

**ANÁLISIS DE RENTABILIDAD Y RIESGO DE UN
PORTAFOLIO DE INVERSIÓN, APLICANDO EL MODELO
DE HARRY MARKOWITZ**

Daniel Nicolás Rojas Gómez

UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA



FACULTAD DE ECONOMIA

ECONOMIA

BOGOTÁ

2022

Tabla de contenido

Resumen	3
1. Introducción	4
Planteamiento del problema.....	4
Pregunta problema	5
Justificación	5
Objetivos	6
Objetivo general	6
Objetivos específicos.....	6
Planteamiento de la hipótesis.....	6
2. Marco teórico	7
3. Marco metodológico	13
Procedimiento	16
4. Resultados	21
Portafolio con máxima rentabilidad.....	21
Portafolio con mínimo riesgo	22
5. Conclusiones	24
6. Referencias	25

Resumen

Todo inversionista quiere aumentar sus beneficios, por lo que buscan la manera de tener un portafolio optimo que dé un buen retorno de capital. Para obtener mas rentabilidad, deben estar dispuestos a invertir en activos que sean mas riesgosos como lo son las empresas del sector petrolero ya que este sector es muy sensible a eventos macroeconómicos.

El objetivo de este documento es determinar qué tan rentable es un portafolio de 5 activos del sector petrolero optimizado con el modelo de Harry Markowitz. Con este fin, la pregunta de investigación es la siguiente: bajo un portafolio de 5 activos petroleros ¿Cuál es el portafolio de máxima rentabilidad y mínimo riesgo optimizado con el modelo de Markowitz?

La pregunta de investigación se responde a través de la recolección de datos históricos de las 5 empresas (Shell, Petrobras, Exxon, Ecopetrol y Chevron) que cotizan en la NYSE entre los periodos 2014-2019, se escogió este periodo ya que por un lado es reciente y por otro lado no tiene en cuenta la crisis de la pandemia del COVID-19 ni la crisis financiera del 2008 ya que estas crisis distorsionaron el mercado de petróleo y no se podría ver un comportamiento normal del portafolio elegido. Igualmente, se usan herramientas como Solver de Excel para elaborar la matriz de Markowitz, la matriz de correlación y covarianza ya que son importantes para el análisis final del portafolio optimizado.

Finalmente, se evidencia que un portafolio basado solamente en activos del sector petrolero no es viable para el inversionista ya que no es diversificable y no presenta una alta correlación entre sus activos, igualmente, al maximizar el rendimiento del portafolio se evidencia que su rentabilidad sigue siendo muy baja respecto al riesgo que se está tomando,

por lo que se recomienda buscar activos de otros sectores para así diversificar el portafolio y también minimizar el riesgo.

1. Introducción

Hay muchos métodos para optimizar un portafolios de inversión, uno de ellos es el modelo de Markowitz, que representó un antes y un después para el mundo de las inversiones, cuyo modelo se enfocaba a la rentabilidad y al riesgo de un portafolios, sobre todo tuvo en cuenta un efecto reductor que tuvo en el riesgo.

Fue gracias a este modelo complejo, que en la actualidad muchos inversores usan modelos o estrategias que se crearon teniendo en cuenta el modelo de Markowitz como base, por lo que es importante analizar dicho modelo y en qué consiste, mediante su metodología. Usando un portafolio de cinco empresas petroleras (Shell, Petrobras, Exxon, Ecopetrol y Chevron) que cotizan en la bolsa de New York (NYSE) para determinar la rentabilidad de dichas acciones y cuales representan un menor riesgo.

Esto con el motivo de evidenciar si este portafolio basado solo en 5 empresas del sector petrolero es rentable y qué riesgo representa, teniendo en cuenta la volatilidad de dichas acciones y su varianza para un correcto análisis de inversión, por ende, cual es mejor invertir para obtener los máximos beneficios posibles, igualmente, se analiza cuanto es el porcentaje de inversión para cada activo.

Planteamiento del problema

Las acciones que se negocian alrededor del mundo tienden a comportarse de manera distinta de acuerdo a su sensibilidad ante eventos externos e internos, por lo que pueden presentar mayor volatilidad que otros activos financieros y por ende mayor riesgo.

Por eso es importante analizar la volatilidad de las acciones para poder tomar una decisión, en las inversiones y en el mercado bursátil, el sector petrolero es bien conocido por su alta sensibilidad en los precios, a la incertidumbre entre accionistas y alta volatilidad de precios de acciones gracias a eventos macroeconómicos, sin embargo, también es conocido por generar altos niveles de rentabilidad, sin embargo hay inversionistas que aún no saben cómo invertir o también como optimizar su portafolios para obtener mayores beneficios, ya que no cuentan con las técnicas o el conocimiento suficiente para practicar estos métodos.

En este trabajo, se toma un portafolio de 5 empresas petroleras (Shell, Exxon, Chevron, Petrobras y Ecopetrol) con el objetivo de optimizar dicha cartera maximizando rentabilidad con el mínimo riesgo posible con el modelo de Markowitz, para evidenciar si optimizando dicha cartera puede representar una buena rentabilidad a pesar de su alta volatilidad, riesgo y sensibilidad a eventos macroeconómicos.

Pregunta problema

Bajo un portafolio de 5 activos petroleros ¿Cuál es el portafolio de máxima rentabilidad y mínimo riesgo optimizado con el modelo de Markowitz?

Justificación

El presente trabajo tiene la intención de analizar la rentabilidad de un portafolio de acciones que presentan alta volatilidad y riesgo en lo que se refiere al modelo de Harry Markowitz para el análisis de la NYSE y los indicadores que son relevantes al momento de determinar la viabilidad o rentabilidades de un portafolio de acciones de empresas petroleras. En concordancia con lo anteriormente mencionado se hizo una selección de cinco empresas las cuales son Shell, Chevron, Exxon, Petrobras y Ecopetrol. Para servir de guía para los

accionistas si resulta rentable invertir en un portafolio que es muy sensible a eventos macroeconómicos, presenta una alta volatilidad y varianza en el precio de sus acciones, tomando como bolsa principal la NYSE. Se incluye en este análisis las conclusiones de las empresas que son más viables al momento de invertir en acciones, así como las que más riesgo representa y cuanto capital se le podría atribuir a cada empresa dependiendo del nivel de rentabilidad y riesgo.

Objetivos

Objetivo general

Analizar a partir del Modelo de Harry Markowitz el portafolio de cinco empresas del sector petrolero y determinar la rentabilidad y el nivel de riesgo de su inversión.

Objetivos específicos

- Recolectar los registros accionarios históricos de las empresas para las diferentes variables de interés a la hora de determinar la rentabilidad de dicho portafolio.
- Elaborar la matriz de Markowitz y las variables como volatilidad, la rentabilidad, el coeficiente de correlación y la covarianza.
- Analizar las variables del portafolio de las empresas con mayor rentabilidad al momento de invertir, basados en los datos de la matriz de Markowitz y los indicadores del portafolio.

Planteamiento de la hipótesis

Las empresas petroleras dependen de muchos eventos macroeconómicos que puedan ocurrir, “esto conlleva a que los inversionistas sientan incertidumbre cada vez que algún acontecimiento mundial pase, puesto que el petróleo es el principal combustible mundial y

lo será hasta posiblemente el año 2040” OPEP (2017). Al ser la principal fuente de energía mundial, hace que el precio del petróleo sea muy sensible, cuando hay crisis, el precio del petróleo cae, cuando hay reactivación, el precio del petróleo sube, y esto ocasiona que los inversionistas sientan un riesgo mayor al invertir en estas empresas petroleras pero igualmente al ser tan volátil la actividad bursátil de este sector, por lo que para un inversionista sería factible invertir en empresas que pertenecen al sector petrolero, sobre todo para los que son adversos al riesgo ya que les representaría grandes beneficio. Igualmente, invertir en estas empresas resulta mucho más rentable que invertir en otros sectores menos riesgosos, dado que su varianza es mayor, el margen de la acción es más grande por lo que puede representar o grandes pérdidas para el inversionista o grandes beneficios.

2. Marco teórico

Se hallaron diversas fuentes de información que podrían servir de soporte para el documento, empezando con diversas investigaciones sobre el modelo de Markowitz y sobre la importancia de este modelo en los portafolios. Igualmente se tiene en cuenta el análisis de las 5 empresas del portafolio pasando por la influencia de diversas crisis económicas como la del 2008 o la del 2020 y cómo influyeron al sector petrolero.

Franco, Avendaño y Barbutín (2010) presentaron una investigación en donde exponen el modelo de Markowitz y el modelo de Black-Litterman. Por un lado, analizan que el modelo de Markowitz presenta un fundamento muy importante para los inversionistas contemporáneos y ha sentado las bases de los modelos actuales, sin embargo, presenta fallas en su aplicación y es por esto que se estudia el modelo Black-Litterman, que presenta algunas características para contrarrestar los defectos que el modelo de Markowitz tiene y finalmente maximizar el rendimiento del portafolio del inversor. Como inversor, es fundamental saber

qué falencias tiene el modelo que se va a trabajar, es cierto que presenta falencias de las cuales se pueden corregir con modelos más actuales, sin embargo, es muy importante trabajar un portafolios de inversión a partir del modelo base que asentó los siguientes modelos para la optimización de portafolios. Asimismo, es importante analizar después de optimizar el portafolios de las 5 empresas petroleras, qué falencias tuvo el modelo y cómo se podrían contrarrestar o minimizar.

Mendizábal, Miera y Zubia (2002) llevaron a cabo una investigación en donde se presenta la gestión de carteras con el modelo de Markowitz, en donde se evidencia que efectivamente ha habido casos en donde el modelo de Markowitz presenta limitaciones en la práctica, sin embargo, se presenta un estudio en donde se evidencia que el modelo si puede responder ante casos prácticos y puede dar respuestas más acertadas sobre maximizar la rentabilidad y minimizar el riesgo, tanto así que puede presentar un mejor resultado que una cartera presentada por los índices IBEX-35 e IBGM. Lo que es importante porque a pesar de que el modelo de Markowitz si presenta limitaciones en la práctica, y que por eso se han creado varios modelos para contrarrestar dichas limitaciones, el modelo de Markowitz es la base y se demuestra que hasta la actualidad se puede seguir usando en la práctica porque puede presentar un óptimo portafolio para un inversor maximizando su rentabilidad y minimizando su riesgo.

García (2016) llevó a cabo una investigación en donde se valorará el precio como variable principal, manteniendo las demás constantes, en un hipotético campo petrolero maduro para tomar la mejor decisión como inversionista, teniendo en cuenta la volatilidad que el precio puede tener ante eventos macroeconómicos y su influencia. El estudio tuvo una metodología en donde se usó el modelo discreto Cox, Ross y Rubstein de árbol binomial con unas condiciones y restricciones dadas al modelo. Asimismo, dicho modelo arrojó que es

importante utilizar diferentes estrategias a la hora de invertir en el precio del petróleo que presentan proyectos de incertidumbre y volatilidad. Como inversor, es importante saber las circunstancias en las que se va a invertir, teniendo en cuenta que el precio del petróleo es muy volátil por su sensibilidad a situaciones macroeconómicas y por ende la rentabilidad de las empresas petroleras fluctúan mucho, lo que se ve reflejado en la bolsa de valores, pues, en los últimos 5 años, ECOPETROL en la NYSE tuvo un techo de \$26.93 US y un piso de \$9.13 US la acción según Yahoo Finance, lo que presentó una gran diferencia.

Ledesma (2022) lleva a cabo un examen de la empresa Chevron Corporation en la que muestra la evolución de los principales indicadores, los países en donde está situada la empresa y se desarrolla un análisis del mercado petrolero con el fin de entender el contexto económico global y en dónde está ubicada la empresa. Igualmente, se lleva a cabo una valuación de dicha empresa a 31 de diciembre de 2021 por medio del método de flujo de fondos descontados y también por medio del método de valuación por métodos comparables. Cabe recalcar que este análisis tiene un gran aporte al documento ya que muestra de forma muy detallada en donde está ubicada la empresa y frente a qué se enfrenta, tanto actualmente como con datos históricos en donde se analiza de forma muy específica el comportamiento financiero de la empresa frente al mundo, por lo que ayuda a entender más ciertos comportamientos financieros que se estudian.

Duarte y Nabarro (2021) realizaron un análisis en donde la empresa Petrobras intensifica el uso de instrumentos financieros para hacer viables sus actividades principales a través del mercado de capitales. Usan la capitalización a través de ofertas únicas de acciones, *Project finance*, fondos de inversión de derechos en crédito (FIDC) y fondos de inversión de capital (FIP). El análisis muestra que a partir del uso de estas herramientas la empresa intensifica su incremento de recursos y expande sus actividades en el mundo. Es

importante mencionar que este tipo de actividades que vienen de una empresa tan grande como Petrobras hace que sus beneficios y su margen aumente mucho, por lo que es interesante estudiar el comportamiento de esta empresa en la bolsa de New York (NYSE) ya que la inversión aumenta gracias al impulso que tiene la empresa mediante el uso de estas herramientas.

Pigrau y Cardesa-Salzmann (2013) presentaron una investigación en donde se estudia el impacto económico que tuvo Shell en la crisis ambiental de Nigeria. Enseña que la alta demanda de petróleo en el mundo ha hecho que las actividades para producir petróleo se vuelven cada vez más riesgosas para el medio ambiente, igualmente, la vulneración de derechos humanos vinculados a las actividades extractivas llevadas a cabo por esta empresa. Es crucial mencionar que el impacto ambiental que tiene la extracción de petróleo en el mundo es sustancial, por lo que cualquier accidente ambiental que ocurre a nombre de estas empresas hace que la inversión baje de forma abrupta, y se puede evidenciar en la cotización de bolsas alrededor del mundo.

Ballenilla (2004) realiza un boletín en donde se menciona que las reservas de petróleo se agotan, en el caso de Exxon Mobil se realiza un examen en donde se muestra que dichas reservas con el paso de los años se van agotando, y que la demanda mundial de petróleo aumenta, por lo que, según Exxon, con este ritmo el mundo debe reducir su consumo de un 6% a un 4% anual, teniendo en cuenta la coherencia con el petróleo descubierto. Este análisis es importante tenerlo en cuenta ya que a medida que las reservas de Exxon se van agotando, el impacto en la bolsa también se va haciendo notable ya que, si no se descubren más yacimientos para la oferta de petróleo, la empresa puede perder rentabilidad y su cotización en la bolsa puede ser más volátil debido a la incertidumbre de sus inversionistas.

Landinez y Pedraza (2021) realizaron una investigación dirigida a analizar el impacto económico que tuvo la crisis inmobiliaria del 2008 en el precio del petróleo, y las repercusiones que tuvieron en ECOPETROL. El estudio tuvo un enfoque cualitativo, soportado por su objetivo de obtener información de los estados financieros que permitió medir las variaciones financieras de la empresa durante la crisis, realizándose a través de revisión documental como los estados financieros e información de fluctuación de precios, así como una alta volatilidad en el precio de sus acciones para dicho periodo. Lo que da a entender que dicha empresa tuvo un gran impacto en su mercado bursátil, claramente por la crisis del 2008 el precio del petróleo fluctuó bastante, lo que indica que para ese periodo el riesgo de invertir en dicha empresa fue mucho más alto. Es importante entender las coyunturas macroeconómicas que se presentan a nivel mundial y que afectan al precio del petróleo ya que estos problemas generan una alta volatilidad, lo que puede generar incertidumbre entre los accionistas y el riesgo de invertir en dichas empresas aumenta.

González y Roldán (2020) realizaron un Burkenroad de ECOPETROL para el año 2020 dirigida a examinar financieramente a la empresa durante el año en el que la pandemia del COVID-19 golpeó más fuerte al mundo. Analizando los estados financieros de la empresa, la cotización en bolsa que tuvo la acción de la empresa en la bolsa de valores de Colombia (BVC) y en la NYSE. Se tuvo en cuenta los factores macroeconómicos que afectan las finanzas de la empresa como el PIB del país o el tipo de cambio. Entonces, a pesar de que durante el año 2020 el precio de la acción de ECOPETROL en la NYSE cayera, ECOPETROL supo disminuir el mayor impacto posible con medidas como una inversión orgánica de US \$11 millones - US \$13 millones de los cuales US \$ 3 millones - US \$ 3.4 millones fueron destinados para el 2020, lo que hizo que la producción para ese periodo se mantuviera por encima de los 700 mil barriles de petróleo equivalentes por día, que tuvo

como resultado una utilidad de \$158 mil millones para el primer trimestre del 2020 según la página web oficial de la Presidencia De La República. Sin embargo, se evidenció que en la NYSE para el 2020 presentó una gran volatilidad por la incertidumbre generada por los accionistas, debido a la caída de los precios del petróleo.

Hernández y Reina (2020) adelantaron un boletín sobre la coyuntura del COVID-19 en países medianos productores de petróleo en los primeros 4 meses del año 2020. Presentando datos estadísticos que exponen la oportunidad que trae la baja de precios de combustibles fósiles y energías alternativas. Concluyendo con que países medianos productores de petróleo como Colombia dependen mucho de la producción de petróleo, por lo que implicaría una oportunidad para intensificar esfuerzos en materia de diversificación económica y transición hacia energías alternativas. Dicho esto, es importante que para países medianos productores de petróleo su única producción y comercialización de energía sea el petróleo, ya que debido a externalidades macroeconómicas el precio de este combustible puede ser muy volátil, y es por esto que los rendimientos de las principales empresas productoras y exportadoras de petróleo se puedan ver afectadas, sobretodo en Colombia ya que el sector petrolero aporta el 3.3% al PIB Colombiano según datos del banco de la república, por lo que es importante intensificar los esfuerzos para la producción de energías alternas.

En conclusión, dichos antecedentes presentan una importancia en el trabajo ya que por un lado se evidencia la sensibilidad que tiene el precio del petróleo ante problemas macroeconómicos, y eso genera volatilidad en las bolsas de valores dado que los inversionistas sienten incertidumbre y empiezan a comprar o a vender acciones en grandes cantidades, se tuvieron en cuenta las coyunturas de la crisis del 2008 y la pandemia del COVID-19 como escenarios en donde se presentaron altos niveles de volatilidad, lo que

representaría un mayor riesgo para los inversionistas que decidan invertir en empresas petroleras. Igualmente, se analiza el examen financiero de los activos del portafolio y también su situación y por qué podría afectar eso a la cotización en bolsa. Por otro lado, se analiza la importancia que tiene el modelo de Markowitz para la optimización de cartera, a pesar de ser un modelo limitado para casos prácticos, ha sentado las bases para la optimización de carteras e incluso se ha evidenciado que en la actualidad puede seguir usándose.

3. Marco metodológico

Es bien sabido que el modelo de Markowitz ha servido de base para la creación de varios modelos más actualizados que usan los inversionistas en la actualidad, sin embargo, es muy importante conocer en qué consiste dicho modelo. El modelo de Markowitz es un modelo cuyo objetivo consiste en encontrar la cartera de inversión óptima para cada inversor en términos de rentabilidad y riesgo. Esto, realizando una adecuada elección de los activos que componen dicha cartera (López. 2017. Párr. 1).

En este trabajo, se optimizará una cartera de 5 empresas petroleras maximizando el rendimiento a través de datos cuantitativos históricos por medio del modelo de Markowitz, igualmente, se tomarán en cuenta fuentes de información primarias y secundarias, primarias debido a los datos históricos de las empresas que se van a recolectar y secundaria debido a investigaciones y estudios que se han hecho respecto al modelo de Markowitz.

Para optimizar el portafolios se usará la herramienta de análisis de datos de Excel y Solver, donde se han descargado los datos de Yahoo finance de las 5 empresas del sector petrolero que servirán para hallar el nivel de rentabilidad máxima del portafolio y conocer su nivel de riesgo.

El modelo se basa en las ecuaciones de la teoría del portafolio diseñado con matrices, dado que es más fácil que si se aplica el cálculo por suma de productos de las ecuaciones originales de la teoría del portafolio.

Dicho portafolio se escogió con dos criterios: el primero, las cinco empresas deben pertenecer a la bolsa de New York (NYSE), tomando como referencia el 31 de diciembre del 2019 que fue el último día del cual se tomó la información histórica. El segundo criterio, es que las cinco empresas deben pertenecer al sector petrolero para estudiar su rentabilidad dado que cuenta con una alta sensibilidad ante eventos macroeconómicos. Estas empresas fueron: Chevron, Ecopetrol, Exxon, Shell y Petrobras.

A continuación, se realiza una breve descripción de las empresas escogidas:

- Chevron Corporation (CVX): A través de sus subsidiarias, participa en operaciones integradas de energía y productos químicos en todo el mundo. Se desarrolla en la producción, exploración, transporte y comercialización de petróleo crudo y sus derivados, gas natural y gas en líquidos. Tiene operaciones en principalmente en Europa, Asia, Suramérica y Centroamérica, lo que lo hace una multinacional muy importante para la producción de combustibles fósiles. Cuenta con un volumen de acciones de 12,647,021 y una capitalización de mercado de 341.936 billones de dólares (Yahoo Finance, 2022).
- Ecopetrol S.A (EC): Es una empresa que se dedica a la exploración y producción; transporte y logística; refinanciación, petroquímica y biocombustibles; concesiones de transporte de energía eléctrica y autopista. Tiene operaciones en Estados Unidos, Asia, Centroamérica y el Caribe, Europa y Suramérica por lo que lo ubica entre las 50 mejores empresas de energía a nivel mundial. Cuenta con un

volumen de acciones de 1,313,171 y una capitalización de mercado de 31.639 billones de dólares (Yahoo Finance, 2022).

- Exxon Mobil Corporation (XOM): Explora y produce petróleo crudo y gas natural en los Estados Unidos e internacionalmente. La empresa también participa en la fabricación, comercialización, transporte y venta de petróleo crudo, gas natural, productos derivados del petróleo, productos petroquímicos y otros productos especializados; fabrica y vende productos petroquímicos, incluidas olefinas, poliolefinas, aromáticos y varios otros productos petroquímicos; y captura y almacena carbono, hidrógeno y biocombustibles. Sus actividades se extienden a más de 40 países en todo el mundo y a pesar de la crisis que tuvo en 2015, en 2021 logró volver a recuperarse consiguiendo un beneficio de 23.040 millones de dólares. Cuenta con un volumen de acciones de 22,983,797 y una capitalización de mercado de 389.956 billones de dólares (Yahoo Finance, 2022).
- Shell PLC (SHEL): Es una empresa que explora y extrae petróleo crudo, gas natural y líquidos de gas natural; comercializa y transporta petróleo y gas; produce combustibles de gas a líquido y otros productos; y opera la infraestructura upstream y midstream necesaria para entregar gas al mercado. La compañía también comercializa y comercializa gas natural, gas natural licuado (GNL), crudo, electricidad, derechos de emisión de carbono; y comercializa y vende GNL como combustible para vehículos pesados y embarcaciones marinas. Opera como una empresa de energía y petroquímica en Europa, Asia, Oceanía, África, Estados Unidos y el resto de las Américas. Cuenta con un volumen de acciones de 5,842,634 y una capitalización de mercado de 219.187 billones de dólares (Yahoo Finance, 2022).

- Petrobras S.A (PBR): Es una empresa que explora, produce y vende petróleo y gas en Brasil e internacionalmente. La empresa opera a través de exploración y producción; refinación, transporte y comercialización; gas y energía y otros negocios. Cuenta con participación en más de 35 países y hace parte de las empresas petroleras más importantes en el mundo. Su volumen de acciones es de 22,051,359 y una capitalización de mercado de 98.877 billones de dólares (Yahoo Finance, 2022).

Procedimiento

Después de elegir las empresas de diferentes países que cotizan en la bolsa de New York (NYSE), se procede a desarrollar metodológicamente el trabajo acorde a Dueñas, Prieto y Sánchez (2017), se recolectó los datos de la página web de Yahoo Finance los datos diarios entre el 03 de enero del 2014 y el 31 de diciembre del 2019 ya que es un periodo que por un lado es actual y por otro lado no tiene en cuenta la crisis de la pandemia del COVID-19 ya que esta crisis distorsionó el mercado de petróleo y no se podría ver un comportamiento normal del portafolio elegido. Posteriormente, se calcula la rentabilidad diaria de cada uno de los activos elegidos con la siguiente fórmula:

$$R_i = \ln \frac{\text{precio futuro}}{\text{precio inicial}} \quad (1)$$

A continuación, se procede a hallar la rentabilidad promedio de cada activo por medio de la siguiente ecuación:

$$\bar{R}_i = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} \quad (2)$$

Se calcula la varianza de cada activo así:

$$\sigma_i^2 = \sum_{j=1}^M P_{ij}(R_{ij} - \overline{R_i})^2 \quad (3)$$

y despues se halla la desviación estándar, o lo que es mejor, el riesgo esperado del portafolio:

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_i^2} \quad (4)$$

Con las formulas anteriores, se puede obtener la información promedio estadística de cada uno de los activos, por lo que se puede hacer una idea de qué es lo que prepara el portafolio para el estudio (Tabla 1):

Tabla 1. Datos estadísticos de los activos individuales.

	Ecopetrol	Chevron	Exxon	Shell	Petrobras
Rentabilidad esperada	-0,0008%	0,0214%	-0,0038%	0,0241%	0,0696%
Varianza	0,000607	0,000184	0,000139	0,000196	0,001186
Riesgo esperado	0,024641	0,013559	0,011769	0,014013	0,034445

Fuente: cálculos propios.

Se evidencia que el activo que presenta mayor retorno de inversión es la petrolera brasilera Petrobras, con un 0.06% pero asi mismo representa el mayor riesgo dentro del portafolio con un 0.03, por lo que, a mayor rentabilidad, mayor es el riesgo para invertir como es en el caso de la petrolera brasilera, igualmente, cabe destacar que la empresa que representa menor rentabilidad de inversión es la petrolera colombiana Ecopetrol con un -0.0008%, y su riesgo es el segundo más alto despues de Petrobras.

Igualmente, se va a realizar la combinación de los activos del portafolio y esto se hará por medio de los coeficientes de correlación y covarianza, por lo que se utilizarán las siguientes formulas:

Covarianza

$$\sigma_{A,B} = E[(R_{Aj} - \overline{RA})(R_{Bj} - \overline{RB})] \quad (5)$$

Correlación

$$P_{A,B} = \frac{\sigma_{A,B}}{\sigma_A \sigma_B} \quad (6)$$

La matriz de covarianza aplicada al modelo de Harry Markowitz permite medir la dirección y cuantía de la rentabilidad esperada de un activo del portafolio en relación a la rentabilidad esperada de otro activo, por lo que una covarianza positiva significa que ambos valores se mueven hacia la misma dirección mientras que una covarianza negativa quiere decir que ambos valores de los activos se mueven en distinta dirección. Igualmente, la matriz de correlación arroja valores que están entre -1 y 1, entre más cerca esté al -1 quiere decir que el portafolio es diversificable y altamente correlativo (Tabla 2).

Al aplicar la matriz de covarianza, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 2. Matriz de covarianza.

Matriz de covarianza

	<i>Ecopetrol</i>	<i>Chevron</i>	<i>Exxon</i>	<i>Shell</i>	<i>Petrobras</i>
<i>Ecopetrol</i>	0,0006068	0,0001987	0,0001651	0,0000097	0,0004923
<i>Chevron</i>	0,0001987	0,0001837	0,0001237	0,0000080	0,0002240
<i>Exxon</i>	0,0001651	0,0001237	0,0001384	0,0000092	0,0001800
<i>Shell</i>	0,0000097	0,0000080	0,0000092	0,0001962	-0,0000034
<i>Petrobras</i>	0,0004923	0,0002240	0,0001800	-0,0000034	0,0011856

Fuente: cálculos propios.

Cabe recordar que para que un portafolio se pueda diversificar, los valores de los activos deben ser negativos acercándose a -1, por lo que en este caso solamente se cumple la condición con Shell y Petrobras.

Igualmente, es necesario saber qué tan correlacionado están los cinco activos del sector financiero y así poder determinar si el portafolio es eficiente para la inversión o no (Tabla 3).

Tabla 3. Matriz de correlación.

Matriz de correlación

	<i>Ecopetrol</i>	<i>Chevron</i>	<i>Exxon</i>	<i>Shell</i>	<i>Petrobras</i>
<i>Ecopetrol</i>	1,0000000	0,5951391	0,5695518	0,0280531	0,5803696
<i>Chevron</i>	0,5951391	1,0000000	0,7754684	0,0418727	0,4799239
<i>Exxon</i>	0,5695518	0,7754684	1,0000000	0,0558684	0,4442742
<i>Shell</i>	0,0280531	0,0418727	0,0558684	1,0000000	-0,0070845
<i>Petrobras</i>	0,5803696	0,4799239	0,4442742	-0,0070845	1,0000000

Fuente: cálculos propios.

Se puede determinar que en su mayoría los cinco activos petroleros tienen una correlatividad cercana al 1 por lo que tiene baja correlación, sin embargo, cabe resaltar que las empresas Shell y Petrobras tienen una correlación negativa de -0,0070845, así que sería interesante estudiar las posibilidades de inversión para esta combinación, al igual que las combinaciones de Shell con Chevron con 0,0418727 y Shell con Ecopetrol con 0,0280531 ya que, a pesar de no ser negativas, son muy bajas.

A continuación, se construye el portafolio de inversión con los porcentajes correspondientes para invertir en los activos petroleros, en este caso se usan los siguientes modelos que llevan a la conformación del modelo de Harry Markowitz.

Rentabilidad del portafolio

$$\bar{R}_P = W_A \bar{R}_A + W_B \bar{R}_B \quad (7)$$

Riesgo del portafolio

$$\sigma_P \sqrt{W_A^2 \sigma_A^2 + W_B^2 \sigma_B^2 + 2W_A W_B \sigma_{A,B}} \quad (8)$$

Se calcula la rentabilidad y el riesgo de los activos, pero ahora en conjunto, sin embargo, es importante saber se va a partir del supuesto que la inversión para el portafolio iniciará en partes iguales para sumar un 100%, es decir, cada activo tendrá un peso del 20%, como se muestra en la tabla 4. Igualmente, se enseña una rentabilidad esperada y un riesgo esperado de acuerdo a la división del capital (Tabla 5).

Tabla 4. Porcentaje de inversión.

ACTIVO	PORCENTAJE DE INVERSIÓN
Ecopetrol	20%
Chevron	20%
Exxon	20%
Shell	20%
Petrobras	20%
Total	100%

Fuente: cálculos propios.

Tabla 5. Datos estadísticos del portafolio.

Rentabilidad portafolio	0,000220736
Varianza portafolio	0,000205001
Riesgo portafolio	0,014317842

Fuente: cálculos propios.

Teniendo en cuenta la covarianza y los porcentajes de inversión, se elabora la matriz de Harry Markowitz (Tabla 6).

Tabla 6. Matriz de Harry Markowitz.

Matriz de Markowitz					
	<i>Ecopetrol</i>	<i>Chevron</i>	<i>Exxon</i>	<i>Shell</i>	<i>Petrobras</i>
<i>Ecopetrol</i>	0,0006068	0,0001987	0,0001651	0,0000097	0,0004923
<i>Chevron</i>	0,0001987	0,0001837	0,0001237	0,0000080	0,0002240
<i>Exxon</i>	0,0001651	0,0001237	0,0001384	0,0000092	0,0001800
<i>Shell</i>	0,0000097	0,0000080	0,0000092	0,0001962	-0,0000034
<i>Petrobras</i>	0,0004923	0,0002240	0,0001800	-0,0000034	0,0011856

Fuente: cálculos propios.

Como se puede observar, la varianza y la desviación estándar del portafolio se calcula a partir de la matriz de Markowitz, esta se puede enfocar en dos aspectos, minimizando el riesgo para el inversionista o maximizando la rentabilidad del portafolio.

4. Resultados

Portafolio con máxima rentabilidad

Este portafolio pretende maximizar la rentabilidad del portafolio sin tener en cuenta el nivel de riesgo que puede conllevar, es por esto que para la realización de este portafolio se usó la herramienta Solver de Excel, con las condiciones de que la suma del porcentaje de los 5 activos sea igual al 100% ya que de lo contrario la herramienta arrojaría que para maximizar el portafolio habría que invertir el 100% en cada activo, por lo que no es viable. Por otro lado, la otra condición es que el porcentaje de los cinco activos sea un número positivo, esto buscando un resultado máximo (Tabla 7). Asimismo, se puede ver que si se invierte el 100% del capital a Petrobras se va a obtener un rendimiento del 0.00069 y un riesgo del 0.0344 (Tabla 8).

Tabla 7. Porcentaje con el máximo rendimiento.

ACTIVO	PORCENTAJE DE INVERSIÓN
Ecopetrol	0%
Chevron	0%
Exxon	0%
Shell	0%
Petrobras	100%
Total	100%

Fuente: cálculos propios.

Tabla 8. Datos estadísticos con el portafolio optimizado al máximo rendimiento.

Rentabilidad portafolio	0,000695919
Varianza portafolio	0,001185632
Riesgo portafolio	0,034433006

Fuente: cálculos propios.

Al maximizar el rendimiento del portafolio se encuentra que lo mejor es invertir el 100% del capital a Petrobras, eliminando las demás empresas, esto porque según la rentabilidad esperada sin optimizar el portafolio es del 0.0696%, Petrobras es la empresa que más rentabilidad esperada tiene.

Portafolio con mínimo riesgo

Al igual que cuando se maximizó el rendimiento del portafolio, para minimizar el riesgo se usó la misma herramienta de Solver de Excel, con las mismas condicionales de que la suma de los porcentajes debe ser igual al 100% y que los valores deben ser positivos, buscando una minimización del riesgo, se obtuvo los siguientes resultados (Tabla 9). También, se observa que la rentabilidad esperada cuando se minimiza el riesgo es del 0.0001 (Tabla 10).

Tabla 9. Porcentaje con el mínimo riesgo.

ACTIVO	PORCENTAJE DE INVERSIÓN
Ecopetrol	0%
Chevron	12%
Exxon	47%
Shell	40%
Petrobras	0%
Total	100%

Fuente: cálculos propios.

Tabla 10. Datos estadísticos con el portafolio optimizado al mínimo riesgo.

Rentabilidad portafolio	0,000105599
Varianza portafolio	0,000084474
Riesgo portafolio	0,009190992

Fuente: cálculos propios.

Con los datos anteriores, se puede identificar que para minimizar el riesgo del portafolio es necesario invertir un 12% en Chevron, un 47% en Exxon y un 40% en Shell, en Ecopetrol y en Petrobras no se recomienda invertir ya que representa un algo riesgo. Igualmente, se evidencia que el riesgo pasa de estar de 0,034 a un 0,009, sin embargo, la rentabilidad pasa de estar de 0,0006 a un 0,0001.

Finalmente, se puede inferir que el portafolio de inversión compuesto por los 5 activos financieros pertenecientes al sector petrolero no cumple con una óptima maximización de rentabilidad para el inversionista. Durante el desarrollo del modelo de Harry Markowitz se prueba que los 5 activos no presentan una alta correlación, lo que quiere decir que el portafolio no es diversificable ni óptimo para crear un portafolio eficiente. Esto porque al maximizar el portafolio, el modelo nos arroja que el 100% de la inversión debe ir hacia una sola empresa, por lo que primero representa un alto riesgo y segundo no diversifica el portafolio.

Durante el procedimiento, se optimizó el portafolio minimizando el riesgo y maximizando la rentabilidad, sin embargo, se evidencia que tanto el riesgo esperado como la rentabilidad esperada no variaron mucho, por lo que es otro punto por el cual el portafolio no presenta una diversificación viable para el inversor.

Al evidenciar los resultados que la optimización de este portafolio arrojó, se puede concluir que el uso del modelo de Harry Markowitz es válido para estos análisis ya que

representan una herramienta útil para el inversionista al saber si un portafolio optimizado puede ser viable para el inversionista o no.

5. Conclusiones

Se seleccionaron cinco activos del sector petrolero de la NYSE, los cuales fueron Ecopetrol, Petrobras, Shell, Exxon y Chevron.

Con el desarrollo y análisis del modelo de Harry Markowitz se llegó a la conclusión de que este portafolio no es una opción viable para un inversionista, ya que representa una baja correlación, por lo que es muy poco diversificable y por ende tienden a comportarse de una manera parecida. Esto también se justifica con que los cinco activos pertenecen al mismo sector que es el petrolero, por lo que manejan el mismo producto y se rigen a la ley de oferta y demanda mundial, teniendo en cuenta las externalidades negativas o positivas que tienen.

Igualmente, mediante el modelo de Markowitz se logra establecer un portafolio de máxima rentabilidad cuyas características es que el inversor debe llevar el 100% de su capital a Petrobras, por lo que es otra razón para concluir que no es un portafolio diversificable.

Por otro lado, la rentabilidad esperada del portafolio es de 0,000695919 y el riesgo esperado es del 0,034433006 cuando el inversionista quiere maximizar su rentabilidad, ya que es lo que todo inversionista desea, lo que quiere decir que no sería viable ya que dicho portafolio representa una baja rentabilidad y un riesgo más alto que la rentabilidad que se espera, a pesar de que en este caso se haya optimizado el portafolio para minimizar el riesgo, aún sigue siendo muy alto.

Finalmente, se sugiere a los inversionistas buscar un portafolio que tengan activos más independientes entre sí y más diversificable, que se encuentren en diferentes sectores y

que no les afecten las mismas coyunturas o externalidades, para maximizar la rentabilidad y posteriormente diversificar el riesgo que se quiere tomar, por lo que sería recomendable tomar algún activo que pertenezca al sector petrolero pero que no todo el portafolio se base en el mismo sector.

6. Referencias

- Ballenilla, F. (2004). La principal Fuente de energética de nuestra sociedad en crisis, el final del petróleo barato. *El ecologista* 40 (2004): 20-23.
http://www.lariberaenbici.net/docs/fin_del_petroleo.pdf
- Carvajal, O. H., y Reina Bermúdez L. E. (2020). *Coyuntura del coronavirus COVID-19 en países medianos productores de petróleo ¿qué hacer en el caso de Colombia?* *Boletín De Coyuntura*, Vol 2, No 5 (Año 2020). Boa Vista:63-71.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.3764261>.
- Court Monteverde, E. y Tarradellas Espuny, J. (2010). *Mercado de capitales*. Sello editorial Prentice-Hall. Consultado (30 de septiembre del 2022).
- Duarte, L y Nabarro, W. (2021). Financial circles and oil circuit: financial instruments for investment in Petrobras activities and suppliers. [Artículo, Universidade Federal de São Carlos]. Scielo Brasil.
<https://www.scielo.br/j/geo/a/rSWGT87KYG5yPvPVGDFzQZC/abstract/?lang=es>
- Dueñas Ortiz, A.P., Prieto Garzón, K.Y y Sánchez Alfonso, J. L. (2017). *Análisis de rentabilidad y riesgo de un portafolio de inversión, aplicando el modelo de Harry Markowitz* [Tesis de especialización, Universidad Católica De Colombia]. Repositorio Ucatólica. <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/15427>.

- Franco Arbeláez, L. C., Avendaño Rúa, C. T., y Barbutín Díaz, H. (2011). Modelo de Markowitz y Modelo de Black-Litterman en la Optimización de Portafolios de Inversión. *Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM)*, Num. 26 (2011), 73-77. https://www.researchgate.net/publication/262755488_Modelo_de_Markowitz_y_Modelo_de_Black-Litterman_en_la_Optimizacion_de_Portafolios_de_Inversion.
- García Espinosa, P. A. (2016). *Aplicación de opciones reales en la valoración financiera de un campo petrolero* [Tesis de Maestría, Universidad Externado de Colombia]. Biblioteca digital Universidad Externado de Colombia. <https://bdigital.uexternado.edu.co/handle/001/392>.
- González Nanclares, L. I. y Roldán Vasco, J. J. (2020). *Reporte Burkenroad Ecopetrol S.A (2020)* [Tesis de maestría, Universidad EAFIT]. Repositorio EAFIT. <http://hdl.handle.net/10784/29895>.
- Ledesma, F. R. (2022). *Valuación de Chevron Corp.* [Magister en finanzas, Universidad de San Andrés]. Repositorio udesa. <https://repositorio.udesa.edu.ar/jspui/bitstream/10908/19609/1/%5BP%5D%5BW%5D%20M.%20Fin.%20Ledesma,%20Facundo%20Ricardo.pdf>
- Mendizabal Zubeldia, A., Miera Zabalza, L. M., y Zubia Zubiaurre, M. (2002). El modelo de Markowitz en la gestión de carteras. *Instituto de Economía Aplicada a la Empresa de la Universidad del País Vasco. Volumen 02. Número 1 (2002)*. 33-46. <http://www.ehu.es/cuadernosdegestion/revista/index.php/numeros?a=da&y=2002&v=2&n=1&o=2>.
- Pedraza Nova, N. J. y Landinez Quiñones, J. D. (2021). *Análisis financiero de Ecopetrol; en el marco de la crisis económica del 2008* [Tesis de especialización, Corporación

universitaria Minuto De Dios]. Repositorio Uniminuto.
<https://hdl.handle.net/10656/12030>.

Piergiorgio, M. S. (2017). El petróleo aún será la mayor fuente de energía del planeta en el 2040. *La Vanguardia*.
<https://www.lavanguardia.com/economia/20171113/432855618589/petroleo-sera-mayor-fuente-energia-planeta-2040.html>.

Pigrau, A. y Cardesa-Salzmán, A. (2013). Acciones entrelazadas contra daños ambientales graves: el impacto de Shell en Nigeria. [Revista de derecho, Universidad Rovira i Virgili]. *Revistas PUCP*.
<https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechopucp/article/view/6752>

Presidencia de la república. (2020). *Grupo Ecopetrol arrojó utilidades por \$158 mil millones en el primer semestre del 2020*.
<https://id.presidencia.gov.co/Paginas/prensa/2020/Grupo-Ecopetrol-arrojo-utilidades-por-158-mil-millones-en-el-primer-semester-del-2020-200804.aspx>.

Sin petróleo, la economía se contraería 3,3 %: ¿qué tan viable es? (2021, 22 de noviembre) *portafolio*.
<https://www.portafolio.co/economia/sin-petroleo-colombiana-se-contraeria-3-3-558804>.

Yahoo Finance. (2022). <https://es.finance.yahoo.com/>.