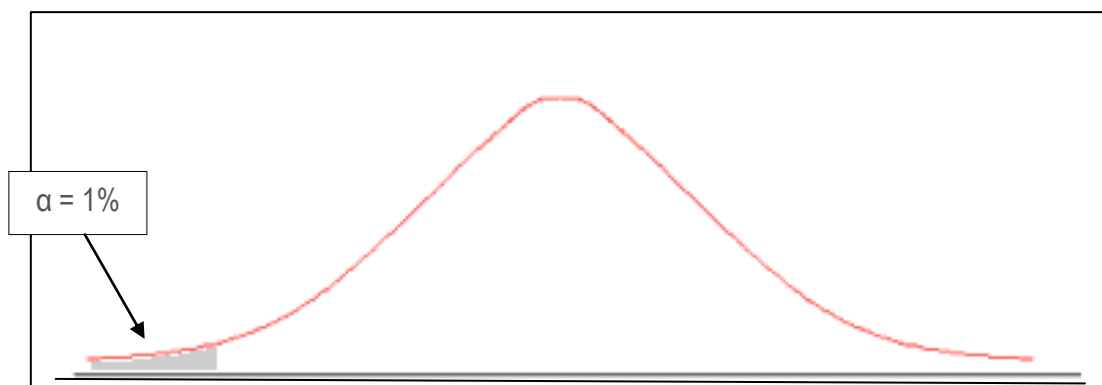
### 2.2. CONCEPTO DEL VAR

Podemos definir el VaR como la pérdida máxima que puede sufrir un activo o una cartera de activos teniendo en cuenta los movimientos normales de los precios de mercado, dentro de un horizonte temporal y bajo un nivel de confianza o probabilidad determinado.

Así, lo primero que debemos hacer para poder calcular el VaR de una cartera es establecer las variables necesarias para obtener los resultados.

- Horizonte temporal: es el periodo que va desde el momento actual hasta un punto establecido en el futuro, dentro del cual vamos a estimar la pérdida máxima probable. Este periodo puede ser diario, semanal o incluso mensual; aunque lo más habitual es que el VaR se calcule por días.
- Nivel de confianza: es el nivel de probabilidad de que las pérdidas reales superen el importe del VaR dentro del horizonte temporal previamente establecido. Aunque puede rondar entre el 95% y 99%, los sistemas financieros han establecido que el VaR se calcule con un 99% de confianza o, lo que es lo mismo, con un percentil del 1%.
- Ventanas temporales históricas: son datos históricos de mercado (niveles de precios, tipos de interés, etc.) utilizados para calcular el VaR, a veces sin tener en cuenta los datos de épocas de crisis financieras. Debemos de saber que, cuanto más alejados en el tiempo estén estos datos, el VaR nos proporcionará resultados menos exactos que en los casos en los que usemos datos históricos más actuales. Lo normal es utilizar datos históricos de 1 o 2 años atrás.

Por ejemplo, si poseemos una cartera de acciones cuyo valor es de 10 millones de euros podríamos calcular el VaR al 1% a una semana, obteniendo como resultado que con un 99% de probabilidad, la máxima pérdida esperada para la siguiente semana será de 150.000 €.



**Gráfico 1. Representación del VaR con un nivel de confianza del 99%**

### **2.3. VENTAJAS DEL VAR**

- Permite agregar todo el riesgo de una inversión en un solo resultado, lo cual permite valorar el riesgo fácilmente.
- Su estandarización permite su comparación por ser ampliamente calculada.
- Los resultados que nos proporciona son fáciles de entender e interpretar.
- Integra el riesgo de mercado en un sólo valor.

### **2.4. DESVENTAJAS DEL VAR**

- Si los datos utilizados para su cálculo no son del todo fiables, el VaR deja de ser útil como medida.
- No considera todos los peores escenarios posibles. Este punto en contra se resuelve complementando el VaR con test de estrés que consideran escenarios no contemplados por el VaR.
- En el caso de la Simulación por Montecarlo, supone un método costoso y de difícil aplicación.
- La aplicación de los diferentes métodos nos pueden proporcionar resultados diferentes.
- No tiene en cuenta la liquidez de los mercados, ni el tamaño de la posición.

En el siguiente apartado plantearemos el cálculo del VaR a través de 3 métodos diferentes: el VaR histórico, el VaR paramétrico o analítico y la Simulación de Montecarlo.



### 3. MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE VaR

#### 3.1. SIMULACIÓN HISTÓRICA

Se denomina VaR histórico o VaR por simulación histórica al método para calcular el VaR a través de datos históricos, partiendo de la presunción de que la variación de precios futura se distribuirá de igual manera que en el pasado.

Para ello, aplicaremos a una cartera actual de activos financieros una serie de precios históricos con el objetivo de obtener escenarios que podamos comparar con la posición actual.

Esta aplicación nos proporcionará una serie de resultados simulados a partir de los cuales podemos obtener el VaR.

##### 3.1.1. Pasos para calcular el VaR histórico

Los pasos que deberemos llevar a cabo para calcular el VaR histórico son los siguientes:

- Elección del horizonte temporal (1 semana, 1 mes, etc.), del nivel de confianza y de la ventana temporal histórica.
- Determinación de los posibles escenarios con los que vamos a trabajar.
- Calculamos la rentabilidad en tantos por ciento (o tasa de variación  $r_i$ ), por la diferencia entre el logaritmo del precio a día de hoy y el logaritmo del precio del día inmediatamente anterior.
- Aplicamos dicha tasa de variación al precio de mercado de cada título ( $P_h$ ), obteniendo así el valor esperado de los precios.

$$S_i = P_h * \exp(r_i)$$

- Para obtener el valor esperado de la cartera, multiplicaremos el valor esperado de los precios por el número de acciones que formen parte de nuestra cartera.
- El valor esperado de las Pérdidas y Ganancias simuladas se obtiene por la diferencia entre la esperanza de la cartera y el importe de la inversión total realizada.
- Para finalizar, calcularemos el Valor en Riesgo así como la Ganancia en Riesgo (EaR):
  - VaR: se obtiene calculando el percentil 1-alfa de todos los datos del valor esperado de las Pérdidas y Ganancias.
  - EaR: se obtiene por el mismo método, pero con el percentil alfa de esos mismos datos.

El cálculo del VaR mediante la simulación histórica puede ser útil cuando el pasado reciente sirva como representación del riesgo actual de la cartera, mientras que si el pasado no refleja dicho riesgo se desaconseja su uso.

Las ventajas más significativas son su facilidad de cálculo y que no sigue ninguna distribución específica de precios.

Como desventajas, podríamos mencionar la necesidad de contar con un gran número de datos históricos para que el resultado del VaR sea lo más cierto posible, así como que estos datos históricos no siempre se repiten en el futuro.

### 3.2. MÉTODO ANALÍTICO (PARAMÉTRICO)

El método analítico o paramétrico, a diferencia del método por simulación histórica, parte de la premisa de que la probabilidad de los rendimientos que forman parte de la cartera sigue una Distribución Normal.

Para ello, usa información histórica para el cálculo de volatilidades y correlaciones de las variables de mercado que consideramos relevantes.

Así, podemos calcular el VaR mediante la desviación típica de la cartera ( $\sigma$ ) y un elemento multiplicativo ( $Z$ ) que va a depender del nivel de confianza que hayamos escogido:

- $Z = 2,33$  si el nivel de confianza es del 99%.
- $Z = 1,65$  si el nivel de confianza es del 95%.

Una vez tengamos los datos de rentabilidad esperados y la desviación típica, utilizamos la siguiente fórmula

$$\text{VaR} = (\mu - Z\sigma)V$$

donde  $\mu$  representa la rentabilidad esperada,  $Z$  el valor multiplicativo dependiente del nivel de confianza elegido,  $\sigma$  la desviación típica de la rentabilidad y  $V$  el valor de la inversión.

Entre sus ventajas, la que más destaca es la facilidad de cálculo comparado con otros métodos con el VaR histórico. Pero también tiene desventajas, ya que sus resultados son menos precisos que los obtenidos mediante el método de Montecarlo, el cual estudiaremos en el siguiente capítulo.

### 3.3. SIMULACIÓN MONTECARLO

El método de Montecarlo puede interpretarse como una mezcla entre el paramétrico y la simulación histórica. A través del mismo, se obtiene una aproximación del comportamiento de la rentabilidad esperada de la cartera, empleado para ello simulaciones por ordenador generando recorridos aleatorios de la rentabilidad de la cartera basados en determinados supuestos iniciales sobre las volatilidades y correlaciones de los factores de riesgo.

Puede ser especialmente útil para modelizar el comportamiento de activos de los cuales carecemos de información histórica o para los que siguen distribuciones muy distintas a la normal. Por lo tanto, para llevar a cabo la Simulación por Montecarlo, es necesario especificar un proceso estocástico (modelizando rentabilidades esperadas de la cartera, asumiendo que siguen distribuciones específicas con unos parámetros determinados) que determine la evolución de los factores de riesgo.

Por tanto, es una técnica de simulación estadística, que nos permite generar diversos resultados de una variable aleatoria. Requiere de la definición de la distribución de probabilidad (normal, lognormal, etc) a aplicar sobre la variable aleatoria (como lo es el caso de las oscilaciones de precios). Muchas instituciones financieras emplean este método para valorar diferentes productos.

¿Cómo realizamos el cálculo del VaR? A través de los siguientes pasos:

- Creamos escenarios, con las correspondientes estimaciones de volatilidades y correlaciones para los activos de la cartera y suponiendo modelos de distribución de precios.
- Valoración de la cartera para cada escenario de precios
- Presentación de los resultados como distribución de las probabilidades de las pérdidas y ganancias de la cartera o como una medida específica del riesgo VaR.

#### 4. COMPARACIÓN Y BACKTESTING CON LOS DISTINTOS MÉTODOS

Una vez entendido qué es el VaR y cómo se calcula a través de los diferentes métodos, procederemos a su aplicación con los datos obtenidos de una cartera de acciones de la empresa Telefónica (TEF) en un periodo comprendido entre el 01/01/2011 y el 31/12/2016. En este caso, no utilizaremos el Método de Montecarlo por considerarse una composición del Método de Simulación Histórica y del Paramétrico o Analítico.

Dentro de cada método recurriremos a dos horizontes temporales para cada método:

##### Simulación Histórica

- Simulación histórica en largo, ventana de rendimientos pasados de 250 días (SHL).
- Simulación histórica en corto, ventana de rendimientos pasados de 20 días (SHC).

##### Método Paramétrico

- Paramétrico en largo, ventana de rendimientos pasados de 250 días (ParL).
- Paramétrico en corto, ventana de rendimientos pasados de 20 días (ParC).

Para empezar, volcaremos los datos obtenidos en una serie de gráficas que nos ayudarán a entender y comparar los resultados obtenidos por los diferentes métodos.

A continuación, a través de estos datos, calcularemos el número de excepciones obtenidas por cada método para poder determinar si el VaR sobreestima o infraestima el riesgo.

Por último, aplicaremos el estadístico LR que se encargará de confirmar si efectivamente los métodos muestran el posible riesgo de manera fiable.

#### 4.1. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS RENDIMIENTOS DE TEF JUNTO CON LAS ESTIMACIONES VAR GENERADAS

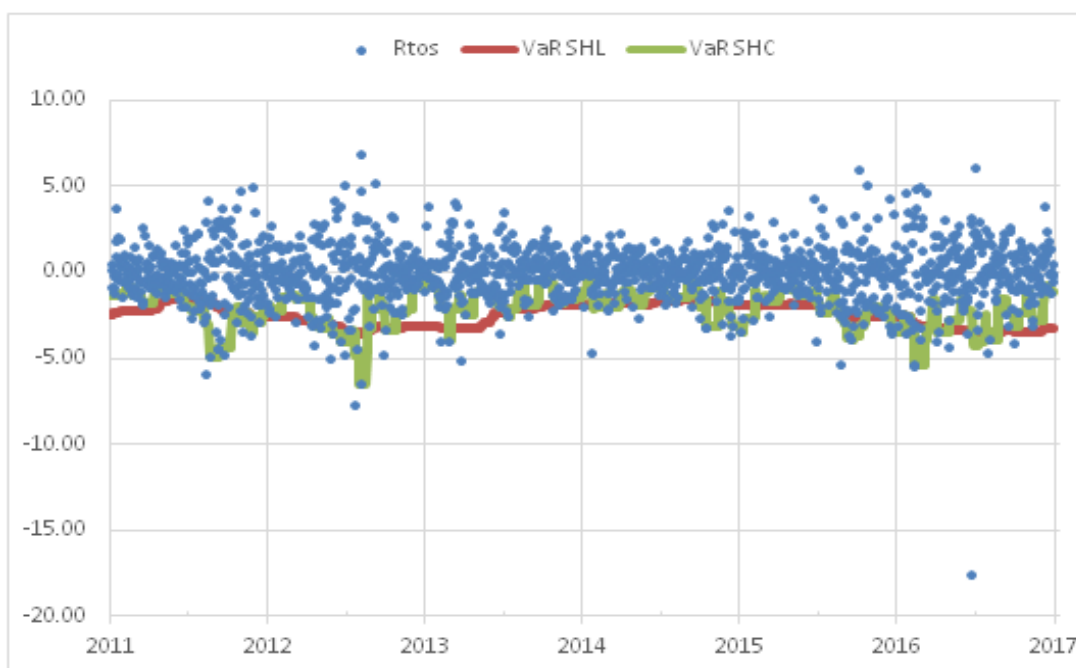
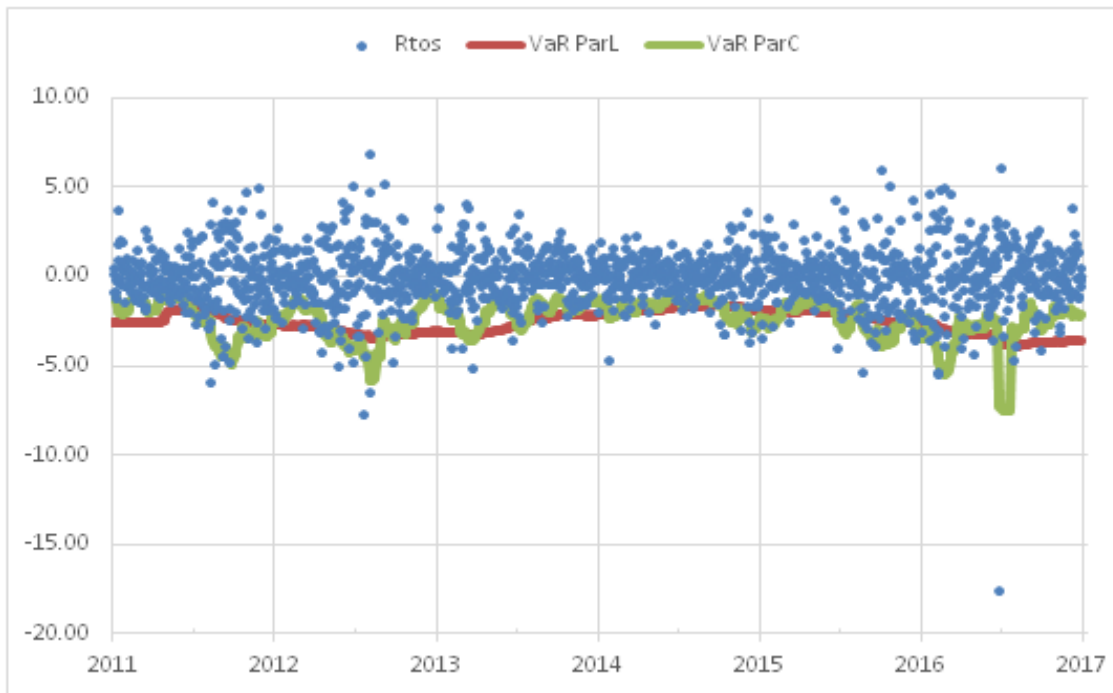


Gráfico 2. Backtesting del VaR por Simulación Histórica 95%



**Gráfico 3. Backtesting del VaR Paramétrico 95%**

#### **4.2. CÁLCULO DEL NÚMERO Y EL PORCENTAJE DE EXCEPCIONES GENERADAS POR CADA UNO DE LOS MÉTODOS**

En base a los resultados obtenidos, determinaremos qué método genera estimaciones más precisas del VaR a 1 día al 95%, así como si dichos métodos empleados sobreestiman o infraestiman el riesgo.

- De 2011 a 2017 tenemos un número de datos  $N=1561$ . Así, el 5% de  $N$  equivaldría a  $1561 \cdot 0.05 = 78$  observaciones, que son el número esperado de excepciones.
- Con ayuda de los cálculos previamente realizados para la representación gráfica del VaR, en un archivo Excel enumeramos el número de veces que la rentabilidad ha sido más pequeña que el VaR previsto para ese día. Si la metodología VaR fuese perfecta, los valores obtenidos deberían ser cercanos a 78 excepciones.

En la siguiente tabla presentamos el número y el porcentaje de excepciones observadas para cada uno de los métodos utilizados, simulación histórica (largo y corto) y paramétrico (largo y corto).

Método	Número de excepciones	Porcentaje de excepciones
5% - exacto	78	5%
SHL	98	6.3%
SHC	157	10.1%
ParL	92	5.9%
ParC	107	6.9%

**Tabla 1. Porcentajes de excepciones para cada método**

Como podemos observar, el número de excepciones para cada uno de los 4 métodos se encuentra ligeramente alejado a las 78 excepciones previamente calculadas, que es el valor esperado según el percentil 5%. Aun así, el método ParL nos muestra 92 excepciones, siendo el método más cercano al valor esperado.

El resto de los métodos nos proporcionan un número de excepciones que se aleja todavía más del valor esperado. En general los 4 métodos sub-estiman el riesgo, el número de excepciones supera el valor esperado, y dejarían en descubierto las reservas de la empresa un número de días mayor del 5% esperado.

Pero no debemos quedarnos con estos resultados, pues hemos de profundizar más para determinar si los datos obtenidos en cuanto a las excepciones de cada método resultan fiables.

Para ello, aplicaremos el último paso: el estadístico LR.

#### **4.3. CONTRASTACIÓN FORMAL DE LA PRECISIÓN DE LAS ESTIMACIONES VAR**

Una vez hemos determinado qué método resulta más fiable y preciso, y el número de excepciones existentes para cada procedimiento, es recomendable contrastar la precisión de las estimaciones que hemos calculado para establecer finalmente si los métodos aplicados representan el posible riesgo de manera aproximada.

Por lo tanto, nos haremos la siguiente pregunta: ¿Cuál de las aproximaciones nos proporciona una mejor estimación del VaR? Responder a esta cuestión no resulta fácil ya que debemos recordar que no es posible conocer el valor real del VaR, pues es una estimación.

Para ello utilizaremos el test de Kupiec (1995) o Prueba de Proporción de Fallos (cuyas siglas en inglés son POF). Este test considera que la hipótesis nula se apoya en la distribución binomial.

La fórmula utilizada para poder determinar qué aproximación nos proporciona unos resultados más fiables es el Estadístico LR, el cual se representa de la siguiente manera:

$$LR_{UC} = 2 \left[ \text{Log}(\alpha^x (1 - \alpha)^{n-x}) - \log \left( (\alpha^x (1 - \alpha)^{n-x}) \right) \right]$$

donde:

- $\alpha$  es el coeficiente alfa empírico, el cual es el resultado del cociente entre las excepciones y la muestra ( $\alpha = x / n$ ).
- $x$  son el número de excepciones observadas
- $n$  representa la muestra que estamos analizando.
- $\alpha$  es el cociente esperado o el percentil utilizado.

Así, si en una muestra de  $n=1250$  datos encontramos que se producen  $x=125$  excepciones, el coeficiente alfa empírico sería  $\alpha^{\wedge}=125/1250=0.1$ , y si el cociente esperado fuese  $\alpha=0.05$ , entonces el estadístico LR sería:

$$LR_{UC} = 2 \left[ \text{Log}(0.1^{125}(1 - 0.1)^{1250-125}) - \log \left( (0.05^{125}(1 - 0.05)^{(1250-125)}) \right) \right] = 51.63$$

Por lo tanto, con los datos obtenidos en los apartados anteriores, aplicamos el Estadístico LR para poder determinar qué método es el más fiable de los cuatro que hemos calculado, teniendo en cuenta que la muestra analizada es de 1561 datos y que el coeficiente alfa empírico es de 0.05, en función del número de excepciones observadas.

El Estadístico LR sigue una distribución asintótica con una variable chi cuadrado con un grado de libertad  $X^2(1)$ , con lo que para el 5% de significación, el valor crítico de una distribución  $X^2(1)$  es 3.84. Este valor ha sido obtenido con la función de Excel `Distr.Chicud()` y en él nos basaremos para descartar aquellos métodos que no resulten fiables.

Para poder observar mejor los resultados que nos ha proporcionado el estadístico LR, volcamos los datos en la siguiente tabla.

Método	Número de excep. x	LR	LR<3.84
SHL	98	4.98	NO
SHC	157	65.83	NO
ParL	92	2.49	SÍ
ParC	107	10.18	NO

**Tabla 2. Cálculo del estadístico LR para cada método**

En primer lugar, hemos de comparar el estadístico LR obtenido con el valor crítico, de forma que cuando  $LR < 3.84$  se acepta la hipótesis nula y el modelo VaR no se puede rechazar, y cuando  $LR > 3.84$  rechazamos la hipótesis nula y la igualdad de probabilidades observada, y por lo tanto rechazamos el modelo.

De esta manera, y como podemos observar en la tabla anterior, el Método Paramétrico en largo ParL presentan valores  $LR < 3.84$ , lo que significa que no podemos rechazar la hipótesis nula de que el porcentaje de excepciones que presentan coincide con el porcentaje esperado.

Sin embargo, el Método Simulación Histórica (tanto en largo como en corto) y el Método Paramétrico en corto han de ser rechazado porque  $LR > 3.84$ , el número de excepciones es muy diferente del teórico, 78 excepciones, y rechazamos al 95% la hipótesis nula de que el cociente observado pueda coincidir con el porcentaje teórico.

En conclusión, y como podemos observar, aunque parecía que los cuatro métodos aplicados podían ser a priori una buena representación del riesgo de la cartera de acciones, fue necesario realizar el test de Kupiec a través del estadístico LR para poder descartar aquellos resultados que podían haber supuesto una distorsión del posible riesgo.

#### **4.4. CONCLUSIONES EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

Este estudio realizado nos ha permitido comprobar que, aunque el cálculo de las observaciones nos induce a descartar a priori aquellos métodos cuyas excepciones se encuentren alejadas de las calculadas, debemos apoyarnos en otros procedimientos (entre ellos, el estadístico LR) para verificar si podemos rechazar un método por sobreestimar o infravalorar el riesgo.

Por otro lado, parece ser que el ParL, paramétrico en largo, genera mejores estimaciones en VaR por el ajustado número de excepciones y por superar el test de Kupiec. El método paramétrico en corto y el método de simulación histórica (ambas versiones) no han superado este test.

Tanto la SHL como la SHC, nos proporcionan unos resultados basados en datos históricos que podrían dar lugar a errores, debido a la poca fluctuación de dichos datos, lo cual no supone una estimación lo suficientemente fiable.

Además, el ParC ha sido rechazado porque las estimaciones en corto con este método no nos remiten una muestra lo suficientemente grande como para proporcionarnos datos exactos.



## 5. DESARROLLOS RECIENTES SOBRE EL VAR (VAR STRESSADO)

El VaR estresado (sVaR) cuantifica el nivel de riesgo en situaciones históricas extremas. Su uso, busca moderar la disyuntiva de las tensiones del mercado que queden fuera del periodo de datos que hemos utilizado al medir el VaR pasado un tiempo y atenuar la procíclicidad de la medida del VaR. Hay que recalcar, que como medida procíclica que es, incentiva la asunción de riesgos durante periodos de crecimiento, y en fases bajistas, aumenta las perturbaciones.

Aparece entre los cambios de Basilea 2.5, para calcular el VaR que se hubiese generado en una cartera bancaria actual si en el mercado los factores más relevantes estuvieran soportando una fase de estrés. Es más, Basilea 2.5 solicita que los bancos calculen 2 VaR, el convencional con las condiciones normales del mercado, y el estresado, ya que se complementan a la hora de calcular los requerimientos de capital.

A las autoridades bancarias, se les suele pedir que vigilen las posibles acciones que pueden llevar a cabo en esta área, y se proporcionaron diferentes directrices sobre el sVaR. Los objetivos de establecer una “guía de actuación” son los siguientes:

- Que se logre un entendimiento común entre las autoridades competentes de toda la UE sobre el modelo de VaR Estresado con el fin de reforzar la convergencia en la práctica.
- Crear más transparencia para las Instituciones al implementar el sVaR en el cálculo del capital necesario para conocer el riesgo de mercado en nuestra cartera de negociación y, en la práctica, la gestión de riesgo.
- Generar igualdad en las condiciones entre las Instituciones en éste ámbito de aplicación.

Se calcularía de la siguiente manera:

“Debe estar basada en una medida de VaR a 10 días calculada para el percentil 99, un intervalo de confianza asimétrico, con los valores del modelo calibrado con datos históricos de un periodo continuo de 12 meses de tensión financiera significativa”.

“El sVaR se computa basando los cálculos en un periodo de 250 días de condiciones extremas de mercado, en lugar del típico periodo último año o últimos cuatro años, y se calcula sobre Simulación Histórica considerando esos 250 escenarios extremos”.

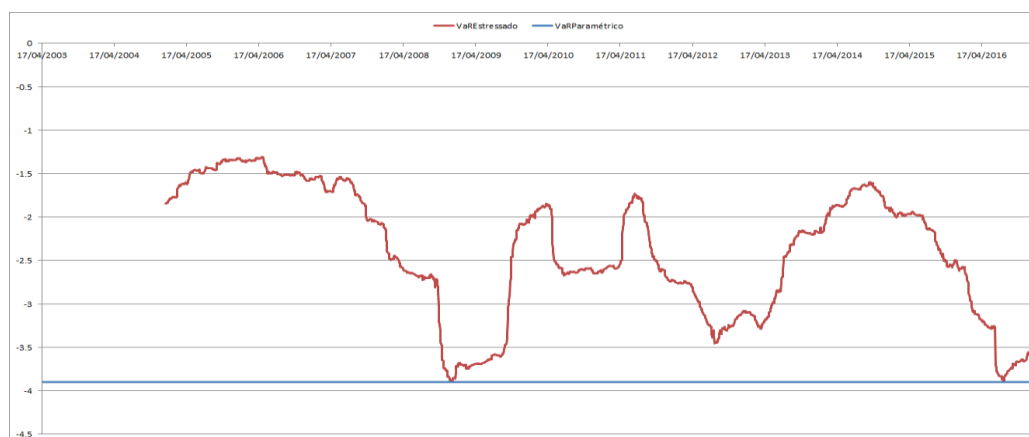
¿Tiene que haber coherencia entre el VaR y el sVaR? La Respuesta es sí, y no. Sí, en lo que se refiere al intervalo de confianza y el horizonte temporal. Y no, en cuando al sistema de ponderación de datos, el Backtesting, la duración del período histórico de observación y la frecuencia del cálculo. La metodología del sVaR debe basarse en la actual del VaR, sobre todo en las técnicas específicas requeridas, cuando proceda. Cualquier factor de riesgo que ocurra en el modelo del Var, debe reflejarse en el modelo del sVaR.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, ¿cuál sería el enfoque que se debe dar para identificar el período histórico apropiado? Para poder elegir correctamente uno para tal calibración, las instituciones financieras deben formular una metodología para identificar correctamente un período de estrés relevante en sus carteras, basándose en las dos formas siguientes:

- Enfoque fundamentado en el juicio. Éste no utiliza un método cuantitativo detallado en el análisis para identificar el periodo preciso para el mismo, sino que se basa en un análisis de alto nivel de los riesgos inherentes a la cartera de inversión actual de la institución y los periodos de estrés relacionados con esos factores de riesgo.
- Enfoque basado en fórmulas. Aquí, además del juicio de los expertos, se emplea un análisis cuantitativo más sistemático para determinar el período histórico que representa un estrés significativo para la cartera actual de la Institución en cuestión. Se podría desarrollar de varias maneras:
  - Basado en los factores de riesgo: una vez la institución identifica un número determinado de factores que riesgo que considera una representación significativa en el movimiento en el valor de su cartera, los datos históricos de estos factores podrán analizarse completamente para identificar el periodo más estresado (por ejemplo, el intervalo con mayor volatilidad).
  - Enfoque fundamentado en el VaR: el periodo histórico se identifica ejecutando el modelo VaR completo o una aproximación en un período histórico para identificar la fase de 12 meses que produce la media que más resalta de la cartera actual.

No obstante, las Instituciones también pueden combinar los dos enfoques anteriores, esto se lograría usando el enfoque basado en el juicio para restringir los períodos históricos de datos que pueden ser empleados en la perspectiva de las fórmulas. Independientemente del aplicado, se debe aportar siempre documentación que justifique la elección llevada a cabo.

Para comprobar lo descrito anteriormente, en el gráfico 4 podemos observar la diferencia entre el sVaR y el VaR paramétrico. Mientras que éste último cambia durante todo el horizonte temporal, apreciamos que el sVaR se mantiene constante en el mínimo alcanzado en el año 2008, ya entrados en la crisis financiera generada con el boom inmobiliario. Confirmándose entonces la teoría, si sometemos a una cartera a un periodo de máximo estrés en el mercado en un intervalo concreto de tiempo, en este caso, los 250 días mencionados anteriormente, apreciamos cuál es la diferencia entre ambas medidas.



**Gráfico 4. Comparativa entre el VaR y el VaR estresado**

## **6. NORMATIVA SOBRE EL VAR BASILEA I, II Y III**

Esta normativa se creó con el objetivo de reunir un conjunto de recomendaciones para establecer un capital mínimo que debía tener una entidad bancaria en función de los riesgos que afrontaba. A continuación enumeramos los tres acuerdos que han existido hasta el momento con sus respectivas modificaciones:

### **6.1. BASILEA I**

El Comité de Supervisión Bancaria de Basilea publicó en 1988 el primer Acuerdo de Capital, conocido también como Basilea I. Este Acuerdo establecía el capital mínimo que las entidades debían tener en relación con sus activos ponderados por riesgo, incluía una definición de capital, establecía el sistema de ponderación de las exposiciones y fijaba el capital mínimo en un 8%.

### **6.2. BASILEA II**

En 2004 se publicó la reforma<sup>1</sup>, conocida como Basilea II, desarrollaba de manera mucho más extensa el cálculo de los activos ponderados por riesgo y permitía que las entidades aplicasen calificaciones de riesgo basadas en sus modelos internos, fomentando así la mejora en la gestión del riesgo de las entidades.

La enmienda introducía en esta reforma dos conceptos relevantes:

- Intento de delimitación formal de la Cartera de Negociación. Mantener en líneas generales el nivel agregado de los requerimientos de capital del sistema.
- Propuesta de medición del Riesgo de Mercado a través de un concepto, por aquel entonces, relativamente novedoso en la industria: el Value-at-Risk (VaR)

Establecen dos metodologías alternativas, siguiendo un modelo que a posteriori se convertiría en clásico para las directrices de Basilea:

- Un método estándar, utilizando requerimientos de capital determinados por el regulador.
- Un modelo VaR interno del propio banco, sujeto a la aprobación previa de un supervisor.

### **6.3. BASILEA III**

Sin embargo, la reciente crisis ha puesto de manifiesto que la calidad del capital de las entidades se había ido deteriorando y en muchos países el sistema bancario estaba excesivamente apalancado.

Por ello se llevó a cabo un conjunto de reformas que se conoce como Basilea III, que tiene por objetivo exigir más capital y de mayor calidad a las entidades para hacerlas más resistentes frente a futuros shocks financieros.

Según el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, una de las lecciones clave de la crisis ha sido la necesidad de reforzar la cobertura del riesgo en el marco de capital, por lo que creó en junio de 2009 un conjunto de reformas críticas al marco de Basilea II, introduciendo como exigencia un requerimiento de capital basado en el valor en riesgo (VaR), en situaciones de tensión, definidas como 12 meses consecutivos de significativas tensiones financieras.

La reforma de Basilea III incluye los siguientes elementos:

- Aumento de la calidad del capital para asegurar su mayor capacidad para absorber pérdidas.
- Los bancos estarán sujetos a la exigencia de un suplemento de capital para poder cubrir estas pérdidas potenciales por valoración a precios de mercado (es decir, CVA o ajuste de valoración de crédito) asociadas al deterioro de la solvencia de la contraparte. Aunque Basilea II ya cubría el riesgo de impago de la contraparte, no contemplaba este riesgo CVA, que durante la crisis financiera generó más pérdidas que los propios impagos.
- Se modifica el cálculo de los riesgos para determinadas exposiciones que la crisis ha probado que estaban mal capturados.
- Constitución de colchones de capital en momentos buenos del ciclo que puedan ser utilizados en períodos de estrés, para así contribuir a un sistema bancario más estable.
- Introducción de una ratio de apalancamiento como una medida complementaria a la ratio de solvencia basada en riesgo.
- Aumento del nivel de los requerimientos de capital, para fortalecer la solvencia de las entidades.
- Mejora de las normas del proceso supervisor y de la disciplina de mercado y establecimiento de guías adicionales.
- Introducción de un estándar de liquidez que incluye una ratio de cobertura de liquidez a corto plazo y una ratio de liquidez estructural a largo plazo.

Destacamos que para el cálculo del requerimiento de capital por CVA, los bancos autorizados a aplicar el método IMM (métodos de modelos internos) utilizan el modelo VaR puesto que este modelo se limita a las variaciones en los diferenciales de crédito de contrapartes y no modela la sensibilidad de los CVA a cambios en otros factores del mercado, tales como cambios en el valor del activo de referencia, la materia prima, la divisa o la tasa de interés derivado. Este cálculo deberá basarse en la siguiente fórmula, que servirá de base para todos los datos introducidos en el modelo VaR aprobado del banco para bonos:

$$CVA = (LGD_{MKT}) \cdot \sum_{i=1}^T \text{Max} \left( 0; \exp \left( -\frac{s_{i-1} \cdot t_{i-1}}{LGD_{MKT}} \right) - \exp \left( -\frac{s_i \cdot t_i}{LGD_{MKT}} \right) \right) \cdot \left( \frac{EE_{i-1} \cdot D_{i-1} + EE_i \cdot D_i}{2} \right)$$

Para las exposiciones a ciertas contrapartes, dicho modelo de VaR aprobado no refleja adecuadamente el riesgo de variaciones en el diferencial de crédito, al no incluir de forma adecuada el riesgo específico de instrumentos de deuda emitidos por la contraparte.

Así mismo, únicamente podrán incluirse en el requerimiento por el riesgo de CVA avanzado aquellas exposiciones a contrapartes respecto de las cuales el banco hubiese obtenido aprobación del supervisor para modelar el riesgo específico de instrumentos de deuda.

\*Este requerimiento de capital por el riesgo de CVA comprende los riesgos tanto general como específico por diferencial crediticio incluyendo el VaR estresado pero no el IRC (requerimiento de capital por riesgo incremental).

### ¿Cabe la posibilidad de que pueda llegar a existir Basilea IV?

El Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (CSBB) está realizando actualmente una ambiciosa revisión de los APR (denominador de los ratios de capital) que podría tener un impacto significativo tanto en los requisitos mínimos de capital como en los ratios de capital reportados.

Según un informe elaborado por la unidad de Sistemas Financieros del BBVA cuando Basilea III vio la luz en 2010, se reconoció que el marco no era definitivo en relación con los APR de algunas exposiciones y se previó una revisión para una etapa posterior con el fin de mejorar la sensibilidad al riesgo, reducir la dependencia respecto de las calificaciones crediticias y evitar el arbitraje regulador.

Dicha revisión de Basilea III ha ido mucho más allá de lo inicialmente previsto, ampliando su ámbito para incluir prácticamente cualquier tipo de riesgo y cualquier método empleado para calcular los APR, esperando así, que las nuevas normas globales se hayan completado y posteriormente entren en vigor en 2019.

Este informe finaliza hablando del debate acerca de si deberíamos denominarlo 'Basilea IV' o 'Basilea III revisado', declarando que "esto no debe eclipsar lo que en realidad importa, que es su impacto en la capacidad de financiación para mantener el crecimiento".



Imagen 1. La evolución de Basilea

## 7. POLÉMICA SOBRE EL VaR

### 7.1. ARTÍCULOS DE POLÉMICA SOBRE EL VaR

Tras la fuerte crisis que sufrimos desde hace unos años, muchos economistas han creado polémica sobre el uso del VaR en blogs y periódicos, donde exponen/culpan al cálculo de éste método de la caída económica del país difundiendo alarmantes publicaciones como la presentada en la imagen 2.

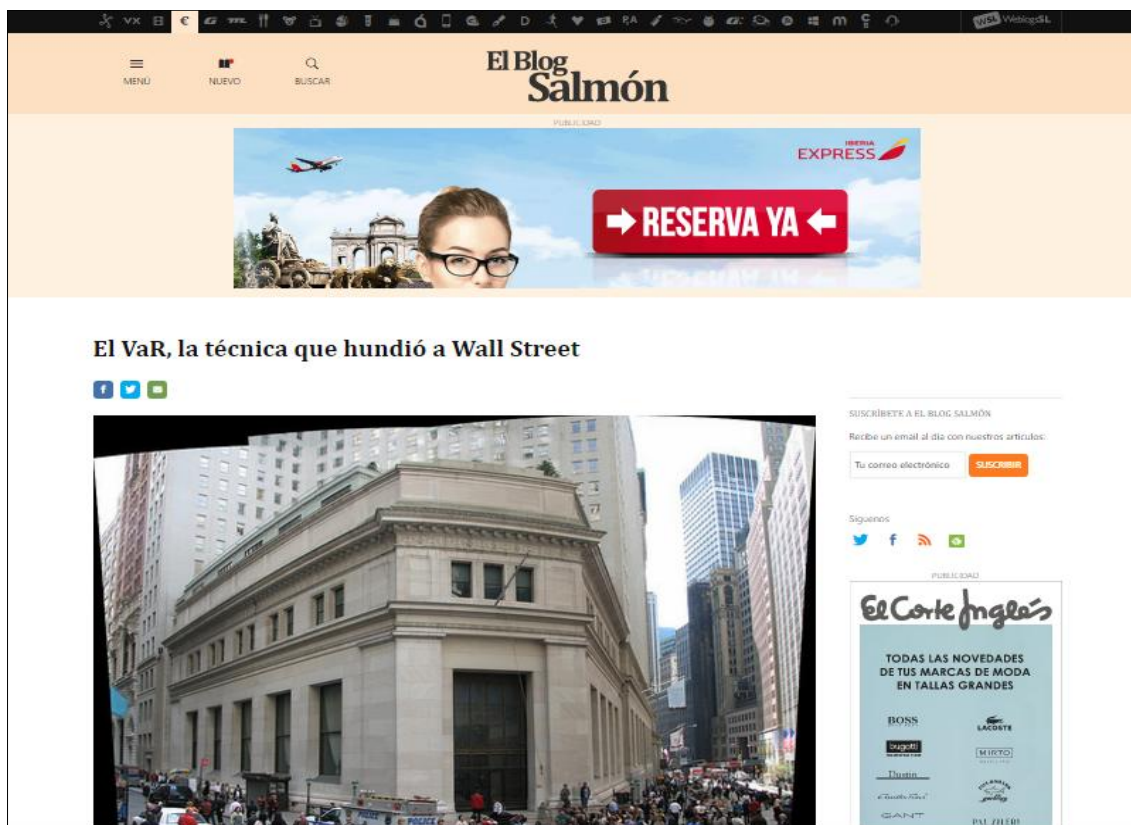


Imagen 2. "El VaR, la técnica que hundió a Wall Street"- El blog Salmón (Enero 2009)

Según Moreno (2009), la metodología del VaR "arrastró al precipicio a Wall Street" ya que el VaR, simplificando su definición, cuantifica el riesgo de mercado en análisis de tiempo demasiado cortos y escenarios normales.

Sus cálculos eran simples, diferenciándose así del modelo CAPM, lo que lo llevó a la aceptación de matemáticos a principios de los 90.

Tras su éxito en JP Morgan llegó la masificación de su uso, pese a sus altos niveles de riesgo que ya amenazaba a finales de los 90 con derrumbar el sistema.

Para Marco Antonio Moreno, la gran mayoría de las teorías científicas solo se conforman con explicar el 99% y el estudio de ese 1% es "irrelevante" ya que sería un mero error del sistema, pero lo que puede ocurrir es ese 1% es catastrófico y nadie advirtió de lo que podría pasar en este caso, donde los escenarios eran más complejos que normales.

Por último habla de la comparación de resultados del Dow Jones durante el mes de octubre, que llegamos a dos cambios diarios con más del 10%, cuando la desviación estándar para estos cambios diarios en el periodo del 1971-2008 fue del 1'032%. Esto indica que los

movimientos de esta magnitud solo pueden ocurrir una vez cada 73-603 billones de años, lo que sucedió dos veces en el mismo mes, denominándolo como “todo un milagro”.

Finaliza el artículo mencionando que el sistema no tenía “botes salvavidas y no hay nada que pueda sacarnos de este remolino”.



**Imagen 3. "Sigue vivo el modelo que nos llevó a la crisis"- El País (Marzo 2012)**

En la imagen 3 destacamos el artículo de Pablo Triana (2012) en el que cita una serie de reflexiones bastante llamativas como pueden ser “un número nos mató “ o “el VaR sigue vivo y coleando”.

Para él la ecuación es fácilmente manipulable y subestima los riesgos y fue la causa de la crisis porque el regulador permitió que el VaR estipulara capitales mínimos de los bancos y como según la ecuación los peligros eran mínimos, aceptó que la entidades se endeudaran sin respaldo de capital.

Explica que compraban paquetes de deuda compuestos por hipotecas donde los pagos eran casi improbables, ya que se trataba de personas sin trabajo y sin ingresos. Asumiendo que la probabilidad matemática de que dejaran todos de pagar a la misma vez era mínima según el VaR, ya que éste es un modelo que se rige por el pasado, “dejando nuestro destino en manos de una hoja de cálculo“ que puede ser retocada para un mejor beneficio.

Afirma que no faltaron reglas, todo lo contrario, ya que todas las decisiones estaban basadas en la regulación y que en 2004 tras años de presiones, Wall Street consigue que el regulador estadounidense les permita calcular su capital a través del VaR, ocho años después que a los bancos.

Por último, finaliza el artículo declarando que los reguladores han llegado a la conclusión de que un sistema de capital bancario basado en el VaR acaba en desastre, pero que no lo han eliminado porque eso “habría forzado a preguntarse por qué lo adoptaron”, aunque sí han añadido nuevos criterios aunque todavía están por ver sus resultados.



**Imagen 4. "El 'VaR' descubre sus vergüenzas tras una crisis sin precedentes"- El Economista (Mayo 2009)**

Patricia Vegas y Ana Palomares (2009) manifiestan que la crisis no perdona y menos a los fondos que interesaban poner límites al riesgo (imagen 4).

Explican que el VaR se basa en datos pasados para configurar su cartera, no pudiendo tener en cuenta la difícil crisis que se avecinaba, registrando unas pérdidas superiores a las que se podía asumir.

La explicación que cita Juan Ramón Caridad (socio de Atlas Capital) es que "los fondos VaR van con el pie cambiado. Su forma de inversión depende del riesgo que se haya producido en el mercado, y como en 2008 la volatilidad estuvo en máximos, en 2009 están invertidos en productos seguros como los bonos del Tesoro. Sin embargo, el ejercicio pasado sufrieron grandes pérdidas, ya que no supieron predecir las caídas y las volatilidades que hubo".

Todo esto podría explicar por qué este tipo de productos cerró 2008 con una caída patrimonial media del 58% e incluso que grandes fortunas, como la de Amancio Ortega, redujeran las posiciones que tenían en estos fondos a través de sus respectivas Sicavs.

Por último comentan que ante esta situación muchos de estos productos han decidido batirse en retirada o, en los casos más optimistas, fusionarse con productos de las mismas características.



## 7.2. ARTÍCULOS RECIENTES SOBRE LA FIABILIDAD DE LOS TEST DE ESTRÉS Y EL BANCO POPULAR

Los últimos acontecimientos ocurridos en referencia a la compra del Banco Popular por parte del Banco Santander por valor de 1 € nos obliga a abordar la cuestión sobre la fiabilidad de las diferentes pruebas a las cuales deben someterse las instituciones bancarias tal y como lo establece la normativa de Basilea.

Los dos siguientes artículos (imagen 5 y 7) nos van a ayudar a responder a la pregunta sobre si los test de estrés suponen una prueba lo suficientemente fiable como para que las instituciones financieras puedan guiarse únicamente por ellos.



**Imagen 5. "Por qué los test de estrés no anticiparon la grave crisis del Popular" - El País (Mayo 2017)**

Fue en 2011 (aún en plena crisis) cuando el Banco Popular se sometió a su primera prueba de estrés, la cual precedió a otras tres más que se realizaron hasta el año 2016. Solamente en una de estas cuatro ocasiones, el Banco Popular no pudo superar la prueba a la que fue sometido por parte del BCE (Banco Central Europeo), concretamente fue la prueba realizada en 2012 por Oliver Wyman.

Para poder corregir este resultado negativo se optó por realizar una ampliación de capital por un importe de 2.500 millones de euros con el objeto de ganar tiempo, pero que supuso la ruina de sus inversores.

Así, en el último test realizado en 2016, la EBA (European Banking Authority - Autoridad Bancaria Europea) exigía que los resultados fueran superiores al 5%, obteniendo el Banco Popular un resultado de un 6,6%.



**Imagen 6. Resultados del Test de Estrés elaborado por el EBA en 2016 al Banco Popular - El País**

A pesar de que ocupó uno de los peores puestos en cuanto a resultados, nada hacía presagiar la situación por la que ahora mismo se encuentra dicha entidad incluso cuando ha sido considerada desde 2012 una de las bancas con mayor morosidad, riesgo inmobiliario y baja cobertura de crédito.



**Imagen 7. "Los bancos europeos: un nuevo tropiezo" - El Economista (Junio 2017)**

Mientras que otros bancos, como es el caso del Banco Monte dei Paschi di Siena o Banca Popolare di Vicenza, solicitaron su rescate al Gobierno debido a los malos resultados obtenidos en las pruebas de estrés, el Banco Popular evitó acudir por esta vía realizando la ampliación de capital ya mencionada para, finalmente, ser comprada por el Banco Santander.

Estas dos decisiones totalmente opuestas se pueden explicar porque ningún banco italiano quiso asumir la deuda de sus iguales, por ello la última opción fue solicitar su rescate.

En el artículo de El Economista en Junio de 2017, Miguel Ángel Bernal Alonso trata de analizar por qué el Banco Popular tomó la decisión de ampliar capital y se hace la siguiente pregunta, la cual deja abierta a interpretaciones: "¿Para qué ha servido tanto test de estrés? ¡Son cuatro bancos!".

Es cierto que estos test realizados no han reflejado el mejor resultado de la situación de estos bancos pero no debemos olvidar que, aunque ya nos encontremos en pleno año 2017, aún arrastramos las consecuencias de la crisis que durante más de 10 años han hecho que los mercados y sus resultados sean demasiado frágiles.

A lo largo de todo el trabajo hemos abordado la gran importancia que tiene el calcular el VaR por sus diferentes métodos (en nuestro caso con dos horizontes temporales distintos) y su posterior chequeo a través del Backtesting y Test de Kupiec para, finalmente calcular el VaR estresado el cual nos permite analizar los peores escenarios que nos proporcionó el cálculo del VaR.

En conclusión, resulta evidente que el cálculo de una serie de test de estrés no resulta suficiente para medir el riesgo financiero de las entidades bancarias. Es por ello que hemos incidido en la importancia de realizar diferentes pruebas que nos ayudarán a ser más precisos a la hora de determinar, como en el caso del Banco Popular, si estas entidades son lo suficientemente solvente como para resultar fiables.

## 8. CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo ha sido analizar el Valor en Riesgo (VaR) como método de cálculo del riesgo de una cartera de inversión. Recordemos que hay diversos sistemas para poder obtener un resultado de la aplicación del mismo, sin embargo nos hemos centrados en los métodos más destacados: Simulación Histórica, Método Paramétrico/Analítico y Simulación de Montecarlo.

Partiendo de una cartera de acciones de Telefónica (TEF) así como de la variación de los precios durante un periodo comprendido entre el 1 de enero de 2011 y el 31 de diciembre de 2016, hemos aplicado los métodos de Simulación Histórica y Paramétrico/Analítico (no incluyendo la Simulación de Montecarlo por considerarlo una composición de los dos anteriores), obteniendo las siguientes conclusiones:

- A través de la Simulación Histórica obtenemos unos resultados poco realistas ya que el horizonte temporal empleado tiene en cuenta un gran número de años, generando que se vean paliadas las fluctuaciones.
- Por otra parte, el método Paramétrico/Analítico arroja unos resultados que, representados en una gráfica, y de acuerdo con la distribución normal, nos proporciona una estimación más fiable del Valor en Riesgo al estar más próximo a la realidad.

A pesar de lo anterior, nos hemos apoyado en el test de Kupiec y en el número de excepciones que existe en cada uno de los métodos que hemos aplicado para, finalmente, seleccionar aquel que nos proporciona unos datos más verídicos.

Para complementar estos cálculos, hemos aplicado el VaR estresado (sVaR) con el objetivo de conocer las consecuencias que tendría en la cartera de TEF si el mercado estuviese soportando una fase de estrés poco común. Como resultado, al comparar analíticamente éste con el VaR Paramétrico, observamos que el sVaR permanece constante, con el valor mínimo alcanzado en la crisis financiera en 2008.

Por último, debemos mencionar que, para aplicar los cálculos anteriores, hemos seguido diversas pautas, entre ellas las que indican la normativa Basilea para el cálculo del VaR, estando vigente desde 1988. Cabe destacar que dicha normativa ha sufrido varias modificaciones a lo largo de los años con el objetivo de adaptarse a los cambios del mercado, surgiendo de esta forma Basilea II en 2004 y Basilea III en 2010.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

2016 EU-Wide Stress Test: Results (29 July 2016): <http://estaticos.expansion.com/opinion/documentosWeb/2016/07/29/2016%20EU-wide%20stress%20test-Results.pdf>

Balzarotti, V., Del Canto, Á., Delfiner, M. (2001): "Backtesting": Funcionamiento de los requisitos de capital por riesgo de mercado del BCRA. <http://www.bcr.gov.ar/Pdfs/Publicaciones/Backtest%20RM.pdf>

Betancur Rodríguez, A., Cuervo Paloma, L.M (2011): Pruebas de Stress y Backtesting. <https://es.slideshare.net/WFPACHON/pruebas-de-estres-y-backtesting1-9952627>

Blanco, C., Aragonés, J. R. (2000): Valor en Riesgo - Aplicación a la Gestión Empresarial, ed. Pirámide.

Bernal Alonso, Miguel Ángel (26 junio 2017): "Los bancos Europeos: un nuevo tropiezo". El economista. <http://www.economista.es/firmas/noticias/8457641/06/17/Los-bancos-europeos-un-nuevo-tropiezo.html>

C. Alonso, J. (2011): Introducción al VaR y aplicación en R, parte III. Universidad Icesi. [http://www.icesi.edu.co/jcalonso/images/stories/cursilloEst/4backtesting\\_ho.pdf](http://www.icesi.edu.co/jcalonso/images/stories/cursilloEst/4backtesting_ho.pdf)

Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (Diciembre 2010): "Basilea III: Marco regulador global para reforzar los bancos y sistemas bancarios"

De Barrón, Íñigo (27 de mayo de 2017): El País "Por qué los test de estrés no anticiparon la grave crisis del Popular": [http://economia.elpais.com/economia/2017/05/26/actualidad/1495824651\\_143940.html](http://economia.elpais.com/economia/2017/05/26/actualidad/1495824651_143940.html)

Guía de la ABE sobre el Valor en Riesgo en situación de estrés. [https://www.eba.europa.eu/documents/10180/104547/EBA\\_2012\\_00090000\\_ES\\_COR.pdf](https://www.eba.europa.eu/documents/10180/104547/EBA_2012_00090000_ES_COR.pdf)

Holton, Glyn A.: Value-at-Risk <https://www.value-at-risk.net/backtesting-coverage-tests/>

Kupiec, Paul H. (1995): Techniques for Verifying the Accuracy of Risk Measurement Models. [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=6697](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=6697)

Martínez, Francisca (16 octubre 2014). "Las diferentes metodologías para medir el VaR y cómo utilizar esta herramienta de cuantificación del riesgo". <http://es.fundspeople.com/news/las-diferentes-metodologias-para-medir-el-var-y-como-utilizar-esta-herramienta-de-cuantificacion-del-riesgo>

Moreno, Marco Antonio (2009); "El VaR, la técnica que hundió a Wall Street". El Blog Salmón: <https://www.elblogsalmon.com/mercados-financieros/el-var-la-tecnica-que-hundio-a-wall-street>

Parámetros de cálculo del Valor en Riesgo (2016): [https://es.wikipedia.org/wiki/Valor\\_en\\_riesgo#Variedades\\_de\\_VaR](https://es.wikipedia.org/wiki/Valor_en_riesgo#Variedades_de_VaR)

Sevilla Arias, Andrés (2017): "Valor en Riesgo". <http://economipedia.com/definiciones/valor-en-riesgo-var.html>

Triana, Pablo (12 marzo 2012): "Sigue vivo el modelo que nos llevó a la crisis". El País: [http://cincodias.elpais.com/cincodias/2012/03/26/economia/1332741384\\_850215.html](http://cincodias.elpais.com/cincodias/2012/03/26/economia/1332741384_850215.html)

Unidad de Sistemas Financieros del BBVA (Marzo 2016): “¿De Basilea III a Basilea IV?”  
[https://www.bbvaresearch.com/wp-content/uploads/2016/03/Situacion-Banca-1T16\\_Cap4.pdf](https://www.bbvaresearch.com/wp-content/uploads/2016/03/Situacion-Banca-1T16_Cap4.pdf)

Vegas, Patricia/Palomares, Ana (25 mayo 2009); “El 'VaR' descubre sus vergüenzas tras una crisis sin precedentes”. El Economista:

<http://www.eleconomista.es/fondos/noticias/1273101/05/09/El-VaR-descubre-sus-verguenzas-tras-una-crisis-sin-precedentes.html>