

# MEDICIÓN DE RIESGOS FINANCIEROS



## MEDICIÓN DEL RIESGO SISTÉMICO EN EL MERCADO EUROPEO EUROSTOXX600

**Autor:** Antón Salvadores Muñiz.

**Fecha:** 8 de enero de 2026

# Índice

<b>1</b>	<b>Descripción empresas a analizar</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Análisis descriptivo</b>	<b>1</b>
2.1	Series temporales cotizaciones y rendimientos	1
2.2	Histogramas	2
2.3	Funciones de autocorrelación	2
2.4	Quantile-Quantile Plots	3
2.5	Boxplots	3
2.6	Matrices de correlación	3
<b>3</b>	<b>Regresión cuantílica</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Cálculo CoVaR</b>	<b>5</b>
4.1	Cálculo VaR dinámico 1 %	5
4.2	Regresión 1 % del índice sobre las empresas	6
4.3	CoVaR del índice con respecto al de las empresas	7
4.4	Cálculo del $\Delta$ -CoVaR	8
<b>5</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>10</b>
<b>A</b>	<b>Anexo: Repositorio de Gráficos y Tablas</b>	<b>11</b>

## 1. Descripción empresas a analizar

Nuestro objetivo es analizar cuál de las siguientes empresas es más sistémica, comparándolas con el índice EuroStoxx600, al que pertenecen las cuatro empresas. Pertenecen a cuatro diferentes sectores; en orden, banca, aseguradoras, energía y tecnología. Trataremos de ver si hay alguna de estas empresas, relevantes en su sector, que tiene un mayor impacto en el sistema financiero, comparándolos con su índice de mercado y creando una cartera equiponderada entre ellas.

### BBVA

Entidad financiera global de origen español fundada en 1857, centrada en banca minorista, corporativa y gestión de activos. Con una fuerte posición de liderazgo en el mercado español, es la mayor institución financiera de México y cuenta con franquicias líderes en América del Sur y Turquía.

### AXA

Multinacional francesa, líder mundial en el sector asegurador y la gestión de activos, ofreciendo protección financiera, seguros de vida, salud y daños a particulares y empresas. Sus orígenes se remontan a 1817, aunque la marca actual se creó en 1985. A través de adquisiciones estratégicas como UAP y Winterthur, ha consolidado su presencia global, operando hoy en más de 50 países.

### Iberdrola

Líder energético global dedicado a la producción, distribución y comercialización de electricidad, siendo el primer productor eólico mundial. Actualmente encabeza la transición energética hacia una economía descarbonizada, con importantes operaciones en Europa, Estados Unidos (Avangrid) y Brasil (Neoenergia).

### Infineon

Fabricante alemán líder en semiconductores y soluciones de sistemas, especializado en eficiencia energética, movilidad y seguridad (chips para automoción y potencia). Originalmente era la división de semiconductores de Siemens AG, segregándose como compañía independiente en 1999 y saliendo a bolsa en 2000.

## 2. Análisis descriptivo

### 2.1. Series temporales cotizaciones y rendimientos

Podemos observar en la serie de precios (lognormales) [2](#) que todos los activos han tenido una caída muy fuerte en el año del COVID. Los menos afectados en esta caída han sido Iberdrola y BBVA, con cierta lógica, ya que no pararon sus actividades durante la crisis. Salvo esto, todos los activos parece que tienen una serie temporal al alza semejante.

Las series de rendimientos más volátiles parecen BBVA e Infineon [3](#). Además parece existir un cierto clúster de volatilidad en todos los activos, lo que implica que las series no se comporten como un ruido blanco como deberían, aunque a simple vista lo puedan parecer.

Los estadísticos de las cotizaciones [8](#) no nos dan una información muy relevante en cuanto a las propiedades de los precios, ya que la inferencia la debemos realizar sobre los rendimientos (normales) y no sobre los precios (lognormales, más difícil de trabajar con ellos). Hemos decidido incluirlos por mera curiosidad, para ver el precio máximo, mínimo y medio en la serie observada de cada activo o demás propiedades. A gusto del lector si es de su interés.

Hablemos por tanto de los estadísticos de los rendimientos [9](#).

En cuanto a la asimetría y kurtosis (en R se calcula el exceso de kurtosis sobre la normal directamente), podemos ver que los rendimientos están lejos de ser normales, ya que observamos una kurtosis mucho más elevada que para la gaussiana, además de asimetrías relevantes.

Los activos menos volátiles son AXA e Iberdrola, compañías más establecidas en sus sectores probablemente. Evidentemente, el índice y la cartera equiponderada, efecto de la diversificación de ambos, también son los menos volátiles, sobretodo el índice EuroStoxx600, lógicamente. Curiosamente, todos los rendimientos tienen una media diaria positiva, algo bueno en cierta medida, aunque en riesgos financieros se consideran los rendimientos diarios iguales a 0. Esto tiene relación comparando estos resultados con los gráficos de la serie de cotizaciones, donde todos los activos seguían una clara tendencia al alza.

El mejor ratio de Sharpe lo tiene Iberdrola, curiosamente, seguido de la cartera equiponderada (donde minimizamos riesgo, al diversificar) y a continuación está Infineon. El índice EuroStoxx600 sale muy mal parado por este ratio, ya que al estar tan bien diversificado, uno tendería a pensar que tendría un ratio de Sharpe elevado, pero se ve que tiene un rendimiento especialmente malo.

## 2.2. Histogramas

En los histogramas de los activos [4](#), donde graficamos también la distribución que deberían seguir si los rendimientos fuesen normales, se ven claramente las propiedades de asimetría y kurtosis que hemos observado en las tablas anteriores. Estos reflejan un claro apuntamiento de la distribución (exceso de kurtosis con respecto a la normal) y un desplazamiento de la concentración de los puntos hacia la derecha, como indica la asimetría negativa comentada. Esto implica además que la cola de la distribución a la izquierda es mayor que la cola de la distribución a la derecha, i.e, tenemos rendimientos mucho mayores (en valor absoluto) negativos que positivos. Esto es lógico al observar series financieras ya que normalmente las caídas son más grandes que las subidas, que es lo que viene a decir el estadístico y como se puede ver en el histograma.

## 2.3. Funciones de autocorrelación

Los gráficos pertenecientes a las ACF y PACF de estas series temporales se pueden encontrar en el anexo. [5](#) [6](#) [7](#) [8](#) [9](#) [10](#)

Salvo el primer retardo, cuya autocorrelación consigo mismo es evidentemente 1, tenemos retardos con poca autocorrelación entre ellos. Aquellos retardos significativos están por poco tocando las bandas de confianza y de manera en cierta medida arbitraria para cada activo, por lo que no parece que tenga una determinada estructura predictiva rendimientos pasados para predecir rendimientos futuros, lo que hace que los rendimientos simples se comporten de manera similar a un ruido blanco. No parece que tengan algún tipo de estructura ARMA concreta.

Sin embargo, observando el gráfico de rendimientos al cuadrado y sus funciones de autocorrelación, se ve claramente correlación entre ellos, lo que implica, como ya habíamos comentado, la evidencia de heterocedasticidad condicional de los rendimientos. Esto implica que la volatilidad es persistente en los rendimientos, lo que da lugar al fenómeno del clúster de volatilidad.

Los comentarios efectuados, como puede comprobar el lector, son válidos para todos los activos, ya que presentan unos gráficos y estructuras de autocorrelación muy similares.

## 2.4. Quantile-Quantile Plots

Se observa claramente que las series temporales no siguen una distribución normal [11](#), pues en las colas de la distribución tienen un comportamiento muy diferente al esperado.

Hicimos un QQ plot con respecto a una distribución t de Student con 5 grados de libertad [12](#) y parece que la distribución empírica se asemeja más a la teórica, aunque depende el activo, el comportamiento en las colas también está fuera de las bandas de confianza de la distribución teórica. El caso más claro de esto es el de AXA.

No está muy claro si los rendimientos siguen una t-Student o no, pero lo que está claro es que no son normales.

## 2.5. Boxplots

En estos gráficos [13](#) podemos ver visualmente lo ya comentado cuando vimos las tablas estadísticas de las distribuciones. El índice EuroStoxx600 y la cartera diversificada son los activos con menor dispersión, como cabía esperar. Tras estos, parece que Iberdrola y AXA son las empresas con menor dispersión también. Esto lo vemos ahora visualmente, aunque ya lo podíamos intuir porque son las empresas con menor volatilidad.

## 2.6. Matrices de correlación

Efectuamos un análisis multivariante entre los 6 activos [14](#), haciendo un gráfico de dispersión en cada par de ellos para ver si hay cierta estructura de correlación, que parece claro que sí que la hay. El número en el gráfico es la correlación de Pearson, que mide la relación lineal entre las variables. Como se puede observar, todos los coeficientes son significativos y estadísticamente distintos de 0. Además, en los gráficos se ve claramente que hay un alto grado de correlación entre todos ellos.

En este gráfico [15](#) presentamos tres tipos distintos de correlación. Lineal según Pearson, concordante según Kendall (los activos tienen la misma dirección) y de rango según Spearman (los mayores y peores rendimientos se producen en los mismos días para todos los activos). En efecto, según todas las métricas de correlación, parece que los activos son dependientes entre sí.

A modo de resumen, estas series de rendimientos parecen muy dependientes las unas de las otras, no se distribuyen como una normal en absoluto y su distribución podría asemejarse a una t de Student. Además, se observan fenómenos como el clúster de volatilidad y tenemos una varianza cambiante en el tiempo (heterocedasticidad).

### 3. Regresión cuantílica

Realizamos la siguiente regresión, para distintos  $\tau = 0.01, 0.05, 0.25, 0.5, 0.75, 0.95, 0.99$  y también efectuamos una regresión lineal (MCO).

$$R_t^{Firm_i} = \alpha_\tau + \beta_\tau IND_t + u_{\tau,t} \quad (1)$$

Cuadro 1: Regresión Cuantílica

Activo \ Cuantil	0.01	0.05	0.25	0.5	MCO	0.75	0.95	0.99
BBVA	1.8006	1.4566	1.3754	1.2735	1.3791	1.2843	1.4332	1.5499
AXA	1.5982	1.2417	1.1487	1.1212	1.2216	1.1180	1.2265	1.3707
Iberdrola	0.9983	0.7509	0.6695	0.6610	0.7081	0.6616	0.6768	0.5686
Infineon	1.6093	1.5954	1.5311	1.4627	1.4836	1.4329	1.3342	1.3396
Portfolio.returns	1.2445	1.2122	1.1778	1.1531	1.1981	1.1678	1.2155	1.2899

Como se puede observar en la tabla 1, tenemos mayores betas para cuantiles más extremos como el 0.01 o el 0.99 que para la mediana, lo que implica que la distribución condicional de las empresas y de la cartera equiponderada no son simétricas. Esto quiere decir, como estamos realizando la regresión frente al índice de referencia, hay más sensibilidad del activo frente al mercado en escenarios muy extremos.

Esto sucede en todos los activos, donde la beta es mayor en escenarios extremos en comparación con la beta MCO (en media) y el cuantil 0.5 (mediana), salvo en el caso de Iberdrola e Infineon, donde tenemos menor sensibilidad frente al índice en los extremos muy positivos (gran subida).

Esto no sucede en los extremos muy negativos (grandes caídas), donde en todos los activos tenemos mayor sensibilidad al mercado en comparación con la mediana y la media. Esto nos hace reflexionar sobre el riesgo sistemático de las empresas, donde si el mercado va mal, la empresa va también peor de lo normal (como es lógico) y tiene mayor sensibilidad frente al mercado. En el caso de la cartera equiponderada, tenemos unas betas similares en todos los cuantiles, lo que es lógico, ya que al diversificar es el efecto que buscamos, incluso no observamos la diferencia entre las betas de las distintas colas como se observan en las demás empresas.

Por tanto, la regresión lineal, en general, subestima el riesgo en las colas, principalmente en los momentos de crisis, que son en los que nos importa medir el riesgo.

Una vez hecha la tabla, haremos los gráficos para luego realizar las interpretaciones de las distintas regresiones efectuadas. [16](#) [17](#) [18](#) [19](#) [20](#)

En los gráficos se ve más visualmente que las distintas rectas de regresión no son paralelas entre sí, como deberían ser si la distribución condicional de las empresas fuese simétrica, con lo que se puede comprobar la relevancia de la regresión cuantílica para capturar el riesgo de los activos en los momentos de crisis frente a la regresión lineal.

## 4. Cálculo CoVaR

Dividiremos en varios pasos el cálculo de la medida CoVaR de las empresas con respecto al índice de referencia, ya sea el EuroStoxx600 o la cartera equiponderada. Así obtendremos una mejor interpretación del riesgo y podremos determinar cuáles son las empresas más sistémicas.

### 4.1. Cálculo VaR dinámico 1 %

Calculamos el VaR diario de los 6 activos bajo dos medidas diferentes, una en la que no se le atribuye ninguna distribución a los rendimientos, propuesta por Engle and Manganelli, el modelo CaViaR asimétrico, y bajo un modelo GJR-GARCH(1,1), donde asumimos que los rendimientos tienen una distribución  $t$  de Student.

$$VaR_t^{i,CaViaR} = \beta_1 + \beta_2 VaR_{t-1}^i + \beta_3 (R_{t-1}^i)^+ + \beta_4 (R_{t-1}^i)^- \quad (2)$$

Este es el modelo dinámico para el VaR empleando la especificación del CaViaR asimétrico.

$$VaR_t^{i,GARCH} = \mu_{i,t} + \sigma_{i,t} \sqrt{\frac{d-2}{d}} t_d^{-1}[\tau] \quad (3)$$

Este es el modelo dinámico para el VaR paramétrico, donde las estimaciones de  $\mu_{i,t}, \sigma_{i,t}$  las obtenemos de la optimización del modelo GJR-GARCH(1,1).

En ambos modelos,  $i \in \{BBVA, AXA, Iberdrola, Infineon, EuroStoxx600, Portfolio\}$

En el análisis descriptivo, observamos que los rendimientos eran asimétricos, es por esto que usamos modelos asimétricos para modelizar el VaR, ya que tienen un mejor ajuste empírico.

Además, para cada activo, parece que asumir una distribución  $t$  de Student para las innovaciones es más coherente que una normal, así que emplearemos esta distribución para el modelo paramétrico. En los gráficos de la ACF y la PACF de los activos, no parece que haya retardos significativos muy relevantes, aunque los hay, pero no asumiremos ningún modelo para la media por simplificar el cálculo. Por lo tanto nos tendremos que centrar en obtener la serie de volatilidades condicionales de cada activo en el modelo paramétrico.

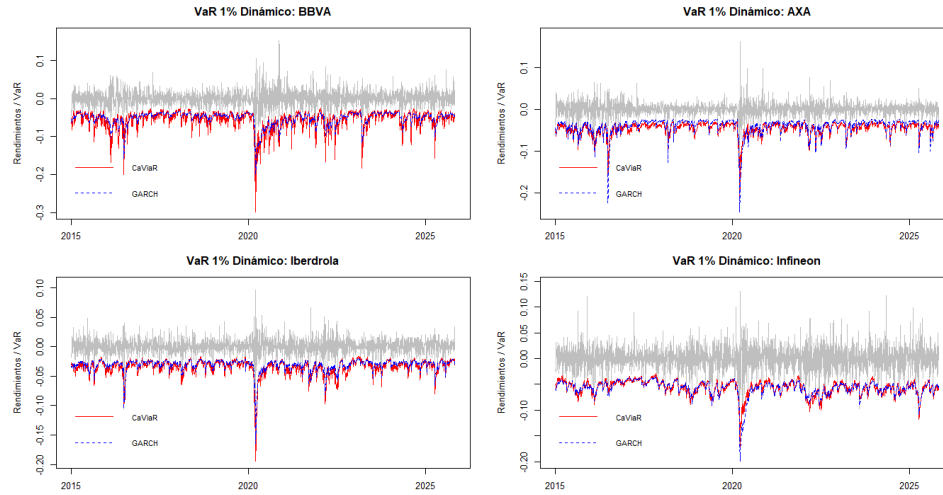


Figura 1: VaR dinámicos para el CaViaR y el GJR-GARCH(1,1)

A la vista de los gráficos 1, ambos modelos VaR son muy semejantes, lo que indica que la elección de la distribución t de Student para modelizar los rendimientos es acertada, ya que estima de manera similar el riesgo que el modelo CaViaR asimétrico, donde no se hace ninguna asunción sobre la distribución de estos. En el caso de AXA, parece que el VaR paramétrico en momentos de baja volatilidad infraestima el riesgo en comparación con el modelo CaViaR asimétrico, esto probablemente sea debido a la estimación de los parámetros. En cualquier caso, que dos modelos tan diferentes se comporten de manera similar significa que son modelos robustos y la estimación del riesgo esté bien calibrada.

## 4.2. Regresión 1 % del índice sobre las empresas

Efectuaremos la siguiente regresión sobre el índice, bien sea el EuroStoxx600 (*IND*) o la cartera equiponderada (*POR*). Denotaremos como  $IDX \in \{IND, POR\}$  al índice e  $i \in \{BBVA, AXA, Iberdrola, Infineon\}$  denotará a las 4 empresas.

$$\hat{Q}_{0.01}(IDX_t | R_t^i) = \hat{\beta}_{1,0.01} + \hat{\beta}_{2,0.01} R_t^i \quad (4)$$

Cuadro 2: Estimaciones regresión cuantílica Correlaciones ( $\tau = 0.01$ )

Empresa	$\hat{\beta}_1$	$\hat{dt}(\hat{\beta}_1)$	$\hat{\beta}_2$ (Pendiente)	$\hat{dt}(\hat{\beta}_2)$	Pseudo-R <sup>2</sup>
V. Dependiente: IND					
BBVA	-0.0208	0.0011	0.5945	0.0437	0.5356
AXA	-0.0210	0.0011	0.7193	0.0672	0.5480
Iberdrola	-0.0309	0.0018	0.8392	0.1413	0.3300
Infineon	-0.0240	0.0013	0.5917	0.0544	0.4316
V. Dependiente: POR					
BBVA	-0.0210	0.0018	0.3809	0.0816	0.3585
AXA	-0.0171	0.0016	0.5333	0.0980	0.4580
Iberdrola	-0.0246	0.0012	0.5613	0.0941	0.3148
Infineon	-0.0224	0.0016	0.3334	0.0711	0.2917

En la tabla 2, como se puede observar, todos los coeficientes tienen una desviación típica muy baja, por lo que los podemos considerar a todos los coeficientes de todas las regresiones significativos. Se puede comprobar haciendo el contraste  $t$  realizando  $\frac{\hat{\beta}}{\hat{dt}(\hat{\beta})}$  y en efecto todos los contrastes son mayores que el valor crítico.

En cuanto a  $\beta_1$ , es un coeficiente negativo de aproximadamente  $-0.2$  para todas las empresas en relación con el EuroStoxx600 y la cartera equiponderada. Este es un valor lógico ya que este parámetro representa el cuantil 1 % (el VaR) del índice, sea la cartera o el EuroStoxx, cuando el rendimiento de la empresa es igual a 0. Por tanto, esperamos que sea un número negativo, pero tampoco debería serlo en exceso ya que estaríamos sobreestimando el riesgo, probablemente.

Si hablamos de  $\beta_2$ , comenzamos a ver valores más diferentes para las distintas empresas. Este parámetro refleja la dependencia del índice con respecto a la empresa en pérdidas extremas de esta. En este caso, parece que Iberdrola y AXA son las más correlacionadas con el EuroStoxx y con la cartera equiponderada, lo cual tiene sentido, al ser una empresa del sector energético (Iberdrola) y del sector asegurador, muy grandes en Europa (AXA). Con respecto al EuroStoxx600, el mayor  $\beta_2$  lo tiene con diferencia Iberdrola, pero hay que tener en cuenta que es también la empresa con mayor desviación típica, bastante superior a las demás, por lo que deberíamos tratar este dato con cautela. En cuanto a la cartera equiponderada, AXA e Iberdrola tienen betas similares, siendo igualmente



Iberdrola la que mayor tiene. Por tanto parece que estas dos empresas son las que mayor influencia tienen en grandes pérdidas con respecto al índice. Caso particular es el del BBVA, pues al ser un banco uno debería pensar que sus casos extremos también deberían influir bastante en el índice, pero cabe recordar que la mayor parte de su negocio está en América Latina, por lo que este debería ser el factor que explica que no sea la empresa con mayor  $\beta_2$ .

Hablando sobre el pseudo- $R^2$ , podríamos identificarlo como la bondad de ajuste del modelo, y en este caso AXA es la empresa con mejor ajuste para ambos modelos. Iberdrola es la empresa que peor ajuste tiene en conjunto en ambos modelos, lo que nos hace replantearnos lo comentado anteriormente sobre la fiabilidad de su dependencia con respecto al índice.

### 4.3. CoVaR del índice con respecto al de las empresas

En esta sección necesitamos los valores de las  $\beta$  calculadas en la sección anterior, además de los valores del VaR dinámico calculados en la primera sección, que ya hemos visto que daban resultados muy similares. En base a ello, realizaremos el cálculo del CoVaR empleando en exclusiva el VaR dinámico CaViaR, por sencillez, dado que no suponíamos ninguna distribución sobre los rendimientos.

En efecto, donde  $IDX \in \{IND, POR\}$  al índice e  $i \in \{BBVA, AXA, Iberdrola, Infineon\}$  denotará a las 4 empresas, se tiene:

$$CoVaR^{[IDX|VaR_{t,0.01}^i]} = \hat{Q}_{0.01}(IDX_t|VaR_{t,0.01}^i) = \hat{\beta}_{1,0.01} + \hat{\beta}_{2,0.01}VaR_{t,0.01}^i \quad (5)$$

Resolviendo, obtenemos los siguientes valores del CoVaR de los índices con respecto a las empresas, que mostraremos en dos gráficos 21 22 y una tabla comparativa 3 , para conocer mejor sus características.

Cuadro 3: Estadísticos Descriptivos: VaR vs CoVaR

Activo \ Métrica	Media	Mediana	Desv. Típica
<b>Panel A: EuroStoxx600 (IND)</b>			
VaR Incondicional (IND)	-0.0261	-0.0226	0.0132
BBVA	-0.0542	-0.0503	0.0147
AXA	-0.0536	-0.0508	0.0112
Iberdrola	-0.0603	-0.0580	0.0117
Infineon	-0.0576	-0.0562	0.0086
<b>Panel B: Cartera (POR)</b>			
VaR Incondicional (POR)	-0.0349	-0.0314	0.0141
BBVA	-0.0423	-0.0398	0.0094
AXA	-0.0413	-0.0392	0.0083
Iberdrola	-0.0442	-0.0427	0.0078
Infineon	-0.0414	-0.0406	0.0048

Como podemos observar en el gráfico sobre el EuroStoxx600 21 , así como en la tabla 3 sobre este, el VaR incondicional del EuroStoxx600 está (en valor absoluto) muy por debajo del CoVaR relacionado con las demás empresas. Esto hace notar el riesgo sistémico de estas empresas, si estas están en malas condiciones, tienden a arrastrar consigo al índice. Esto se puede comprobar para los valores de la media y la mediana, además con una diferencia muy notable entre el VaR incondicional y el CoVaR. En periodos malos de mercado, las diferencias entre VaR y CoVaR se reducen, puesto que la

dependencia entre las variables se magnifica y la diversificación pierde su efecto, como se puede observar en el gráfico.

Comentarios muy similares podemos hacer sobre la cartera equiponderada, aunque la diferencia entre VaR y CoVaR en condiciones estables de mercado no sea tan amplia. Esto probablemente sea debido a la menor diversificación de POR y, como se puede comprobar, mayor riesgo (VaR) de la propia cartera en sí misma, lo que reduce la contribución al VaR de cada empresa. Podemos observar la misma dependencia, tanto a nivel visual como con los estadísticos descriptivos. En condiciones estables de mercado, el CoVaR de las 4 empresas se sitúa por debajo del VaR incondicional, señalando que la caída de alguna de estas empresas impacta negativamente en la cartera POR. Sin embargo, en momentos de crisis sistémicas, las diferencias se reducen, como se puede observar claramente en 2020.

La desviación típica la podemos interpretar como lo estable que es la transmisión del riesgo en estas empresas al mercado. BBVA es la empresa con mayor desviación típica, probablemente porque su impacto en el mercado dependa mucho de las condiciones de este, tiene un comportamiento más cíclico.

En ambos índices, la empresa con mayor CoVaR es la misma: Iberdrola. Al ser una empresa de energía, considerada como segura, podría ser el motivo por el que en esta selección de empresas arrastre más al mercado en media.

#### 4.4. Cálculo del $\Delta$ -CoVaR

Como hemos visto en la sección previa, el CoVaR depende del nivel del riesgo al que sometamos a las empresas (depende del VaR de estas). Para enmendar esto, calcularemos el  $\Delta$ -CoVaR, sustrayendo el CoVaR de los índices con respecto al VaR de las empresas al 50 %. Así, las empresas con un nivel de riesgo medio no tendrán un CoVaR tan elevado (como sucede con Iberdrola) y podremos clasificar a las empresas con mayor  $\Delta$ -CoVaR como las más sistémicas.

Teniendo en cuenta que nuestra muestra es desde enero del 2015 hasta octubre del 2025, por tanto, las métricas de riesgo (muy influidas por la volatilidad y grandes shocks) pueden verse afectadas por el crash ocurrido durante el 2020, debido a la pandemia del COVID-19, efectuaremos un análisis del  $\Delta$ -CoVaR dividiendo la serie entre tres intervalos, para separar este efecto. En concreto, analizaremos la serie desde su inicio hasta el 15 de febrero del 2020, de aquí hasta el 15 de febrero del 2021 y desde esta fecha al final, además de observar los resultados en toda la muestra.

Cuadro 4: Estadísticos Descriptivos: VaR vs Delta CoVaR

Activo / Condición	Media	Mediana	Desv. Típica
<b>Panel A: EuroStoxx600 (IND)</b>			
VaR Incondicional (IND)	-0.0261	-0.0226	0.0132
BBVA	-0.0337	-0.0298	0.0147
AXA	-0.0333	-0.0304	0.0112
Iberdrola	-0.0298	-0.0276	0.0117
Infineon	-0.0339	-0.0325	0.0086
<b>Panel B: Cartera (POR)</b>			
VaR Incondicional (POR)	-0.0349	-0.0314	0.0141
BBVA	-0.0216	-0.0191	0.0094
AXA	-0.0247	-0.0226	0.0083
Iberdrola	-0.0200	-0.0184	0.0078
Infineon	-0.0191	-0.0183	0.0048

Habíamos visto que el VaR del índice (IND o POR) al 1 %, condicionado a que las empresas estuviesen en su cuantil 1 %, implicaba que Iberdrola era la empresa que más influencia tenía sobre el índice. Es decir, condicionado a un nivel de riesgo muy elevado, en condiciones de mercado muy malas para la empresa, Iberdrola era la que más influencia tenía sobre el índice para arrastrarlo consigo. Sin embargo, al efectuar el Delta CoVaR, donde sustraemos el VaR del índice cuando la empresa está en la mediana de sus datos, Iberdrola es la empresa con menor Delta CoVaR para el EuroStoxx, y prácticamente la peor también para la cartera equiponderada, como se puede ver en la tabla 4. Hemos adjuntado los gráficos para la muestra completa de las variaciones del VaR junto al  $\Delta$ -CoVaR en 23 y en 24 .

Esto significa que Iberdrola no tiene tanta capacidad de contagio al mercado como se podía presuponer observando el CoVaR al 1 %, ya que ahora al sustraer el CoVaR al 50 % de los datos de Iberdrola, el rendimiento de la empresa en la mitad de sus datos, se puede comprobar que no influye tanto en el mercado. Esto probablemente sea porque Iberdrola sea una empresa con poco riesgo en general, como hemos visto en métricas anteriores en el trabajo y la diferencia entre su VaR al 1 % y su VaR al 50 % no es muy elevada, por lo que no tiene mucho riesgo de contagio al sistema, al ser una empresa muy estable. Al analizar el  $\Delta$ -CoVaR, Infineon es la empresa más sistémica para el EuroStoxx y AXA para POR en toda la muestra. Comentaremos más sobre ello al realizar el análisis en los períodos anterior, durante y posterior al COVID-19.

A continuación, adjuntaremos las tablas de los tres períodos y a posteriori efectuaremos el análisis pertinente. Los gráficos asociados a cada período se pueden encontrar en 25 y 26 anteriores al COVID, 27 y 28 durante el COVID y 29 y 30 posteriores al COVID.

Cuadro 5: Pre-COVID				Cuadro 6: COVID				Cuadro 7: Post-COVID			
Activo	Media	Mediana	Desv.	Activo	Media	Mediana	Desv.	Activo	Media	Mediana	Desv.
<b>Panel A: EuroStoxx (IND)</b>				<b>Panel A: EuroStoxx (IND)</b>				<b>Panel A: EuroStoxx (IND)</b>			
VaR Inc.	-0.0255	-0.0220	0.0112	VaR Inc.	-0.0370	-0.0290	0.0252	VaR Inc.	-0.0245	-0.0220	0.0102
BBVA	-0.0314	-0.0290	0.0108	BBVA	-0.0538	-0.0478	0.0237	BBVA	-0.0320	-0.0291	0.0124
AXA	-0.0330	-0.0304	0.0098	AXA	-0.0437	-0.0381	0.0210	AXA	-0.0314	-0.0295	0.0080
Iberdrola	-0.0279	-0.0265	0.0077	Iberdrola	-0.0397	-0.0328	0.0252	Iberdrola	-0.0299	-0.0282	0.0095
Infineon	-0.0312	-0.0299	0.0067	Infineon	-0.0392	-0.0342	0.0151	Infineon	-0.0358	-0.0349	0.0074
<b>Panel B: Cartera (POR)</b>				<b>Panel B: Cartera (POR)</b>				<b>Panel B: Cartera (POR)</b>			
VaR Inc.	-0.0334	-0.0304	0.0105	VaR Inc.	-0.0498	-0.0407	0.0289	VaR Inc.	-0.0333	-0.0308	0.0105
BBVA	-0.0201	-0.0186	0.0069	BBVA	-0.0344	-0.0306	0.0152	BBVA	-0.0205	-0.0186	0.0080
AXA	-0.0244	-0.0225	0.0073	AXA	-0.0324	-0.0283	0.0156	AXA	-0.0233	-0.0219	0.0060
Iberdrola	-0.0186	-0.0177	0.0052	Iberdrola	-0.0265	-0.0220	0.0168	Iberdrola	-0.0200	-0.0188	0.0063
Infineon	-0.0176	-0.0168	0.0038	Infineon	-0.0221	-0.0193	0.0085	Infineon	-0.0202	-0.0197	0.0042

Comparación de Estadísticos: VaR vs Delta CoVaR (Pre, Durante y Post COVID)

Al observar las tablas diferenciando entre los tres períodos, se observa una tendencia clara antes y después del COVID.

En el período previo y durante el COVID, las empresas más sistémicas son AXA y BBVA, intercambiándose el primer y el segundo puesto en el período previo y durante el COVID, respectivamente.

Esto refuerza la idea de que el sector financiero (asegurador y un banco) deben ser los sectores más sistémicos, donde si van mal ellos pueden contagiar a todo el sistema, debido a la naturaleza de su empresa. Esto es lo que sucedió en la crisis del 2008, culpa de Lehman Brothers al quebrar (un gran banco) que desencadenó una grave crisis en todo el mundo. Durante el COVID, probablemente BBVA fuese la empresa más sistémica (con diferencia) debido a que la parada de producción le obligó

a absorber el shock de crédito y liquidez, en lo que se basa principalmente su actividad.

Tras el COVID, la empresa más sistémica parece ser Infineon, sorprendentemente. Nada más lejos de la realidad. En la actualidad, la dependencia de la digitalización, así como la falta de semiconductores (negocio de Infineon) hacen que el sector tecnológico sea cada vez más relevante, explicando así que sea la empresa más sistémica. Un ejemplo muy sencillo de este cambio de paradigma (transferencia del riesgo sistémico del sector financiero al sector tecnológico) se puede ver en Estados Unidos, donde sus principales empresas (The Magnificent Seven) son todas tecnológicas, probando en la principal economía del mundo el nuevo rol que están tomando este sector en la sociedad.

Cabe destacar que Iberdrola es la empresa menos sistémica, debido principalmente a su bajo perfil de riesgo, como ya habíamos comentado anteriormente.

## 5. Conclusiones

En este trabajo hemos podido conocer y comprender la relevancia de medidas de riesgo alternativas y multivariantes, como el CoVaR, donde podemos medir la magnitud de distintos riesgos en distintos escenarios.

Además, se ha podido comprobar la nueva realidad que se está viviendo tras la pandemia en nuestra sociedad, donde las empresas más relevantes para el sistema financiero están dejando de ser estas propias entidades, abriéndose paso ciertos gigantes tecnológicos que podrían suponer un grave peligro para el sistema si entrasen en problemas.

## A. Anexo: Repositorio de Gráficos y Tablas

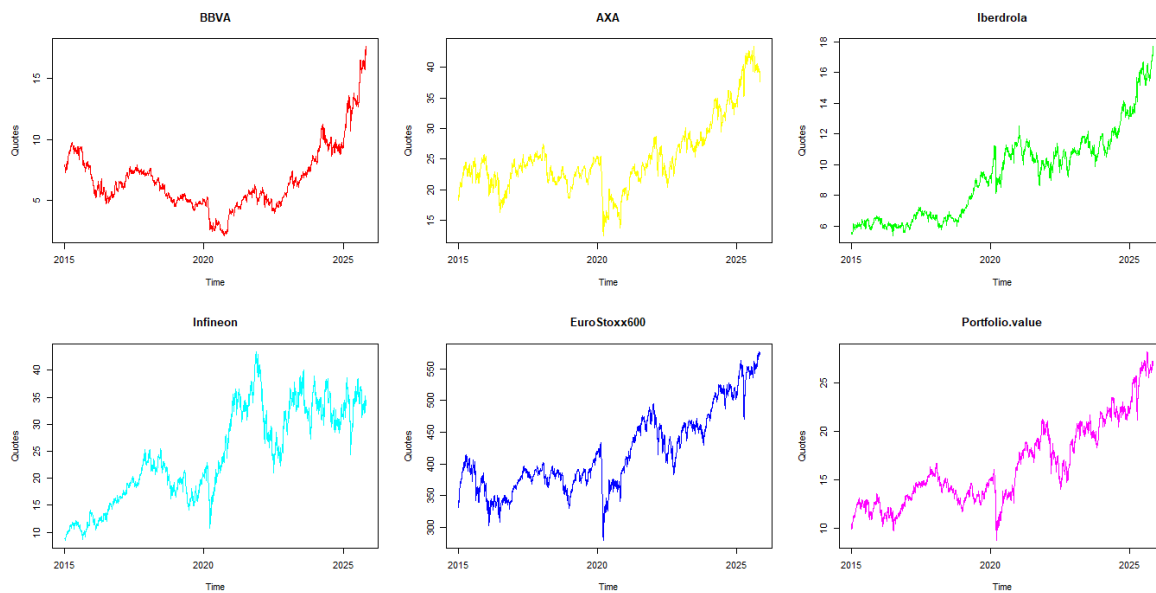


Figura 2: Evolución histórica de las cotizaciones (Precios de cierre)

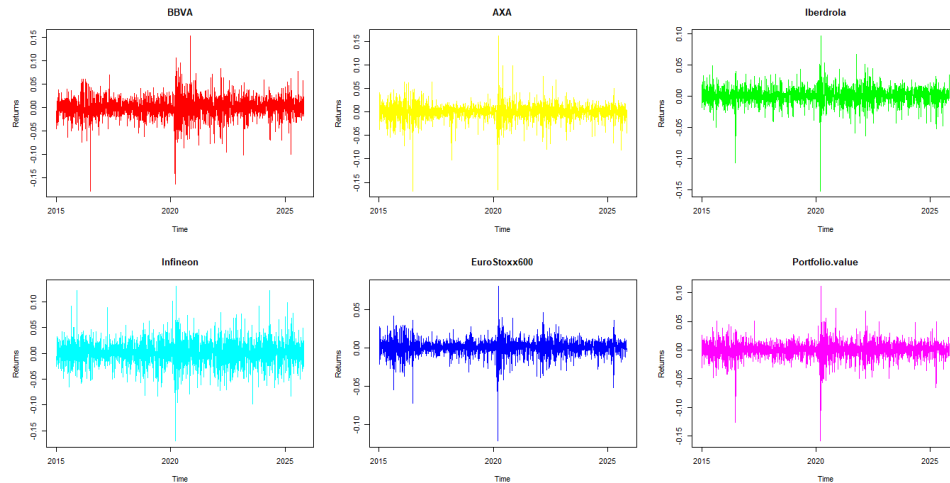


Figura 3: Evolución histórica de los rendimientos (Precios de cierre)

Cuadro 8: Estadísticos descriptivos de las Cotizaciones (Precios de cierre).

Métrica	BBVA	AXA	Iberdrola	Infineon	EuroStoxx600	Portfolio
Nobs	2,777.0000	2,777.0000	2,777.0000	2,777.0000	2,777.0000	2,777.0000
NAs	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Minimum	2.1600	12.4900	5.3900	8.4800	279.6600	8.7000
Maximum	17.5800	43.4000	17.7000	43.4600	577.0300	28.2100
1. Quartile	5.0400	21.8400	6.5000	17.0800	372.8000	13.0125
3. Quartile	7.8400	27.3300	11.0600	32.9200	460.9700	19.7750
Mean	6.7855	25.2472	9.3117	24.4382	418.3631	16.4456
Median	6.1400	23.8500	9.4900	23.2300	397.2800	15.0025
Sum	18,843.2800	70,111.5100	25,858.5600	67,864.8000	1,161,794.2400	45,669.5375
SE Mean	0.0512	0.1117	0.0539	0.1673	1.1845	0.0818
LCL Mean	6.6850	25.0281	9.2060	24.1102	416.0404	16.2853
UCL Mean	6.8859	25.4663	9.4173	24.7662	420.6857	16.6060
Variance	7.2891	34.6633	8.0608	77.7013	3,896.4880	18.5708
Stdev	2.6998	5.8876	2.8392	8.8148	62.4219	4.3094
Skewness	1.3257	1.1008	0.5295	0.0256	0.5987	0.6950
Kurtosis	2.3018	1.0265	-0.4243	-1.2470	-0.5614	-0.4268

Cuadro 9: Estadísticos descriptivos de los Rendimientos (Precios de cierre)

Métrica	BBVA	AXA	Iberdrola	Infineon	EuroStoxx600	Portfolio.returns
nobs	2,776.0000	2,776.0000	2,776.0000	2,776.0000	2,776.0000	2,776.0000
NAs	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Minimum	-0.1775	-0.1682	-0.1522	-0.1701	-0.1219	-0.1586
Maximum	0.1524	0.1617	0.0961	0.1306	0.0807	0.1117
1. Quartile	-0.0098	-0.0067	-0.0058	-0.0115	-0.0042	-0.0063
3. Quartile	0.0112	0.0079	0.0071	0.0138	0.0054	0.0075
Mean	0.0003	0.0002	0.0004	0.0005	0.0002	0.0004
Median	0.0003	0.0009	0.0000	0.0003	0.0006	0.0009
Sum	0.7888	0.6781	1.1434	1.3508	0.5161	0.9903
SE Mean	0.0004	0.0003	0.0002	0.0004	0.0002	0.0003
LCL Mean	-0.0005	-0.0004	-0.0001	-0.0004	-0.0002	-0.0002
UCL Mean	0.0011	0.0009	0.0009	0.0013	0.0006	0.0009
Variance	0.0004	0.0003	0.0002	0.0005	0.0001	0.0002
Stdev	0.0212	0.0167	0.0129	0.0230	0.0102	0.0142
Skewness	-0.4741	-0.8866	-0.8663	-0.1763	-1.1230	-0.9727
Kurtosis	7.6540	15.7721	11.8876	3.8634	12.9093	12.7538
Sharpe Ratio (Daily)	0.0134	0.0146	0.0319	0.0212	0.0182	0.0251
Sharpe Ratio (Annualized)	0.2126	0.2323	0.5066	0.3362	0.2881	0.3990

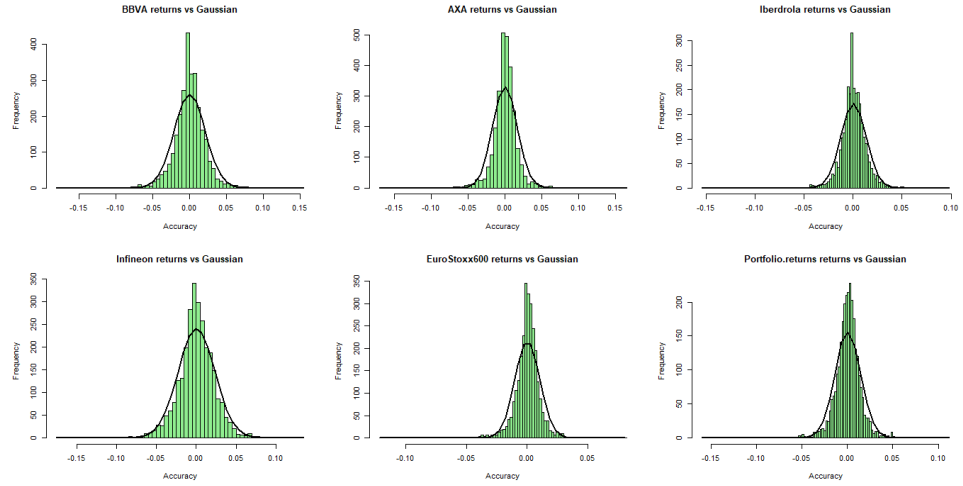


Figura 4: Histogramas de los distintos activos

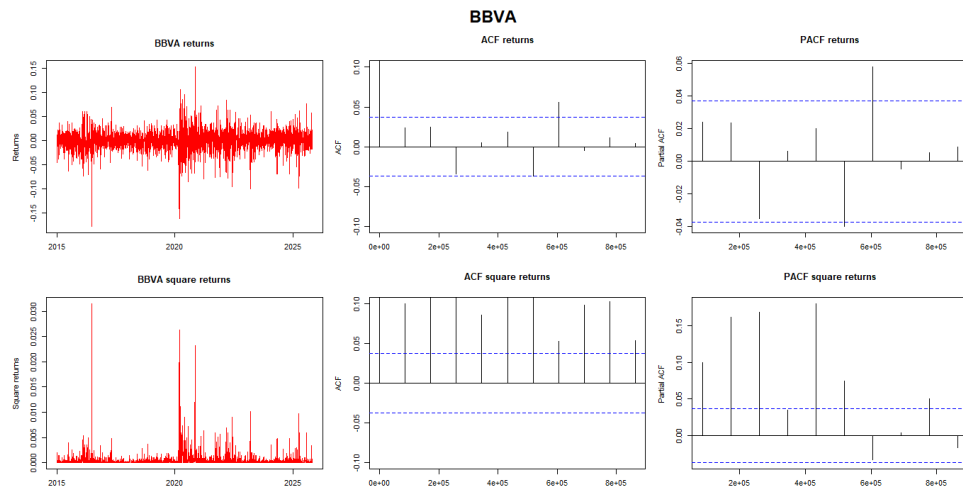


Figura 5: ACF y PACF de BBVA

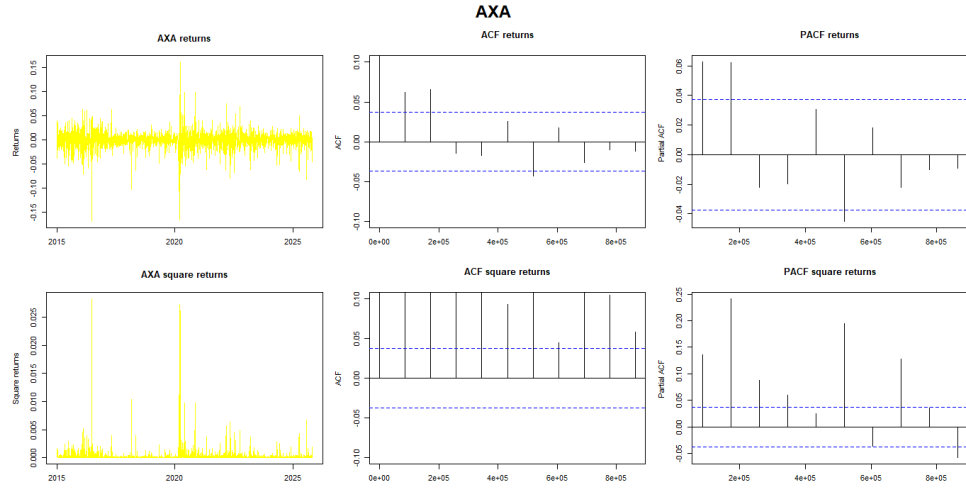


Figura 6: ACF y PACF de AXA

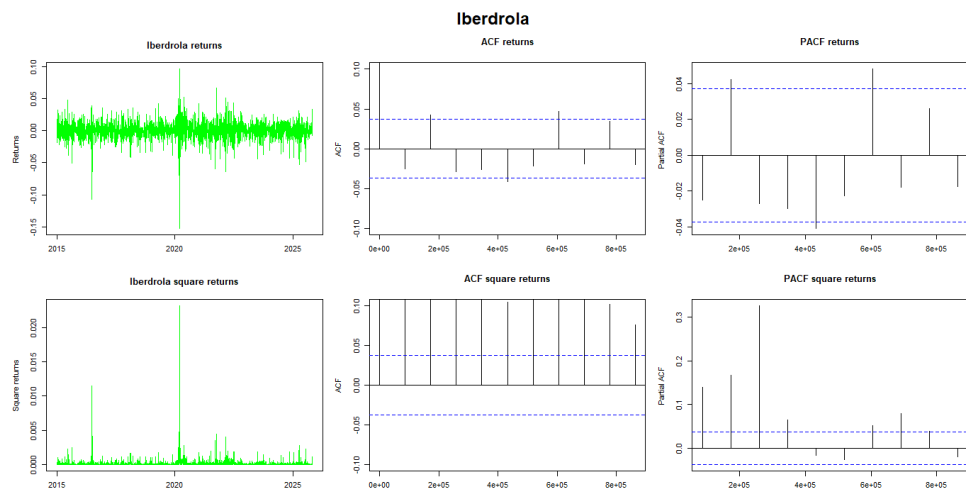


Figura 7: ACF y PACF de Iberdrola



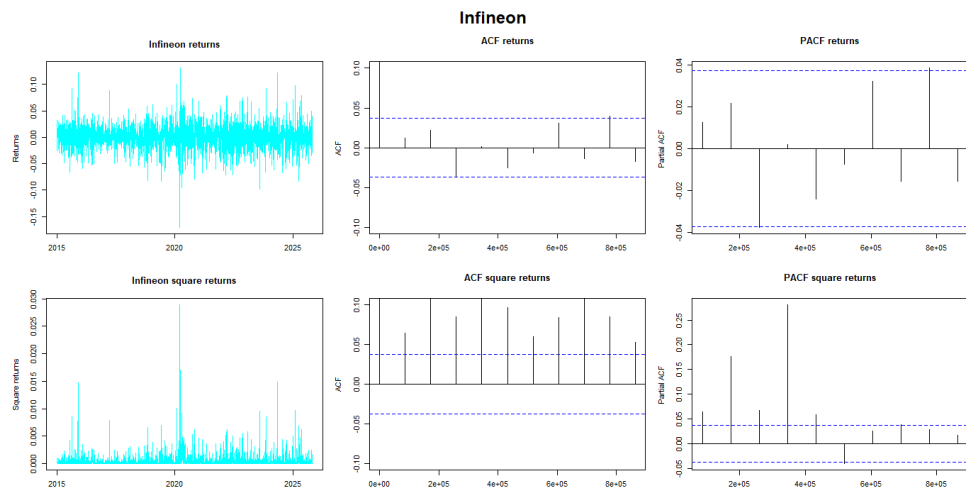


Figura 8: ACF y PACF de Infineon

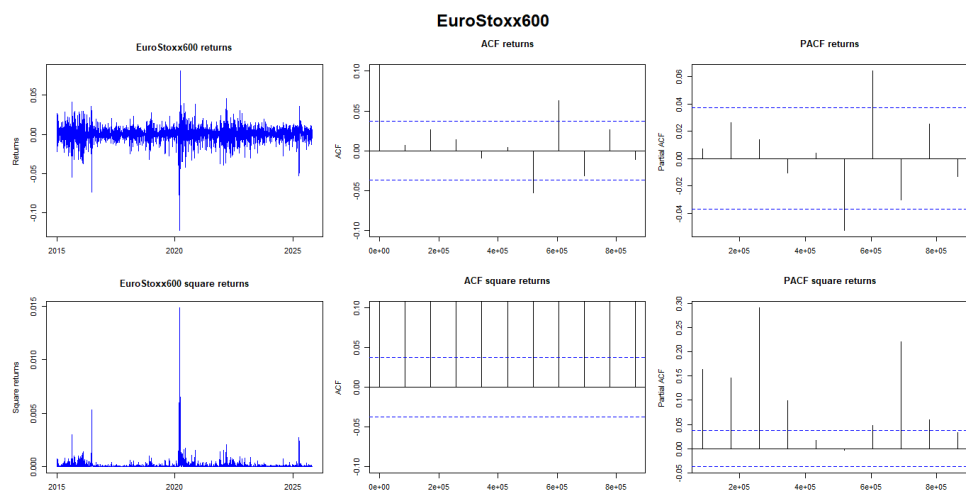


Figura 9: ACF y PACF del EuroStoxx600

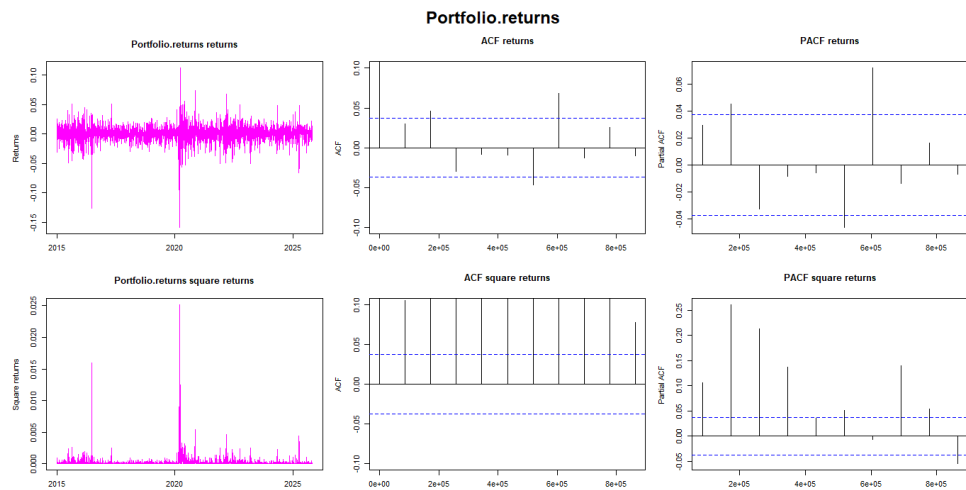


Figura 10: ACF y PACF del Portfolio

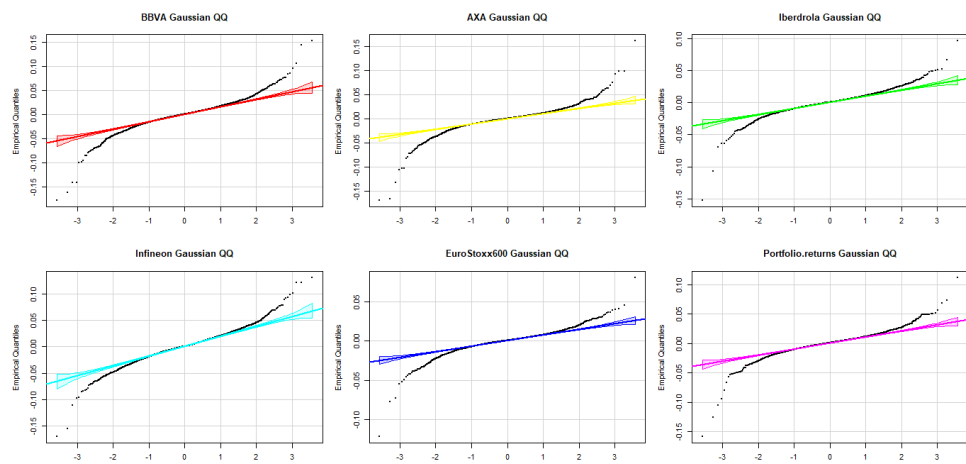


Figura 11: Gaussian - QQ Plots

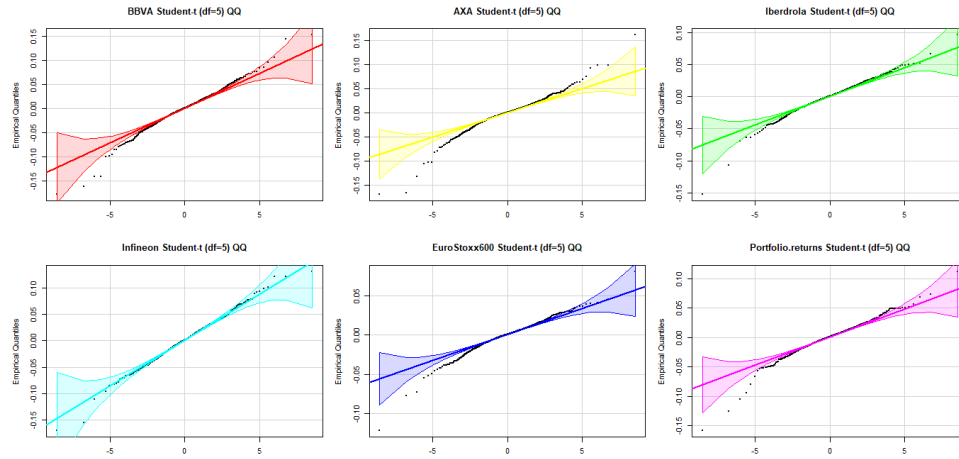


Figura 12: Student t - QQ Plots

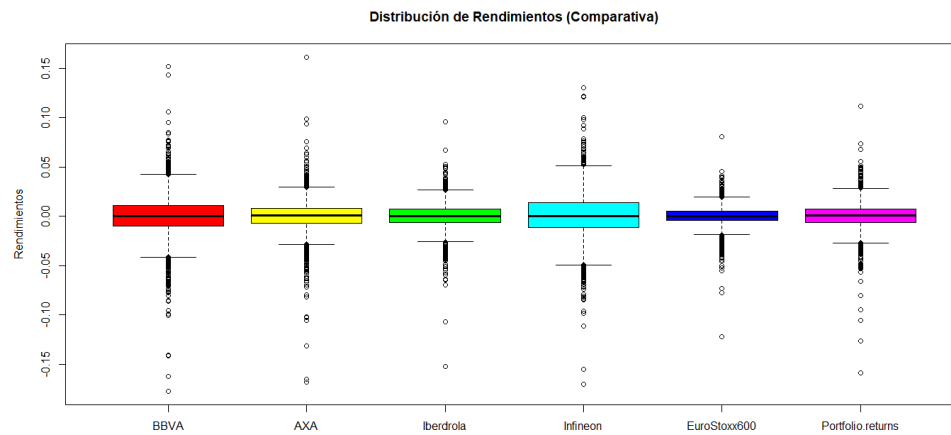


Figura 13: Boxplots de los rendimientos

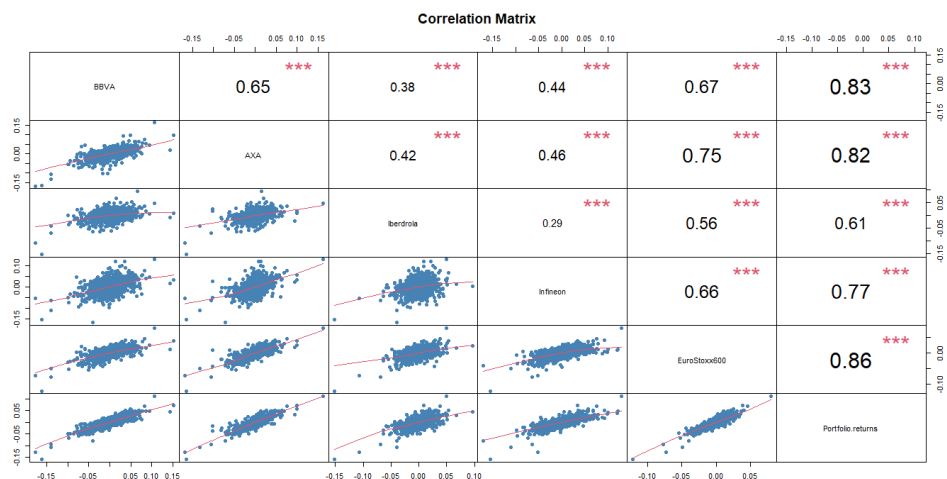


Figura 14: Matriz de correlación entre activos

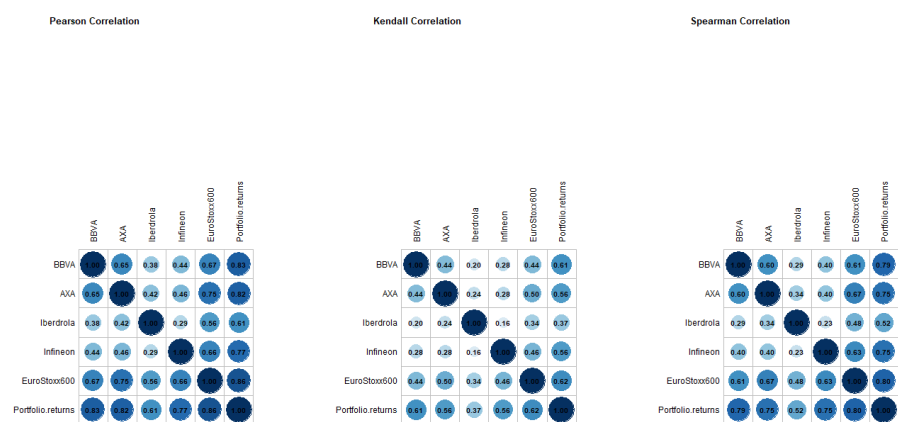


Figura 15: Gráfico con tres distintas correlaciones entre activos

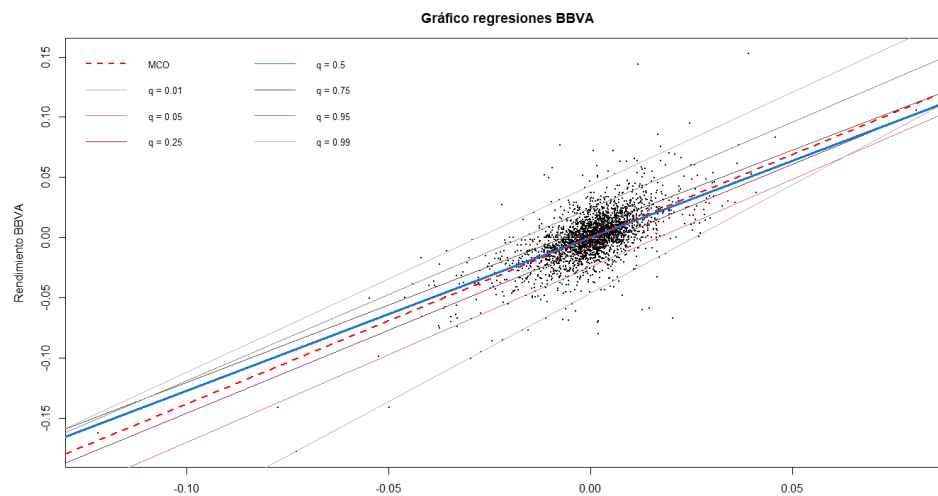


Figura 16: Regresiones cuantílicas sobre BBVA

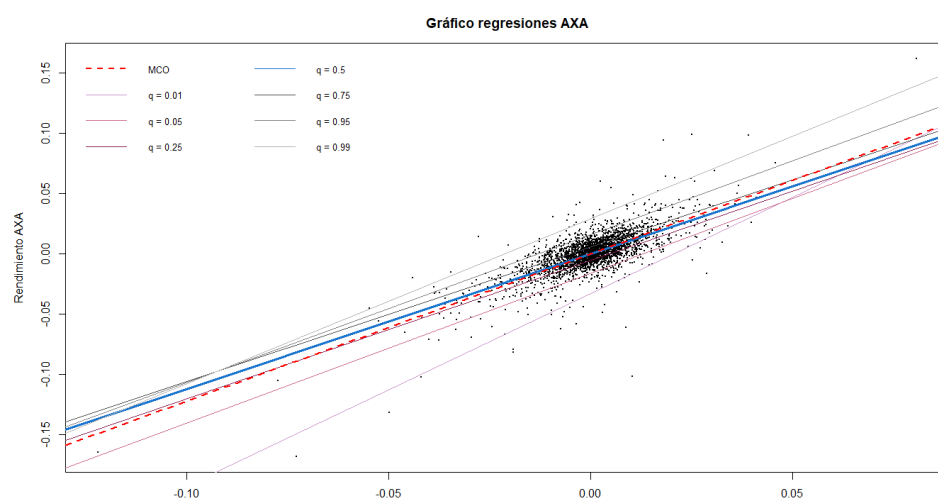


Figura 17: Regresiones cuantílicas sobre AXA

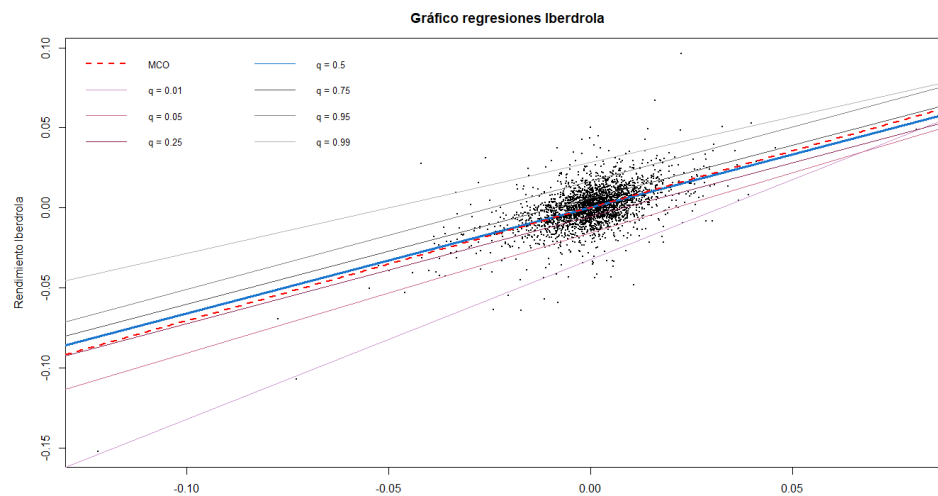


Figura 18: Regresiones cuantílicas sobre Iberdrola

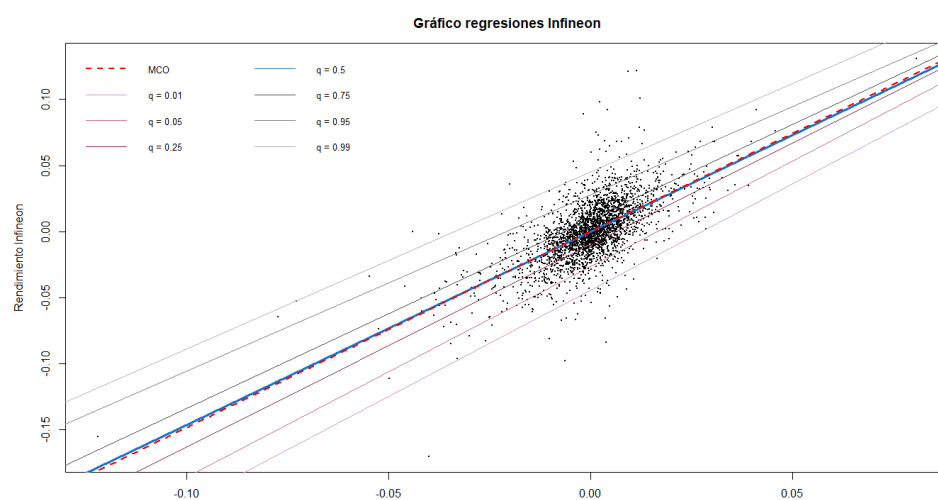


Figura 19: Regresiones cuantílicas sobre Infineon

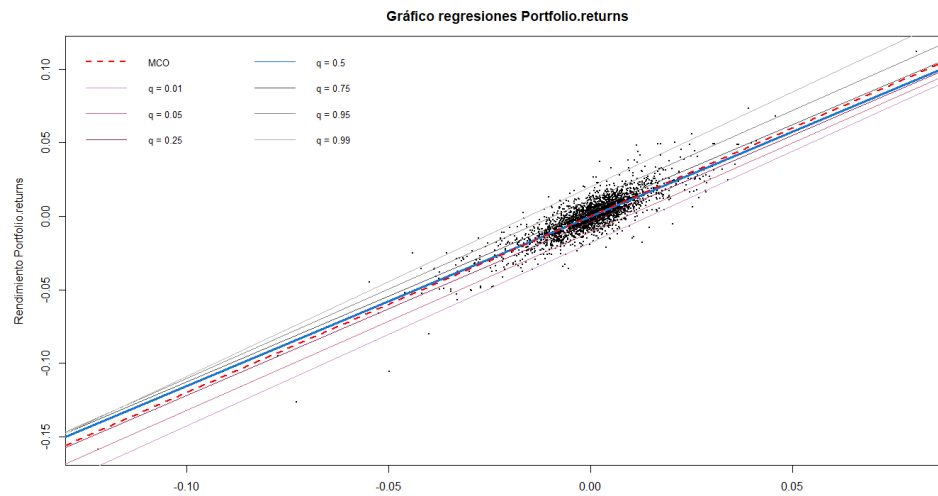


Figura 20: Regresiones cuantílicas sobre Portfolio

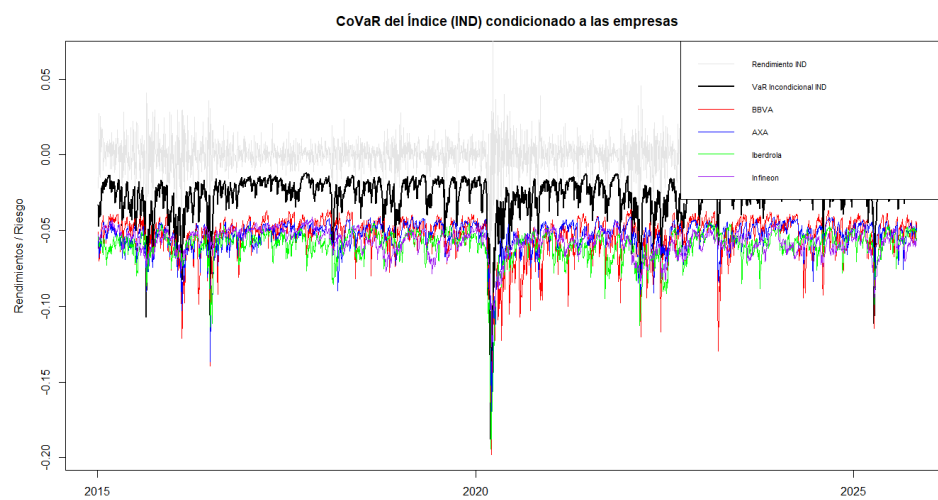


Figura 21: CoVaR EuroStoxx600 con empresas

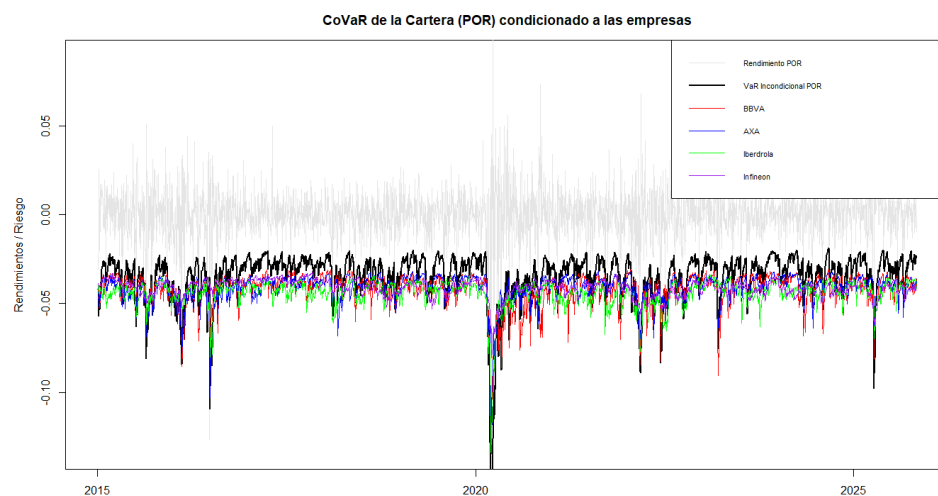


Figura 22: CoVaR Portfolio con empresas

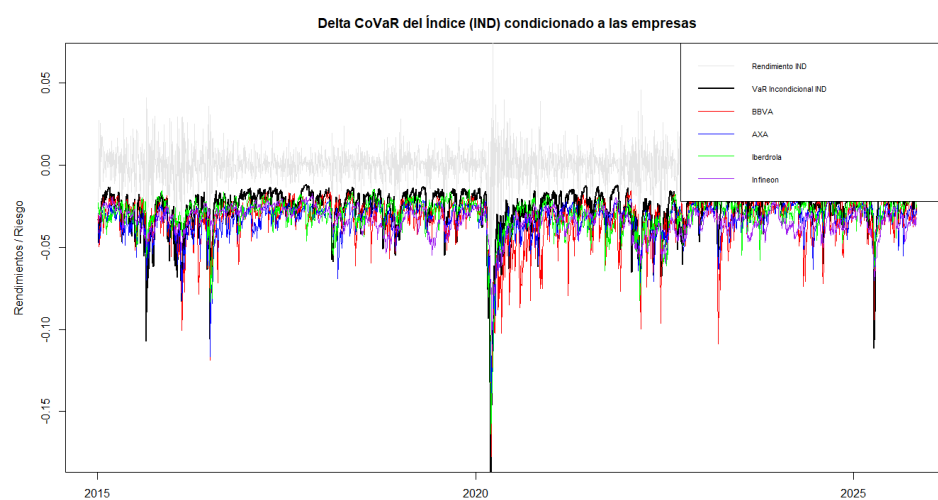


Figura 23:  $\Delta$ -CoVaR EuroStoxx600 con empresas



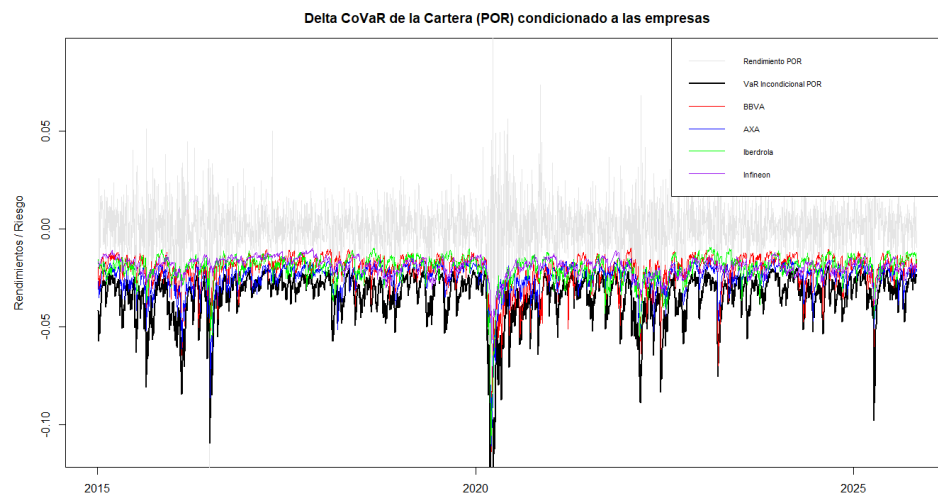


Figura 24:  $\Delta$ -CoVaR Portfolio con empresas

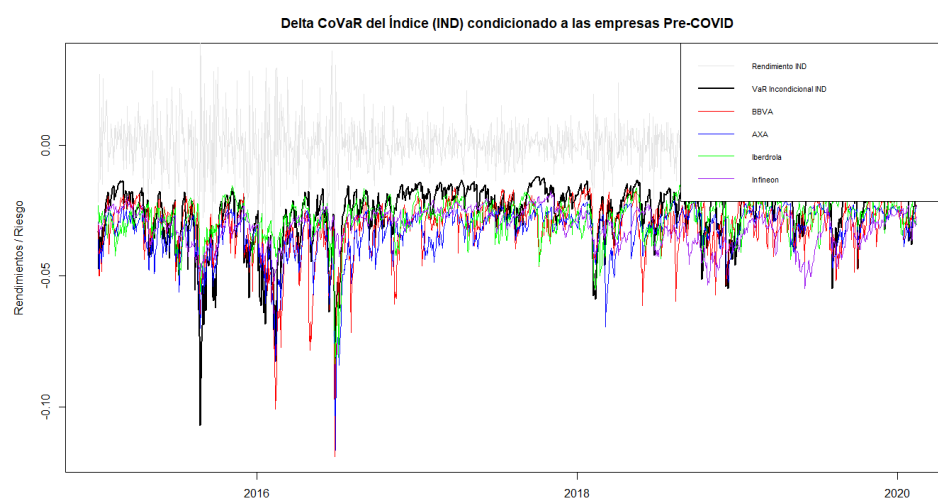


Figura 25:  $\Delta$ -CoVaR EuroStoxx600 con empresas Pre-COVID

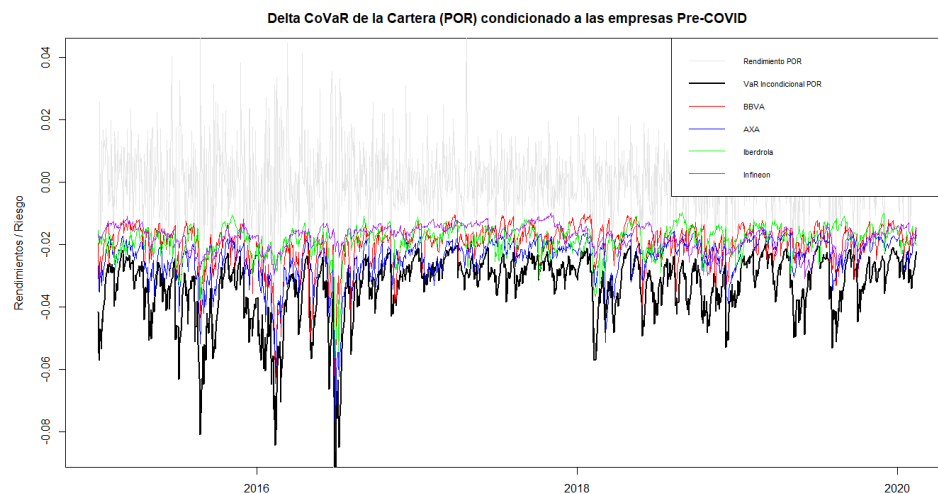


Figura 26:  $\Delta$ -CoVaR Portfolio con empresas Pre-COVID

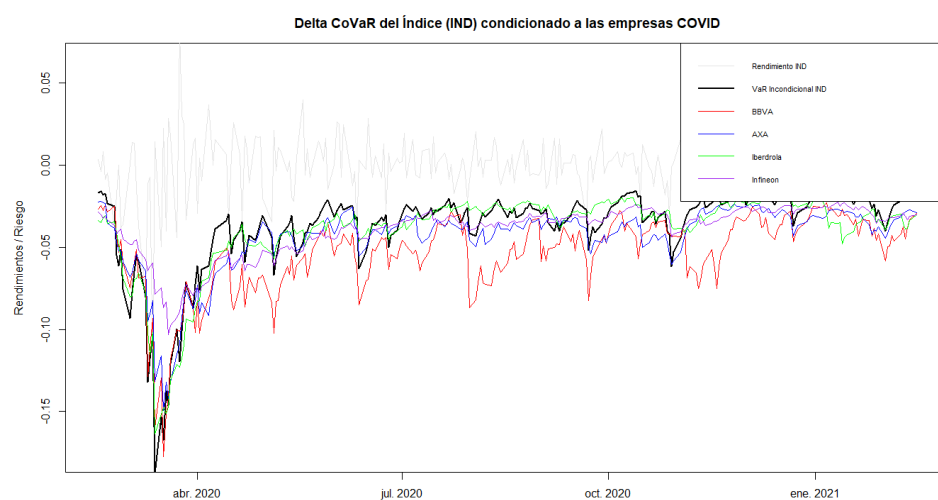


Figura 27:  $\Delta$ -CoVaR EuroStoxx600 con empresas COVID

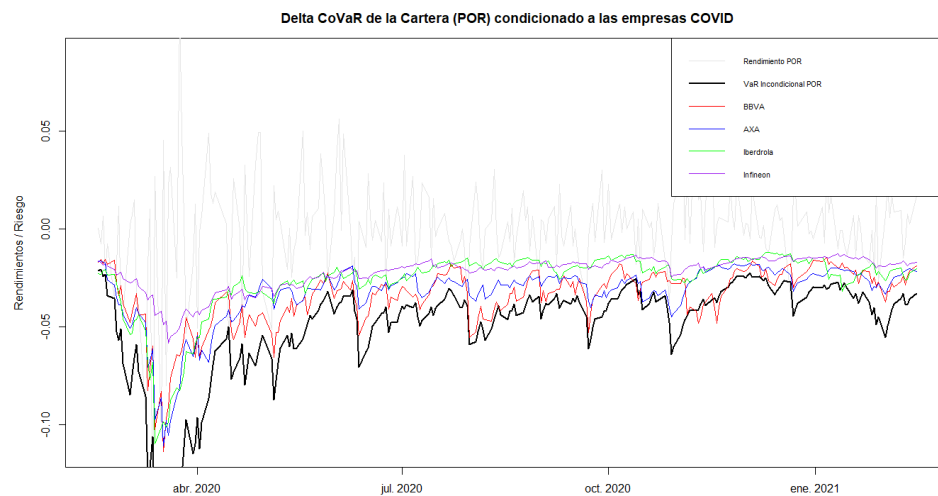


Figura 28:  $\Delta$ -CoVaR Portfolio con empresas COVID

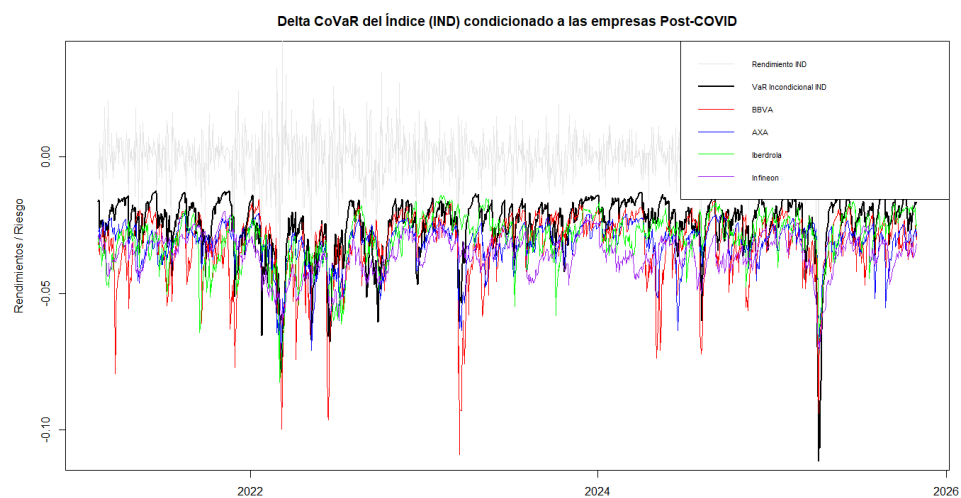


Figura 29:  $\Delta$ -CoVaR EuroStoxx600 con empresas Post-COVID

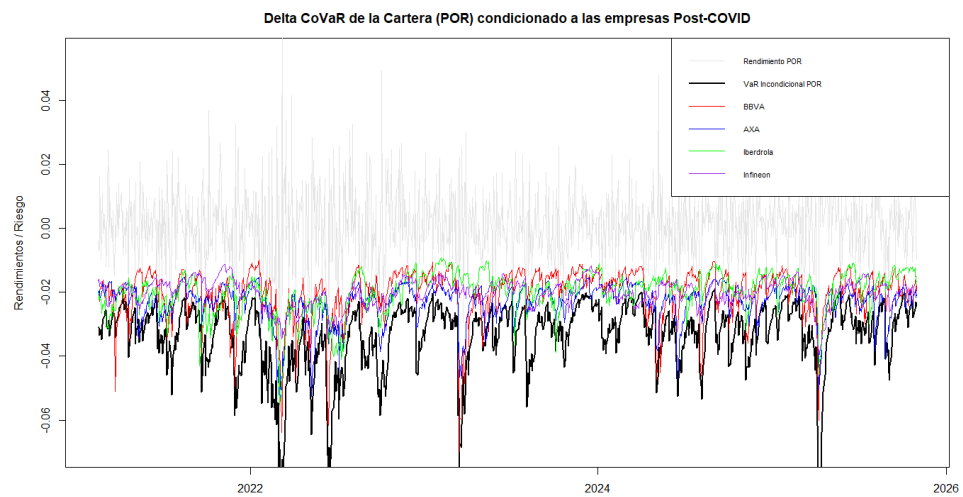


Figura 30:  $\Delta$ -CoVaR Portfolio con empresas Post-COVID