

OPTIMIZACIÓN DE UNA CARTERA DE INVERSIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES: EL CASO ESPAÑOL

Muñoz-Hernández, J. I. ^(P); Sánchez de la Nieta, A. A.; Contreras, J.; Bernal-Agustín, J. L.

Abstract

This article presents a model for investing in renewable energies in the framework of the Spanish electricity market in a way that risk is minimized for the investor while returns are maximized. The model outlined here is based on an economic model for calculating cash flows intended to obtain the internal rate of return (IRR) of the different energies being studied: wind, photovoltaic, mini hydro and thermo electrical. The IRRs obtained are considered the returns on investment, while their standard deviations are considered associated risks. In order to minimize risk, a comprehensive portfolio of investments is created that includes all off the available energies by means of a system of linear equations. The solution of the linear system is graphically checked using the efficient frontier method for the different financing options. Several case studies within the Renewable Energies Plan (PER is its Spanish abbreviation) that is in force in Spain in the period 2005-2010 are analysed in order to illustrate the method, as are other case studies using different types of financing, helping us to reach the pertinent conclusions.

Keywords: Optimisation of the investment portfolio, risk, renewable energies, efficient frontier

Resumen

Este artículo presenta un modelo de inversión en una cartera de energías renovables en el marco del mercado español de electricidad con el fin de minimizar el riesgo del inversor y maximizar su retorno. El modelo expuesto parte de un modelo económico de cálculo del flujo de caja para obtener la tasa interna de rentabilidad (TIR) de las distintas energías en estudio: eólica, fotovoltaica, minihidráulica y termoeléctricas. A las TIR obtenidas se las considera retornos de la inversión y a sus desviaciones típicas riesgos asociados. Con objeto de minimizar el riesgo se construye una cartera global de inversión con todas las energías disponibles mediante un sistema de ecuaciones lineal cuya solución se comprueba gráficamente a través del método de la frontera eficiente según las distintas opciones de financiación. Para ilustrar el método se analizan diversos casos de estudio dentro del Plan de Energías Renovables (PER) vigente en España en el periodo 2005-2010, así como también se analizan otros casos de estudio con diferentes financiaciones, dando lugar a las correspondientes conclusiones.

Palabras clave: Optimización de cartera de inversión, riesgo, energías renovables, frontera eficiente

1. Introducción

En un mundo marcado por el incesante incremento de demanda de todo tipo de energía y con unos precios de las materias primas, principalmente el petróleo, muy fluctuantes, se hace necesario usar modelos de decisión para la inversión en proyectos energéticos, más concretamente de energías renovables.

Para acometer un proyecto de inversión en energías renovables, que está sujeto a riesgos debido al precio del mercado eléctrico, los costes de inversión y los de operación, entre

otros (Roques y otros, 2006), se hace necesario blindarse contra dichos riesgos buscando a la vez la máxima rentabilidad posible. Una de las maneras de hacerlo consiste en la adopción de una cartera de inversión para diversificar riesgos. Habitualmente, una cartera de inversión del tipo financiero utiliza el método de la media-varianza (Awerbuch y otros, 2005) cuya aplicación a la inversión en energía eléctrica (Awerbuch, 2006) considerando los riesgos mencionados (Biewald y otros, 2003) y, en particular, considerando exclusivamente las energías renovables (Berger, 2003), ya ha sido objeto de estudio. En todas las referencias mencionadas se utiliza el método de media-varianza buscando maximizar el retorno de la inversión para un cierto nivel de riesgo, que se define como la desviación típica del retorno buscado de la inversión. El retorno de la inversión se suele hacer equivalente al valor esperado de los costes de inversión y operación, en cuyo caso se minimiza este valor.

2. Objetivos

El retorno de la inversión coincide con la TIR y el nivel de riesgo es el correspondiente a la desviación típica de dicha TIR. Una vez definidos el retorno y el riesgo se resuelve un sistema lineal de ecuaciones y se comprueba con el método de la frontera eficiente que se ha obtenido la cartera óptima. Posteriormente se realiza un análisis de sensibilidad, teniendo en cuenta la estocasticidad de los parámetros que definen el retorno de la inversión.

El trabajo presentado a continuación tiene como objeto: i) el desarrollo de los modelos económicos necesarios para estudiar cada tecnología, ii) la creación de una cartera de inversiones óptima compuesta por una serie de tecnologías renovables, y iii) el estudio mediante simulaciones del riesgo de inversión de cada tecnología y de todas en conjunto.

3. Metodología

Para minimizar el riesgo de una cartera de energías renovables previamente hay que valorar económicamente los distintos proyectos de energías renovables, para dicha valoración se desarrollan unos modelos económicos. Una vez valorados los proyectos económicamente se minimiza el riesgo de todos los proyectos de energías renovables en su conjunto formando una cartera de inversión de energías renovables.

3.1. Modelos económicos

El modelo económico se usa principalmente para obtener los flujos de caja futuros de cada año de vida de los proyectos de inversión. Para obtener los valores de los flujos de caja futuros hay que estudiar las normativas vigentes, los datos técnico-financieros, ingresos, costes, ayudas, etc. El cálculo de los flujos de caja futuros permite determinar una serie de parámetros de inversión que ayudan a la toma de decisiones en inversiones. El parámetro de inversión que se utiliza es la TIR.

Los modelos económicos permiten calcular los ingresos, costes de mantenimiento, créditos, amortización de las instalaciones, beneficio antes y después de impuestos, flujos de caja, etc.

El cálculo de los flujos de caja futuros es el más importante del modelo económico, puesto que a partir de los flujos de caja generados se obtienen los parámetros de decisión de la inversión.

3.2. Minimización del riesgo de una cartera de inversión

Habitualmente el riesgo se suele asociar a una cartera de valores determinada. Para el modelo de cartera que se estudia en este trabajo se considera a la TIR como la rentabilidad

y a la desviación típica de la misma como el riesgo asociado. Así pues, las distintas medidas del riesgo de la inversión están basadas en la desviación típica (σ) de la TIR.

Una vez que se tienen las dos medidas fundamentales, rentabilidad y riesgo, se debe conseguir la cartera que maximice la rentabilidad y minimice el riesgo a la vez, para ello se plantea un método de resolución a través de un sistema de ecuaciones cuya solución se puede validar gráficamente a través del método de frontera eficiente, utilizado principalmente en carteras de valores financieros.

Para poder resolver el problema de la cartera óptima hay que tener unos datos que permitan obtener puntos óptimos de la cartera tanto en rentabilidad como riesgo. Ello se realiza a partir del modelo económico descrito en la sección anterior. En las simulaciones realizadas se trabaja con distribuciones de variables de entrada y variables de salida del modelo económico. La más importante de las variables de salida del modelo económico es la TIR, la otra es el riesgo viene asociado a la TIR expresado como el valor de su volatilidad o desviación típica.

Método de obtención de la cartera de inversión a través del modelo de la frontera eficiente

En cuanto a la cartera, su composición está formada por un % de cada tecnología hasta completar el 100%. Esa cartera tiene asociadas una rentabilidad y un riesgo y sus valores dependen de los porcentajes de cada tecnología. A continuación se definen la rentabilidad y el riesgo para una cartera de energías renovables.

La TIR de la cartera conjunta y su riesgo asociado se definen como:

$$\overline{TIR}_{Cartera} = \omega_E \times \overline{TIR}_E + \omega_F \times \overline{TIR}_F + \omega_M \times \overline{TIR}_M + \omega_T \times \overline{TIR}_T; \quad (1)$$

ω_E = % de energía eólica en la cartera,

ω_F = % de energía fotovoltaica en la cartera,

ω_M = % de energía minihidráulica en la cartera,

ω_T = % de energía termoeléctrica en la cartera,

\overline{TIR}_E = rentabilidad media de la tecnología eólica,

\overline{TIR}_F = rentabilidad media de la tecnología fotovoltaica,

\overline{TIR}_M = rentabilidad media de la tecnología minihidráulica,

\overline{TIR}_T = rentabilidad media de la tecnología termoeléctrica.

Para obtener el riesgo de la cartera de una manera sencilla, se calcula a partir de la varianza como sigue:

$$\sigma_p^2 = (\omega_E \times \sigma_E + \omega_F \times \sigma_F + \omega_M \times \sigma_M + \omega_T \times \sigma_T)^2; \quad (2)$$

$$\sigma_p = \sqrt{\omega_E^2 \sigma_E^2 + \omega_F^2 \sigma_F^2 + \omega_M^2 \sigma_M^2 + \omega_T^2 \sigma_T^2 + 2\omega_E \omega_F \sigma_{EF} + 2\omega_E \omega_M \sigma_{EM} + 2\omega_E \omega_T \sigma_{ET} +} \quad (3)$$

$$+ 2\omega_F \omega_M \sigma_{FM} + 2\omega_F \omega_T \sigma_{FT} + 2\omega_M \omega_T \sigma_{MT};$$

σ_p = riesgo conjunto de la cartera,

σ_E = riesgo de la tecnología eólica,
 σ_F = riesgo de la tecnología fotovoltaica,
 σ_M = riesgo de la tecnología minihidráulica,
 σ_T = riesgo de la tecnología termoeléctrica,
 r_L = activo libre de riesgo (letras del tesoro).
 Por tanto, para i tecnologías se obtiene:

$$\overline{TIR}_{Cartora} = \sum_{j=1}^i \omega_j \times \overline{TIR}_j; j = 1, \dots, i, \quad (4)$$

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_{j=1}^i \omega_j^2 \sigma_j^2 + 2 \sum_{j=1}^{i-1} \sum_{h=j+1}^i \omega_j \omega_h \sigma_{jh}}. \quad (5)$$

\overline{TIR}_j = rentabilidad media de la tecnología j ,

ω_j = % de energía j en la cartera,

σ_j = riesgo de la tecnología j ,

σ_{jh} = $cov(j,h)$ = covarianza; i, j y h representan las tecnologías.

Para cualquier tipo de inversión es posible construir carteras con acciones y un activo libre de riesgo (letras del tesoro) y conformar con ellos una línea de cartera. De esta manera se puede elaborar un gráfico que contenga la frontera eficiente, constituida por las carteras formadas por cada acción individual y un activo libre de riesgo y agregar a ello otras dos carteras, la del mercado, que será tangente a la frontera y otra intermedia, denominada X. En la frontera eficiente se encuentran distintas carteras cuyos balances entre rentabilidad y riesgo no son posibles de discriminar como superiores o inferiores, pues dependen de la aversión al riesgo del inversor. Para visualizar todo esto se muestra la Figura 1, donde se comprueba que el óptimo es el punto tangente a la frontera; esa tangencia viene dada por el punto libre de riesgo, donde RP1 y RP2 son las variaciones en porcentajes de activo libre de riesgo y activo con riesgo.

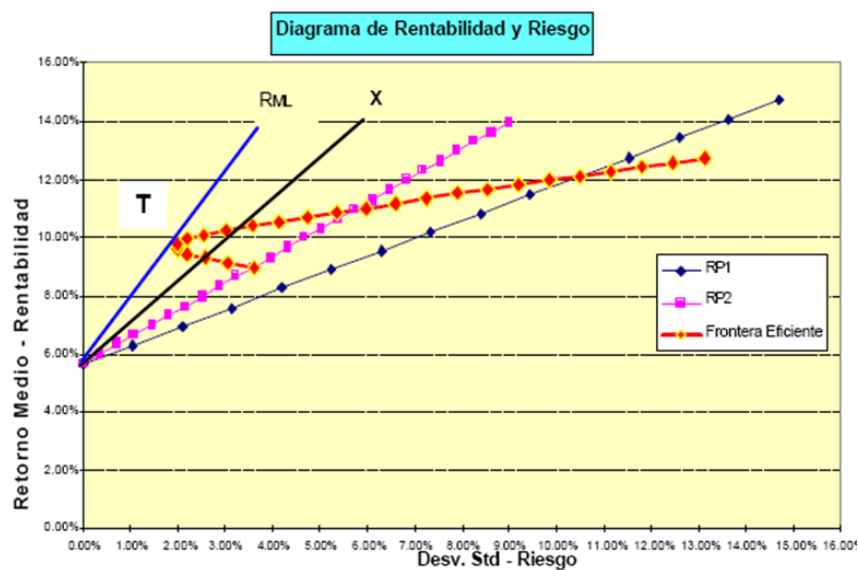


Figura 1. Diagrama de rentabilidad y riesgo.

Por lo tanto, se forman un par de familias de carteras, es decir, la familia RP1, que es un conjunto de carteras formado por un activo libre de riesgo y un activo con riesgo 1, y la familia RP2, que es un conjunto de carteras formado por un activo libre de riesgo y un activo con riesgo 2.

Como se observa en la Figura 1 se ha logrado la línea con la mayor pendiente y no es posible tener una línea superior. A esta línea que resulta ser la combinación de la cartera de acciones en el punto T y el activo libre de riesgo se le denomina línea de mercado. Queda por determinar el punto T, al que también se denomina retorno de mercado, porque representa la inversión más eficiente que el mercado puede seleccionar realizando un balance entre rentabilidad y riesgo. El punto T representa el porcentaje de acciones de cada tecnología cuya composición es la cartera que minimiza el riesgo y maximiza la rentabilidad simultáneamente. Para ello se traza una recta desde el activo libre de riesgo hasta el punto tangente entre la recta y la frontera eficiente. La recta que pasa por el activo libre de riesgo y el punto T (que coincide con la cartera óptima formada por activos de riesgo) es la recta con máxima pendiente.

Para obtener la máxima rentabilidad al mínimo riesgo hay que maximizar la pendiente de las rectas que pueden ser generadas por los distintos activos. La máxima pendiente de la recta que se forma viene dada por la pendiente de la recta del mercado (R_{ML}) se obtiene de la resolución del siguiente problema:

$$\left. \begin{aligned} \text{Max } m &= \left(\frac{\overline{TIR}_{Cartera} - r_L}{\sigma_p} \right) \\ \text{s. a. } \overline{TIR}_{Cartera} &\in \text{ frontera} \\ \sum_{i=1}^k \omega_i &= 1. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Escribiendo matricialmente la resolución del problema de optimización (6) se tiene:

$$\begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1k} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 & \dots & \sigma_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{k1} & \sigma_{k2} & \dots & \sigma_k^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ \vdots \\ Z_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{TIR}_1 - r_L \\ \overline{TIR}_2 - r_L \\ \vdots \\ \overline{TIR}_k - r_L \end{bmatrix} \quad (7)$$

Conocidos los valores de varianza y covarianzas por simulación, el procedimiento a seguir para el cálculo de la cartera óptima consiste en hallar los porcentajes de inversión, que son las incógnitas del sistema de ecuaciones (7), para las cuatro tecnologías renovables. Para ello se resuelve el sistema lineal que se formula a continuación:

$$\left. \begin{aligned} \text{(Tecnología 1)} \quad & \sigma_{11}^2 \omega_1 + \sigma_{12} \omega_2 + \sigma_{13} \omega_3 + \sigma_{14} \omega_4 = \overline{TIR}_1 - r_L, \\ \text{(Tecnología 2)} \quad & \sigma_{21} \omega_1 + \sigma_{22}^2 \omega_2 + \sigma_{23} \omega_3 + \sigma_{24} \omega_4 = \overline{TIR}_2 - r_L, \\ \text{(Tecnología 3)} \quad & \sigma_{31} \omega_1 + \sigma_{32} \omega_2 + \sigma_{33}^2 \omega_3 + \sigma_{34} \omega_4 = \overline{TIR}_3 - r_L, \\ \text{(Tecnología 4)} \quad & \sigma_{41} \omega_1 + \sigma_{42} \omega_2 + \sigma_{43} \omega_3 + \sigma_{44}^2 \omega_4 = \overline{TIR}_4 - r_L, \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

donde los subíndices 1, 2, 3 y 4 representan a la tecnología eólica, tecnología fotovoltaica, tecnología minihidráulica y tecnología termoeléctrica, respectivamente; r_L hace referencia a las letras del tesoro, con un 4% de rentabilidad y un riesgo $\sigma = 0\%$ y TIR_i hace referencia a la rentabilidad media obtenida con la tecnología i analizada con el modelo económico de la sección anterior.

Resuelto el sistema de ecuaciones (8) se obtienen los porcentajes de las distintas tecnologías que maximizan la rentabilidad y minimizan el riesgo y para obtener los porcentajes relativos se cambia de escala. Esta solución obtenida al resolver (8) expresa la solución única entre un mínimo nivel de riesgo y una máxima rentabilidad o TIR. Este concepto de solución única tiene un equivalente gráfico, es el punto tangente T a la frontera eficiente de la Figura 1.

Comprobación gráfica de la optimización de la cartera

Obtenidos los porcentajes de la familia de carteras, se debe hallar la $TIR_{Cartera}$ = rentabilidad de la cartera y σ_p = riesgo de la cartera para poder representar rentabilidad de la cartera frente a riesgo de la cartera. De esta forma se consigue trazar la frontera eficiente y comprobar que el punto tangente es el óptimo según las ecuaciones (1) y (3). Se representan a modo de ejemplo tres tipos de fronteras que se obtienen en los distintos casos simulados.

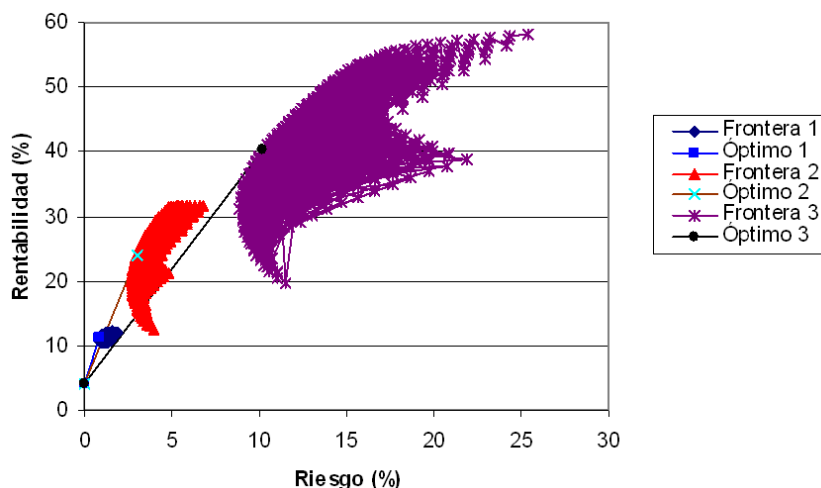


Figura 2. Comprobación gráfica de la optimización de la cartera y el punto tangente

4. Resultados

Los principales casos de estudio son: i) condiciones de financiación fijadas por el Plan de Energías Renovables 2005-2010 y ii) condiciones de financiación no fijadas por el Plan de Energías renovables 2005-2010. Todos los casos se estudian mediante simulaciones por medio de la herramienta informática @Risk© de Palisade Corporation.

Para simular los casos son necesarias unas variables de entrada y salida, definidas como funciones de distribución. Las variables de entrada son los costes de instalación, costes de mantenimiento, horas de funcionamiento, precio del mercado eléctrico, interés de financiación, tasa de descuento e inflación. Las variables de salida definidas son ingresos totales, costes de mantenimiento total, BAI total, BDI total, flujos de caja y TIR.

De las distribuciones de salida hay que seleccionar los parámetros que permiten optimizar la cartera según lo descrito en la sección anterior. De cada simulación se seleccionan el valor medio de la TIR y su desviación típica y los valores de las covarianzas cruzadas de las tecnologías.

Los casos de estudio además contemplan tres escenarios: optimista, normal y pesimista.

- Escenario optimista: se le denomina optimista porque el crecimiento del precio eléctrico es el máximo. En este caso es de un 20% de crecimiento anual. Este escenario optimista se da con tres grados de riesgo: alto, medio y bajo, cuyos valores de volatilidad de las variables de entrada son del 20%, 10% y 1%, respectivamente.
- Escenario normal: se llama normal porque el valor del crecimiento anual del precio eléctrico es del 4%, una cifra media de crecimiento del mercado eléctrico español. Se estudian los tres grados de riesgo anteriormente comentados.
- Escenario pesimista: se llama pesimista porque se estudia una de las peores posibilidades de evolución anual del precio eléctrico, un crecimiento de tan sólo el 0,5%. También contempla los tres casos de riesgo comentados anteriormente.

Resultados de la cartera óptima de inversiones según el PER 2005-2010

La financiación usada en el PER es la siguiente: tecnología eólica con un 80% de financiación ajena, tecnología fotovoltaica con un 100% de financiación propia, tecnología minihidráulica con un 80% de financiación ajena y tecnología termoeléctrica con un 100% de financiación propia. La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos, TIR y riesgo o desviación típica, para el caso de estudio con la financiación fijada por el PER.

Riesgo						
Escenarios	Alto		Medio		Bajo	
	TIR medio	D.T.	TIR medio	D.T.	TIR medio	D.T.
Optimista	20,51	2,82	20,04	1,27	20,71	0,14
Normal	13,62	2,48	13,16	1,09	13,06	0,11
Pesimista	12,96	2,38	12,90	1,06	12,85	0,11

Tabla 1. Resultados de TIR medio y desviación típica (riesgo) para el PER

Finalmente, la Figura 3 muestra el % de cada tecnología para el caso de financiación usada en el PER para el caso de escenario de precios eléctricos normal y riesgo medio.

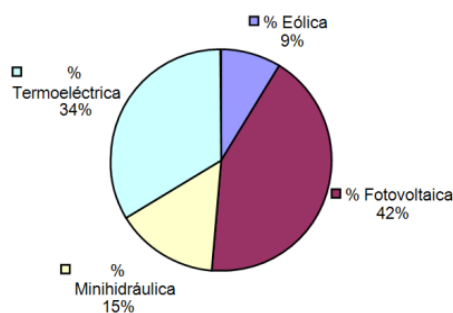


Figura 3. Composición de la cartera óptima, escenario normal y riesgo medio según la financiación del PER

Resultados de la cartera óptima de inversiones variando la financiación

También se han analizado otros casos no contemplados por el PER, modificando la financiación de las tecnologías, según distintos porcentajes de financiación (simultáneos para todas las tecnologías): 0, 20, 40, 60, 80 y 90%. La financiación ajena máxima se ha fijado en 90% ya que una financiación del 100% es difícil de conseguir, además los valores de TIR al 100% de financiación aumenta asintóticamente. Cada uno de esos seis casos de financiación contiene los tres escenarios de precios mencionados y los tres grados de riesgo o volatilidad. Por tanto, se estudian 6 posibles tipos de financiación (del 0 al 90%) por 9 casos de estudio (3 escenarios de precios por tres grados de volatilidad de las variables de entrada) dando un total de 54 simulaciones.

Los resultados globales obtenidos en función del grado de financiación ajena se presentan en la Figura 4, Figura 5 y Figura 6 donde se muestra la TIR frente al % de financiación ajena, el riesgo de las carteras frente al % de financiación ajena y el porcentaje de las tecnologías en las carteras respectivamente.

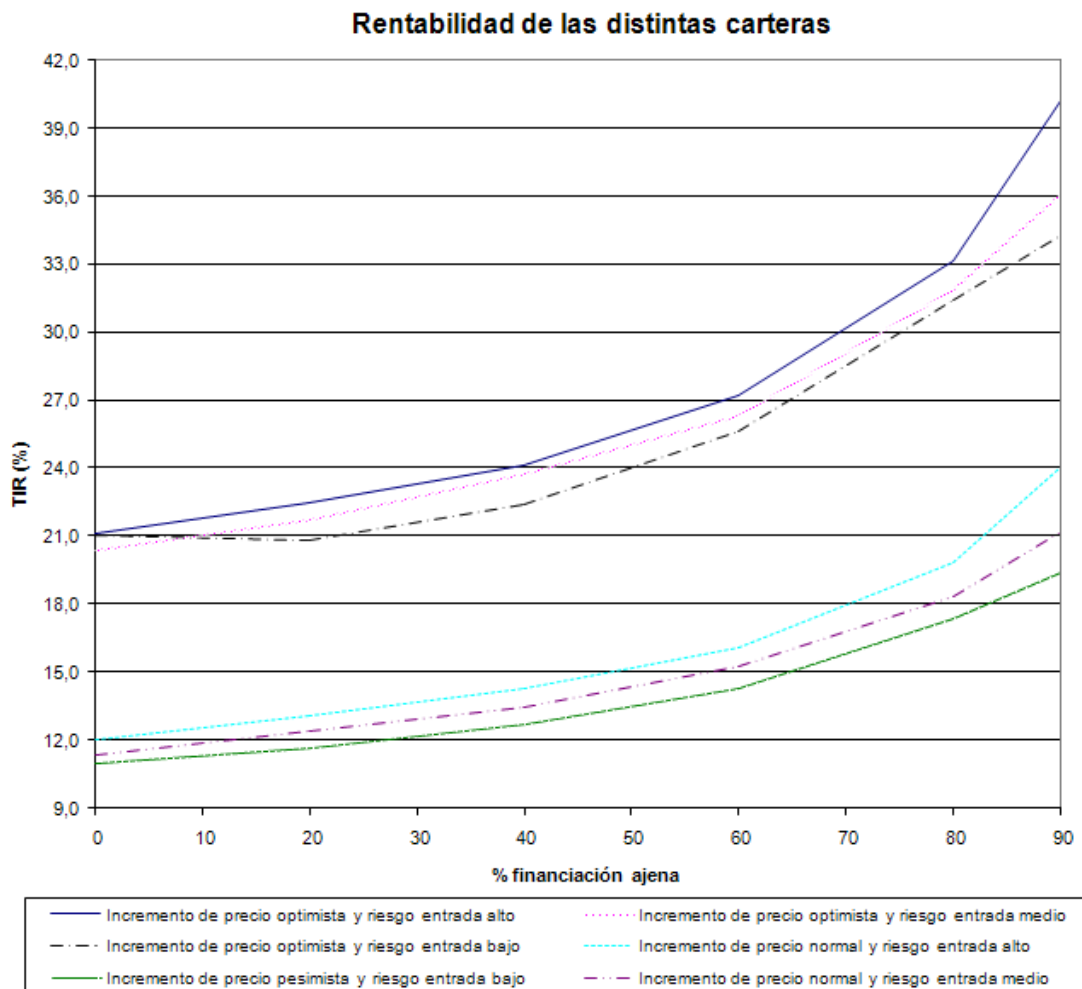


Figura 4. Rentabilidad de las carteras óptimas en función del grado de financiación

Riesgo de las distintas carteras

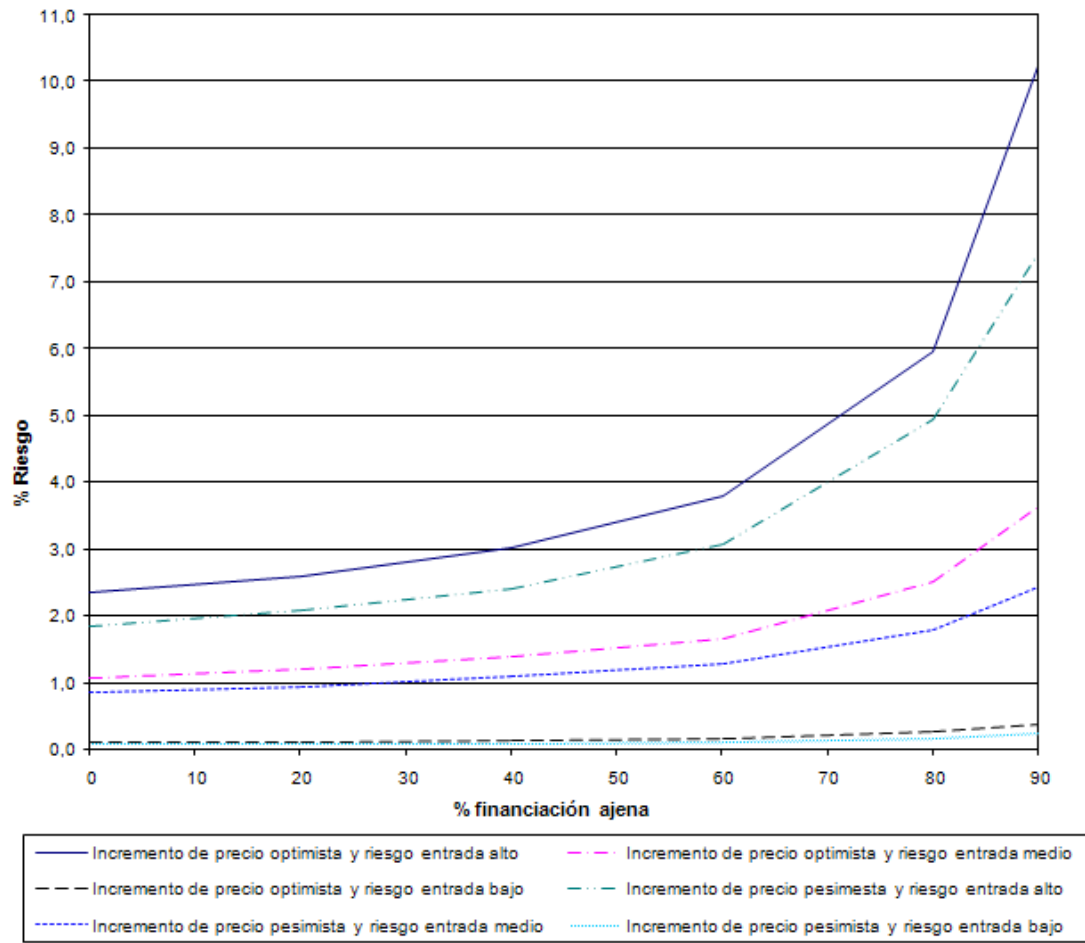


Figura 5. Riesgo de las carteras óptimas en función del grado de financiación

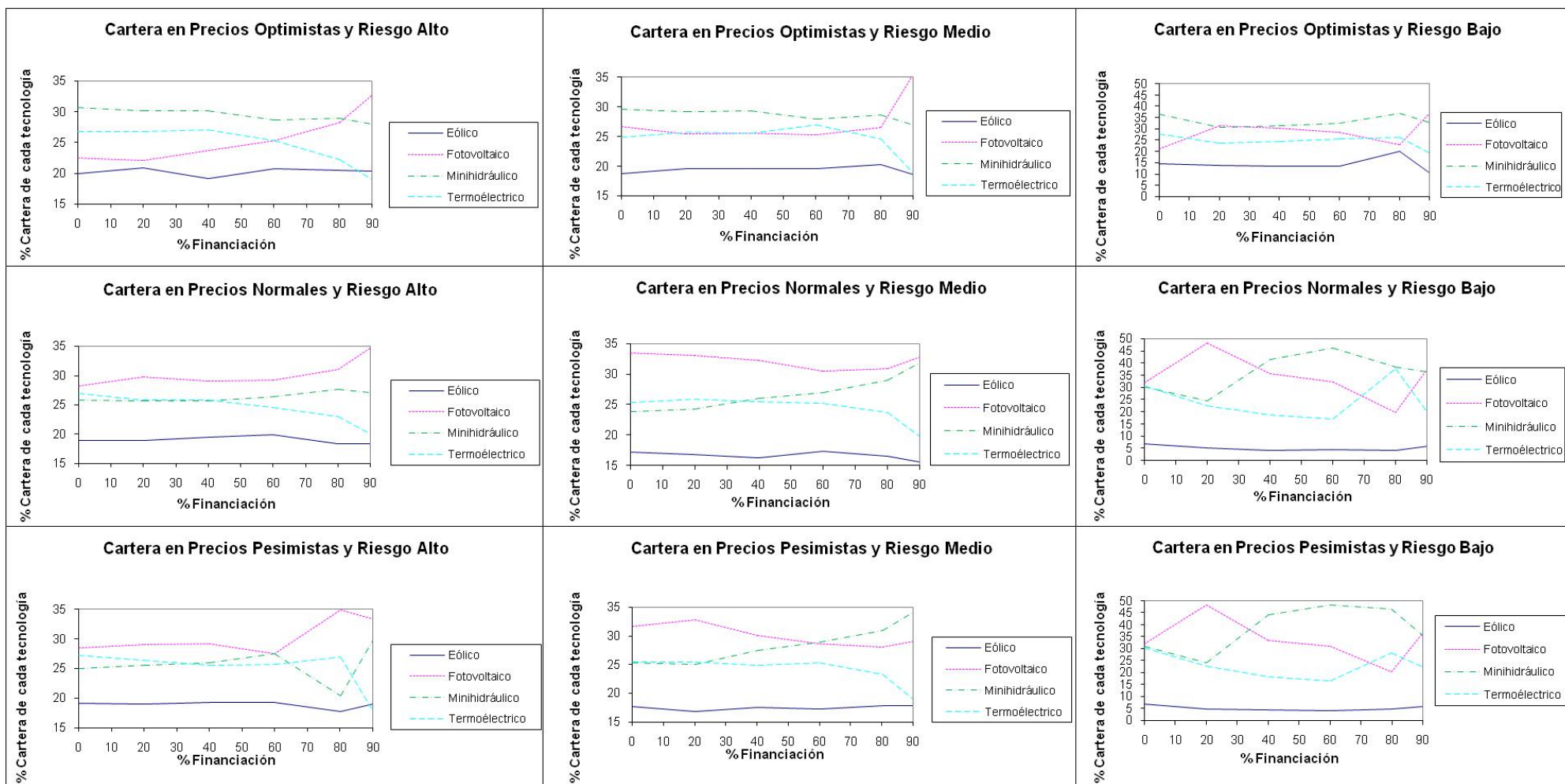


Figura 6. % de las tecnologías en las carteras óptimas para todos los escenarios de precios y riesgos

5. Conclusiones

En este trabajo se presenta un modelo de minimización del riesgo de inversión y de maximización del retorno de una cartera de tecnologías renovables. Las conclusiones más relevantes son las que siguen:

- El incremento de la financiación ajena provoca el aumento de rentabilidad en la cartera debido a la disminución de la inversión inicial y a que los flujos de caja de cada período son en su mayoría positivos, provocando un aumento elevado de la tasa interna de rentabilidad de cada tecnología renovable.
- Del análisis del riesgo de las carteras optimizadas se deduce que el aumento de la financiación ajena aumenta el riesgo de la cartera, debido al aumento de rentabilidad, es decir, "a mayor rentabilidad, mayor riesgo".
- Aquellas tecnologías que presentan menor riesgo y menor rentabilidad, la fotovoltaica y la termoeléctrica, aumentan su cuota en los escenarios más conservadores (riesgo bajo y precios pesimistas). Lo contrario ocurre con las otras dos tecnologías: eólica y minihidráulica, que aumentan en escenarios de alto riesgo y ganancias.
- En el caso de la tecnología eólica, el % de cartera aumenta con el riesgo de las variables de entrada y con el incremento del precio eléctrico, pues aumenta su rentabilidad con el riesgo.
- El riesgo de una cartera optimizada puede ser inferior al mínimo riesgo de las tecnologías, siempre y cuando las tecnologías estén correladas negativamente o el índice de correlación esté cercano a cero.

Referencias

- [1] Roques F.A., Nutall W.J. y Newbery D.M. Using probabilistic analysis to value power generation investments under uncertainty. University of Cambridge Electricity Policy Research Group Working paper EPRG0619, disponible en <http://www.electricitypolicy.org.uk/pubs/wp/eprg0619.pdf>, julio 2006.
- [2] Awerbuch S., Jansen J.C., Beurskens L. y Drennen T. The cost of geothermal energy in the Western US Region: A Portfolio-Based Approach, Sandia National Laboratories, SAND-2005-5173 Report, septiembre 2005.
- [3] Awerbuch S. Portfolio-based electricity generation planning: policy implications for renewables and energy security. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 2006; 11(3): 693-710.
- [4] Biewald B., Wolf T., Roschelle A. y Steinhurst W. Risk Management of the Electricity Portfolio. Montpellier VT: Regulatory Assistance Project, disponible en <http://www.raonline.org/Pubs/IssueLtr/RAP2003-12.pdf>.
- [5] Berger M. Portfolio Analysis of EU Electricity Generating Mixes and its Implications for Renewables. PhD Dissertation. Technischen Universität Wien, Viena, Austria, marzo 2003.
- [6] Modelling Risks of Renewable Energy Investments. Report from the team of the Project Deriving Optimal Promotion Strategies for Increasing the Share of RES-E in a Dynamic European Electricity Market, Green-X, V Framework Programme of the European Commission, disponible en <http://www.green-x.at>, julio 2004.
- [7] Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético, <http://www.idae.es>.

[8] Real Decreto 661/2007 de 25 de mayo por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. Disponible en www.boe.es/boe/dias/2007/05/26/pdfs/A22846-22886.pdf (en español).

[9] Real Decreto 1578/2008 de 26 de septiembre de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología. Disponible en <http://www.boe.es/boe/dias/2008/09/27/pdfs/A39117-39125.pdf> (en español).

[10] Bravo Orellana S. Determinación de portafolios de activos financieros, la frontera eficiente y la línea de Mercado. Artículo disponible en www.esan.edu.pe/paginas/extras/Paper1.pdf.

[11] @RISK®, Risk Analysis and Simulation Add-In for Microsoft Excel®, Palisade Corporation, 2005.

[12] Operador del Mercado Ibérico de Energía – Polo Español, S.A. (OMEL), <http://www.omel.es>.

Correspondencia

José Ignacio Muñoz Hernández
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Ciudad Real - Área de proyectos.
Avenida Camilo José Cela, s/n.
13071 CIUDAD REAL.
Teléfono: 926 295 248.
Email: joseignacio.munoz@uclm.es