

COPULA MODEL PROPOSAL FOR INTEREST RATE AND EQUITY SHOCKS AGGREGATION UNDER SOLVENCY II

ASIER GIL SEDANO

Índice

CONCLUSIONES

01. ESTADO DEL ARTE

02. METODOLOGÍA

03. RESULTADOS

ASIER GIL SEDANO

Copula model proposal for interest rate and
equity shocks aggregation under Solvency II

CONCLUSIONES

*



Las correlaciones proporcionadas por el regulador han sido estimadas de manera **muy conservadora y con una metodología poco robusta.**



Los shocks de tipos de interés propuestos por el regulador **no son suficientes para cubrir el riesgo real.**



La estructura de dependencia elíptica considerada por el regulador tiene validez estadística, sin embargo, **hay modelos con mayor significancia.**



La correcta **determinación de la cópula subyacente tiene un impacto significativo** en los capitales regulatorios.



Se propone un **modelo con mayor evidencia estadística** y se prueba que los shocks no cubren adecuadamente el riesgo.

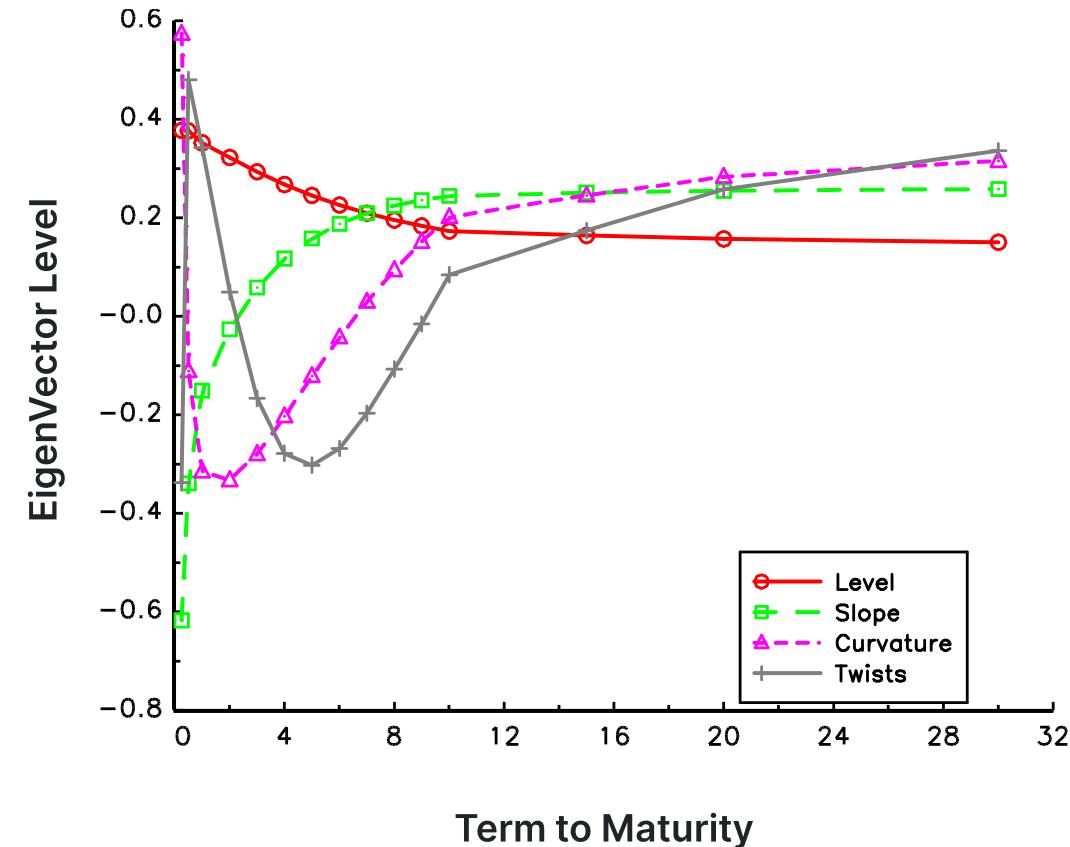
ESTADO DEL ARTE

- ➔ Modelo de EIOPA para el tipo de interés
- ➔ Correlaciones proporcionadas por la fórmula estándar
- ➔ Tipologías de cópulas

ASIER GIL SEDANO

Copula model proposal for interest rate and equity shocks aggregation under Solvency II

- * EIOPA realiza un análisis de componentes principales (4 CP).
- * Explicación de la varianza acumulada del 99.86%.
- * Análisis de variación de las componentes principales mediante regresión y Bootstrap.
- * Intervalos de confianza al 99.5%.

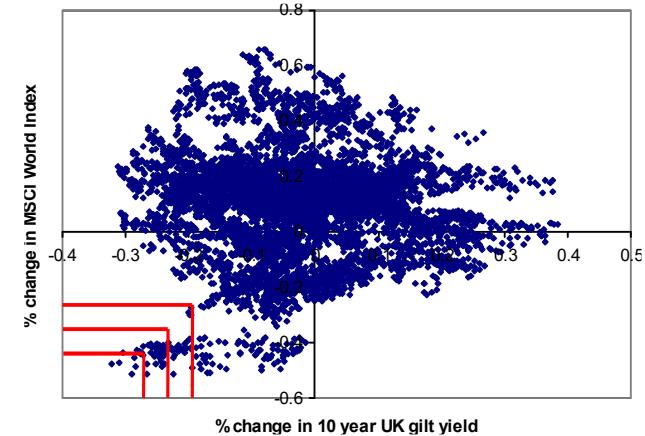
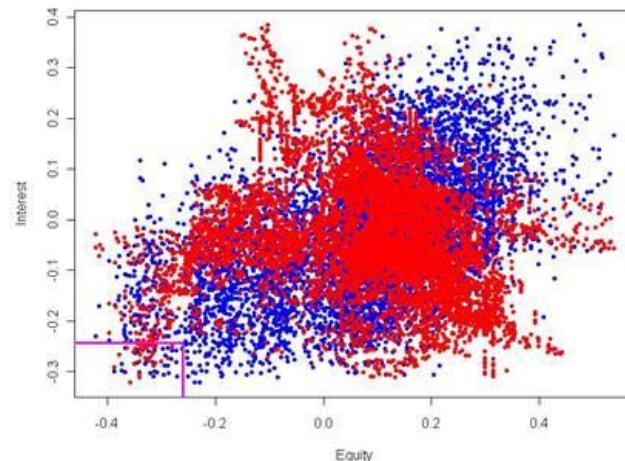


- * En el informe se referencia que no tiene una estructura de dependencia elíptica, pero aun así lo asumen.
- * No se tiene en cuenta la dependencia temporal.
- * Se utiliza un único punto de la curva de tipos de interés.
- * Se valida empíricamente con otra muestra que tampoco cumple con la estructura de correlación elíptica.

ASIER GIL SEDANO

Copula model proposal for interest rate and equity shocks aggregation under Solvency II

	Interest rate	Equity	Property	Spread	Currency	Concentration
Interest rate	1					
Equity	0 / 0,5	1				
Property	0,5	0,75	1			
Spread	0,25	0,25	0,25	1		
Currency	0,25	0,25	0,25	0,25	1	
Concentration	0	0	0	0	0	1



Correlation coefficient of copula	Observed data points	Expected data points
0%	38	2
50%	38	38
90%	38	123

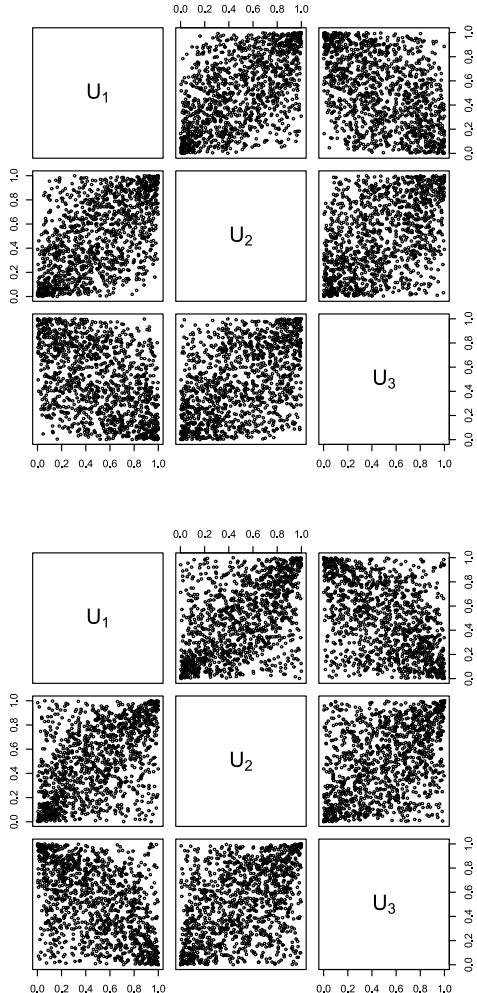
- * Estructuras de dependencia más complejas que las elípticas.
- * Permiten asimetrías en las dependencias multivariantes.
- * No dependen de las marginales.
- * Se pueden alcanzar altos grados de multidimensionalidad mediante la anidación.

ASIER GIL SEDANO

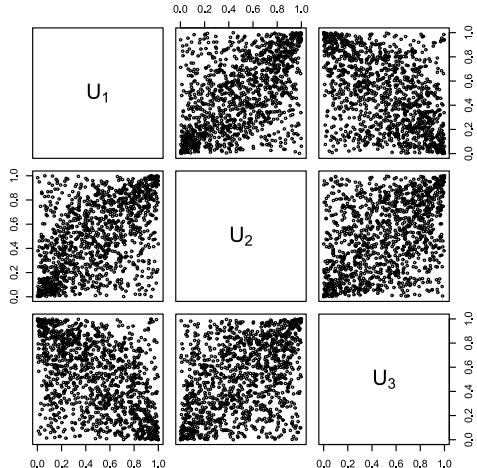
Copula model proposal for interest rate and equity shocks aggregation under Solvency II

ELÍPTICAS

NORMAL

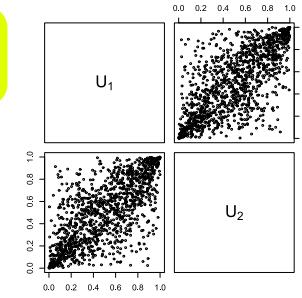


t-Student

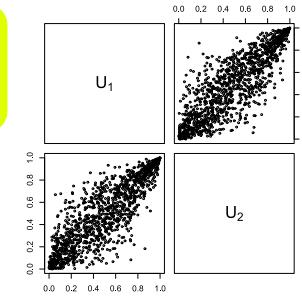


ARQUIMIDEANAS

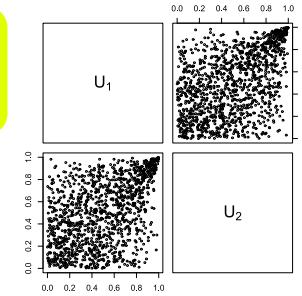
AMH



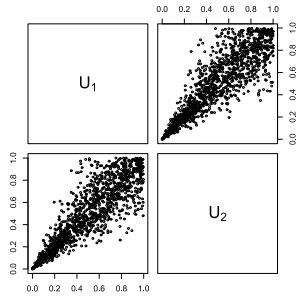
FRANK



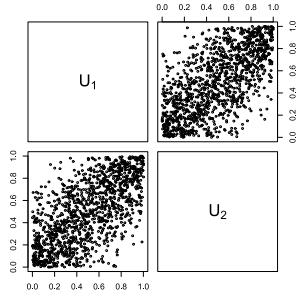
JOE



CLAYTON



GUMBEL



METODOLOGÍA

DATOS



Series temporales semanales:

Desde 24/09/1999 hasta 03/02/2023

— Total de 1219 datos

— Fuente: Refinity



Interest rate

EUROSWAP a 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10,
12, 15, 20, 25 y 30 años



Equity

EUROSTOXX600



Currency

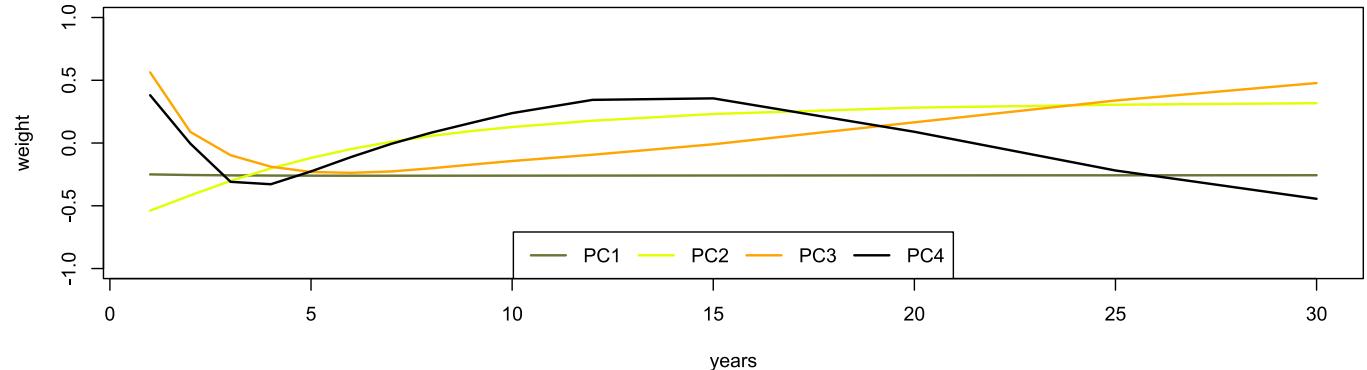
USDEUR

- * Reducción de 15 variables a 3 variables mediante componentes principales.
- * 99,97% de la varianza explicada con 3 CP que reflejan el nivel, la pendiente y la curvatura.
- * Se valida lo que define EIOPA en su informe técnico.

ASIER GIL SEDANO

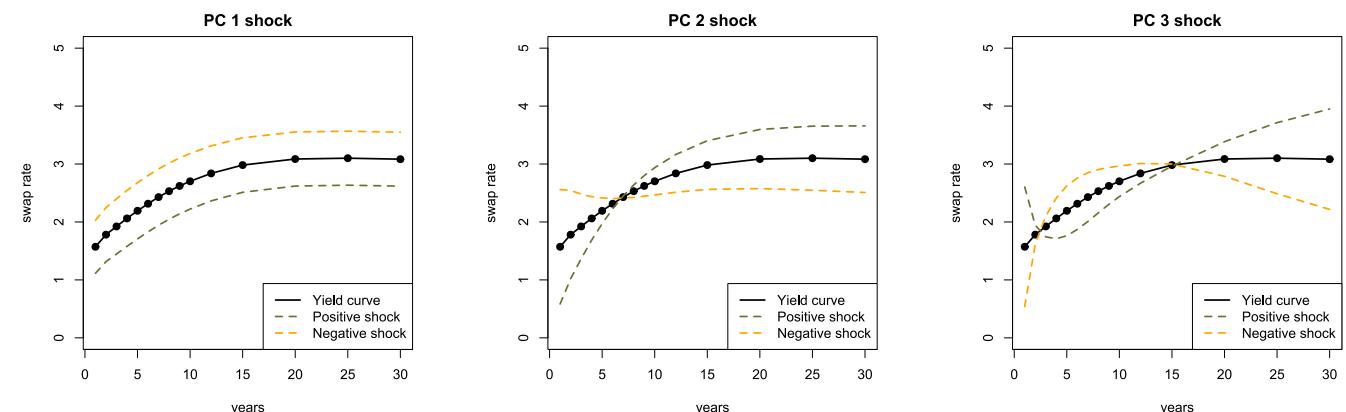
Copula model proposal for interest rate and equity shocks aggregation under Solvency II

Peso de cada componente principal sobre la curva



	1 PC	2 PC	3 PC	4 PC
Variance explained	98,14 %	99,83 %	99,97 %	99,99 %

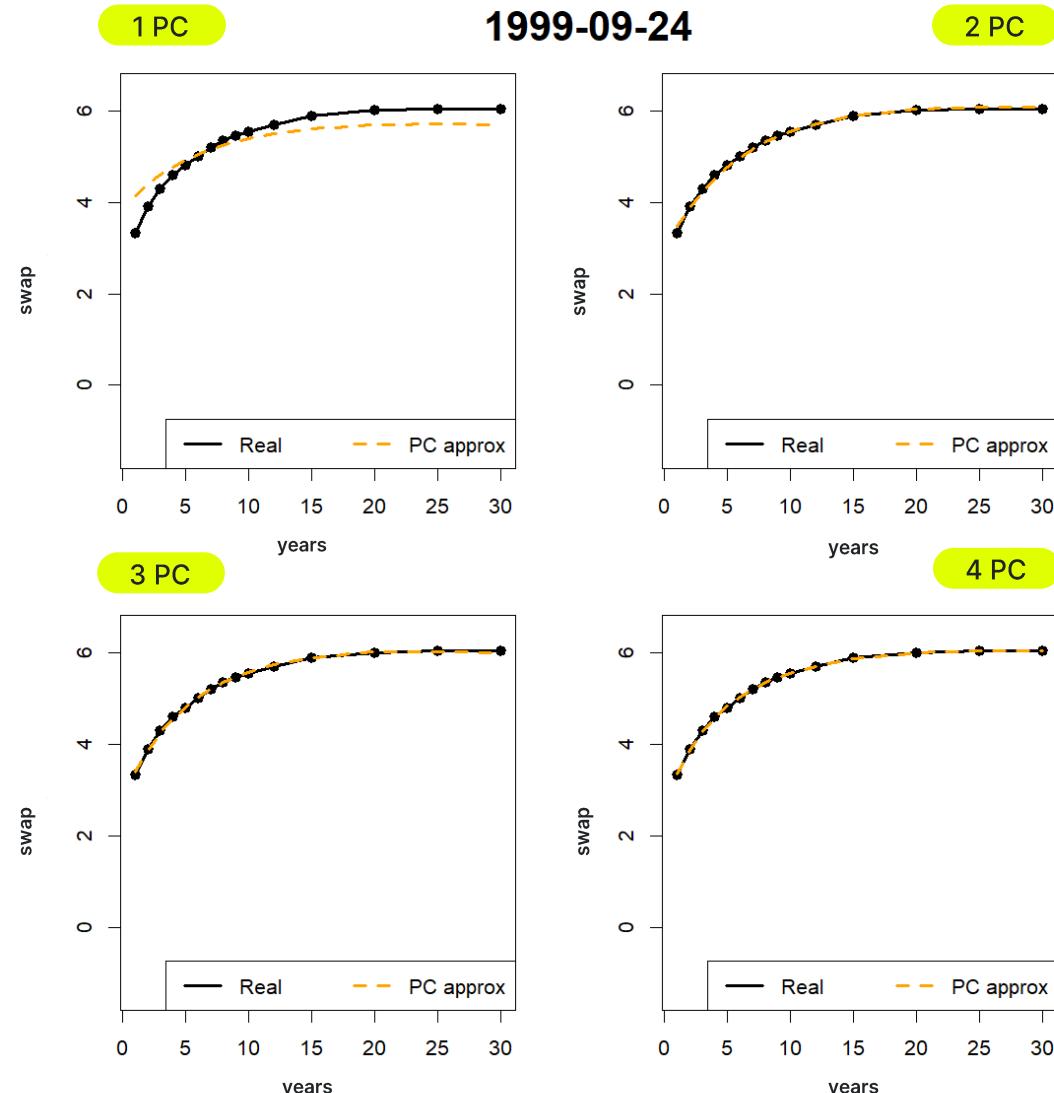
Shocks de las componentes principales



- * La primera componente no captura los movimientos que no sean paralelos.
- * La segunda componente no captura los movimientos más complejos de la curva de tipos.
- * Se valida lo que define EIOPA en su informe técnico.

ASIER GIL SEDANO

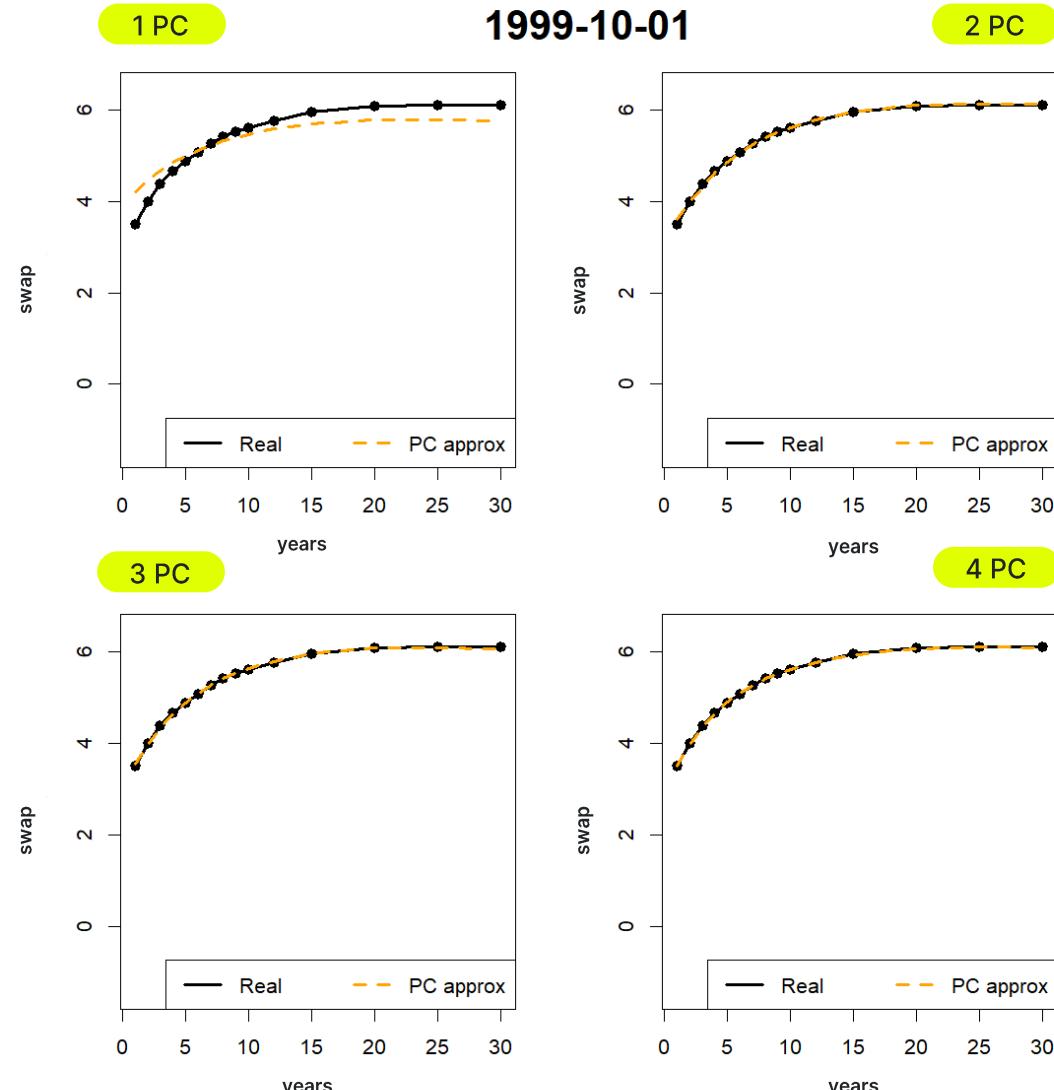
Copula model proposal for interest rate and equity shocks aggregation under Solvency II



- * La primera componente no captura los movimientos que no sean paralelos.
- * La segunda componente no captura los movimientos más complejos de la curva de tipos.
- * Se valida lo que define EIOPA en su informe técnico.

ASIER GIL SEDANO

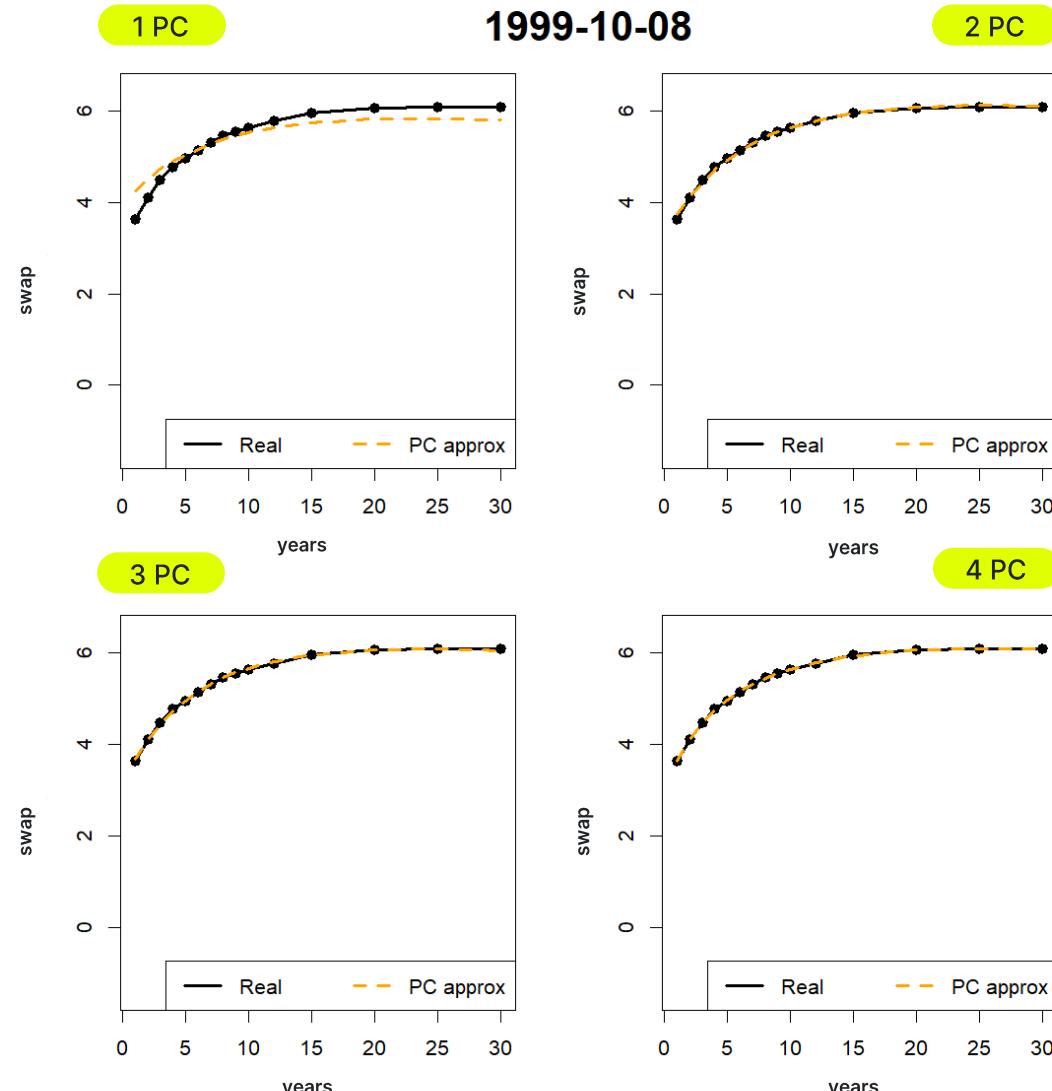
Copula model proposal for interest rate and equity shocks aggregation under Solvency II



- * La primera componente no captura los movimientos que no sean paralelos.
- * La segunda componente no captura los movimientos más complejos de la curva de tipos.
- * Se valida lo que define EIOPA en su informe técnico.

ASIER GIL SEDANO

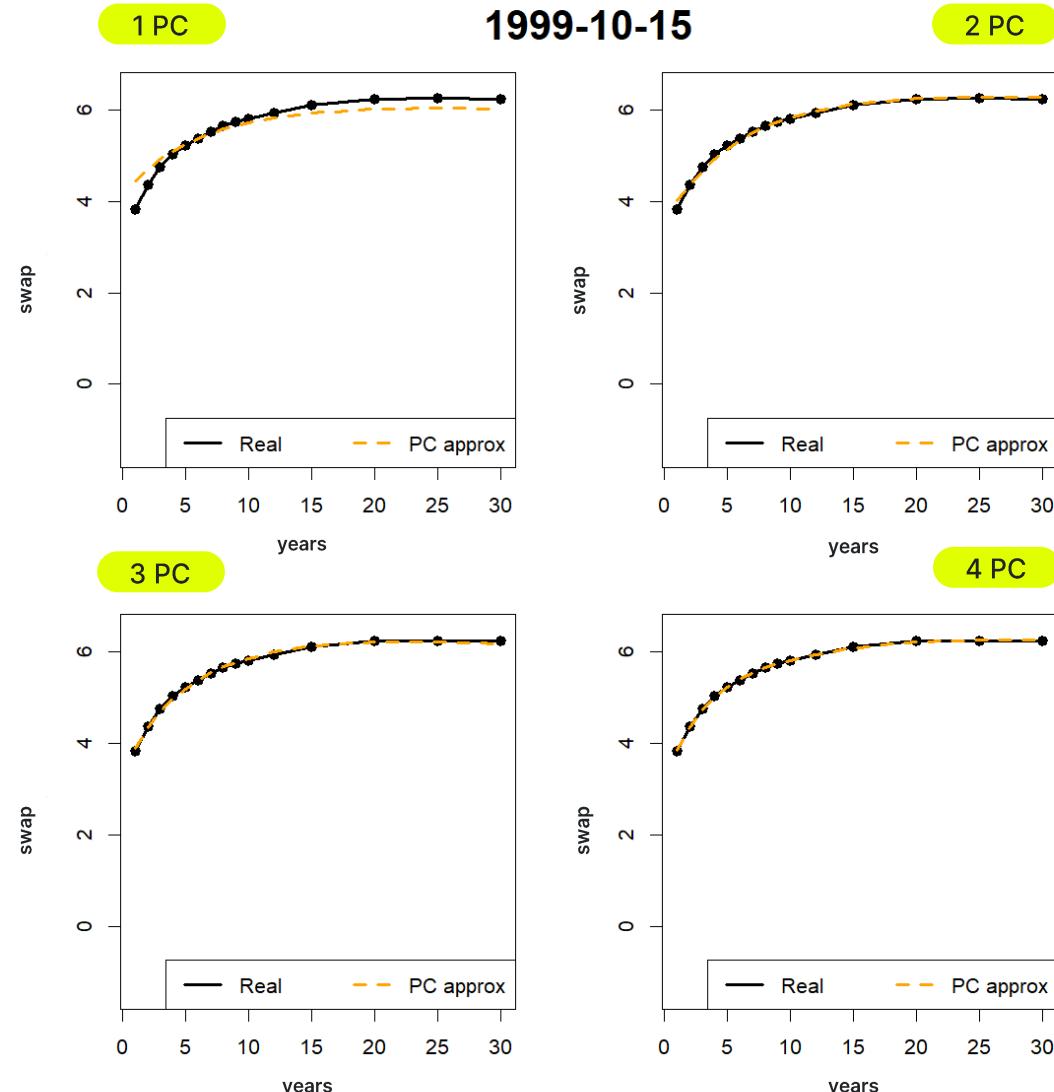
Copula model proposal for interest rate and equity shocks aggregation under Solvency II



- * La primera componente no captura los movimientos que no sean paralelos.
- * La segunda componente no captura los movimientos más complejos de la curva de tipos.
- * Se valida lo que define EIOPA en su informe técnico.

ASIER GIL SEDANO

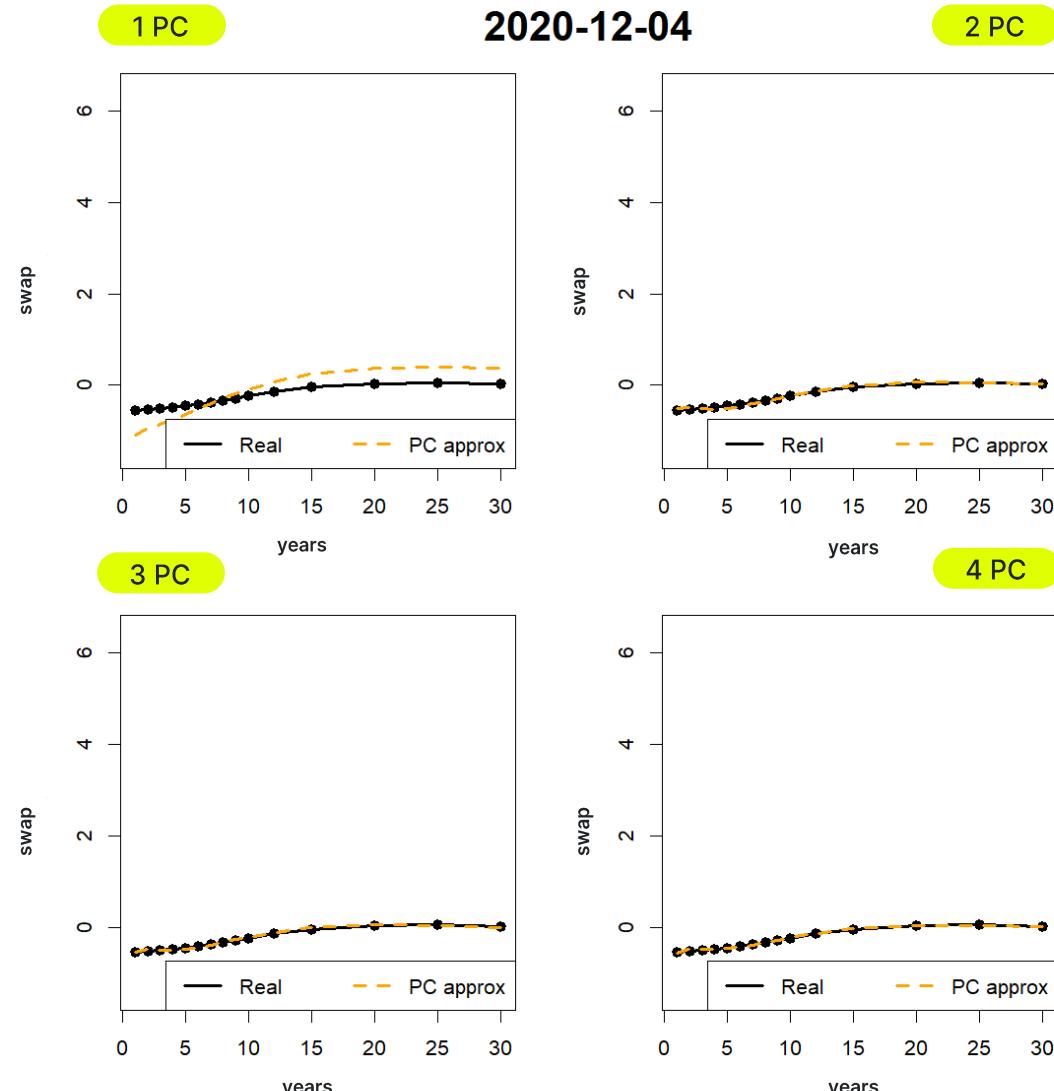
Copula model proposal for interest rate and equity shocks aggregation under Solvency II



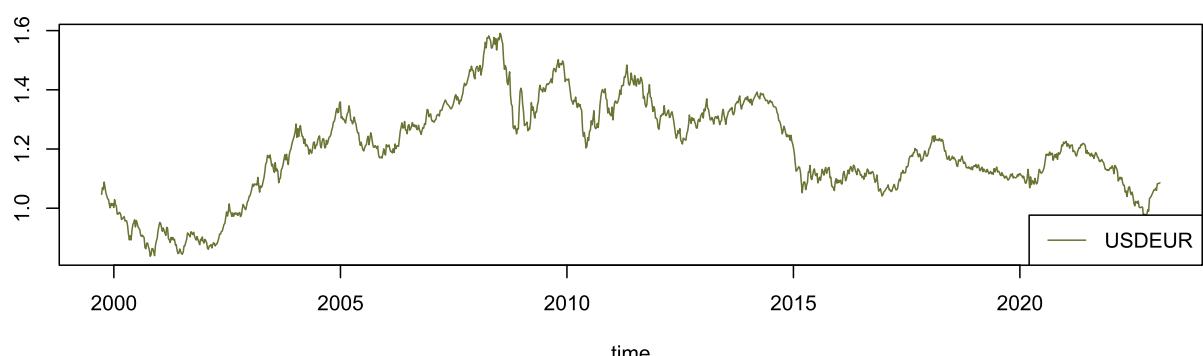
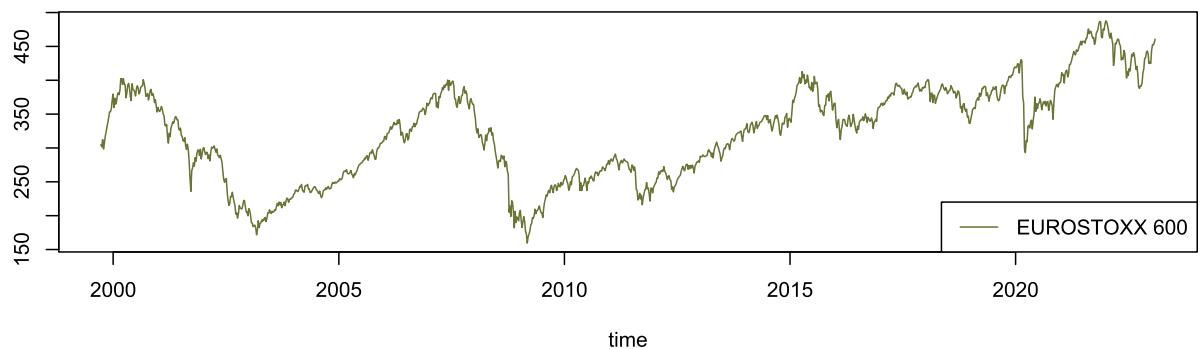
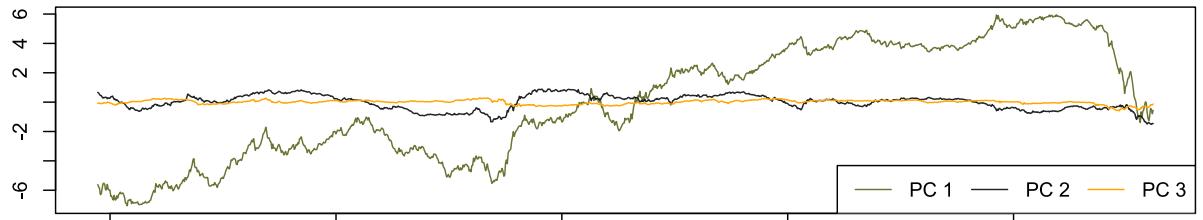
- * La primera componente no captura los movimientos que no sean paralelos.
- * La segunda componente no captura los movimientos más complejos de la curva de tipos.
- * Se valida lo que define EIOPA en su informe técnico.

ASIER GIL SEDANO

Copula model proposal for interest rate and equity shocks aggregation under Solvency II



- * Modelos de series temporales ARIMA-GARCH (t-Student, Normal, Ged, Nig).
- * Series con frecuencia semanal.
- * Estimación de los modelos, diagnosis y backtesting mediante el paquete de R "rugarch".
- * Posterior relación de los residuos mediante cópulas y su simulación.

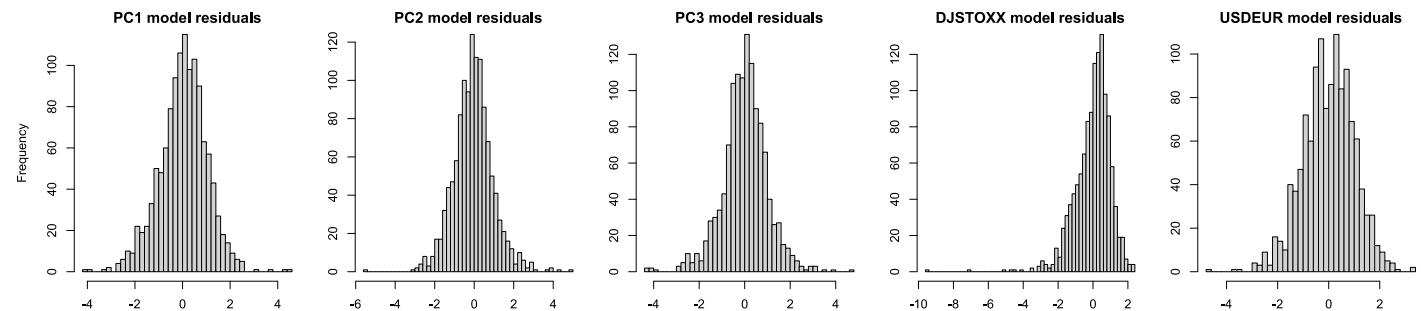


- * Modelos sin tendencia por lo que reflejan principalmente la volatilidad.
- * Sin autorregresivos (excepto EUROSTOXX 600).
- * Funciones de densidad asimétricas en algunos casos.

ASIER GIL SEDANO

Copula model proposal for interest rate and equity shocks aggregation under Solvency II

	PC1		PC2		PC3		EUROSTOXX		USDEUR	
	Estimate	Pr(> t)	Estimate	Pr(> t)	Estimate	Pr(> t)	Estimate	Pr(> t)	Estimate	Pr(> t)
ar1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ar2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ar3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ma1	-	-	-	-	-	-	-0,1213	4,98E-05	-	-
ma2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ma3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
omega	0,0006	0,0346	0,0002	0,0137	0,0001	0,0025	2,66E-05	0,0025	2,81E-06	0,2137
alpha1	-	-	0,1027	0,0005	0,1346	0,0002	0,1353	9,76E-06	0,0736	2,96E-05
alpha2	0,1372	1,28E-07	0,1240	0,0004	0,1740	0,0002	-	-	-	-
alpha3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
beta1	-	-	-	-	-	-	0,8294	0	0,9112	0
beta2	0,8538	0	0,7111	0	0,6230	0	-	-	-	-
beta3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
skew	-0,1914	0,0015	-	-	-	-	-0,5552	0	-	-
shape	3,2084	0,0011	6,2800	8,79E-09	4,8732	1,03E-11	2,2946	6,10E-05	6,2800	8,79E-09
distribution	nig		t-Student (df = 6,28)		t-Student (df = 4,87)		nig		normal	



- * Los residuos se ajustan a las distribuciones.
- * Los residuos son incorrelados, homocedásticos y tienen media nula.
- * Funciones de densidad asimétricas en algunos casos.
- * Backtesting realiza validación de la estimación del VaR con ventanas móviles.

ASIER GIL SEDANO

Copula model proposal for interest rate and equity shocks aggregation under Solvency II

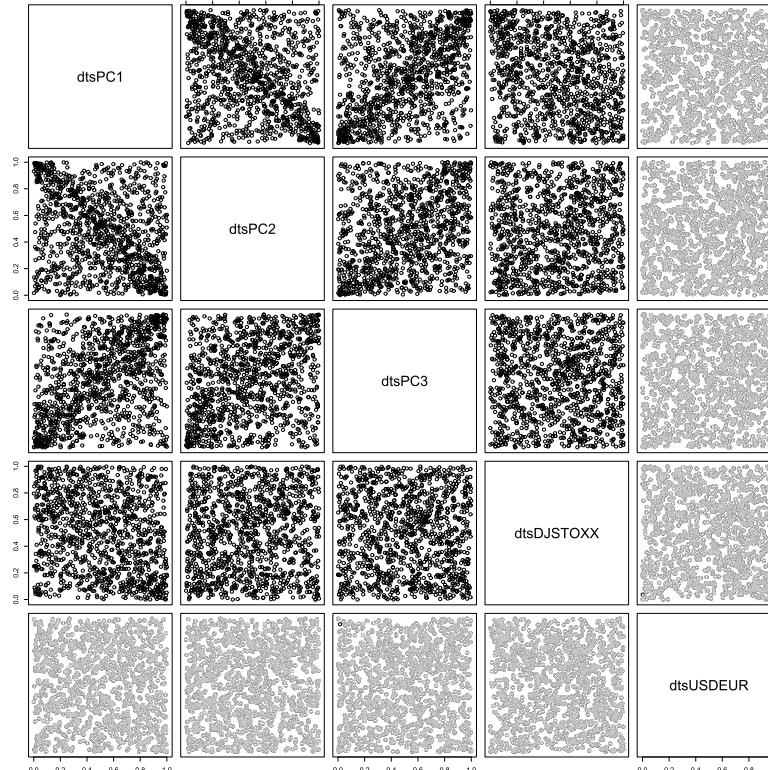
	PC1	PC2	PC3	EUROSTOXX	USDEUR
Distribution	Nig	t-Student	t-Student	Nig	Normal
Jarque-Bera	0,802	0,131	0,267	0,586	1,36E-05
Kolmogorov-Smirnov	0,562	0,073	0,497	0,888	0,407
Cramer-Von-Mises	0,430	0,033	0,382	0,761	0,518
t test	0,298	0,106	0,752	0,928	0,766
LB (1 lags)	0,386	0,677	0,398	0,001	0,862
LB (2 lags)	0,081	0,917	0,311	0,001	0,978
LB (3 lags)	0,030	0,921	0,205	0,002	0,968
LB (5 lags)	0,024	0,762	0,167	0,011	0,330
LB (10 lags)	0,110	0,251	0,318	0,082	0,401
LB (15 lags)	0,098	0,178	0,534	0,024	0,226
LB (20 lags)	0,060	0,268	0,543	0,068	0,147
ARCH (7 lags)	0,289	0,730	0,205	0,597	0,365
ARCH (9 lags)	0,408	0,913	0,506	0,873	0,455
ARCH (11 lags)	0,566	0,738	0,865	0,841	0,669
Unconditional 1%	0,019	0,070	0,818	0,198	0,060
Unconditional 5%	0,900	0,797	0,598	0,078	0,491
Unconditional 95%	0,891	0,179	0,900	0,600	0,001
Unconditional 99%	0,611	0,336	0,515	0,956	0,176
Conditional 1%	0,070	0,143	0,846	0,414	0,127
Conditional 5%	0,797	0,771	0,833	0,079	0,453
Conditional 95%	0,179	0,277	0,820	0,852	0,003
Conditional 99%	0,336	0,588	0,745	0,886	0,384
Duration 1%	0,047	0,951	0,602	0,965	0,560
Duration 5%	0,757	0,708	0,687	0,654	0,362
Duration 95%	0,117	0,160	0,167	0,017	0,858
Duration 99%	0,575	0,664	0,223	0,089	0,181

- * Hay correlación entre las componentes del tipo de interés.
- * Hay correlación entre las componentes del tipo de interés y equity.
- * No hay prácticamente correlación de ningún tipo con currency (no se rechaza el test de independencia).

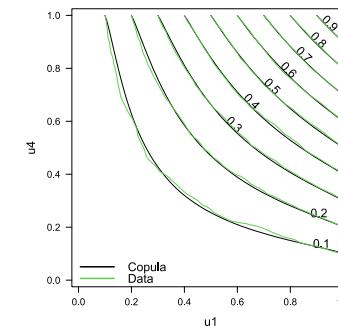
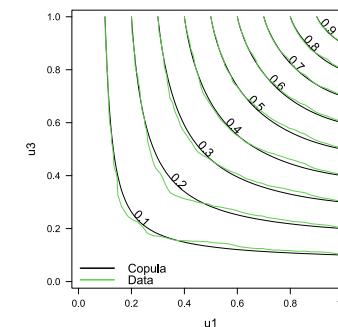
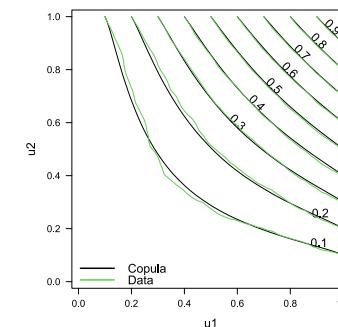
ASIER GIL SEDANO

Copula model proposal for interest rate and equity shocks aggregation under Solvency II

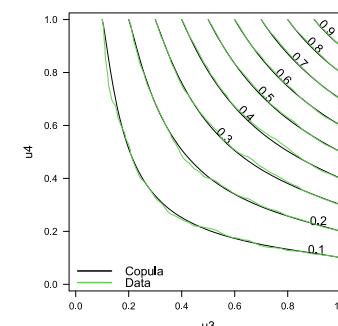
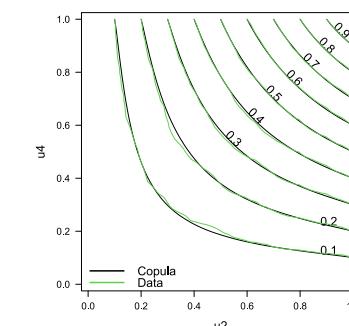
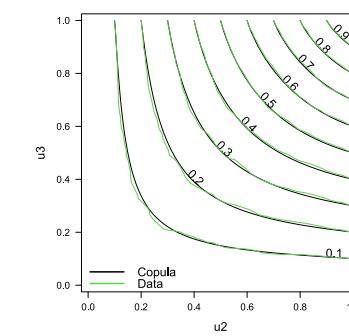
	PC1	PC2	PC3	EUROSTOXX	USDEUR
PC1	1,000	-0,291	0,393	-0,204	-0,047
PC2	-0,291	1,000	0,268	0,062	0,056
PC3	0,393	0,268	1,000	-0,018	0,041
EUROSTOXX	-0,204	0,062	-0,018	1,000	-0,079
USDEUR	-0,047	0,056	0,041	-0,079	1,000



- * Se confirma que hay evidencia estadística para establecer una estructura de dependencia elíptica.
- * Se descartan cópulas arquimideanas y las posibles asimetrías.
- * No hay prácticamente correlación de ningún tipo con currency.



copula	loglikelihood	BIC	AICc	parameter	gof pvalue
Normal	310,58	-578,52	-609,09	NA	0,0634
t-Student (df=6)	418,16	-786,58	-822,23	6	0,1733
Clayton	16,93	-26,76	-31,86	0,0732	0,0005
Frank	1,65	3,80	-1,30	0,1257	0,0005
Joe	0,27	6,57	1,47	1,0043	0,0005



RESULTADOS



Comparación de los shocks individuales



Estudio de tres carteras de referencia de seguros

Portfolio	Bonds	Duration (years)	Equity	Total
1	4000	6	500	4500
2	4000	10	500	4500
3	4000	14	500	4500

ASIER GIL SEDANO

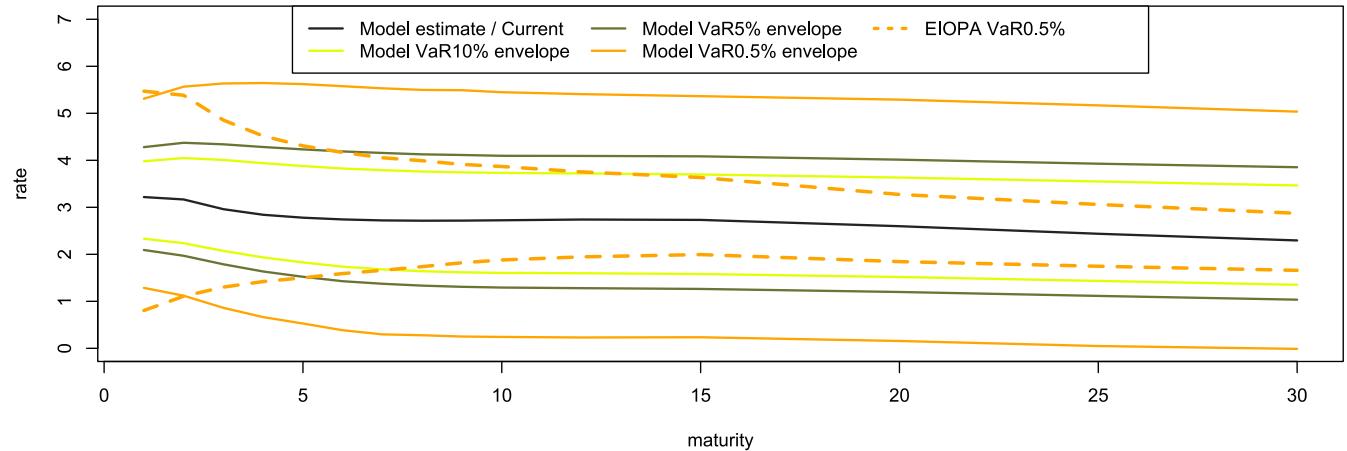
Copula model proposal for interest rate and equity shocks aggregation under Solvency II

- * Los shocks que proporciona el modelo son mucho mayores que los proporcionados por el regulador.
- * Modelo mucho más realista.
- * El modelo proporciona resultados estocásticos dando más flexibilidad al cálculo.
- * El shock de Equity es similar.

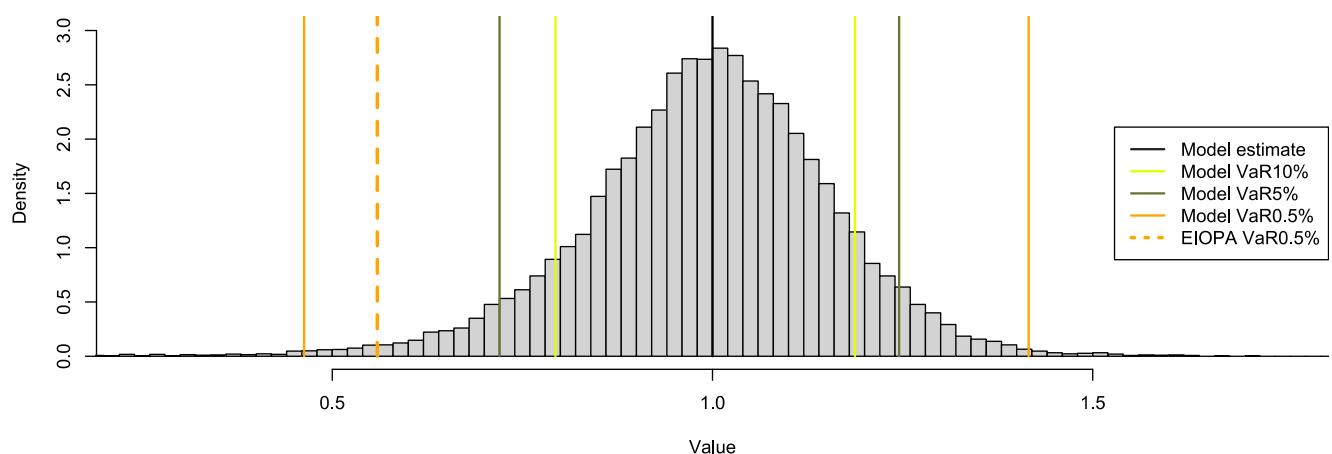
ASIER GIL SEDANO

Copula model proposal for interest rate and equity shocks aggregation under Solvency II

Interest rate yield curve



One year ahead portfolio distribution

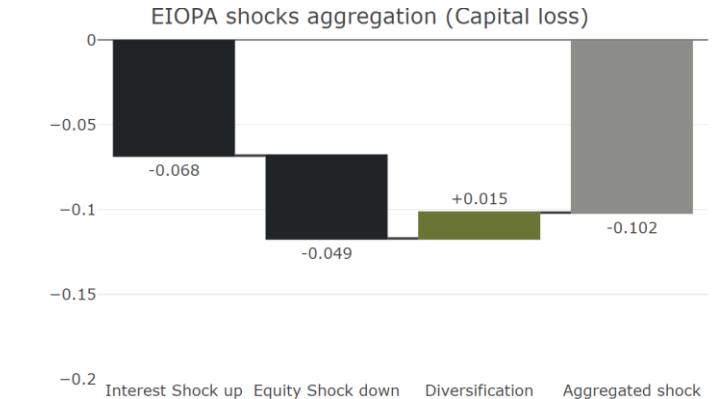
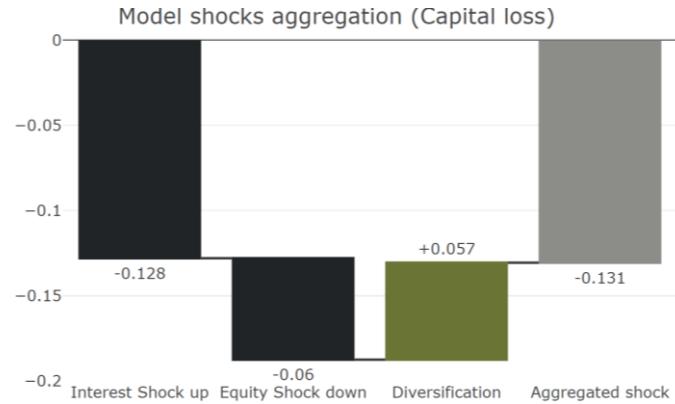


- * El shock del modelo es mucho mayor que el del regulador.
- * Los riesgos se diversifican mucho más de acuerdo con el modelo que con la fórmula estándar.
- * La diversificación es total en el modelo, producto de las correlaciones negativas.

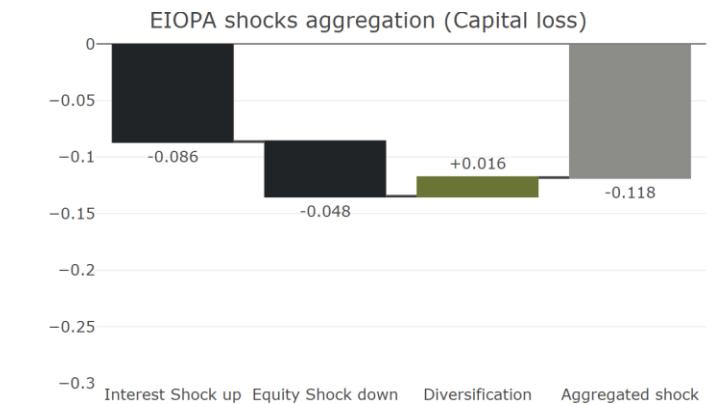
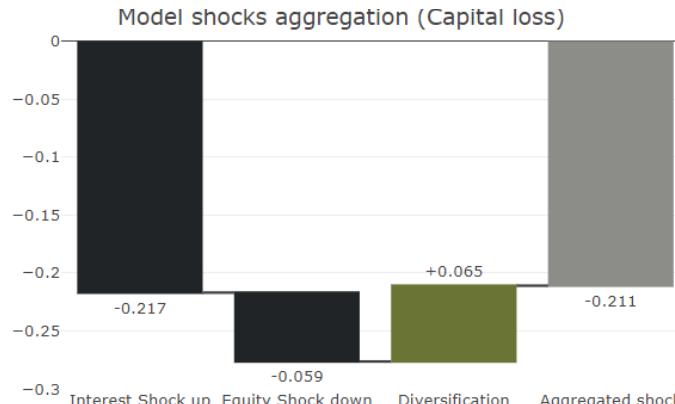
ASIER GIL SEDANO

Copula model proposal for interest rate and equity shocks aggregation under Solvency II

PORTFOLIO 1: Duración 6 años



PORTFOLIO 2: Duración 10 años

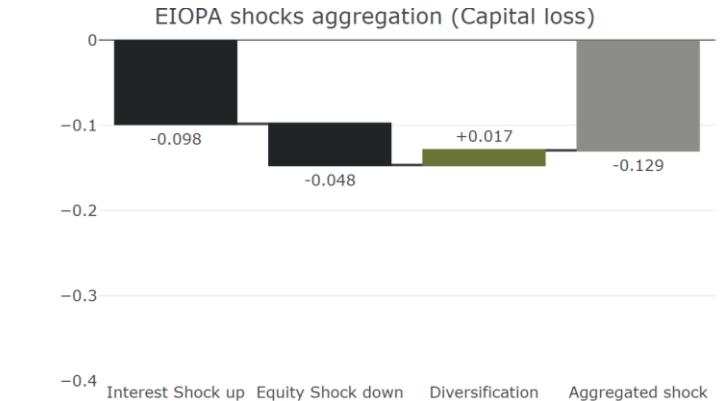
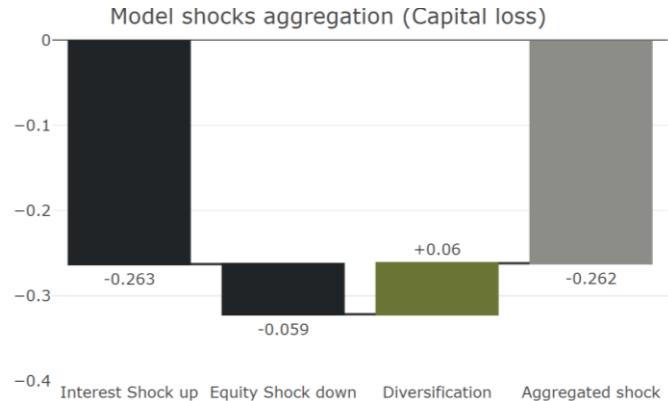


- * La correlación es incluso negativa.
- * El regulador establece una correlación del 0,5.
- * La sobreestimación de la correlación por parte del regulador no compensa la infraestimación del modelo de interés.

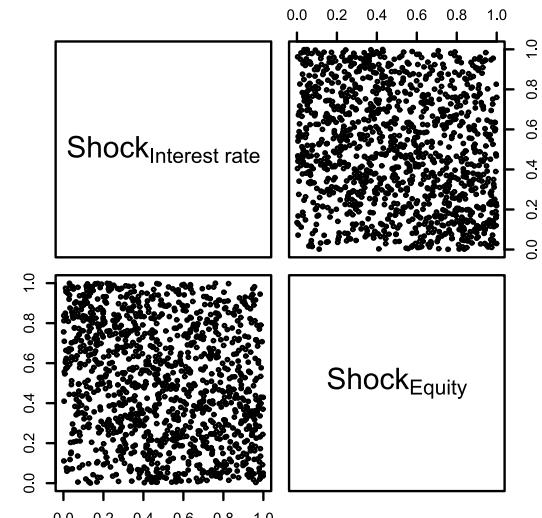
ASIER GIL SEDANO

Copula model proposal for interest rate and equity shocks aggregation under Solvency II

PORTFOLIO 3: Duración 14 años



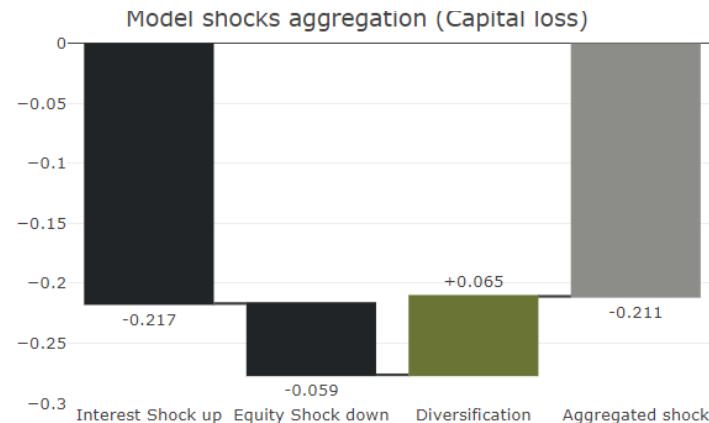
CORRELACIÓN DEPEARSON: -0.185



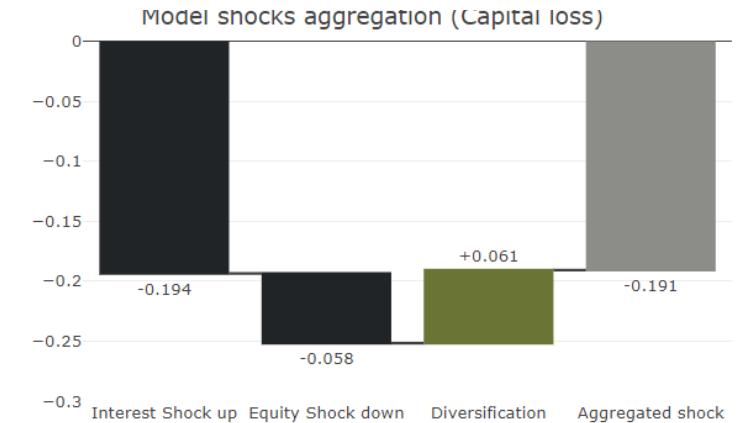
- * El uso de una cópula t-Student o normal tiene un impacto significativo en los shocks.
- * Aún con correlaciones muy similares, las colas de la t-Student afectan especialmente en las colas.

PORTFOLIO 2: Duración 10 años

CÓPULA t-Student (dof = 6)



CÓPULA NORMAL



COMPARACIÓN PORTFOLIOS

	Interest shock diff	Aggregated shock diff
PORTFOLIO 1	9,15%	5,28%
PORTFOLIO 2	12,36%	10,59%
PORTFOLIO 3	11,34%	12,38%

CONCLUSIONES

*



Las correlaciones proporcionadas por el regulador han sido estimadas de manera **muy conservadora y con una metodología poco robusta.**



Los shocks de tipos de interés propuestos por el regulador **no son suficientes para cubrir el riesgo real.**



La estructura de dependencia elíptica considerada por el regulador tiene validez estadística, sin embargo, **hay modelos con mayor significancia.**



La correcta **determinación de la cópula subyacente tiene un impacto significativo** en los capitales regulatorios.



Se propone un **modelo con mayor evidencia estadística** y se prueba que los shocks no cubren adecuadamente el riesgo.

COPULA MODEL PROPOSAL FOR
INTEREST RATE AND EQUITY SHOCKS
AGGREGATION UNDER SOLVENCY II

ASIER GIL SEDANO