

Figura 5.5. Portafolio Modelo de Difusión Puro sin Restricciones vs Aversión al Riesgo

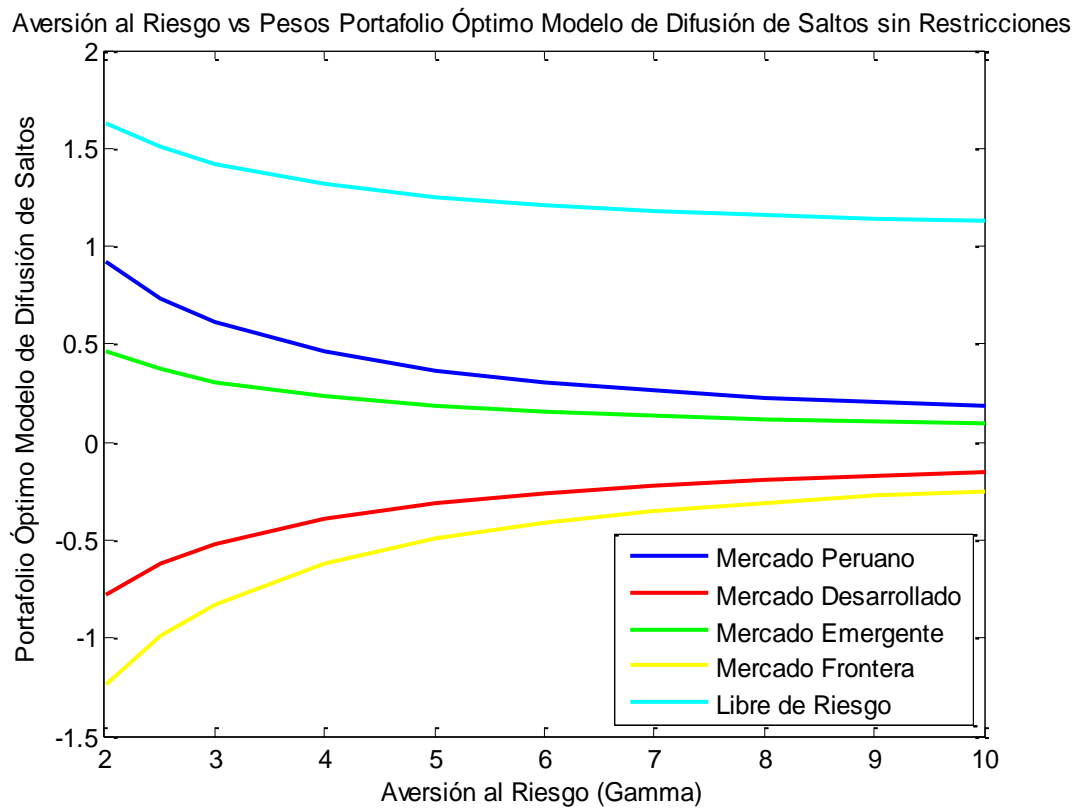


Figura 5.6. Portafolio Modelo de Difusión de Saltos sin Restricciones vs Aversión al Riesgo

Aversión al Riesgo vs Pesos Portafolio Óptimo Modelo de Difusión Puro con Restricciones

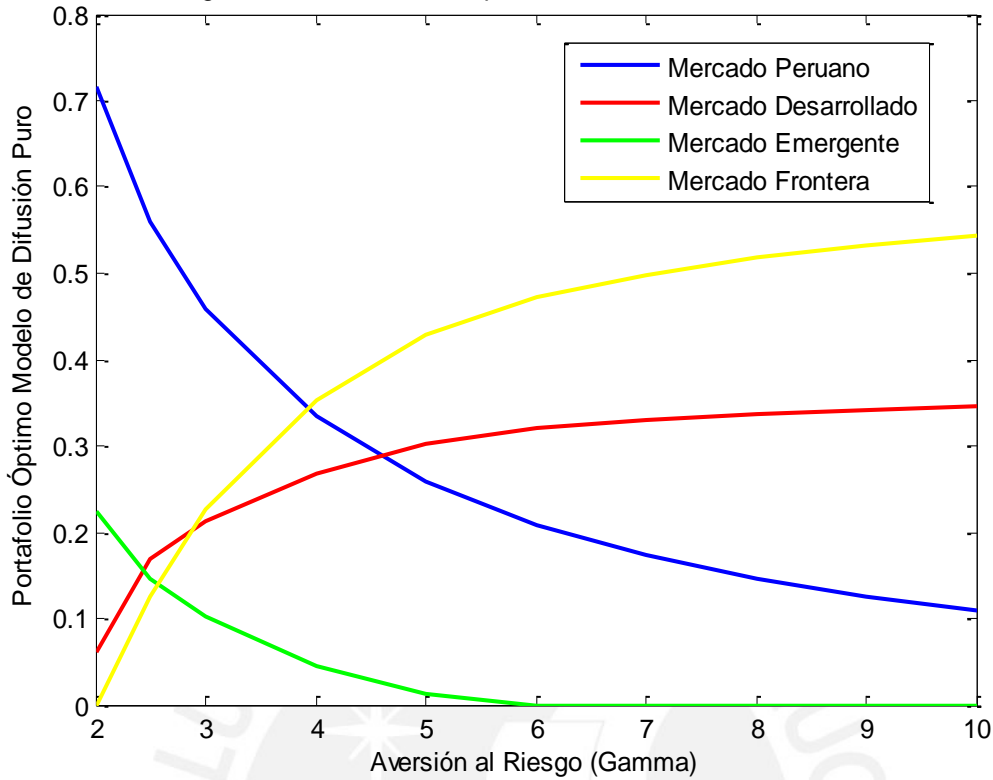


Figura 5.7. Portafolio Modelo de Difusión Puro Con Restricciones vs Aversión al Riesgo

Aversión al Riesgo vs Pesos Portafolio Óptimo Modelo de Difusión de Saltos con Restricciones

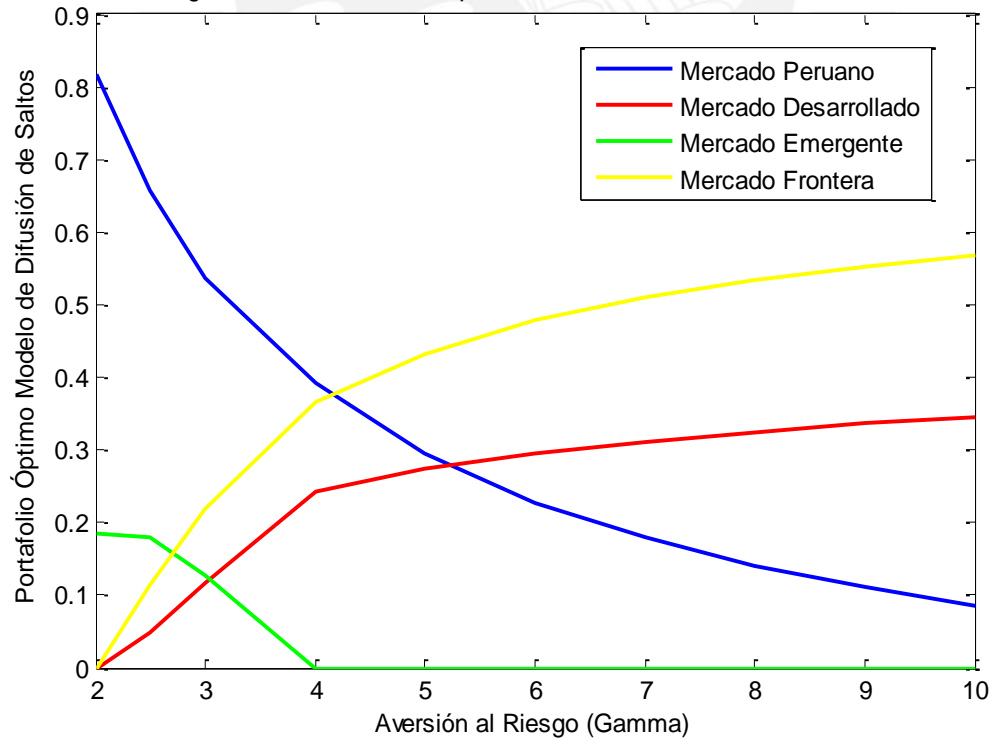


Figura 5.8. Portafolio Modelo de Difusión de Saltos Con Restricciones vs Aversión al Riesgo

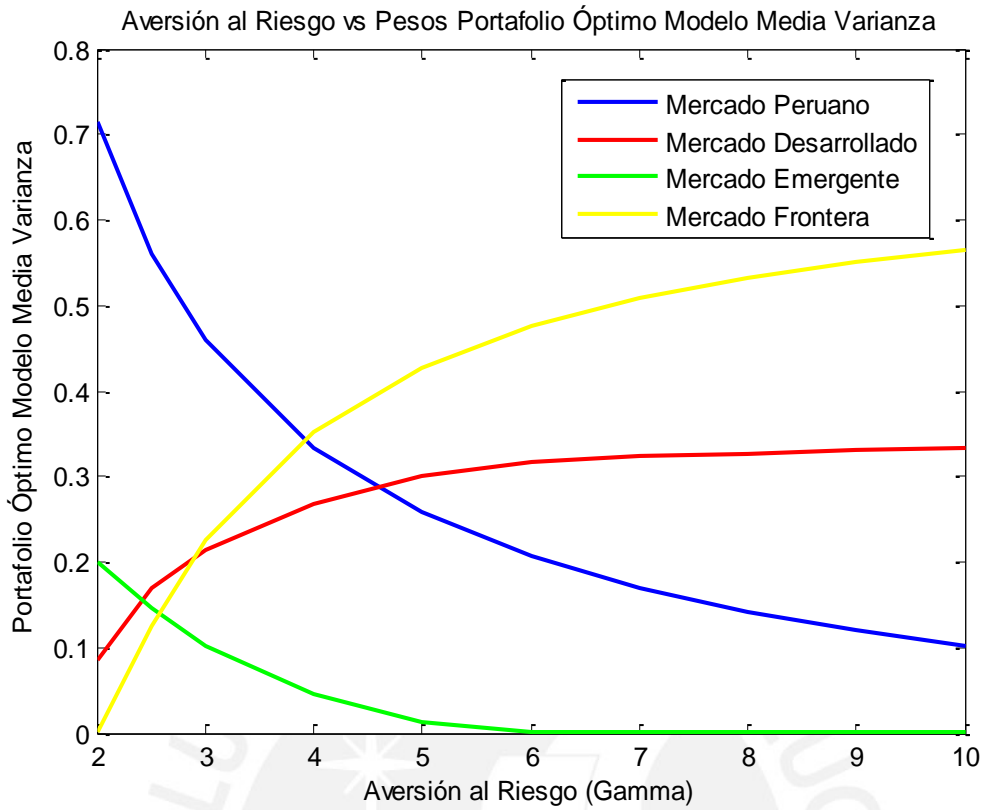


Figura 5.9. Portafolio Modelo Media Varianza vs Aversión al Riesgo

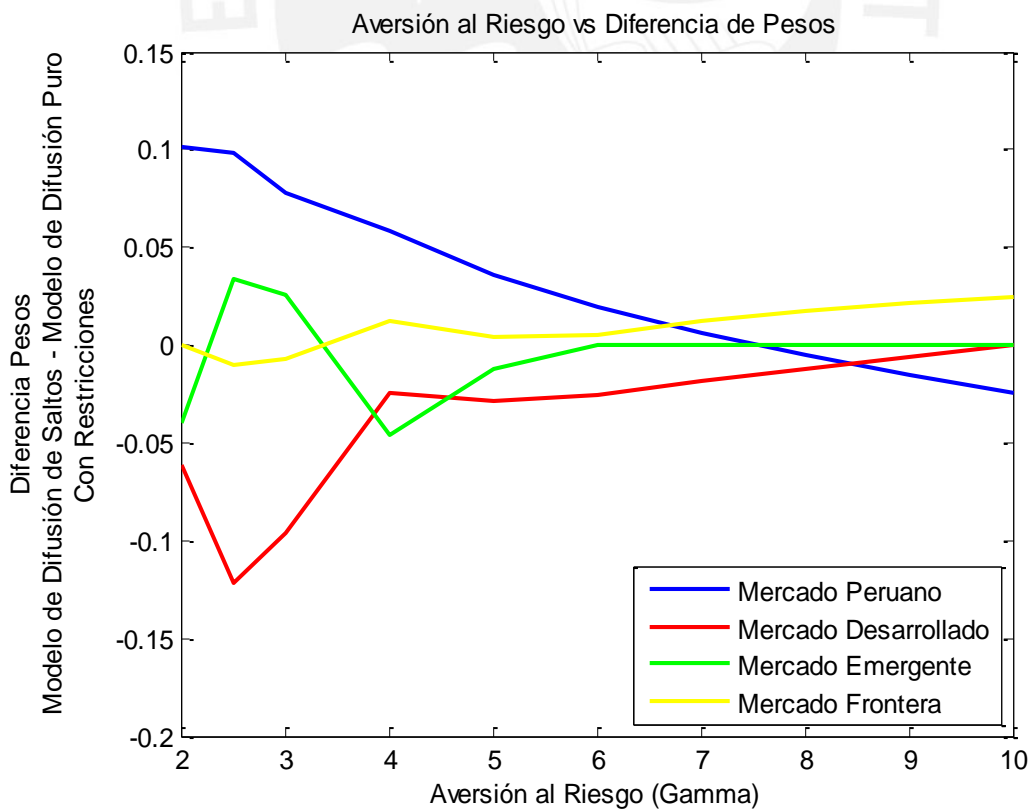


Figura 5.10. Diferencia de Pesos Difusión de Saltos –Difusión Puro con Restricciones

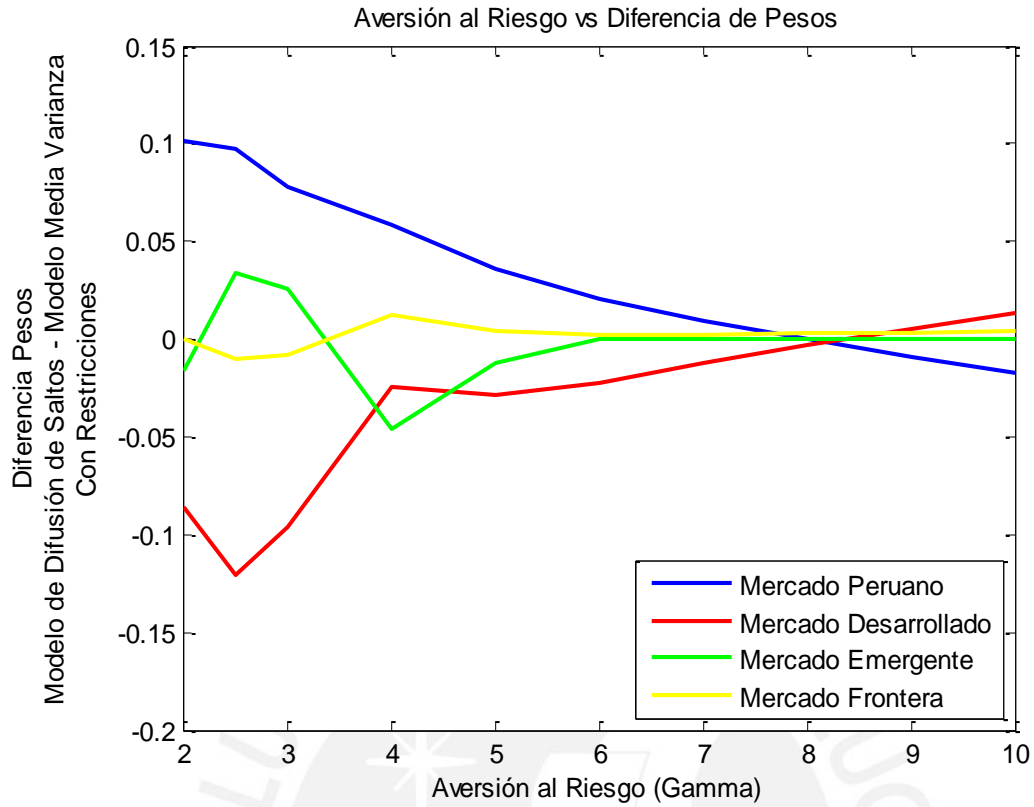


Figura 5.11. Diferencia de Pesos Difusión de Saltos con Restricciones – Media Varianza

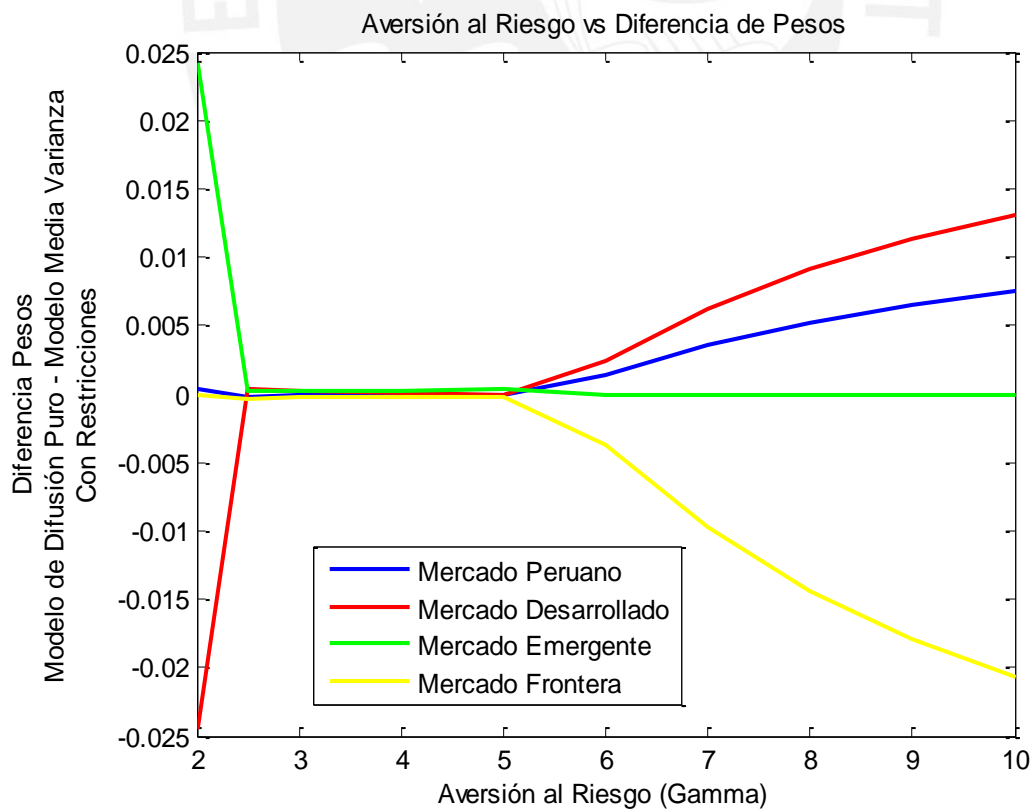


Figura 5.12. Diferencia de Pesos Difusión Puro con Restricciones – Media Varianza

Según información de la Superintendencia de Banca, Seguros y AFP (SBS), al 31 de agosto del 2014, el portafolio de renta variable del Fondo 3 presentaba una rentabilidad real de 8.6% y un riesgo real de 24.5%, no obstante, con el objetivo de compararlo con los portafolios obtenidos con los modelos de difusión puro, difusión de saltos y media varianza, es necesario adaptar cada activo del portafolio de renta variable del Fondo 3 a los activos utilizados como proxy en la presente investigación, al respecto, la Tabla 5.18 muestra la composición del portafolio de renta variable del Fondo 3 adaptado a los activos proxy, asimismo, se muestra el riesgo, rendimiento y ratio de Sharpe.

Pesos	Descripción	F3
w1	Peso invertido en el MSCI PERU ALL	0.36805
w2	Peso invertido en el MSCI WORLD IMI	0.61555
w3	Peso invertido en el MSCI EM IMI	0.01551
w4	Peso invertido en el MSCI FM	0.00089
<b>Riesgo del Portafolio Anual</b>		<b>24.986%</b>
<b>Rendimiento Esperado del Portafolio Anual</b>		<b>8.849%</b>
<b>Ratio de Sharpe</b>		<b>0.27</b>

Tabla 5.18. Portafolio de Renta Variable – Fondo 3

La Figura 5.13 muestra la frontera eficiente obtenida mediante el modelo media varianza, asimismo, se presenta el portafolio de renta variable del Fondo 3 real y el portafolio de renta variable del Fondo 3 adaptado, al respecto, utilizando los portafolios óptimos obtenidos para el modelo de difusión puro con restricciones presentados en la Tabla 5.12, se obtuvo que el portafolio que se adapta mejor al portafolio de renta variable del Fondo 3 corresponde al portafolio de un inversionista con un coeficiente de aversión al riesgo igual a 2.5.

Al respecto, en la Figura 5.13 se ha colocado el portafolio óptimo del modelo de difusión puro y del modelo de difusión de saltos sin restricciones y con restricciones correspondientes para un coeficiente de aversión al riesgo igual a 2.5. Utilizando los resultados presentados en las Tablas 5.8 al 5.17, se aprecia que para un coeficiente de aversión al riesgo igual a 2.5, mediante los modelos sin restricciones, la inversión en el MSCI PERU ALL (Mercado Peruano) aumenta de 0.6325 en el modelo de difusión puro a 0.736 en el modelo de difusión de saltos, asimismo, la inversión en el MSCI EM IMI (Mercado Emergente) aumenta de 0.346 en el modelo de difusión puro a 0.369 en el modelo de difusión de saltos mientras que la inversión en el MSCI FM (Mercado Frontera) aumenta de -1.09 en el modelo de difusión puro a -0.99 en el modelo de difusión de saltos; por el contrario, la inversión en el MSCI WORLD IMI (Mercado Desarrollado) disminuye de -0.55 en el modelo de difusión puro a un valor de -0.62 en el modelo de difusión de saltos, finalmente, la inversión en el activo libre de riesgo disminuye de 1.66 en el modelo de difusión puro a 1.50 en el modelo de difusión de saltos. Considerando los modelos con restricciones, la inversión en el MSCI PERU ALL (Mercado Peruano) aumenta de 0.559 en el modelo de difusión puro a 0.657 en el modelo de difusión de saltos, asimismo, la inversión en el MSCI EM IMI (Mercado Emergente) aumenta de 0.145 en el modelo de difusión puro a 0.179 en el modelo de difusión de saltos, por el contrario, la inversión en el MSCI FM (Mercado Frontera) disminuye de 0.124 en el modelo de difusión puro a 0.114 en el modelo de difusión de saltos; asimismo, la inversión en el MSCI WORLD IMI (Mercado Desarrollado) también disminuye de 0.17 en el modelo de difusión puro a un valor de 0.04 en el modelo de difusión de saltos. Respecto al modelo media varianza con aversión al riesgo, la inversión en el MSCI PERU ALL es de 0.55, en el caso del MSCI WORLD IMI es de 0.169, en el MSCI EM IMI es de 0.145 mientras que en el MSCI FM es de 0.124.

Finalmente, en la Figura 5.13 se aprecia que los portafolios óptimos del modelo de difusión puro y del modelo de difusión de saltos sin restricciones están fuera de la frontera eficiente debido a que son modelos que consideran dentro de su composición inversión en el activo libre de riesgo, mientras que los portafolios óptimos del modelo de difusión puro y del modelo de difusión de

saltos con restricciones sí se encuentran dentro de la frontera eficiente, lo cual podría indicar una supuesta no optimalidad, no obstante, es necesario mencionar que el modelo de difusión puro y el modelo de difusión de saltos son modelos en tiempo continuo mientras que el modelo media varianza es un modelo en tiempo discreto, por lo que no es posible realizar simplemente una comparación en términos de rendimiento y riesgo, en vista de ello, Das y Uppal (2004) plantearon realizar la comparación de los modelos determinando el valor de la función de utilidad y utilizar como medida de comparación el cálculo del Costo del Equivalente de Certeza (CEQ).

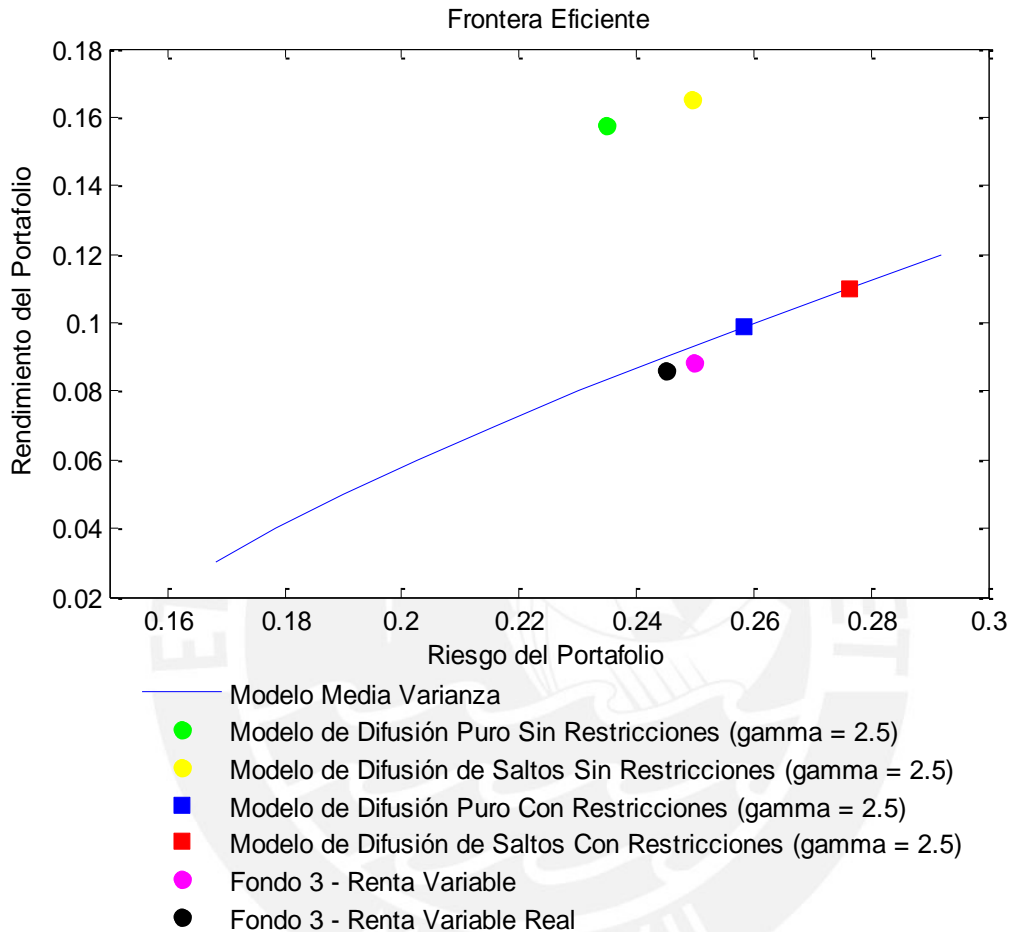


Figura 5.13. Frontera Eficiente

#### 5.4. Costo del Equivalente de Certeza (CEQ)

Se procederá a calcular el efecto de ignorar la presencia de saltos en los rendimientos de los activos y en la selección de portafolio en la Utilidad Esperada mediante la determinación del Costo de Equivalente de Certeza (CEQ) el cual mide la riqueza adicional que se necesita para incrementar la utilidad esperada de la riqueza bajo la estrategia subóptima hasta alcanzar la utilidad esperada de la riqueza bajo la estrategia óptima, es decir, el monto adicional que hace que la utilidad esperada bajo la estrategia subóptima sea igual a la utilidad esperada bajo la estrategia óptima, el CEQ se calculará para diversos horizontes de inversión y coeficientes de aversión al riesgo relativo para los portafolios óptimos con restricciones. Según la metodología planteada en el capítulo 4, para determinar el CEQ se utiliza los portafolios óptimos de cada modelo con restricciones obtenidos para cada nivel de aversión al riesgo y utilizando las expresiones (64) y (65) se procede a estimar el CEQ para diversos horizontes de inversión que van desde 30 días hasta 1250 días (5 años).

La Tabla 5.19 muestra el Equivalente de Certeza (CEQ) del Modelo de Difusión Puro con Restricciones respecto al Modelo de Difusión de Saltos con Restricciones mientras que la Tabla 5.20 muestra el Equivalente de Certeza (CEQ) del Modelo de Difusión Puro con Restricciones respecto al Modelo de Difusión de Saltos con Restricciones en Nuevos Soles, asimismo, las Figuras 5.14 y 5.15 muestran la relación entre la aversión al riesgo, el horizonte de inversión y el CEQ obtenidos de la Tabla 5.19, al respecto, se aprecia que el CEQ es mayor para valores de aversión al riesgo menores, se muestra que a medida que aumenta el horizonte de inversión el valor del CEQ también aumenta, por otro lado, a medida que aumenta la aversión al riesgo, el CEQ disminuye hasta un valor de aversión al riesgo de 7, luego aumenta hasta el valor de aversión al riesgo de 10. En esa misma línea, también se analizará los resultados de los portafolios de los modelos sin restricciones, al respecto, la Tabla 5.21 muestra el Equivalente de Certeza (CEQ) del Modelo de Difusión Puro sin Restricciones respecto al Modelo de Difusión de Saltos sin Restricciones mientras que la Tabla 5.22 muestra el CEQ en Nuevos Soles, asimismo, la Figura 5.16 muestra la relación entre la aversión al riesgo, el horizonte de inversión y el CEQ obtenidos en la Tabla 5.21, según ello, se aprecia que el CEQ es mayor cuando el horizonte de inversión es mayor, además el CEQ disminuye a medida que aumenta el coeficiente de aversión al riesgo.

Por lo tanto, el costo de no considerar los saltos en los rendimientos de los activos medido a través del CEQ aumenta en la medida que el horizonte de inversión aumente y el coeficiente de aversión al riesgo disminuya. De los resultados mostrados en las Tablas 5.19 y 5.20 que corresponden a los modelos con restricciones se aprecia que para un coeficiente de aversión al riesgo de 2, el CEQ es igual a 0.06% para un horizonte de inversión de 1 año y se incrementa a 0.3% para un horizonte de inversión de 5 años. Esto significa que para un inversionista con una riqueza inicial de S/. 10 000, el costo de ignorar los saltos aumenta de S/. 6 para un horizonte de inversión de 1 año a S/. 30 para un horizonte de inversión de 5 años, no obstante, según los resultados mostrados en las Tablas 5.21 y 5.22 que corresponden a los modelos sin restricciones se aprecia un efecto y costo mayor, por ejemplo, para una aversión al riesgo de 2, el CEQ es igual a 0.14% para un horizonte de inversión de 1 año y se incrementa a 0.73% para un horizonte de inversión de 5 años. Esto significa que para un inversionista con una riqueza inicial de S/. 10 000, el costo de ignorar los saltos aumenta de S/. 14.61 para un horizonte de inversión de 1 año a S/. 73.25 para un horizonte de inversión de 5 años.

Del mismo modo, respecto al modelo media-varianza, La Tabla 5.23 muestra el Equivalente de Certeza (CEQ) del Modelo Media-Varianza respecto al Modelo de Difusión de Saltos con Restricciones mientras que la Tabla 5.24 muestra el CEQ en Nuevos Soles, asimismo, las Figuras 5.17 y 5.18 muestran la relación entre la aversión al riesgo, el horizonte de inversión y el CEQ obtenidos de la Tabla 5.23, al respecto, se aprecia que el CEQ es mayor para mayores horizontes de inversión, asimismo el CEQ disminuyó a medida que aumentó el coeficiente de aversión al riesgo hasta llegar a 8, luego aumentó hasta llegar a 10. De los resultados mostrados en la Tabla 5.23 se aprecia que para un coeficiente de aversión al riesgo de 2, el CEQ es igual a 0.065% para un horizonte de inversión de 1 año y se incrementa a 0.33% para un horizonte de inversión de 5 años. Esto significa que para un inversionista con una riqueza inicial de S/. 10 000, el costo de ignorar los saltos aumenta de S/. 6.52 para un horizonte de inversión de 1 año a S/. 32.65 para un horizonte de inversión de 5 años, con ello se concluye que el costo de ignorar la presencia de los saltos en los rendimientos de los activos y en la selección de portafolio es ligeramente mayor utilizando el modelo media-varianza que el modelo de difusión puro, es decir, para igualar a la utilidad esperada de la riqueza bajo el modelo de difusión de saltos es necesario añadir un mayor monto de dinero al modelo media-varianza en comparación con el modelo de difusión puro, por ejemplo, como se mencionó, para un coeficiente de aversión de 2 y horizonte de inversión 5 años, el monto que se debe añadir o costo de ignorar es S/.32 en el modelo de difusión puro, mientras que en el modelo media-varianza el monto que se debe añadir es S/.30.

Como se mencionó, el portafolio que se adapta mejor al portafolio de renta variable del Fondo 3 corresponde al portafolio de un inversionista con un coeficiente de aversión al riesgo igual a 2.5, según ello, las Tablas 5.25 y 5.26 muestran la comparación del Equivalente de Certeza (CEQ) del

Modelo de Difusión Puro con Restricciones respecto al Modelo de Difusión de Saltos con Restricciones y del Modelo Media-Varianza respecto al Modelo de Difusión de Saltos con Restricciones para el coeficiente de aversión al riesgo de 2.5, asimismo se calculó el CEQ del Portafolio de Renta Variable del Fondo 3 respecto al Modelo de Difusión de Saltos con Restricciones, al respecto, se aprecia que en el caso del modelo de difusión puro respecto al modelo de difusión de saltos, el CEQ es igual a 0.05722% para un horizonte de inversión de 1 año y se incrementa a 0.286% para un horizonte de inversión de 5 años, lo cual implica que para una riqueza inicial de S/. 10 000, el costo de ignorar los saltos aumenta de S/. 5.722 para un horizonte de inversión de 1 año a S/. 28.642 para un horizonte de inversión de 5 años, asimismo, en el caso del modelo media-varianza, el CEQ es igual a 0.05709% para un horizonte de inversión de 1 año y se incrementa a 0.285% para un horizonte de inversión de 5 años, lo cual implica que para una riqueza inicial de S/. 10 000, el costo de ignorar los saltos aumenta de S/. 5.709 para un horizonte de inversión de 1 año a S/. 28.576 para un horizonte de inversión de 5 años, finalmente, en el caso del portafolio de renta variable del Fondo 3, el CEQ es a 0.624% para un horizonte de inversión de 1 año y se incrementa a 3.16% para un horizonte de inversión de 5 años, lo cual implica que para una riqueza inicial de S/. 10 000, el costo de ignorar los saltos aumenta de S/. 62.447 para un horizonte de inversión de 1 año a S/. 316.16 para un horizonte de inversión de 5 años, ello permite concluir que el costo de ignorar la presencia de los saltos en los rendimientos de los activos y en la selección de portafolio es mayor utilizando la composición del portafolio de renta variable del Fondo 3 seguido por el modelo de difusión puro y el modelo media-varianza, es decir, para igualar a la utilidad esperada de la riqueza bajo el modelo de difusión de saltos es necesario añadir un mayor monto de dinero a la inversión inicial del Fondo 3 en comparación con el modelo de difusión puro y con el modelo media-varianza, lo cual demuestra que con la composición actual del portafolio de renta variable del Fondo 3 la utilidad esperada es menor debido a que se ignora la presencia de los saltos en los rendimientos de los activos y en la selección de portafolio, en comparación con el modelo de difusión saltos que sí considera los saltos donde la Utilidad es mayor.

Aversión al Riesgo Relativo (Gamma)	Horizonte de Inversión (días)								
	30	60	90	120	250	500	750	1000	1250
2	0.0000720	0.0001440	0.0002160	0.0002880	0.0006001	0.0012005	0.0018013	0.0024024	0.0030039
<b>2.5</b>	<b>0.0000686</b>	<b>0.0001373</b>	<b>0.0002059</b>	<b>0.0002746</b>	<b>0.0005722</b>	<b>0.0011447</b>	<b>0.0017175</b>	<b>0.0022907</b>	<b>0.0028642</b>
3	0.0000522	0.0001044	0.0001566	0.0002087	0.0004349	0.0008701	0.0013054	0.0017409	0.0021766
4	0.0000125	0.0000249	0.0000374	0.0000499	0.0001039	0.0002078	0.0003117	0.0004156	0.0005195
5	0.0000134	0.0000268	0.0000402	0.0000537	0.0001118	0.0002236	0.0003354	0.0004472	0.0005590
6	0.0000060	0.0000121	0.0000181	0.0000242	0.0000504	0.0001008	0.0001511	0.0002015	0.0002519
7	0.0000027	0.0000054	0.0000081	0.0000107	0.0000224	0.0000448	0.0000671	0.0000895	0.0001119
8	0.0000064	0.0000127	0.0000191	0.0000254	0.0000529	0.0001059	0.0001589	0.0002118	0.0002648
9	0.0000165	0.0000330	0.0000495	0.0000660	0.0001376	0.0002752	0.0004129	0.0005505	0.0006882
10	0.0000331	0.0000662	0.0000993	0.0001324	0.0002759	0.0005518	0.0008278	0.0011039	0.0013801

Tabla 5.19. Equivalente de Certeza (CEQ) del Modelo de Difusión Puro respecto al Modelo de Difusión de Saltos con Restricciones

Aversión al Riesgo Relativo (Gamma)	Horizonte de Inversión (días)								
	30	60	90	120	250	500	750	1000	1250
2	0.720	1.440	2.160	2.880	6.001	12.005	18.013	24.024	30.039
<b>2.5</b>	<b>0.686</b>	<b>1.373</b>	<b>2.059</b>	<b>2.746</b>	<b>5.722</b>	<b>11.447</b>	<b>17.175</b>	<b>22.907</b>	<b>28.642</b>
3	0.522	1.044	1.566	2.087	4.349	8.701	13.054	17.409	21.766
4	0.125	0.249	0.374	0.499	1.039	2.078	3.117	4.156	5.195
5	0.134	0.268	0.402	0.537	1.118	2.236	3.354	4.472	5.590
6	0.060	0.121	0.181	0.242	0.504	1.008	1.511	2.015	2.519
7	0.027	0.054	0.081	0.107	0.224	0.448	0.671	0.895	1.119
8	0.064	0.127	0.191	0.254	0.529	1.059	1.589	2.118	2.648
9	0.165	0.330	0.495	0.660	1.376	2.752	4.129	5.505	6.882
10	0.331	0.662	0.993	1.324	2.759	5.518	8.278	11.039	13.801

Tabla 5.20. Equivalente de Certeza (CEQ) del Modelo de Difusión Puro respecto al Modelo de Difusión de Saltos con Restricciones en Nuevos Soles

Aversión al Riesgo Relativo (Gamma)	Horizonte de Inversión (días)								
	30	60	90	120	250	500	750	1000	1250
2	0.000175	0.000350	0.000526	0.000701	0.001461	0.002924	0.004389	0.005856	0.007325
<b>2.5</b>	<b>0.000140</b>	<b>0.000280</b>	<b>0.000421</b>	<b>0.000561</b>	<b>0.001169</b>	<b>0.002339</b>	<b>0.003510</b>	<b>0.004683</b>	<b>0.005857</b>
3	0.000117	0.000234	0.000350	0.000467	0.000974	0.001949	0.002924	0.003901	0.004879
4	0.000088	0.000175	0.000263	0.000351	0.000730	0.001461	0.002193	0.002925	0.003657
5	0.000070	0.000140	0.000210	0.000280	0.000584	0.001169	0.001754	0.002339	0.002925
6	0.000058	0.000117	0.000175	0.000234	0.000487	0.000974	0.001461	0.001949	0.002437
7	0.000050	0.000100	0.000150	0.000200	0.000417	0.000835	0.001253	0.001670	0.002089
8	0.000044	0.000088	0.000131	0.000175	0.000365	0.000731	0.001096	0.001462	0.001827
9	0.000039	0.000078	0.000117	0.000156	0.000325	0.000649	0.000974	0.001299	0.001624
10	0.000035	0.000070	0.000105	0.000140	0.000292	0.000584	0.000877	0.001169	0.001462

Tabla 5.21. Equivalente de Certeza (CEQ) del Modelo de Difusión Puro respecto al Modelo de Difusión de Saltos sin Restricciones

Aversión al Riesgo Relativo (Gamma)	Horizonte de Inversión (días)								
	30	60	90	120	250	500	750	1000	1250
2	1.752	3.504	5.256	7.009	14.607	29.236	43.886	58.557	73.250
<b>2.5</b>	<b>1.402</b>	<b>2.803</b>	<b>4.205</b>	<b>5.608</b>	<b>11.686</b>	<b>23.386</b>	<b>35.099</b>	<b>46.826</b>	<b>58.566</b>
3	1.168	2.336	3.505	4.673	9.738	19.486	29.243	39.010	48.787
4	0.876	1.752	2.629	3.505	7.304	14.613	21.927	29.247	36.572
5	0.701	1.402	2.103	2.804	5.843	11.690	17.539	23.393	29.249
6	0.584	1.168	1.753	2.337	4.869	9.741	14.615	19.491	24.370
7	0.501	1.002	1.502	2.003	4.174	8.349	12.526	16.705	20.886
8	0.438	0.876	1.315	1.753	3.652	7.305	10.960	14.616	18.273
9	0.389	0.779	1.168	1.558	3.246	6.493	9.742	12.991	16.241
10	0.351	0.701	1.052	1.402	2.922	5.844	8.767	11.691	14.616

Tabla 5.22. Equivalente de Certeza (CEQ) del Modelo de Difusión Puro respecto al Modelo de Difusión de Saltos sin Restricciones en Nuevos Soles

Aversión al Riesgo Relativo (Gamma)	Horizonte de Inversión (días)								
	30	60	90	120	250	500	750	1000	1250
2	0.0000782	0.0001564	0.0002345	0.0003127	0.0006517	0.0013037	0.0019562	0.0026092	0.0032625
<b>2.5</b>	<b>0.0000685</b>	<b>0.0001370</b>	<b>0.0002055</b>	<b>0.0002740</b>	<b>0.0005709</b>	<b>0.0011421</b>	<b>0.0017136</b>	<b>0.0022855</b>	<b>0.0028576</b>
3	0.0000521	0.0001042	0.0001563	0.0002085	0.0004343	0.0008689	0.0013036	0.0017385	0.0021736
4	0.0000125	0.0000250	0.0000374	0.0000499	0.0001040	0.0002081	0.0003121	0.0004162	0.0005202
5	0.0000135	0.0000269	0.0000404	0.0000538	0.0001122	0.0002244	0.0003366	0.0004488	0.0005611
6	0.0000068	0.0000136	0.0000204	0.0000272	0.0000566	0.0001132	0.0001698	0.0002264	0.0002830
7	0.0000017	0.0000034	0.0000051	0.0000068	0.0000142	0.0000284	0.0000425	0.0000567	0.0000709
8	0.0000001	0.0000003	0.0000004	0.0000006	0.0000012	0.0000024	0.0000036	0.0000048	0.0000060
9	0.0000022	0.0000045	0.0000067	0.0000089	0.0000186	0.0000372	0.0000557	0.0000743	0.0000929
10	0.0000083	0.0000165	0.0000248	0.0000330	0.0000688	0.0001376	0.0002065	0.0002753	0.0003442

Tabla 5.23. Equivalente de Certeza (CEQ) del Modelo Media Varianza respecto al Modelo de Difusión de Saltos con Restricciones

Aversión al Riesgo Relativo (Gamma)	Horizonte de Inversión (días)								
	30	60	90	120	250	500	750	1000	1250
2	0.782	1.564	2.345	3.127	6.517	13.037	19.562	26.092	32.625
<b>2.5</b>	<b>0.685</b>	<b>1.370</b>	<b>2.055</b>	<b>2.740</b>	<b>5.709</b>	<b>11.421</b>	<b>17.136</b>	<b>22.855</b>	<b>28.576</b>
3	0.521	1.042	1.563	2.085	4.343	8.689	13.036	17.385	21.736
4	0.125	0.250	0.374	0.499	1.040	2.081	3.121	4.162	5.202
5	0.135	0.269	0.404	0.538	1.122	2.244	3.366	4.488	5.611
6	0.068	0.136	0.204	0.272	0.566	1.132	1.698	2.264	2.830
7	0.017	0.034	0.051	0.068	0.142	0.284	0.425	0.567	0.709
8	0.001	0.003	0.004	0.006	0.012	0.024	0.036	0.048	0.060
9	0.022	0.045	0.067	0.089	0.186	0.372	0.557	0.743	0.929
10	0.083	0.165	0.248	0.330	0.688	1.376	2.065	2.753	3.442

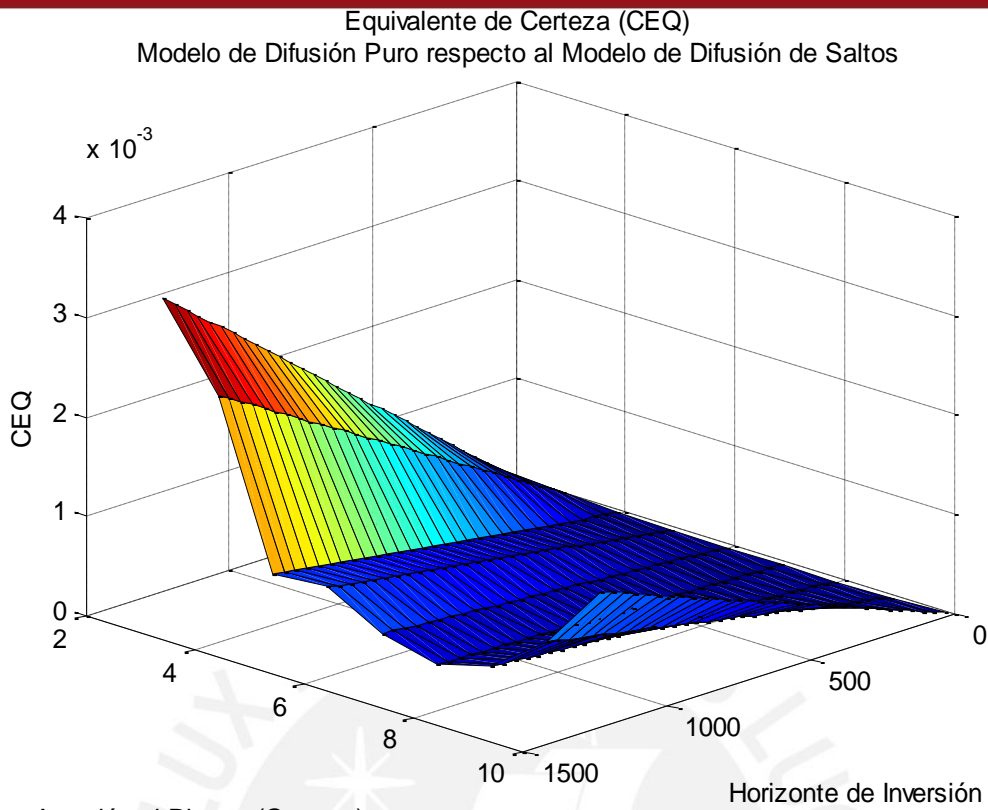
Tabla 5.24. Equivalente de Certeza (CEQ) del Modelo Media Varianza respecto al Modelo de Difusión de Saltos con Restricciones en Nuevos Soles

Aversión al Riesgo Relativo Gamma = 2.5	Horizonte de Inversión (días)								
	30	60	90	120	250	500	750	1000	1250
Modelo de Difusión Puro	0.0000686	0.0001373	0.0002059	0.0002746	0.0005722	0.0011447	0.0017175	0.0022907	0.0028642
Modelo Media Varianza	0.0000685	0.0001370	0.0002055	0.0002740	0.0005709	0.0011421	0.0017136	0.0022855	0.0028576
Fondo 3	0.0007473	0.0014952	0.0022436	0.0029926	0.0062447	0.0125285	0.0188515	0.0252139	0.0316161

Tabla 5.25. Comparación de Equivalente de Certeza (CEQ) respecto al Modelo de Difusión de Saltos

Aversión al Riesgo Relativo Gamma = 2.5	Horizonte de Inversión (días)								
	30	60	90	120	250	500	750	1000	1250
Modelo de Difusión Puro	0.686	1.373	2.059	2.746	5.722	11.447	17.175	22.907	28.642
Modelo Media Varianza	0.685	1.370	2.055	2.740	5.709	11.421	17.136	22.855	28.576
Fondo 3	7.473	14.952	22.436	29.926	62.447	125.285	188.515	252.139	316.161

Tabla 5.26. Comparación de Equivalente de Certeza (CEQ) respecto al Modelo de Difusión de Saltos en Nuevos Soles



Aversión al Riesgo (Gamma)  
Figura 5.14. CEQ Difusión Puro respecto Difusión de Saltos con Restricciones 3D

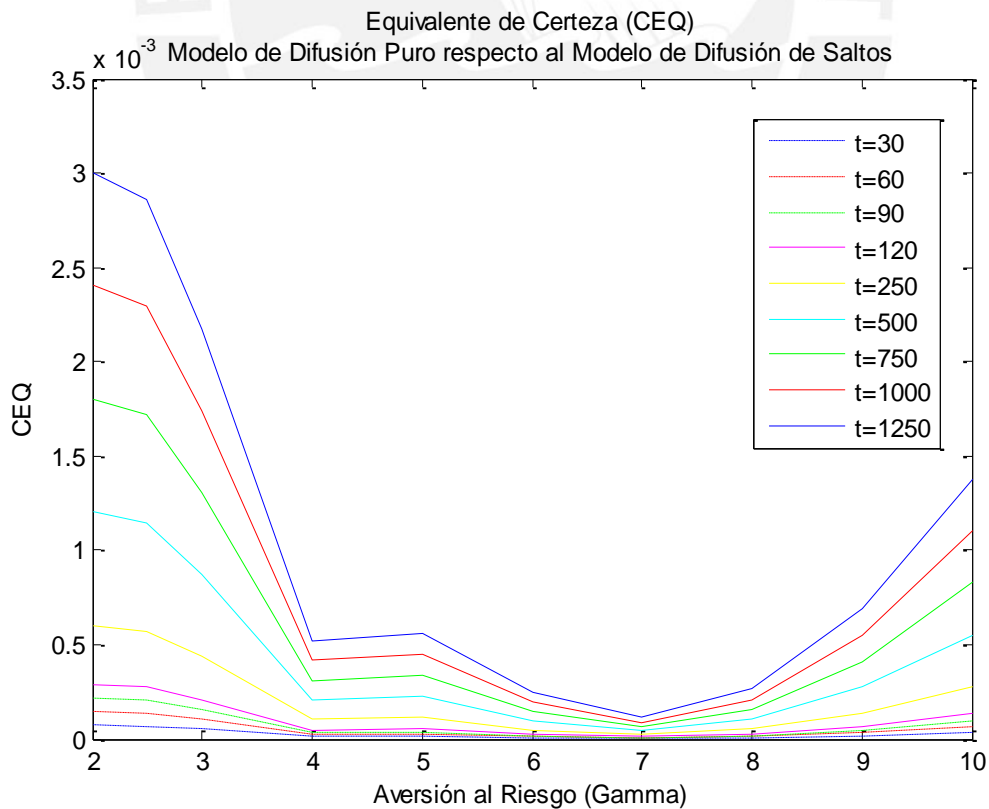


Figura 5.15. CEQ Difusión Puro respecto Difusión de Saltos con Restricciones

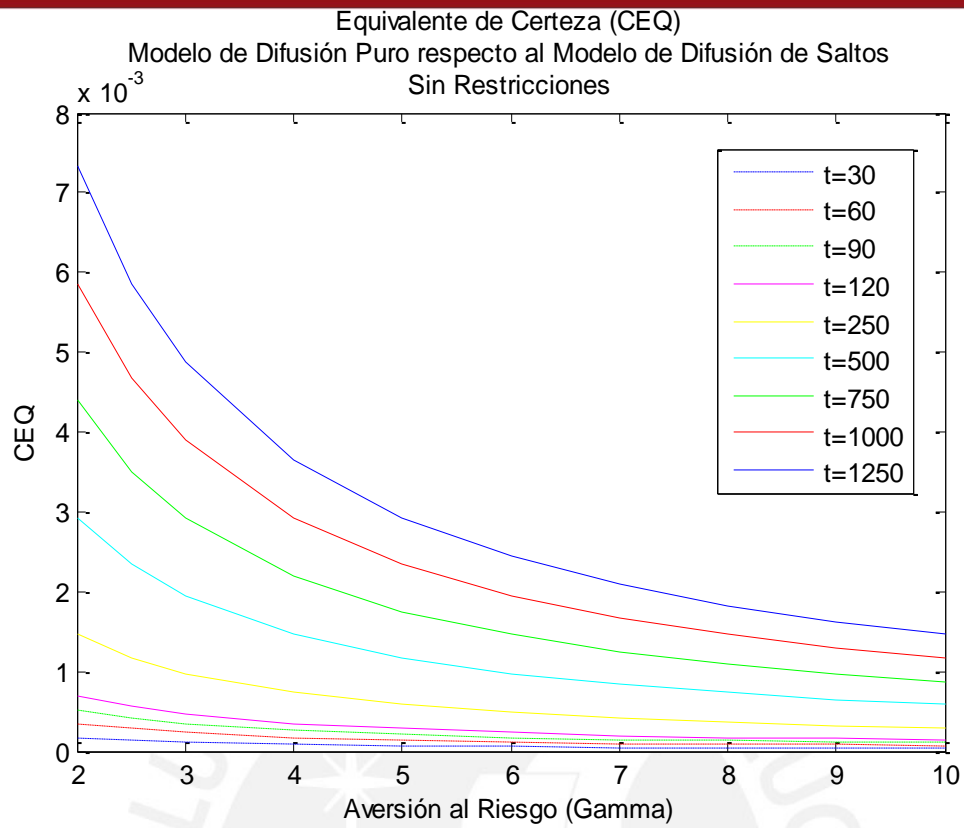


Figura 5.16. CEQ Difusión Puro respecto Difusión de Saltos sin Restricciones

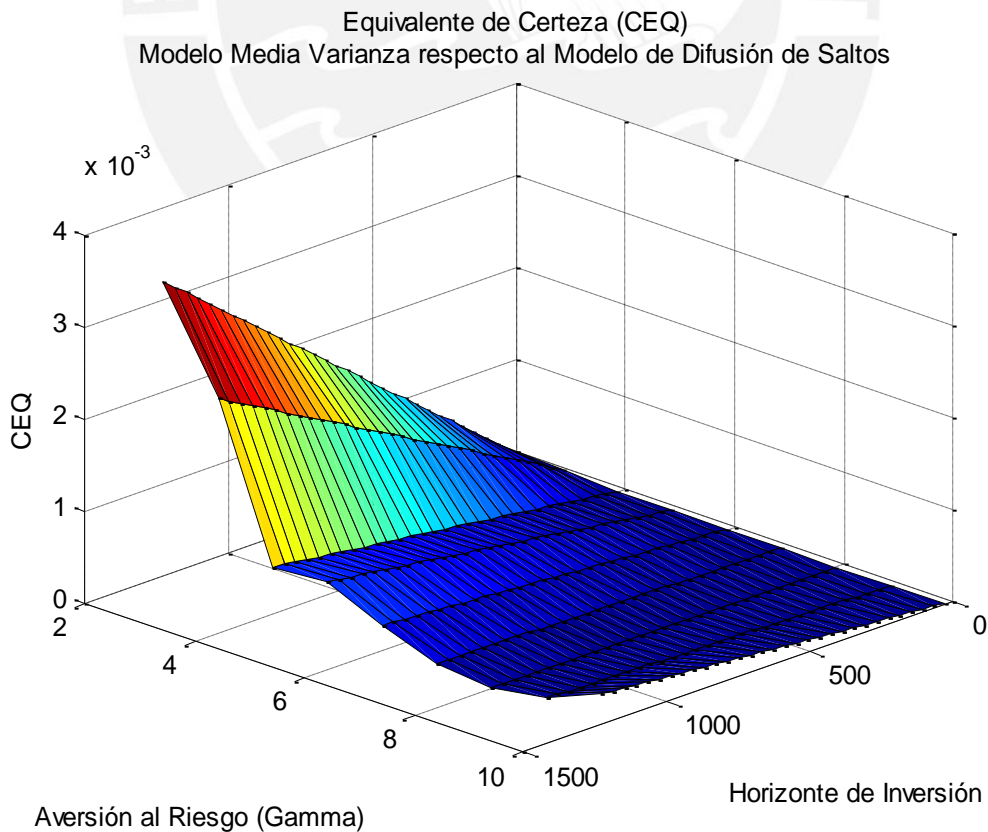


Figura 5.17. CEQ Media Varianza respecto Difusión de Saltos con Restricciones 3D

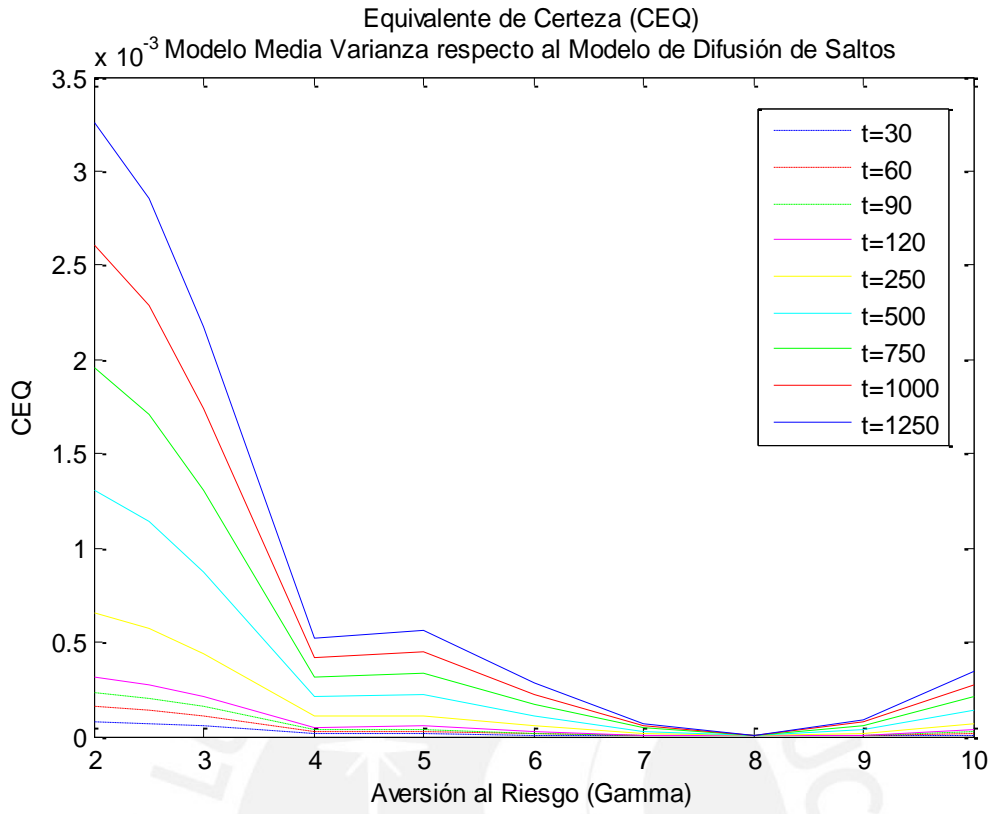


Figura 5.18. CEQ Media Varianza respecto Difusión de Saltos con Restricciones

## 6. Conclusiones

La presente investigación realizó una evaluación del impacto de los saltos en la selección del portafolio óptimo de un agente económico que administra el portafolio de renta variable del Fondo Tipo 3 de una AFP en el Perú. Para medir ese impacto se cuantificó el efecto de ignorar la presencia de saltos mediante el cálculo del Costo de Equivalente de Certeza (CEQ), el cual mide la inversión adicional necesaria para que la utilidad bajo la estrategia que no considera los saltos sea igual a la utilidad bajo la estrategia que sí considera los saltos.

En primer lugar, se demostró que la distribución normal no se ajusta a los rendimientos de los activos, tanto el gráfico Q-Q como el gráfico de distribución demostraron ello en la medida que la distribución normal no captura el pico central ni las colas anchas de la distribución de rendimiento de los activos reflejado por una curtosis elevada y por una asimetría negativa, por lo tanto, el supuesto de normalidad que se utiliza en el modelo de media-varianza no se estaría cumpliendo pues estaríamos subestimando los valores de rendimiento y generando un error en las estimaciones del portafolio.

Asimismo, respecto al modelo de difusión puro, se obtuvo que lo óptimo sería apalancarse en los dos activos con menor rendimiento y volatilidad con el objetivo de sobreponderar la posición en los otros activos con mayor rendimiento y volatilidad; y también sobreponderar la posición en el activo libre de riesgo, además, se obtuvo que entre los dos activos con posición corta el apalancamiento es mayor en el activo con el menor rendimiento y volatilidad. Se obtuvo que a medida que aumenta la aversión al riesgo se reduce el grado de apalancamiento en el portafolio.

Por otro lado, respecto al modelo de difusión de saltos, se obtuvo que lo óptimo sería apalancarse en los dos activos con menor rendimiento y volatilidad, y que además presenten las mayores amplitudes de salto, con el objetivo de sobreponderar la posición en los otros activos con mayor rendimiento y volatilidad, y menor amplitud de salto; y también sobreponderar la posición en el activo libre de riesgo, asimismo, se encontró que entre los dos activos con posición corta el apalancamiento es mayor en el activo con el menor rendimiento y volatilidad, y mayor amplitud de salto. Se encontró que el rendimiento del modelo de difusión de saltos es mayor cuando la amplitud del salto es más negativa, ello hace que el peso de un activo con una amplitud más negativa (menor amplitud del salto) sea mayor respecto a un activo con una amplitud menos negativa (mayor amplitud del salto). Además, también se obtuvo que a medida que aumenta la aversión al riesgo se reduce el grado de apalancamiento en el portafolio.

De esa misma manera, se demostró que si se considera la presencia de saltos sistémicos en el rendimiento de los activos se produce un cambio en la asignación de los activos dentro del portafolio además de intervenir en el grado de apalancamiento del portafolio. Se encontró que a medida que aumenta el grado de aversión al riesgo en el inversionista las diferencias entre los pesos de los activos en el modelo de difusión de salto y en el modelo de difusión puro se reducen, ello implica que mientras mayor sea la aversión al riesgo se reduce el efecto de los saltos en la asignación de los portafolios óptimos. Asimismo, se obtuvo que para menores valores de aversión al riesgo, el modelo de difusión de saltos, que sí reconoce los saltos a diferencia del modelo de difusión puro y del modelo media-varianza que no reconocen los saltos, asigna un mayor peso a activos con menor amplitud de salto mientras que para mayores valores de aversión al riesgo, asigna un mayor peso a activos con mayor amplitud del salto.

Finalmente, se obtuvo que el costo de no considerar los saltos en los rendimientos de los activos medido a través del Costo de Equivalente de Certeza (CEQ) aumenta en la medida que el horizonte de inversión aumente y el coeficiente de aversión al riesgo disminuya. Se demostró que el costo de ignorar la presencia de los saltos en los rendimientos de los activos y en la selección de portafolio es mayor utilizando la composición actual del portafolio de renta variable del Fondo 3 seguido por el modelo de difusión puro y el modelo media-varianza, es decir, para igualar a la

utilidad esperada de la riqueza bajo el modelo de difusión de saltos es necesario añadir un mayor monto de dinero al Fondo 3 en comparación con el modelo de difusión puro y con el modelo media-varianza, con lo cual se demostró que con la composición actual del portafolio de renta variable del Fondo 3 la utilidad esperada es menor debido a que se ignora la presencia de los saltos en los rendimientos de los activos y en la selección de portafolio, en comparación con el modelo de difusión saltos que sí considera los saltos donde la Utilidad es mayor.

Por lo tanto, en respuesta a la hipótesis planteada, se ha demostrado que los saltos impactan negativamente en la selección del portafolio óptimo y que el Fondo de Pensiones Tipo 3 es un agente económico que presenta cierto grado de aversión al riesgo el cual está asociado a un mayor valor del Costo de Equivalente de Certeza (CEQ).



## Bibliografía

- 1) Aït-Sahalia, Yacine & Brandt, Michael (2001). "Variable Selection for Portfolio Choice". *The Journal of Finance*. Vol. LVI, N° 4.
- 2) Aït-Sahalia, Yacine & Hurd, Thomas (2012). "Portfolio Choice in Markets with Contagion". Working Papers Series. Princeton University.
- 3) Aït-Sahalia, Yacine & Matthys, Felix (2014). "Robust Portfolio Optimization with Jumps". Working Paper. Princeton University.
- 4) Aït-Sahalia, Yacine (2004). "Disentangling diffusion from Jumps". *Journal of Financial Economics* 74, 487-528.
- 5) Aït-Sahalia, Yacine, Cacho-Díaz, Julio & Hurd, Thomas (2006). "Portfolio choice with a large number of assets: Jumps and diversification". Working Paper. Princeton University.
- 6) Aït-Sahalia, Yacine, Cacho-Díaz, Julio & Hurd, Thomas (2009). "Portfolio Choice with Jumps: A closed-form solution". *The Annals of Applied Probability* Vol.19, N°2, 556-584.
- 7) Aït-Sahalia, Yacine, Cacho-Díaz, Julio & Laeven, Roger (2012). "Modelling Financial Contagion Using Mutually Exciting Jump Processes". Princeton University.
- 8) Aït-Sahalia, Yacine, Cacho-Díaz, Julio & Laeven, Roger (2012). "Supplement to Modelling Financial Contagion Using Mutually Exciting Jump Processes". Princeton University.
- 9) Atterbury, Thomas (2003). "Learning How to Invest When Returns are Uncertain". Ph.D. in Business Economics Thesis. Harvard University.
- 10) Barndorff-Nielsen, Ole E. & Shephard, Neil (2003). "Impact of Jumps on returns and realised variances: econometric analysis of time-deformed Lévy processes"
- 11) Barndorff-Nielsen, Ole E. & Shephard, Neil (2006). "Measuring the impact of jumps in multivariate price processes using bipower covariation"
- 12) Barndorff-Nielsen, Ole E. & Shephard, Neil (2012). "Basics of Lévy Processes"
- 13) Bollerslev, Tim & Todorov, Victor (2011). "Estimation of Jump Tails". *Econometría*, Vol. 79, N° 6 (November 2011), 1727-1783.
- 14) Brandt, Michael W. (2010). "Portfolio Choice Problems". *Handbook of Financial Econometrics*.
- 15) Branger, N., Kraft, H. & Meinerding, C. (2013). "Partial Information about Contagion Risk, Self-Exciting Processes and Portfolio Optimization". Working Paper. Goethe University.
- 16) Cacho-Díaz, Julio (2007). "Identification and Inference of Jumps using Hedge Fund Returns". Princeton University.
- 17) Cacho-Díaz, Julio (2008). "Optimal Portfolio Choice with Jumps". Ph.D. Thesis. Princeton University.
- 18) Campbell, John & Luis M: Viceira (2004). "Long – Horizon Mean Variance Analysis"
- 19) Campbell, John Y., João Cocco, Francisco Gomes, Pascal J. Maenhout, and Luis M. Viceira. (2001). "Stock market mean reversion and the optimal equity allocation of a long-lived investor". *European Finance Review* 5(3): 269-292.
- 20) Campbell, John Y., Yeung Lewis Chan, and Luis M. Viceira. (2003). "A Multivariate Model of Strategic Asset Allocation". *Journal of Financial Economics* 67, N°. 1: 41-80.
- 21) Chacko, George & Luis M. Viceira (2003). "Spectral GMM estimation of Continuous-Time Processes". *Journal of Econometrics* 116 (2003) 259-292.
- 22) Chacko, George & Luis M. Viceira (2005). "Dynamic Consumption and Portfolio Choice with Stochastic Volatility in Incomplete Markets". *The Review of Financial Studies*, Vol. 18, No. 4 (Winter, 2005), pp. 1369-1402
- 23) Chávez-Bedoya, Luis & Birge, Jhon (2014). "Asset Allocation under Generalized Hyperbolic Distribution: Optimal Portfolios and Performance Measures"
- 24) Chávez-Bedoya, Luis & Birge, Jhon (2014). "Modeling Distribution Uncertainty in Active Portfolio Management"
- 25) Chávez-Bedoya, Luis & Birge, Jhon (2014). "Portfolio Optimization under generalized hyperbolic skewed t Distribution and exponential utility"
- 26) Chávez-Bedoya, Luis (2006). "Procesos de Lévy: Propiedades e Integración Estocástica". Tesis Magister en Matemáticas con Mención en Procesos Estocásticos. Escuela de Posgrado.

- Pontificia Universidad Católica del Perú.
- 27) Chávez-Bedoya, Luis (2011). "Portfolio Optimization under Generalized Hyperbolic Distribution of Returns and Exponential Utility". Ph.D. Thesis Industrial Engineering and Management Sciences. Northwestern University.
  - 28) Cont, Rama & Tankov, Peter (2004). "Financial Modelling with Jump Processes". Chapman & Hall/CRC Financial Mathematics Series.
  - 29) Cont, Rama (2001). "Empirical properties of asset returns: stylized facts and statistical issues". *Quantitative Finance* Volume1 (2001) 223-236.
  - 30) Cvitanic, J., Polimenis, V. & Zapatero, F. (2008). "Optimal Portfolio allocation with higher moments". *Annals of Finance*.
  - 31) Cvitanic, Jaksa & Karatsas, Ioannis (1992). "Convex Duality in Constrained Portfolio Optimization". *The Annals of Applied Probability*, Vol. 2, No. 4. (Nov., 1992), pp. 767-818.
  - 32) Cvitanic, Jaksa, Polimenis, Vassilis & Zapatero, Fernando (2011). "Optimal portfolio allocation with higher moments".
  - 33) Das, Sanjiv & Uppal, Raman (2004). "Systematic Risk and International Portfolio Choice". *The Journal of Finance*. Vol. LIX, N° 6. December 2004.
  - 34) Eraker, Bjorn, Johannes, Michael & Polson, Nicholas (2003). "The Impact of Jumps in Volatility and Returns". *The Journal of Finance*. Vol. LVIII, N° 3, June 2003.
  - 35) Ferreira Gomes, Francisco (2000). "Essays on Optimal Portfolio Choice". Ph.D. Thesis. Harvard University.
  - 36) Giesecke, Kay & Smelov, Dmitry (2013). "Exact Sampling of Jump Diffusion". *Operation Research* Vol.61, N° 4, July-August 2013, pp. 893-907.
  - 37) Glasserman, Paul & Xu, Xingbo (2011). "Portfolio Rebalancing Error with Jumps and Mean Reversion in Asset Prices". *Stochastic Systems* 2011, Vol.1, 1-37.
  - 38) Glasserman, Paul & Xu, Xingbo (2013). "Robust Portfolio Control with Stochastic Factor Dynamics". *Operation Research* Vol. 61, N° 4, July-August 2013, pp. 874-893
  - 39) Glasserman, Paul & Xu, Xingbo (2013). "Robust Risk Measurement and Model Risk". *Quantitative Finance* 2013.
  - 40) Hansen, Lars P. (2007). "Generalized Methods of Moments Estimation".
  - 41) Harvey, Campbell (2010). "Portfolio Selection with higher moments". *Quantitative Finance*. Vol.10, N° 5, May 2010, 469-485.
  - 42) Haugh, Martin & Jain, Ashish (2009). "The Dual Approach to Portfolio Evaluation: A Comparison of the Static, Myopic and Generalized Buy-and-Hold Strategies"
  - 43) Haugh, Martin & Kogan, Leonid (2008). "Duality Theory and Approximate Dynamic Programming for Pricing American Options and Portfolio Optimization"
  - 44) Haugh, Martin (2003). "Duality Theory and Simulation in Financial Engineering". *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*.
  - 45) Haugh, Martin, Kogan, Leonid & Wang, Jiang (2003). "Evaluating Portfolio Policies: A Duality Approach"
  - 46) Haugh, Martin, Kogan, Leonid & Wu, Zhen (2006). "Portfolio Optimization with Position Constraints: an Approximate Dynamic Programming Approach".
  - 47) Hu, Wenbo & Kercheval, Alec (2010). "Portfolio Optimization for student t and skewed t returns". *Quantitative Finance*, Vol.10, N° 1, January, 2010, 91-105.
  - 48) Hwan Sung, Chang (2006). "Application of Modern Control Theory in Portfolio Optimization". Ph.D. Thesis. Stanford University.
  - 49) Jain, Ashish (2007). "Essays on Volatility Derivatives and Portfolio Optimization". Ph.D. Thesis. Columbia University.
  - 50) Jin, Xing & Zhang, Allen (2012). "Ambiguity Aversion, Optimal Portfolio Choice and Market Decomposition with Rare Events"
  - 51) Jin, Xing & Zhang, Allen (2012). "Decomposition of Optimal Portfolio Weight in a Jump-Diffusion Model and Its Applications".
  - 52) Jin, Xing & Zhang, Kun (2013). "Dynamic optimal portfolio choice in a jump-diffusion model with investment constraints". *Journal of Banking & Finance* 37 (2013) 1733–1746
  - 53) Johannes, Michael (2004). "The Statistical and Economic Role of Jumps in Continuous-Time Interest Rate Models". *The Journal of Finance*. Vol. LIX, N° 1.

- 54) Jondeau, Eric & Rockinger, Michael (2006). "Optimal Portfolio Allocation under Higher Moments". *European Financial Management*, Vol. 12, No. 1, 2006, 29-55.
- 55) Jurek, Jakub & Luis M. Viceira (2010). "Optimal Value and Growth Tilts in Long-Horizon"
- 56) Kilic, Erden & Ulusoy, Veysel (2012). "Evaluation of International Transmission Processes: Financial Contagion"
- 57) Kladvivko, Kamil (2008). "The General Method of Moments (GMM) using MATLAB: The practical guide based on the CKLS interest rate model"
- 58) Labbé, Chantal (2004). "Contribution to the Theory of Constrained Portfolio Optimization". Ph.D. Thesis. University of Waterloo.
- 59) Le Courtois, Olivier & Menoncin, Francesco (2013). "Management of Pension Fund under Market Jump Risk"
- 60) Lim, Andrew (2005). "Mean Variance Hedging when there are Jumps". *Siam Journal of Control Optimization*. Vol. 44, No. 5, pp. 1893-1922.
- 61) Liu, Jun (2000). "Portfolio Selection in Stochastic Environments". Ph.D. Thesis Stanford University.
- 62) Liu, Jun, Longstaff, Francis & Pan, Jun (2003). "Dynamic Asset Allocation with Event Risk". *The Journal of Finance*. Vol. LVIII, N°1, Feb 2003.
- 63) Liu, Ming (2010). "Efficient Simulation in Financial Risk Management". Ph.D. Thesis Stanford University.
- 64) Luschgy, Harald & Pages, Gilles (2008). "Moment Estimates for Lévy Processes"
- 65) Madan, Dilip & Yen, Ju (2008). "Asset Allocation with Multivariate Non-Gaussian Returns" *Handbook in Operation Research and Management Sciences*.
- 66) Maenhout, Pascal (2000). "Essays on Portfolio Choice and Asset Pricing". Ph.D. Thesis. Harvard University
- 67) Markowitz, Harry (1952). "Portfolio Selection". *The Journal of Finance*, Vol. 7, No. 1. (Mar., 1952), pp. 77-91.
- 68) Matsuda, Kazuhisa (2005). "Introduction to the Mathematics of Lévy Processes"
- 69) Mendoza, Rodrigo (2014). "Eficiencia financiera en los portafolios de inversión de las AFP en el Perú: Un enfoque robusto de Multifondos"
- 70) Merton, Robert C. (1969). "Lifetime Portfolio Selection under Uncertainty: The Continuous-Time Case". *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 51, No. 3 (Aug., 1969), pp. 247-257.
- 71) Merton, Robert C. (1971). "Optimum Consumption and Portfolio Rules in a Continuous Time Model". *Journal of Economic Theory* 3, 373-413.
- 72) Moloche, Guillermo (2012). "Política Óptima de Inversiones de las AFPs: Implicancias del marco regulatorio y los esquemas de comisiones"
- 73) Papapantoleon, Antonis (2008). "An Introduction to Lévy Processes with Applications in Finance"
- 74) Penagos, Gabriel, Rubio, Gonzalo (2013). The Effects of Systemic Risk on the Allocation between Value and Growth Portfolios. *Journal of Mathematical Finance*, 2013, 3, 165-180
- 75) Purzitsky, Adam A. (2007). "Jump Diffusion Models in Empirical Asset Pricing". Ph.D. Thesis. Princeton University.
- 76) Reus, Lorenzo (2014). "Robust Portfolio Optimization with Applications in Currencies and Private Equity". Ph.D. Thesis. Princeton University.
- 77) Rivas-Llosa, Roddy & Camargo, Gonzalo (2002). "Eficiencia financiera de los límites de inversión para las AFP: una aplicación al caso peruano"
- 78) Sezgin, Orge & Korn, Ralf. "Continuous-time mean-variance portfolio optimization in a jump-diffusion market". *Decisions Economics and Finance* 34: 21-40.
- 79) Skiadas, Costis (2009). "Dynamic Portfolio Choice and Risk Aversion". *Handbook in Operation Research and Management Science*, Vol 15.
- 80) Solís Palomino, Diego Luis (2011). "Portafolio de acciones: aplicación de técnicas emergentes para su optimización". Tesis Título de Ingeniero Industrial. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- 81) Tankov, Peter & Voltchkova, Ekaterina (2009). "Jump-diffusion models: a practitioner's guide"

- 82) Todorov, Victor (2007). "Jump Processes in Finance: Modeling, Simulation, Inference and Pricing". Ph.D. Thesis. Duke University.
- 83) Torres, Jose Miguel (2007). "Essays in International Capital Markets". Ph.D. Thesis. Harvard University.
- 84) Watcher, Jessica (2000). "Essays in Financial Economics". Ph.D. Thesis. Harvard University.
- 85) Watcher, Jessica (2010). "Asset Allocation". Annual Reviews of Financial Economics 2:175-206, December 2010.
- 86) Wenjing Wuo & Chengming Xu (2004). "Optimal Portfolio Selection when stock prices follow a jump-diffusion processes". Mathematical Methods and Operations Research (2004) 60:485-496
- 87) White, Joshua S. (2003). "Three Essays on Portfolio Choice". Ph.D. Thesis. Harvard University.
- 88) Winkel, Matthias (2010). "Lévy Processes and Finance".
- 89) Wu, Liuren (2008). "Modeling Financial Security Returns Using Lévy Processes". Handbook in Operation Research and Management Sciences
- 90) Xu, Xingbo (2013). "Financial Portfolio Risk Management: Model Risk, Robustness and Rebalancing Error". Ph.D. Thesis. Columbia University.

