

**DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA TOMA DE
DECISIONES DE INVERSIÓN EN PORTAFOLIOS DE ACCIONES
EN EL MERCADO BURSÁTIL COLOMBIANO UTILIZANDO LA
TÉCNICA MULTICRITERIO AHP**

ANDREA CAROLINA JARAMILLO BARRERO

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ADMINISTRACION
PROGRAMA DE CONTADURIA PÚBLICA
2011**

**DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA TOMA DE
DECISIONES DE INVERSIÓN EN PORTAFOLIOS DE ACCIONES
EN EL MERCADO BURSÁTIL COLOMBIANO UTILIZANDO LA
TÉCNICA MULTICRITERIO AHP**

ANDREA CAROLINA JARAMILLO BARRERO

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el
título de Contador Público en la modalidad de monografía**

Director

Ing. John Willmer Escobar Velásquez, Esp, MSc, PhD (C)

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ADMINISTRACION
PROGRAMA DE CONTADURIA PÚBLICA
2011**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Palmira, Agosto de 2011

DEDICATORIA

Con todo mi amor

A Dios por ser la luz, amparo y fortaleza en cada uno de los momentos de mi vida, por colmarme de salud, paciencia y entendimiento. A El por ser la esperanza que me mueve.

A mi madre por su infinito amor, dedicación y apoyo, por ser un ejemplo y motivación en mi vida. Por sus enseñanzas y sobre todo por revelarme la nobleza de su corazón. A ella por ser un regalo de Dios.

A la memoria de mi padre, por su cariño y grandiosos recuerdos que dejo grabados en mi corazón.

A mi hermana por su afecto y apoyo incondicional.

A mi abuelo y tío, por ser un gran apoyo en mi vida. A ellos por representar una figura paterna y por cubrir el vacío que dejó la ausencia de mi padre.

A mi novio por ser el espíritu alentador de un proyecto que me enriqueció de muchos conocimientos, por sus enseñanzas, apoyo y estímulo constante; pero ante todo, por su invaluable amor, cariño y comprensión. A él por ser una bendición y alegría en mi vida.

A mi familia por su amor y apoyo.

A mis amigos y conocidos

AGRADECIMIENTOS

Mi gratitud y aprecio

A la Universidad del Valle sede Palmira, por permitirme acceder a una formación profesional de alta calidad.

A los profesores del programa Contaduría Pública por su orientación y conocimientos.

Al profesor **JOHN WILLMER ESCOBAR VELASQUEZ**, por aceptar la dirección de este trabajo, por sus valiosas enseñanzas, sugerencias, apoyo y dedicación.

CONTENIDO

	Pág.
PAGINA DE APROBACION	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
CONTENIDO	vi
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xv
I INTRODUCCION	1
1.1 Conceptos Básicos de Inversión en Acciones	1
1.2 Esquemas de Decisión Multicriterio	5
1.3 Motivación	7
1.4 Justificación del Proyecto	9
1.5 Problema de Investigación y Objetivos	11
1.6 Aspectos Metodológicos	15
1.6.1 Tipo de Investigación	15
1.6.2 Método de Investigación	15
1.6.3 Técnicas de Investigación	16
1.7 Organización de la Tesis	17
II REVISION DE LA LITERATURA	18
2.1 Criterios Estadísticos Fundamentales para la Selección de Acciones	18
2.2 Teoría de la Razón Beta para Selección de Acciones	22

2.3	Teoría de Inversión en Portafolios de Acciones	23
2.3.1	Teoría Moderna de Portafolio	24
2.3.2	Modelo de Valoración de Precios de los Activos Financieros	32
2.3.3	Modelo de Minimización del VAR	35
2.4	Perfil del Inversionista	36
2.5	Modelo de Decisión Multicriterio	37
2.6	Conclusiones de la Revisión	42
III	SELECCIÓN DE TÍTULOS DE RENTA VARIABLES	43
3.1	Información Histórica de Cotización de Acciones	43
3.2	Calculo de Indicadores de Rentabilidad y Riesgo	48
3.3	Calculo de Indicadores de Riesgo Sistemático y Costo de Capital	53
3.4	Calculo de los Valores Críticos	54
3.5	Metodología de Selección de Acciones Individuales	58
IV	SELECCIÓN DE PORTAFOLIOS DE ACCIONES E IMPLEMENTACION DEL MODELO DE DECISION UTILIZANDO LA TECNICA AHP	72
4.1	Aplicación de la Teoría Moderna de Portafolios de Acciones	72
4.2	Aplicación de la Teoría CAMP a los Portafolios de Acciones	82
4.3	Aplicación de la Teoría de Minimización del VAR	90
4.4	Aplicación de la Metodología AHP para Selección del Mejor Portafolio Considerando diversas Alternativas de Decisión	94

V METODOLOGIA PROPUESTA Y EXPERIENCIA	114
COMPUTACIONAL	114
5.1 Metodología propuesta para la toma de decisiones de inversión en el mercado colombiano	114
5.1.1 Etapa 1: Aplicación de las teorías estadísticas para acciones individuales	114
5.1.2 Etapa 2: Selección de títulos de renta variable y conformación de combinaciones de portafolios	116
5.1.3 Etapa 3: Aplicación de las teorías de análisis y selección de portafolios	118
5.1.4 Etapa 4: Aplicación de la metodología AHP para la selección del mejor portafolio considerando las diversas alternativas de decisión	120
5.2 Implementación computacional, validación de la estructura del modelo de decisión y validación de la información de salida.	123
VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	125
BIBLIOGRAFIA PRINCIPAL	127
ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

Tablas	Pág.
2.1. Escala 1-9 Propuesta Por Saaty	40
3.1 Títulos de media y alta bursatilidad que cotizaron en el mercado accionario colombiano y su respectiva codificación	44
3.2 Precio de cierre diario de ciertas acciones de media y alta bursatilidad	46
3.3 Clasificación en orden descendente de acuerdo al nivel de rentabilidad de las acciones de media y alta bursatilidad	49
3.4 Cálculo de las rentabilidades esperadas nivel de riesgo, coeficiente de variación y coeficiente de asimetría para las acciones de media y alta bursatilidad	51
3.5 Clasificación en orden descendente de acuerdo al nivel de riesgo de las acciones de media y alta bursatilidad	52
3.6 Calculo de Betas, coeficiente R^2 , porcentaje de riesgo diversificable y probabilidad de perdida en las acciones de media y alta bursatilidad	56
3.7 Calculo de la razón de rentabilidad riesgo, valores críticos o ratios y decisión de inversión según la teoría de la Razón Beta en las acciones de media y alta bursatilidad	57
3.8 Clasificación de acciones con rentabilidades positivas	59
3.9 Clasificación de acciones con rentabilidades mayores a la rentabilidad del mercado (IGBC)	61
3.10 Selección de acciones individuales para el Escenario Conservador	65
3.11 Selección de acciones individuales para el Escenario Base	66

3.12	Selección de acciones individuales para el Escenario Riesgoso Alto	67
3.13	Cuadro de combinaciones de portafolio de 2, 3, 4 y 5 acciones del Escenario Riesgoso Estándar	69
3.14	Cuadro de combinaciones de portafolio de 2, 3, 4 y 5 acciones del Escenario Riesgoso Conservador	70
3.15	Cuadro de combinaciones de portafolio de 2, 3, 4 y 5 acciones del Escenario Riesgoso Alto	71
4.1	Calculo de los indicadores de la Teoría Moderna del Portafolio de Markowitz para carteras de inversión de dos títulos bajo un Escenario Base	75
4.2	Portafolios de inversión seleccionadas bajo los criterios de rentabilidad, riesgo y coeficiente de variación	78
4.3	Consolidado de carteras de inversión seleccionadas bajo los criterios rentabilidad, riesgo y coeficiente de variación	79
4.4	Orden ascendente de las carteras de inversión integradas por dos acciones seleccionadas según la Probabilidad de Pérdida del Escenario Base	80
4.5	Carteras de inversión seleccionadas según la Probabilidad de Pérdida	81
4.6	Orden ascendente de las carteras de inversión seleccionadas según la Probabilidad de Perdida	81
4.7	Consolidado de carteras de inversión seleccionadas según la Probabilidad de Perdida	82
4.8	Orden ascendente de las carteras de inversión integradas por dos acciones seleccionadas según el Costo de Capital del escenario Base	84
4.9	Orden ascendente de las carteras de inversión	

	seleccionadas según el Costo de Capital	85
4.10	Consolidado de carteras de inversión seleccionadas según el Costo de Capital	87
4.11	Clasificación en orden descendente de acuerdo al valor obtenido de la diferencia entre la rentabilidad del portafolio y el costo de capital para carteras de inversión de dos títulos bajo un Escenario Base	87
4.12	Carteras de inversión seleccionadas bajo el valor obtenido de la diferencia entre la rentabilidad del portafolio y el costo de capital para cada escenario	89
4.13	Orden ascendente de las carteras de inversión seleccionadas según la diferencia entre la rentabilidad y el costo de capital de los escenarios Estándar, Conservador y Arriesgado	89
4.14	Consolidado de carteras de inversión seleccionadas según la diferencia entre Rentabilidad y Costo de Capital	90
4.15	Clasificación en orden ascendente de acuerdo al nivel del valor del riesgo VAR para carteras de inversión de dos títulos bajo un Escenario Base	91
4.16	Carteras de inversión seleccionadas bajo la valoración del Valor del Riesgo VAR	92
4.17	Orden ascendente de las carteras de inversión seleccionadas según el VAR	93
4.18	Consolidado de carteras de inversión seleccionadas según el valor de riesgo VAR	94
4.19	Consolidado de portafolios seleccionados bajo el escenario base para cada criterio de selección	96

4.20	Ejemplo de asignación de importancia a una alternativa	98
4.21	Matriz para el criterio de Rentabilidad para el Escenario Base	99
4.22	Paso 1 para calcular la Matriz de comparación por parejas para el criterio de Rentabilidad en el Escenario Base	100
4.23	Paso 2 para calcular la Matriz de comparación por parejas para el criterio de Rentabilidad en el Escenario Base	100
4.24	Paso 3 para calcular la Matriz de comparación por parejas para el criterio de Rentabilidad en el Escenario Base	101
4.25	Matriz Normalizada de para el criterio de rentabilidad en el Escenario Base	102
4.26	Vector de Prioridad para las alternativas seleccionadas según el criterio Rentabilidad bajo un Escenario Base	102
4.27	Determinación del Paso 1 de la Matriz de Consistencia del Criterio Rentabilidad para el Escenario Estándar	103
4.28	Determinación del Paso 2 de la Matriz de Consistencia del Criterio Rentabilidad para el Escenario Estándar	104
4.29	Asignación del índice aleatorio según el numero de alternativas de inversión	105
4.30	Decisión de la comparación del criterio Rentabilidad del Escenario Base	106
4.31	Matriz de Criterios para el Escenario Base	107
4.32	Matriz de Normalizada de Criterios para Escenario Base	107
4.33	Vector de Prioridad para los Criterios para Escenario Base	108
4.34	Matriz de Preferencia para Escenario Base	108
4.35	Consolidado de portafolios seleccionados bajo el escenario conservador para cada criterio de selección	110

4.36 Consolidado de portafolios seleccionados bajo el escenario arriesgado para cada criterio de selección	112
--	-----

LISTA DE FIGURAS

Figura	Pág.
2.1 Modelo Jerárquico para la toma de decisiones bajo la metodología AHP	39
4.1 Parametros de la Herramienta Solver	74
4.2 Proceso de Jerarquía Analítico AHP Para la Selección de Portafolios de Inversión en Acciones	95
4.3 Preferencia de Portafolios Escenario Base	109
4.4 Preferencia de Portafolios Escenario Conservador	111
4.5 Preferencia de Portafolios Escenario Arriesgado	113

RESUMEN

El presente trabajo de investigación estudia el diseño e implementación de una metodología que permite valorar acciones y conformar portafolios en el mercado colombiano, a través de herramientas analíticas confiables de selección y la utilización de la técnica AHP, como soporte fundamental para el proceso de toma de decisiones de inversión.

El desarrollo de esta metodología se presenta como una solución alternativa a los métodos tradicionales de manera que los inversionistas cuenten con herramientas analíticas para tomar decisiones de inversión, considerando un balance adecuado entre rentabilidad y riesgo.

ABSTRACT

This research studies the design and implementation of a methodology for valuing stocks and form portfolios on Colombian Stock Market. The project used reliable analytic tools using the AHP technique as fundamental support for investment decision process.

The development of this methodology is presented as an alternative to the traditional methods. Thus, investors could have analytical tools for making investment decisions considering an appropriate balance between profit and risk.

CAPITULO I

INTRODUCCION

En este capítulo se hace una introducción al trabajo de investigación desarrollado para optar al título de Contador Público. En la sección 1.1 se presenta brevemente los conceptos básicos de inversión en acciones, seguidamente en la sección 1.2 se hace una breve reseña de los esquemas de decisión multicriterio, haciendo gran énfasis en la técnica AHP (Analytic Hierarchy Process). Posteriormente, en las secciones 1.3, 1.4, 1.5 y 1.6 se describen la motivación, la justificación del proyecto y el problema de investigación, objetivos del proyecto y aspectos metodológicos respectivamente. Por último, en la sección 1.7, se hace una descripción de la organización del documento.

1.1. Conceptos Básicos Inversión en Acciones

La inversión en acciones es una de las actividades a la que comúnmente recurren quienes desean incrementar su capital financiero, mediante una modalidad que implica la adquisición o compra de partes del capital social de una empresa constituida como sociedad anónima y que otorga al titular de dichas acciones o títulos valores, ciertos beneficios que dependen directamente del futuro y de la buena marcha de la sociedad.

Evidentemente, aunque parece sencillo, es preciso mencionar que los cambios coyunturales que infunde la globalización, las

fluctuaciones del mercado financiero y aspectos de tipo económico, político y social inciden directamente en el futuro y posicionamiento de las organizaciones; por lo cual, así como es factible que las sociedades incrementen su valor y por ende el precio de las acciones tenga el mismo comportamiento. De igual manera, es probable que se presente el efecto contrario y el precio de las acciones disminuya con respecto al valor de compra inicial, influyendo incisivamente en la renta o dividendo que pueda percibir el accionista.

La inversión en acciones es considerada una actividad altamente riesgosa. La palabra riesgo significa atreverse o transitar por un sendero peligroso; dando una connotación negativa, relacionada con el peligro, daño, siniestro o pérdida¹. En el contexto financiero, la palabra riesgo se asocia a las variaciones en el valor de los activos², es decir, la posibilidad de que los recursos financieros disminuyan o de que no se materialicen los rendimientos esperados en un periodo de tiempo.

El riesgo es y será un tema esencial en la teoría financiera y para los distintos agentes económicos que a diario realizan operaciones de inversión, debido a que sus decisiones están íntimamente ligadas a eventos que implican riesgos.

Hoy en día, existe una definición más amplia del concepto riesgo al igual que una gran variedad o clasificación; sin embargo en lo que

¹ DE LARA, Haro, Alfonso, Medición y control de riesgos financieros. Tercera edición. Editorial: Limusa, 2007., p. 13.

² ALONSO Julio, BERGGRUN Luis. Introducción al análisis de riesgo financiero. Primera edición, Cali: Universidad Icesi, 2008. P 24.

atañe al desarrollo de este trabajo, se ha hecho especial énfasis en el Riesgo de Mercado; el cual se define como la pérdida que puede presentar un activo, un portafolio o un título específico, como consecuencia de movimientos adversos en los distintos mercados financieros, concretamente por la variación en los tipos de interés, en el tipo de cambio de las divisas o cambios en el precio de cotización de los títulos.

Bajo esta perspectiva, se hace evidente la necesidad de adoptar esquemas de gestión y administración de riesgos, acordes con la dinámica y circunstancias del mercado, en donde los agentes económicos se ajusten a las nuevas realidades y procedan con mayor celeridad en la búsqueda de metodologías que garanticen la protección de sus inversiones.

Aun cuando el riesgo es inherente a las actividades de inversión en acciones y la rentabilidad esperada depende del grado de riesgo que se asuma, es importante incluir elementos de juicios más elaborados que abandonen los métodos tradicionales basados en la intuición y la experiencia, dado a que la utilización de estas prácticas informales podría aumentar la exposición al riesgo y generar grandes pérdidas.

En mercados en vía de desarrollo, la aplicación de estos modelos de decisión se convierten en un tema vital, debido a la inestabilidad de las variables económicas y al temor que genera para los inversionistas el no poder materializar los rendimientos deseados en un lapso determinado.

En el contexto colombiano se han generado esfuerzos por mejorar el desarrollo incipiente de la bolsa y las condiciones para las inversionistas a través de la unificación en el 2001 de las tres bolsas existentes, la eliminación de la doble tributación y la expedición de normatividad que en cierta medida proporcionara la seguridad y transparencia del mercado.

Sin embargo, esos son apenas algunos avances y es demasiado lo que falta por recorrer en materia de investigación y aplicación de instrumentos financieros, para medir y atenuar los efectos adversos propios de las actividades de inversión. Puesto que aún y con todos los métodos de valoración de riesgos existentes, persiste en los diversos corredores de bolsa y analistas de inversión, una tendencia muy marcada por fundar sus decisiones en prácticas intuitivas.

Este trabajo de investigación toma distancia del método imperante y sin desconocer su existencia, rememora un cambio estructural en el proceso de toma de decisiones, al considerar que no es confiable la aplicación de los esquemas tradicionales de decisión, en cambio, se promueve la utilización de metodologías racionales que permitan valorar y seleccionar objetivamente acciones individuales y portafolios de acciones en el mercado bursátil colombiano.

Cuando se hace referencia a la utilización de metodologías racionales a la hora de manejar fondos de inversión, se refiere fundamentalmente a la aplicación de la teoría moderna de portafolios publicada en 1952 por el economista Harry Markowitz y que actualmente constituye uno de los pilares fundamentales para la

inversión en acciones tratando de minimizar el riesgo sin sacrificar el rendimiento de los activos invertidos, así como también la aplicación del modelo de valoración de precio de los activos financieros (CAMP), la teoría de la razón beta y el valor del riesgo VAR.

El trabajo de investigación acude a datos reales e históricos de las cotizaciones de las acciones de media y alta bursatilidad del mercado colombiano con el fin de aplicar distintas teorías y metodologías de selección de acciones y portafolios que permita encontrar un balance adecuado entre rentabilidad y riesgo para los inversionistas.

Después de realizar un análisis con la aplicación de las teorías ya mencionadas, se obtendrá como resultado parcial las mejores combinaciones para cada metodología, es decir varias alternativas eficientes en términos de rentabilidad y riesgo. No obstante, a partir de la determinación de las mejores composiciones de inversión se desglosa un problema de toma de decisión resumido en el siguiente interrogante ¿En cuál de las combinaciones seleccionadas por cada uno de los métodos se debe invertir? ¿En qué proporción?

1.2. Esquemas de Decisión Multicriterio

La toma de decisiones para quienes manejan fondos de inversión manifiesta una mayor complejidad, dado el riesgo que implica el depositar o invertir el capital financiero y el no poder materializar los rendimientos esperados en un periodo de tiempo.

En este caso en particular, la problemática de decisión se centra en seleccionar "la mejor alternativa" dentro de un conjunto explícito de ellas, donde cada alternativa o portafolio fue seleccionado previamente bajo una medida de efectividad.

Como el proceso de toma de decisión involucra implícitamente el sentido común, es posible que se incluyan elementos subjetivos en la elección del portafolio, que pongan en riesgo la confiabilidad y viabilidad del modelo.

Frente a esta situación y como medida para sortear esta problemática, se introduce un componente esencial para la consecución del proyecto, la utilización de esquemas de decisión multicriterio, específicamente el proceso de jerarquía analítico, más conocido como la metodología AHP, la cual permite la comparación de un número finito de alternativas y que facilita la valoración de cada una de ellas y que permite llegar a la mejor solución, excluyendo dentro de su análisis conjeturas, imprevistos y elementos subjetivos.

La utilización de esta metodología dentro del desarrollo del presente trabajo de investigación, forja una atractiva oportunidad para desarrollar y contribuir al enriquecimiento de esta área del conocimiento, dado que el análisis documental realizado preliminarmente exterioriza la ausencia de esta herramienta de decisión dentro los trabajos realizados anteriormente sobre portafolios de inversión en acciones.

Indiscutiblemente, cualquier decisión que se tome en relación a la selección o inversión en acciones irá acompañada de riesgos, lo importante es generar condiciones propicias para que los inversionistas alcancen los rendimientos deseados a través de la implementación de metodologías de decisión basadas en técnicas analíticas, así como proporcionar un nivel mayor de confianza que estimule el flujo de inversiones y el crecimiento del mercado.

1.3. Motivación

Las decisiones de inversión en acciones se remontan a finales del siglo XVI, época en que empezaron a operar las sociedades anónimas emisoras de estos títulos valores, sin embargo, dado los dramáticos cambios de los últimos años, caracterizados por un gran dinamismo de las transacciones bursátiles, a demás de procesos de reformas económicas y el incremento de los flujos de inversión, se erige la necesidad de que los agentes económicos e inversionistas en las actualidad asuman comportamientos más racionales frente a las decisiones de inversión.

Colombia, pese a un notable rezago frente a los países en desarrollo y a las limitaciones de liquidez, tamaño y concentración del mercado, no puede ser ajena a esta situación y debe adaptarse a las nuevas realidades e implementar mecanismos de control y gestión de riesgos, partiendo de la base de que la mayoría de las transacciones o movimientos de inversión en acciones en nuestro país son de carácter especulativo, dando origen a ineficiencias en las decisiones.

De esta manera es importante mencionar que quienes adquieran acciones motivados por los ingresos a percibir, sean conscientes de la estacionalidad o volatilidad de los precios de estos títulos valores y adopten una verdadera cultura de manejo de riesgos; entendiendo que uno de los pilares básicos de la supervisión y administración moderna implica la identificación de los riesgos.

Con esta investigación se pretende incluir métodos de valoración y metodologías de decisión acordes a las necesidades del manejo de los fondos de inversión, elevando los estándares de la calidad de información y evaluación bajo criterios formales de decisión, por lo cual, este trabajo tiene un alto grado de significancia en el campo financiero, tras la consideración de elementos de selección y conformación de portafolios y metodologías multicriterio de decisión, para construir una metodología que mejore los resultados de la gestión en inversión en acción y asignación del capital de inversión, con el objetivo de satisfacer las necesidades del mercado con unos niveles aceptables, otorgando confiabilidad y mejorando la efectividad en el proceso de toma de decisiones.

1.4. Justificación del Proyecto

Las directrices que marcan la globalización, la tecnología, la dinámica y diversificación de operaciones sobre títulos valores en el mercado, han evocado una notoria transformación y una mayor complejidad para el público inversionista, rememorando la importancia de liderar procesos más racionales y conscientes en relación a la inversión de su capital; más aun, en un país como el nuestro, que está expuesto a constantes cambios a nivel económico y político, una nación altamente vulnerable a las variaciones que surgen a nivel internacional.

No obstante, aun y cuando nuestro país necesita particularmente involucrar procesos de gestión y medición de riesgos, la cultura de protección desarrollada hasta el momento es demasiado incipiente, por lo cual es altamente probable que los agentes económicos no obtengan los rendimientos esperados e incluso sufran pérdidas considerables, pues si bien es cierto el riesgo es parte inevitable de los procesos de toma de decisiones en general y de los procesos de inversión en particular¹⁸, más aun si no existe una adecuada gestión y administración de riesgo por parte de los inversionistas.

Dadas estas circunstancias, es importante que los inversionistas sean prudentes en el momento de administrar su capital y que basen sus decisiones en los resultados que proporcionan las teorías de portafolio de inversión en acciones y utilicen una metodología que

¹⁸ DE LARA, A., *Op.cit.*, p. 13.

permita atenuar al máximo los riesgos; debido a que este tipo de decisiones involucran inversiones significativas esencialmente irreversibles y que podrían generar pérdidas potenciales.

En la actualidad, existen numerosas teorías que facilitan la planificación de inversiones, sin embargo su aplicación no es muy usual y subsiste la utilización de esquemas no formales para la toma de decisiones, teniendo en cuenta información deficiente y apreciaciones subjetivas, que acrecientan los riesgos para los inversionistas.

De allí, la importancia de que académicos y profesionales incursionen en la aplicación y desarrollo de estas teorías, que permita manifestar que si es viable utilizar una estructura de protección a los riesgos y realizar una previsión objetiva de los rendimientos y la exposición a la que se incurre, para tomar decisiones sustentadas en metodologías científicas.

De igual forma, las instituciones de educación superior, no pueden ser consideradas como sistemas aislados, pues tienen un compromiso importante en el desarrollo de la nación, a través de la motivación de sus estudiantes para que emprendan procesos investigativos que generen una aproximación y una alianza, con miras a que la educación superior este dirigida hacia la formulación, implementación y evaluación de estrategias novedosas que acrecienten la educación de calidad; por lo cual, la Universidad del Valle, sede Palmira no puede ser ajena a la realidad de los agentes económicos o inversores.

En concordancia a lo anterior, el trabajo de investigación se realiza como modalidad de grado para optar el título de Contador Público, con el objetivo de innovar e incursionar en temas distintos a los que se ha trabajado hasta el momento, exaltando que el campo de acción y la formación proporcionada es bastante amplia para contribuir a las problemáticas que afligen a los inversionistas, a través del desarrollo de esta investigación.

1.5. Problema de Investigación y Objetivos

Los grandes cambios económicos de los últimos años además de la constante volatilidad de los mercados financieros pueden alterar drásticamente la “rentabilidad” de una inversión en particular, lo que hoy es una “inversión óptima” en un portafolio accionario, mañana podrá ser una “inversión desastrosa”. Debido a esto, se hace necesaria una gestión y medición efectiva del riesgo para los inversionistas, pues la rentabilidad de estos agentes económicos está profundamente ligada a los riesgos que adopta.

Una decisión de inversión conlleva necesariamente a obtener un “retorno esperado sobre el dinero” involucrado. Al respecto la teoría financiera menciona, que en la medida en que una inversión es mas riesgosa se le exige a ella mayores rendimientos¹⁹; es decir que la rentabilidad esperada de cualquier inversión está ligada proporcionalmente al riesgo financiero inherente. Este riesgo se manifiesta en la probabilidad de que los resultados esperados en

¹⁹ LARA, A., Medición y control de riesgos financieros: Incluye riesgo de mercado y de crédito, 2005, p. 27.

materia de rentabilidad y liquidez no se materialicen, ocasionando una disminución de sus activos y pérdidas potenciales. Es necesario entonces pensar, que el beneficio que se pueda obtener por cualquier decisión o acción de inversión en portafolio de acciones debe asociarse necesariamente con el riesgo inherente a dicha decisión o acción. En la vida práctica esto no ocurre, muchos inversionistas a nivel mundial no consideran analíticamente el riesgo ni la variabilidad en la selección de una decisión de inversión.

Esta problemática se torna cada vez más aguda, considerando los efectos que generan fenómenos como los dramáticos cambios económicos, la imperfección de los mercados, el incremento en la diversificación de productos financieros, y la masificación de acceso a información imperfecta, entre otros. A pesar de lo anterior, las decisiones de inversión en mercado bursátil generalmente son de carácter subjetivo, soportadas en la intuición de los expertos y en muchas ocasiones sin elementos cuantitativos formales. Es indudable que ninguna solución propuesta al problema de decisión de inversión obtenida por estos métodos, pueda ofrecer algún nivel de confianza. Por el contrario, cada solución de este tipo que sea adoptada, no dejará de ser un “experimento riesgoso” para los agentes económicos. Las equivocaciones en este caso pueden generar pérdidas de muchísimo dinero y seguramente empeorar la situación presente.

Teniendo en cuenta lo anterior y la necesidad de los agentes económicos frente a las contingencias propias de su oficio, se exalta la necesidad de recurrir a metodologías de carácter objetivo que permitan cuantificar y cualificar criterios importantes para el proceso

de toma de decisión de inversión. Se espera con este proyecto acercar la teoría de portafolio de acciones y metodologías de decisión multicriterio con la realidad actual mediante el análisis de decisiones de inversión en el mercado financiero colombiano. Esta decisión estratégica que está asociada con inversiones de mucho dinero, es la que abordará este proyecto de investigación, con el ánimo de buscar herramientas analíticas confiables y modelos de decisión experimentales, que sirvan de soporte al proceso de toma de decisiones en materia de inversión en el mercado bursátil.

Considerando el panorama actual de los mercados financieros, el nivel de desarrollo de la teoría de portafolio, y las oportunidades de mejoramiento que se reconocen a través de la elaboración de un trabajo de investigación en el área financiera y área de investigación de operaciones, el planteamiento del problema del presente proyecto es:

¿De qué forma se puede desarrollar una metodología analítica de decisión para encontrar un balance adecuado entre la rentabilidad y el riesgo financiero, frente a decisiones de selección de acciones individuales de media y alta bursatilidad y la conformación de portafolios en el mercado colombiano, teniendo en cuenta la naturaleza volátil del mercado y utilizando la técnica de decisión multicriterio AHP?

El objetivo general del proyecto de investigación es diseñar y desarrollar una metodología analítica de decisión basada en técnicas multicriterio AHP para la toma de decisiones de inversión en el

mercado accionario colombiano en condiciones de riesgo, que permita definir un balance adecuado entre rentabilidad y riesgo, y que considere diferentes criterios de selección de portafolios de acciones individuales de media y alta bursatilidad.

Los objetivos específicos que se han definido son los siguientes:

- Procesar y organizar la información de las cotizaciones de los títulos de media y alta bursatilidad en el mercado accionario colombiano que han cotizado en el periodo comprendido entre Diciembre de 2007 y abril de 2010.
- Aplicar las teorías de probabilidades y teoría de análisis beta en el proceso de selección de acciones individuales de media y alta bursatilidad en el mercado accionario colombiano en el periodo comprendido entre Diciembre de 2007 y abril de 2010.
- Implementar los planteamientos de la teoría del portafolio de Markowitz, teoría del equilibrio de los activos financieros de Sharpe y teoría de la minimización del VaR para la conformación de portafolios en el mercado accionario colombiano.
- Construir una metodología robusta de decisión basada en la técnica AHP que represente la realidad del proceso de toma de decisiones de inversión en acciones en el mercado colombiano, involucrando varios criterios de comparación de acuerdo a las diversas técnicas de análisis de riesgo y rentabilidad.

- Implementar la aplicación de la metodología desarrollada en una hoja de cálculo, de modo que se valide su funcionalidad y practicidad, se identifique el comportamiento de las variables críticas, criterios de comparación, criterios de selección y se evidencie la utilidad de la metodología con datos reales.

1.6. Aspectos Metodológicos

1.6.1. Tipo de Investigación

El problema de investigación planteado es de tipo **aplicativo y proyectivo**, puesto que su desarrollo involucra en primera instancia la valoración de nociones teóricas, matemáticas y estadísticas, para posteriormente ser validadas e implementadas, con la finalidad esencial de proyectar decisiones en relación a la selección del mejor portafolio de inversión en acciones en el mercado bursátil colombiano.

1.6.2. Método de Investigación

El procedimiento lógico o método utilizado para la consecución del trabajo de investigación es el **estadístico**, ya que este permite la conciliación de los procesos cualitativos y cuantitativos, lo racional y lo sensorial, lo construido y lo observado²⁰; de tal manera que facilita la valoración y medición de diferentes criterios que permiten minimizar los riesgos propios de la selección de portafolios de inversión en acciones.

²⁰ AKTOUF, Omar. La metodología de las ciencias sociales y el enfoque cualitativo en las organizaciones. Universidad del Valle, 2001. P 37

Para esto, se recurrió a los dos tipos de estadística, la descriptiva y la inferencial, en donde la primera permite la utilización de parámetros de reagrupamiento de la información, de tendencia central y parámetros de dispersión que permiten cuantificar las variaciones y la exposición al riesgo; así mismo, la segunda, facilita el cálculo de la homogeneidad de los datos, revela los lazos de causalidad y de covarianza, que son fundamentales para la combinación de los activos de inversión.

Este método permitió evaluar datos históricos con el fin de valorar el comportamiento de los títulos, facilitando la proyección de decisiones entorno a la inversión de los recursos de un agente económico, fundada en información fiable.

1.6.3. Técnicas de Investigación

El desarrollo del proyecto de investigación implicó la recolección de información histórica del comportamiento o cotización de las acciones en el mercado colombiano durante el periodo Diciembre de 2007 y Abril de 2010, estos datos se obtienen mediante una consulta en línea al portal de la Bolsa de Valores de Colombia (BVC)²¹ o en la página web de la superfinanciera, lo cual hace que la recopilación sea fácil, segura y confiable.

De igual forma, fue necesario hacer un análisis documental, mediante la selección de ideas y argumentos relevantes, contenidos

²¹ www.bvc.com.co

en documentos a fines con la temática a tratar en esta investigación, apoyándose en fuentes como libros, tesis o trabajos de grado e información de la web para soportar la realización del diseño y desarrollo de la metodología de decisión.

1.7. Organización de la Tesis

La organización del trabajo de grado es la siguiente. El Capítulo 2 presenta una revisión de la literatura relevante, en la que se hace énfasis en las diferentes metodologías para la selección de acciones y conformación de portafolios, así como la inclusión de una metodología de decisión que permita optimizar y garantizar la eficiencia de la elección. En el Capítulo 3 se muestra la información estadística de las acciones de media y alta bursatilidad del mercado colombiano, al igual que la aplicación de cada uno de los criterios para la conformación de las carteras de inversión. En el Capítulo 4, se indica la aplicación de las distintas teorías para la selección de los portafolios y la implementación de la metodología AHP para la selección del mejor portafolio considerando las diversas alternativas de decisión. En el Capítulo 5 se realizó una revisión de la experiencia computacional e implementación en Microsoft Excel con los resultados obtenidos de los modelos, y finalmente en el Capítulo 6 se presentan algunas conclusiones y contribuciones del trabajo.

CAPITULO II

REVISION DE LA LITERATURA

En este capítulo se presenta el resultado de una exhaustiva revisión del estado del arte para tratar el problema de decisión de inversión en acciones y portafolio de acciones. La literatura actual muestra diversas teorías sobre el uso de modelos matemáticos, así como diversas metodologías de solución para el problema de inversión en títulos de renta variable. Mientras unos autores premian la intuición y la experiencia sobre el uso de modelos matemáticos y técnicas de decisión otros están a favor de ellas.

2.1 Criterios estadísticos fundamentales para selección de acciones

El proceso de decisión de inversión en un portafolio de inversión, no se puede realizar a la ligera, asignando el dinero entre las opciones posibles, sino que requiere la aplicación e implementación de metodologías como la Teoría moderna de Portafolio y todo un proceso de diversificación o combinación de diversos instrumentos de inversión entre los que se distribuye proporcionalmente los recursos económicos, con el fin de obtener la mejor alternativa posible, que genere el rendimiento deseado a un nivel de riesgo tolerable.

Es necesario mencionar que las teorías utilizadas para gestionar los riesgos y seleccionar portafolios, involucran la aplicación de la Estadística, parte de la matemática que reúne, organiza, presenta,

analiza e interpreta datos para ayudar a la toma de decisiones²² y la cuantificación del riesgo a través de la Probabilidad, una poderosa herramienta que involucra información de frecuencia relativa de eventos aleatorios y se asocia con resultados futuros que miden el grado de incertidumbre²³, para determinar la posibilidad de ocurrencia de un suceso, en este caso en particular, el chance de que no se obtenga el resultado esperado, con el fin de detectar oportunamente los peligros a los que se expone al invertir en determinada opción.

Es normal observar dentro de la aplicación de estas teorías, la amplia utilización de conceptos estadísticos como Esperanza Matemática o Valor Esperado, que en estadística se concibe también como la media de una variable aleatoria y se define como una medida de localización central de una variable²⁴. La ecuación matemática del valor esperado es la siguiente:

$$E(x) = \sum_{j=1}^1 x_j E(R_j) \quad (2.1)$$

En donde, X es la rentabilidad de una acción y E la probabilidad de ocurrencia de dicha rentabilidad.

Al igual que el termino esperanza matemática; el término Varianza es ampliamente utilizado dentro del análisis de técnicas de inversión. La Varianza se define como la media aritmética de las desviaciones de

²² LIND D, MASON R, MARCHAL W. Estadística para administración y economía. Tercera edición, México D.F: McGraw-Hill Interamericana, 2001. P 3

²³ DE LARA, A., *Op cit.*, p. 14 .

²⁴ ANDERSON A, SWEENEY D, WILLIAMS T. Estadística para administración y economía. Octava edición, México D.F: Thomson ,2004. P 184

la media elevadas al cuadrado²⁵ y se representa matemáticamente bajo la siguiente ecuación:

$$\sigma^2 = \frac{\sum(x-u)^2}{N} \quad (2.2)$$

Donde, σ^2 es la varianza y se representa con la letra griega “sigma”; x que representa el valor de una observación; u es la media aritmética y N es el número de observaciones.

Otro concepto, que recobra mucha importancia en la consecución e implementación de estos modelos de decisión es la Desviación estándar, una medida de dispersión que se halla con la siguiente ecuación:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x-u)^2}{N}} \quad (2.3)$$

La ecuación (2.3), representa la raíz cuadrada de la varianza para hallar el valor de la desviación estándar y que en el contexto financiero se requiere para determinar la exposición al riesgo.

Adicional a las varianza y desviación estándar, el coeficiente de variación es también una herramienta útil para medir la relación entre la desviación estándar y la media, en términos porcentuales. A continuación se expresa la fórmula para calcular este indicador:

$$CV = \frac{\sigma}{x} \times 100 \quad (2.4)$$

Donde, σ es la desviación estándar y X es la media

²⁵ LIND D, MASON R, MARCHAL W., Óp. cit, p. 87

Otro indicador trascendental para la valoración de las acciones, es el coeficiente de asimetría, que como su nombre lo indica es una medida que permite identificar el grado de simetría y la distribución de los datos. En el caso eventual que se requiera hacer una comparación entre acciones que tengan la misma rentabilidad y riesgo, se escogerá el título que presente menor coeficiente.

Una distribución es simétrica cuando existen el mismo número de datos al lado derecho e izquierdo de la media; si hay valores más separados del lado derecho la distribución será asimétrica positiva, de lo contrario será una distribución asimétrica negativa²⁶

La función bajo la cual se denota el coeficiente de asimetría es la siguiente:

$$CA = \frac{1}{N \times \sigma^3} \sum_{i=1}^n x_i - u^3 \quad (2.5)$$

A demás de las teorías utilizadas para cuantificar y combinar las distintas acciones, también es imprescindible mencionar el papel que ejerce el proceso decisorio dentro el desarrollo de la investigación, especificando que es necesario determinar cuál de los portafolios obtenidos a partir de las distintas teorías representa la mejor opción para el inversionista.

²⁶ CONTERO, Julio Oliva. Medidas de Forma : Asimetría y Curtosis. Momentos. P3

2.2 Teoría de la Razón Beta para selección de acciones

En 1978, Elton y Gruber plantearon una técnica para la selección de portafolios, mediante una secuencia sencilla que permite determinar que acciones se deben incluir dentro de una cartera de inversión. El orden que se debe seguir para lograr la consecución de dicha cartera óptima es el siguiente:

1. Se debe calcular la rentabilidad esperada por cada acción, al igual que el beta o riesgo sistemático de cada activo. Luego que se determinan estos indicadores, deben incluirse en la fórmula que se menciona a continuación:

$$R\beta = \frac{R_i}{\beta_i} \quad (2.6)$$

Donde, $R\beta$ es la razón de rentabilidad riesgo; R_i es la rentabilidad esperada de la acción i y β_i es la beta de la acción i .

2. Así mismo, es necesario calcular los valores críticos o ratio, a través de un coeficiente o razón que fija un nivel óptimo para medir y comparar. Esta unidad de medida se determina bajo la siguiente fórmula:

$$C^* = \frac{\sum_{i=1}^n \left\| \frac{\sigma_m^2 (R_i - R_f) \beta_i}{(\sigma_i^2 - \beta_i^2 \sigma_m^2)} \right\|}{1 + \sum_{i=1}^n \left\| \frac{\sigma_m^2 \beta_i^2}{(\sigma_i^2 - \beta_i^2 \sigma_m^2)} \right\|} \quad (2.7)$$

3. Luego de obtener el valor crítico es preciso compararlo con el resultado obtenido en el paso 1, y si este último es mayor que el ratio,

se acepta la acción como elemento para conformar el portafolio de inversión.

$$R\beta > C^*$$

Después de conocer las acciones óptimas a incluir en el portafolio es preciso determinar la proporción que se desea invertir en cada una de ellas y de esta manera concluir la consecución del portafolio bajo la teoría de Elton y Gruber.

2.3 Teoría de Inversión en Portafolios de Acciones

Las nuevas tendencias, enmarcan la necesidad de gestionar y administrar la exposición al riesgo, debido a que el mercado de capitales en su proceso de liberalización y desarrollo, ha traído consigo instrumentos más complejos que acrecientan el riesgo para los agentes económicos.

Hoy en día, existe una gran variedad de teorías, modelos y técnicas de administración de inversiones, que permiten estructurar los portafolios o carteras de inversión en acciones, mediante una valoración rigurosa que disminuye la incertidumbre y por ende la vulnerabilidad al riesgo.

El desarrollo del trabajo de investigación, involucra la utilización de algunos modelos que permiten gestionar los riesgos inherentes de la actividad de inversión en acciones, con miras a encontrar la mejor combinación entre rentabilidad y riesgo, entre los activos disponibles en el mercado.

Ante la aversión que existe al riesgo, los inversionistas desean integrar un portafolio óptimo que les genere una alta rentabilidad pero que implique un mínimo riesgo. No obstante, la conformación de un portafolio bajo estas condiciones no suele ser tan sencillo, puesto que el mercado generalmente se mueve bajo la premisa que entre mayor es la exposición al riesgo mayor es la rentabilidad que se paga.

Ante esta problemática, conocedores y estudiosos de la literatura financiera, desarrollaron y presentaron modelos para obtener el portafolio o cartera óptima. A continuación se relacionan, las teorías esenciales para el desarrollo del proyecto de investigación y el aporte a esta área del conocimiento:

2.3.1 Teoría Moderna de Portafolio

Indiscutiblemente, al hablar de modelos de gestión de riesgo y conformación de portafolios, es imposible no mencionar a Herry Makowitz, quien fue el precursor de la teoría moderna del portafolio y que tras la publicación magistral de su escrito en 1952, titulado “Portfolio Selection” constituyó el umbral y pilar principal para introducir una conducta racional para la selección del carteras y títulos valores. Posteriormente en 1959, con la publicación del libro “Portfolio Selection, Efficient Diversification of Investments”, manifiesta de forma más detallada su teoría de portafolios.

La propuesta de Markowitz de introducir una conducta racional en la inversión y conformación de portafolios, involucra en esencia

que el objetivo por el cual un inversionista negocia su dinero, es aumentar su capital disponible a través de la obtención de unos rendimientos, pero como es consciente de que dicha actividad trae implícito cierta incertidumbre y por ende riesgos, se protege de eventos inesperados a través de la aplicación de modelos con alto contenido lógico.

Por lo cual, su teoría acude a la utilización de instrumentos estadísticos anteriormente mencionados:

- El valor medio o esperanza matemática: Se reconoce como medida para determinar la rentabilidad de la inversión.
- La varianza o desviación estándar: Se acepta como razón para hallar el riesgo de una cartera o portafolio.
- El inversionista, tiende a elegir las carteras con mayor rentabilidad y menor riesgo.

A demás de los criterios anteriores, la teoría de Markowitz se fundamenta en la diversificación o combinación de instrumentos de inversión, como mecanismo indispensable para integrar un portafolio óptimo, que cumpla con las exigencias del mercado y las expectativas del inversionista.

Sin embargo, para poder conformar un portafolio, se requiere en primera instancia el conocer minuciosamente el comportamiento de cada acción, para determinar si es conveniente que esta sea parte de una cartera de inversión.

Dentro de la información requerida, es vital conocer previamente la rentabilidad actual de la acción, según el análisis de datos históricos que se incluyen en la fórmula que se enmarca a continuación:

$$r_a = \frac{w_1}{w_0} - 1 \quad (2.8)$$

Donde, r_a es la rentabilidad de la acción; w_1 representa la rentabilidad de esta misma en el tiempo 1 y w_0 es la rentabilidad en el tiempo 0.

De igual manera es necesario realizar un promedio de las rentabilidades de todos los periodos para poder evaluar el comportamiento de cada acción y encontrar una estimación del rendimiento posible, de tal manera que se pueda determinar qué tan conveniente resulta invertir en esta opción.

Sin embargo, el conocer el rendimiento de una acción en el presente, no es garantía para aseverar que la tendencia en el rendimiento futuro será igual, por lo cual, Markowitz instituyó el criterio de valor esperado, como medida para determinar el beneficio que se va a obtener por el periodo de tenencia de la acción.

La rentabilidad esperada se obtiene a partir de la Esperanza matemática o valor esperado, que se asocia a la contribución o recompensa que se obtiene por invertir en dicha acción y que se denota con la siguiente ecuación:

$$E(ri) = \sum_{i=1}^n P_s \cdot r_s \quad (2.9)$$

En donde, $E(ri)$ es el rendimiento esperado de la acción, P_s es la probabilidad del rendimiento esperado en el escenario s y r_s es el rendimiento esperado en el escenario s .

Markowitz, también promovió la utilización de la varianza o la desviación estándar, como criterio fundamental para hallar la variabilidad entre el rendimiento posible y el rendimiento esperado, lo cual se conoce como riesgo.

Contrariamente a lo expresado en el párrafo anterior, por efectos de comparabilidad se utiliza la desviación estándar, ya que esta se expresa en las mismas unidades del valor esperado o media, mientras que las cifras de la varianza están elevadas al cuadrado y dificulta la interpretación de los valores.

No obstante, para poder determinar la desviación estándar es preciso hallar inicialmente la varianza, la cual indica la dispersión de los valores con respecto a la media y se establece mediante la fórmula expresada a continuación:

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n P_s (r_s - E(ri))^2 \quad (2.10)$$

Al obtener la varianza, es posible determinar el valor de la desviación estándar que se define como la raíz cuadrada positiva de la varianza, y se determina de la siguiente manera:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \quad (2.11)$$

Donde, σ es la desviación estándar y σ^2 es la varianza de la acción.

Luego de haber determinado la desviación estándar, es preciso hacer uso del coeficiente de variación para estimar que tan notorio es el riesgo, con respecto al valor esperado o media, a través de la siguiente ecuación:

$$cv = \frac{\sigma}{E(ri)} \times 100 \quad (2.12)$$

Donde, σ es la desviación estándar o riesgo de la acción y $E(ri)$ es el valor esperado o media de la acción.

Así mismo, se debe medir la posibilidad de pérdida de cada acción haciendo uso del área bajo la curva de la distribución normal estándar y tomando como referencia la media de la variación de los precios de cada acción y la desviación estándar, obteniendo una nueva escala conocida como valor Z; esta escala representa la distancia a partir de la media medida en unidades de desviación²⁷ y se denota bajo la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} P(r < 0) &= P\left(\frac{r_a - E(ri)}{\sigma} < \frac{0 - E(ri)}{\sigma}\right) \quad (2.13) \\ &= P\left(Z < \frac{0 - E(ri)}{\sigma}\right) \end{aligned}$$

²⁷ LIND D, Mason R, Marchal W. Óp. cit. P 197

Donde, r_a es el rendimiento de la acción a, $E(r_i)$ es la media de la acción, σ es la desviación estándar y Z es el límite para medir la posibilidad de pérdida de la acción.

De igual forma, se debe hallar la covarianza, un indicador que permite determinar la relación entre dos variables, en este caso en particular, la asociación entre acciones, es decir, cómo reacciona un título con el movimiento de otro. La covarianza se evalúa mediante el uso de la fórmula que se señala a continuación:

$$Cov(r_a, r_b) = \sum p_s (r_{as} - E(r_a)) (r_{bs} - E(r_b)) \quad (2.14)$$

Donde, p_s es la probabilidad de que se presente el escenario s, r_{as} es el rendimiento de la acción (a) en el escenario s; $E(r_a)$ el rendimiento esperado o media de la acción (a); r_{bs} es el rendimiento del título (b) en el escenario s y $E(r_b)$ es el rendimiento esperado de (b).

Si el resultado de la covarianza es positivo, quiere decir que existe relación entre una y otra acción; si el resultado es negativo, significa que hay una relación lineal inversa perfecta y si la covarianza es "0", simboliza que no hay una relación entre las acciones.

Otro indicador de asociación que es indispensable utilizar es el coeficiente de correlación, el cual indica la fuerza y proporcionalidad entre las acciones, que permiten establecer si la variación de una

acción incide de igual forma en otro título. Esta relación se cuantifica a través de la ecuación expresada a continuación:

$$P_{ab} = \frac{cov(r_a, r_b)}{\sigma_a \sigma_b} \quad (2.15)$$

Donde, $cov(r_a, r_b)$ es covarianza de las acciones obtenida con la ecuación anterior, σ_a es la desviación estándar de la acción a y σ_b es la desviación del título b.

El resultado del coeficiente de correlación oscila entre -1 y +1, siendo -1 un indicador de movimientos opuestos entre las acciones, +1 revelando un movimiento en el mismo sentido y “0” que no existe ninguna relación entre los movimientos o rendimientos de una acción con la otra.

La iniciativa de Markowitz de diversificar, consiste en seleccionar dos títulos o más que tengan coeficiente de correlación inferior a +1 para minimizar el riesgo dentro de un portafolio; puesto que a menor correlación menor es el riesgo en el que se incurre.²⁸

Cuando se tiene conocimiento de la rentabilidad, riesgo de cada acción y demás información, es posible diversificar o combinar los activos, con el fin último de encontrar una cartera de inversión que integre las expectativas del mercado y del inversionista.

²⁸BERGGRUN L, CAMACHO,V. Como crear un portafolio de inversión con las opciones que ofrecen los fondos de pensiones voluntarias en Colombia: El caso de Skandia. Universidad Icesi, 2009. P9

Previo la selección de acciones individuales es importante realizar una valoración a cada una de las combinaciones, de forma similar a la que se efectuó a las acciones individuales, puesto que es necesario determinar la eficiencia de los portafolios.

Como primera medida, es indispensable fijar el porcentaje o proporción que se va a invertir de cada acción para poder estimar la rentabilidad del portafolio, a través de la ecuación matemática indicada enseguida:

$$E(p) = W_a E(i_a) + W_b E(i_b) \dots (2.16)$$

En la ecuación (2.16), se expresa el promedio ponderado de los rendimientos esperados de cada una de las acciones que conforman el portafolio. Donde, W_a es la proporción que se va a invertir de la acción (a); $E(i_a)$ es la rentabilidad de (a); W_b es la proporción de la acción (b) y $E(i_b)$ es la rentabilidad del título valor (b).

También, se debe determinar la varianza del portafolio o cartera de inversión, que consiste en realizar un promedio ponderado de las varianzas de cada acción. La fórmula para calcular la varianza del portafolio se relaciona en la continuación:

$$\sigma_p^2 = W_a \sigma_a^2 + W_b \sigma_b^2 + W_a W_b COV(i_a, i_b) \quad (2.17)$$

Donde, W_a es el proporción a invertir de la acción a, σ_b^2 es la desviación de la acción a, W_b es el porcentaje a invertir en la acción b,

σ_b^2 es la desviación de la acción b y $\text{Cov}(i_a i_b)$ es la covarianza de la acción “a” y “b”.

En seguida, se debe determinar la desviación estándar a través de la fórmula convencional utilizada anteriormente para una acción:

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_p^2} \quad (2.18)$$

Donde, σ_p es la desviación estándar del portafolio y σ_p^2 es la varianza del portafolio.

A partir de los datos obtenidos precedentemente, se determinan las combinaciones eficientes, es decir aquellas carteras que otorgan al inversionista el más alto rendimiento a un nivel mínimo de riesgo o el nivel más bajo de riesgo para un determinado rendimiento y a partir de allí se procede a tomar la decisión de cuál es el portafolio que se ajusta a las expectativas del agente económico.

2.3.2 Modelo de valoración de precios de los activos financieros (CAPM)

En contraste con el modelo anterior, es preciso mencionar que Tobin, Mousin, Lintner y principalmente Sharpe, hicieron un gran aporte a la teoría de selección de portafolios, a través de la creación del Modelo de valoración del precio de los activos financieros, más conocido como CAMP (por sus siglas en ingles Capital Asset Pricing Model); el cual tiene por objeto, la maximización del retorno de cada

acción para obtener un portafolio más rentable al determinar el porcentaje exacto de inversión de cada activo, pues bajo el modelo fijado por Markowitz se logra determinar portafolios eficientes pero no se alcanza a obtener un nivel óptimo.

El modelo CAMP determina el riesgo de un activo, haciendo distinción entre el riesgo sistemático y el riesgo no sistemático; en donde el primero está íntimamente relacionado a factores coyunturales de la economía, no es controlable y tampoco es diversificable, mientras que el segundo, es aquel que por su naturaleza está asociado al riesgo del activo o al sector en particular.

Este modelo permite determinar la tasa de retorno de un activo o el costo de capital que deben obtener los inversionistas por negociar su capital, mediante una ecuación que tiene en cuenta la sensibilidad de la acción al riesgo sistemático, el cual se representa por el símbolo Beta (β), así como también tiene presente el retorno esperado del mercado y el retorno esperado de un activo teóricamente libre de riesgo. Esta ecuación se describe a continuación:

$$K_i = R_f + \beta_i(E(R_m) - R_f) \quad (2.19)$$

Donde, K_i es la tasa de rendimiento esperado o costo de capital para el activo i ; R_f es el rendimiento free o libre de riesgo; β_i es el indicador de riesgo sistemático de la acción i ; $E = (R_m - R_f)$ es la prima al riesgo que recibe el inversionista.

Sin embargo, para determinar la tasa de rendimiento esperada de un activo, es necesario inicialmente hallar el valor del riesgo sistemático o beta, que no es más que un indicador que refleja cuanto rinde una acción por cada punto que obtiene el mercado. La fórmula para determinar el Beta, se enmarca en seguida:

$$\beta_i = \frac{Cov(R_i, R_m)}{\sigma_m^2} \quad (2.20)$$

Donde, β_i es el riesgo sistemático del activo i ; $Cov(R_i, R_m)$ es la covarianza entre el rendimiento de la acción i y el rendimiento del portafolio del mercado; y σ_m^2 es la varianza del mercado.

Si el resultado del riesgo sistemático o beta, es mayor a 1 revela que el activo tiene un riesgo superior al promedio de todo el mercado y si el Beta es menor a 1, indica que el riesgo es menor.

De igual forma, cuando se construyen los portafolios de acciones es necesario encontrar el riesgo sistemático o betas del portafolio y el costo de capital de dicha cartera mediante las ecuaciones que se enumeran a continuación:

$$\beta_p = x_1\beta_1 + x_2\beta_2 \quad (2.21)$$

Donde, β_p es el riesgo sistemático del portafolio; x_1 es la proporción de la acción 1 que se va a invertir; β_1 es el riesgo sistemático de la acción; x_2 es el porcentaje a invertir de la acción 2 y β_2 es el beta de la acción 2.

$$K_p = R_f + \beta_p (E(R_m - R_f)) \quad (2.22)$$

En la cual, K_p es el costo de capital o rentabilidad esperada del portafolio; R_f es la tasa libre de riesgo; β_p es el riesgo sistemático o de mercado del portafolio hallado con la ecuación anterior y $E(R_m - R_f)$ es la prima de riesgo.

2.3.3 Modelo de minimización del VaR

Esta metodología desarrollada por Jonh Pierpont Morgan en 1994, ha sido altamente difundida y utilizada en el ámbito financiero para medir el riesgo de mercado de un activo o un portafolio de inversión. En síntesis, el VaR o Value at Risk cuantifica la exposición al riesgo a un nivel de confianza determinado, es una herramienta que mide la pérdida máxima en la que podría incurrir un inversionista al tomar una decisión de inversión en un intervalo de confianza y tiempo dado.

Para determinar la máxima pérdida probable de un portafolio se requiere la utilización de la siguiente ecuación:

$$VAR_a = Z_\alpha \frac{\sigma_p}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{1}{T}} \quad (2.23)$$

Donde, T representa el numero de periodos en el año; n es el numero de datos empleados para hallar la desviación estándar y σ_p es la desviación estándar del portafolio de acciones que está dada en términos nominales anuales.

2.4 Perfil del Inversionista

Es preciso puntualizar que la selección del portafolio óptimo no depende exclusivamente de la utilización de criterios matemáticos que permitan conocer y cuantificar la combinación rentabilidad riesgo, sino que es indispensable conocer algunos pormenores del agente económico para poder establecer un plan de inversión.

Cuando se hace referencia a los pormenores, se exterioriza que es conveniente conocer el perfil del inversionista, pues el portafolio óptimo para determinado agente económico puede no serlo para otro, puesto que sus preferencias, intereses y expectativas son distintas.

Dentro de las particularidades que se requieren conocer del inversionista, se debe determinar el objetivo fundamental por el cual desea efectuar la inversión, la edad del inversionista, la experiencia, el conocimiento que tiene en dicha actividad, el capital disponible, el tiempo de inversión y la pérdida que podría tolerar eventualmente.

De acuerdo a la información obtenida, es posible catalogar al inversionista dentro de un perfil, con el fin de determinar el portafolio que se ajuste a sus necesidades. A continuación se relacionan los perfiles y las características propias de quienes se incluyen en ellos²⁹:

-Perfil conservador o adverso al riesgo: Dentro de esta categoría, se incluyen aquellos inversionistas que prefieren una menor exposición

²⁹ Autorregulador del Mercado de Valores de Colombia. ABC del Inversionista, de <http://www.amvcolombia.org.co/index.php?pag=home&id=110%7C120%7C0>

al riesgo tras su pretensión de conservar su capital, aun cuando esto le signifique una rentabilidad menor a la del mercado.

-Perfil moderado: Son los inversionistas que están dispuestos a tolerar un riesgo moderado en el corto plazo, con tal de obtener una rentabilidad más significativa.

-Perfil propenso al riesgo o balanceado: Son aquellos inversionistas que asumen una mayor exposición al riesgo en corto y mediano plazo, con miras a lograr un rendimiento superior al del mercado.

-Perfil sofisticado o agresivo: En este ítem se incluyen los inversionistas que están dispuestos a tomar posiciones de mayor riesgo para obtener una alta rentabilidad, son los agentes económicos que tienen pleno conocimiento del mercado y los riesgos implícitos de este.

2.5 Modelo de decisión multicriterio AHP

Lo anterior ratifica, que la selección de un portafolio no es un proceso tan simple y que demanda un análisis profundo, no solo de la información cuantitativa que proporcionan los modelos sino también de las referencias cualitativas del inversionista.

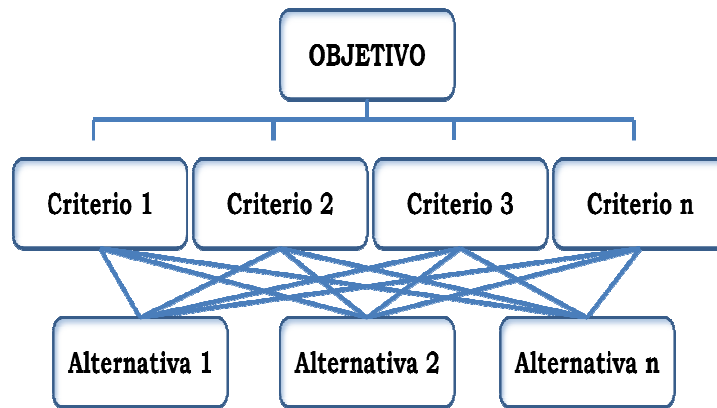
Por ello es importante introducir dentro de este proceso evaluativo de la información, una metodología que involucre todas las alternativas y que consecuentemente facilite el proceso de toma de decisiones.

La metodología elegida para analizar la información y seleccionar el portafolio óptimo, es el Proceso Analítico Jerárquico o AHP (por sus siglas en inglés, Analytic Hierarchy Process), instaurado por el matemático Thomas Saaty en la década de los 70 y que en la actualidad constituye una de los métodos más empleados para la toma de decisiones multicriterio.

El AHP, permite evaluar un número finito de alternativas mediante una estructura gráfica o modelo jerárquico, en el cual se desglosa la información de un problema a tratar, con la finalidad de analizar por partes las distintas alternativas y encontrar la mejor solución.

Esta metodología, representa de forma visual los tres componentes de una situación de decisión a través de niveles, en donde el nivel más alto de dicha estructura lo ocupa la meta, objetivo general o problema a discutir, seguido en la etapa intermedia por los criterios que afectan al problema y en el nivel más bajo, se sitúan las alternativas o soluciones.

Figura 2.1
Modelo Jerárquico para la toma de Decisiones Bajo la Metodología AHP



Fuente: MARTINEZ, Elena. 2007: p 527

No obstante, es importante hacer énfasis que la distribución o desglose del problema involucra que el decisor asigne a cada nivel, información que sea análoga y comparable con el fin de conservar la correspondencia entre los niveles, como se observa en la figura 1.

Luego de haber realizado la estructura, el paso a seguir es la valoración de los elementos que componen la jerarquía mediante comparaciones binarias y emisión de juicios de valor dependiendo el grado de importancia de los criterios y de las alternativas planteadas.

Esta metodología, se ajusta a las necesidades del problema de investigación puesto que permite comparar aspectos cuantitativos como cualitativos, a través de una escala de medida propuesta por Saaty, en la cual el decisor puede articular sus preferencias y comentarios respecto a dos elementos de forma verbal y representarlos numéricamente a través de la escala 1-9.

Tabla 2.1
Escala 1-9 Propuesta Por Saaty³⁰

<i>Escala Numérica</i>	<i>Escala Verbal</i>	<i>Explicación</i>
1	Igual importancia	Los dos elementos contribuyen igualmente a la propiedad o criterio
3	Moderadamente más importante un elemento que otro.	El juicio y la experiencia previa favorecen a un elemento frente al otro
5	Fuertemente más importante un elemento que otro.	El juicio y la experiencia previa favorecen fuertemente a un elemento frente a otro.
7	Mucho más fuerte la importancia de un elemento que la de otro	Un elemento domina fuertemente. Su dominación está probada en práctica.
9	Importancia extrema de un elemento frente al otro	Un elemento domina a otro con el mayor orden de magnitud posible.

Fuente: MARTÍNEZ, Elena.. 2007: p 529

La escala anterior, sólo refleja los números impares del 1 al 9 sin embargo los números pares también se tienen en cuenta dentro de este modelo de valoración para indicar una situación intermedia, en el caso que exista alguna dificultad para enjuiciarlos.

La comparación binaria da como resultado una matriz de comparaciones pareadas, en donde se enmarca el nivel de preferencia de un componente en relación a otro en función de un problema en general; es decir, que la escala evalúa en qué medida contribuye cada

³⁰ MARTÍNEZ, E. Aplicación del proceso jerárquico de análisis en la selección de la localización de una pyme. Real centro universitario, 2007. P7

componente de la estructura al nivel inmediatamente superior del cual se desglosa en la jerarquía.

En seguida con los datos de valoración obtenidos en esta matriz, es necesario dividir los términos de la estructura sobre la suma de las columnas y promediar los valores de las filas para determinar el vector de prioridad para cada criterio y poder compararlos entre sí.

Con los vectores de prioridad se construye una matriz de preferencia, que implica la multiplicación de los vectores o pesos siguiendo la trayectoria desde la parte más alta de la jerarquía hasta el nivel más bajo, obteniendo el vector de prioridad de las alternativas, el cual establece la solución al problema al presentar el porcentaje de preferencia de cada alternativa.

Sin embargo, antes de tomar la decisión es necesario realizar un análisis de sensibilidad, para lo cual se acude generalmente a la utilización de un software como apoyo para determinar el grado de sensibilidad de cada opción.

Finalmente, solo queda por mencionar que aun cuando esta metodología propone una selección para evaluar todas las alternativas y presentar cuantitativamente cual es la mejor opción, quien decide en definitiva es el individuo.

2.6 Conclusiones de la revisión

La anterior revisión de literatura muestra una visión general de los diversos enfoques desarrollados para resolver el problema de decisiones de inversión. En cada una de las investigaciones citadas se muestra la evidente necesidad de incluir mayores elementos que capturen la complejidad del proceso de decisión y la incertidumbre característica de los problemas del mundo real. Avances en teoría de portafolio y técnicas de decisión multicriterio como el AHP permitirán incrementar la capacidad de analizar, modelar y resolver problemas de inversión en títulos de renta variable. Recientes desarrollos en técnicas de decisión multicriterios apuntan al uso de métodos analíticos refinados para la solución de la complejidad en teoría de inversiones. El modelo de decisión de este trabajo de investigación tomara elementos de las técnicas tradicionales y modernas de inversión en portafolios junto con técnicas de decisión multicriterio para el desarrollo de un modelo de decisión que considere un balance adecuado entre riesgo y rentabilidad para la inversión en portafolio de acciones en el contexto colombiano e internacional.

CAPITULO III

SELECCIÓN DE TITULOS DE RENTA VARIABLE

En este capítulo se hace una explicación clara sobre la metodología adoptada para la selección de acciones individuales en el mercado bursátil colombiano. En el capítulo se detalla el análisis y la metodología de decisión adoptada para la selección de títulos de renta variable y su respectiva validación con acciones de media y alta bursatilidad que cotizaron entre Diciembre del 2007 a Abril del 2010.

3.1 Información histórica de cotizaciones de acciones de media y alta bursatilidad

Con el fin de dar cumplimiento a los objetivos planteados en el proyecto de investigación y validar el alcance y la aplicabilidad de la metodología de decisión que se ha desarrollado; se hizo necesario realizar una búsqueda de las acciones ordinarias que cotizaron durante el periodo Diciembre de 2007 a abril de 2010, y que fueron clasificadas como títulos de media y alta bursatilidad. La característica de poca tranzabilidad de las acciones de baja bursatilidad en el mercado colombiano, ha hecho que hayan sido descartadas dentro del análisis.

La Tabla 3.1, contiene las acciones de media y alta bursatilidad que tranzaron en el mercado financiero colombiano durante el periodo de análisis. Se ha asignado una nomenclatura (CODEMP) bajo la cual

serán identificadas de aquí en adelante cada uno de los títulos en el documento.

Tabla 3.1. Títulos de media y alta bursatilidad que cotizaron en el mercado accionario colombiano y su respectiva codificación. Diciembre/2007 a Abril/2010

N°	EMPRESA	CODEMP
1	ACERIAS PAZ DEL RIO S.A.	APDR
2	ADM.DE FONDOS Y PENSIONES Y CESANTIAS PROTECCIÓN S.A.	PROT
3	ALMACENES EXITO S.A.	EXIT
4	BANCO BILBAO VISCAYA ARGENTARIA COLOMBIA S.A. - BBVA	BBVA
5	BANCO COMERCIAL AV VILLAS S.A.	BAVV
6	BANCO DE BOGOTA S.A.	BBOG
7	BANCO DE OCCIDENTE S.A.	BOCC
8	BANCO SANTANDER COLOMBIA S.A.	BSAN
9	BANCOLOMBIA S.A.	BACO
10	CARTON DE COLOMBIA S.A.	CARC
11	CEMENTOS ARGOS S.A.	CARG
12	COMPAÑIA COLOMBIANA DE INVERSIONES S.A. ESP	COIN
13	COMPAÑIA COLOMBIANA DE TEJIDOS S.A.- COLTEJER	COLT
14	CORPORACIÓN FINANCIERA COLOMBIANA S.A.	CORF
15	ECOPETROL S.A.	ECOP
16	EMPRESA DE TELCOMUNICACIONES DE BOGOTA S.A. ESP	ETBO
17	ENKA DE COLOMBIA S.A.	ENKA
18	GAS NATURAL S.A. ESP	GASN
19	GRUPO AVAL ACCIONES Y VALORES S.A.	AVAL
20	GRUPO DE INVERSIONES SURAMERICANA S.A.	SURA
21	GRUPO NACIONAL DE CHOCOLATES S.A.	CHOC
22	INTERBOLSA S.A.	IBOL
23	INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA S.A. ESP	ICEL
24	INVERSIONES ARGOS S.A.	IARG
25	ISAGEN S.A.	ISAG
26	MINEROS S.A.	MNOS
27	ORGANIZACIÓN DE INGENIERÍA INTERNACIONAL S.A.	OING
28	PROMIGAS S.A. ESP	PROM
29	TABLEROS Y MADERAS DE CALDAS S.A. – TABLEMAC	TMAC
30	TEXTILES FABRICATO TEJICONDOR S.A	TFAB

31	VALOREM S.A.	VALO
32	VALORES SIMESA S.A.	VALS
33	INDICE GENERAL DE LA BOLSA DE COLOMBIA	IGBC

Fuente. Artículos financieros, reportes y boletines informativos emitidos por el Banco de Bogotá, el periódico El País y la Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica (ACOLGEN).

Es importante mencionar que la tabla 3.1, no incluye las acciones Biomax S.A., Bolsa Nacional Agropecuaria S.A., Pacific Rubiales Energy y la Sociedad de Inversiones de Energía S.A., que también fueron catalogadas como títulos de media y alta bursatilidad para dicho periodo, ya que estas acciones iniciaron su actividad en la bolsa en fechas posteriores a las requeridas en la investigación y por tanto afectaban la uniformidad en el número de periodos de cotización, al igual que la validez y consistencia de los resultados.

De igual forma, en la tabla 3.1 se incluye el Índice General de la Bolsa de Colombia (IGBC), el cual es concebido como un indicador de evolución de los precios de las acciones más representativas del mercado³¹. Este indicador, es útil dentro del proyecto de investigación, puesto que enmarca una base fundamental para realizar comparativos entre la tendencia del mercado accionario nacional versus el comportamiento de las acciones y así contribuir a la toma de decisiones de inversión, la conformación y selección de portafolios.

³¹ PINILLA Roberto, VALERO Luis y GUZMAN Alexander. Operaciones en el Mercado de Capitales. Tercera edición, Colombia: Printer Colombiana S.A., 2007.P 79

A través de la consulta en línea al portal de la superintendencia financiera de Colombia, en el módulo Sistema Integral de Información del Mercado Valores – SIMEV y la consulta a la página de la Bolsa de valores de Colombia, en el módulo mercados; se obtuvo la cotización de cada una de las acciones para el periodo Diciembre del 2007 a Abril del 2010, a través de una gama de bases de datos que contienen información diaria de las cotizaciones de cada activo. En la tabla 3.2 se puede observar un ejemplo de los valores de cotización diaria desde diciembre del 2007 a enero del 2008 para ocho de las treinta y dos acciones clasificadas como de media y alta bursatilidad.

Para facilitar el estudio y análisis de decisión de títulos individuales, se ha organizado toda la información en una hoja de cálculo en Excel donde se ha desarrollado y validado la metodología de decisión.

Tabla 3.2. Precio de cierre diario de ciertas acciones de media y alta bursatilidad

Diciembre/2007 a Enero/2008

FECHA	ACPR	PROT	EXIT	BBVA	BAVV	BBOG	BOCC	BSAN
30-nov-07	76,7	37.017,2	15.848,3	200,0	3.540,0	33.866,0	20.820,0	1.641,8
3-dic-07	76,6	36.949,3	15.837,0	200,0	3.540,0	33.700,3	21.040,0	1.641,8
4-dic-07	74,9	37.250,3	15.698,6	200,0	3.540,0	33.530,6	21.040,0	1.641,8
5-dic-07	74,4	37.400,0	15.813,3	200,0	3.540,0	33.114,6	21.000,0	1.602,2
6-dic-07	73,5	37.020,0	15.876,1	200,0	3.540,0	33.326,2	21.000,0	1.602,2
7-dic-07	74,2	37.020,0	15.658,4	216,5	3.540,0	33.034,9	20.800,0	1.602,2
10-dic-07	73,0	37.000,0	15.790,4	216,5	3.540,0	32.666,0	20.800,0	1.602,2
11-dic-07	73,2	36.980,0	15.883,7	216,5	3.540,0	32.588,2	20.800,0	1.550,0

12-dic-07	74,7	36.869,1	15.992,4	216,5	3.540,0	32.656,5	20.800,0	1.550,0
13-dic-07	74,0	37.000,0	15.952,1	216,5	3.540,0	32.764,3	20.367,2	1.550,0
14-dic-07	73,7	37.000,0	15.845,7	203,0	3.540,0	32.785,5	20.367,2	1.515,0
17-dic-07	72,7	37.000,0	15.800,4	203,0	3.540,0	32.593,6	20.367,2	1.500,0
18-dic-07	72,1	37.066,7	15.631,2	203,0	3.502,6	32.400,0	21.700,0	1.500,0
19-dic-07	72,0	37.020,0	16.142,3	203,0	3.525,0	32.506,5	21.700,0	1.500,0
20-dic-07	72,4	37.020,0	16.301,9	203,0	3.525,0	32.684,0	21.700,0	1.467,7
21-dic-07	73,2	37.020,0	16.678,4	203,0	3.525,0	32.600,0	21.700,0	1.467,7
24-dic-07	73,4	37.780,3	16.689,6	211,4	3.530,0	32.700,0	21.700,0	1.500,0
26-dic-07	73,5	37.700,0	16.416,8	211,4	3.530,0	32.700,0	21.700,0	1.500,0
27-dic-07	73,0	37.212,9	16.995,7	200,0	3.530,0	32.504,7	21.700,0	1.500,0
28-dic-07	73,0	37.020,0	17.184,3	200,0	3.530,0	32.504,7	21.700,0	1.510,0
2-ene-08	73,5	37.020,0	17.077,7	200,0	3.530,0	32.504,7	21.700,0	1.510,0
3-ene-08	73,3	37.020,0	16.900,0	200,0	3.530,0	32.000,0	21.700,0	1.510,0
4-ene-08	73,0	37.020,0	16.800,0	200,0	3.530,0	32.000,0	21.700,0	1.510,0
8-ene-08	72,5	37.020,0	16.808,4	200,0	3.530,0	31.995,6	21.700,0	1.400,0
9-ene-08	71,7	37.020,0	16.597,0	200,0	3.530,0	31.950,0	21.700,0	1.400,0
10-ene-08	70,5	37.020,0	16.567,7	200,0	3.530,0	31.672,7	21.700,0	1.400,0
11-ene-08	69,6	37.020,0	16.365,9	200,0	3.530,0	31.672,7	21.700,0	1.400,0
14-ene-08	65,4	37.020,0	16.147,9	200,0	3.530,0	30.900,9	21.700,0	1.400,0
15-ene-08	63,1	37.020,0	16.000,5	200,0	3.530,0	30.075,5	21.700,0	1.400,0
16-ene-08	60,4	37.020,0	15.997,7	200,0	3.530,0	30.067,9	20.367,1	1.290,0
17-ene-08	58,0	37.020,0	15.697,1	190,0	3.530,0	30.000,0	20.367,1	1.290,0
18-ene-08	55,8	37.020,0	15.368,1	190,0	3.530,0	29.418,1	20.367,1	1.290,0
21-ene-08	50,5	37.020,0	13.946,6	190,0	3.530,0	26.540,0	19.860,0	1.290,0
22-ene-08	51,6	37.020,0	14.446,2	190,0	3.530,0	27.474,0	20.000,0	1.290,0
23-ene-08	53,3	37.020,0	14.406,8	190,0	3.530,0	28.775,4	20.000,0	1.290,0
24-ene-08	56,2	37.500,0	14.727,1	190,0	3.530,0	30.293,0	20.000,0	1.290,0
25-ene-08	60,2	36.801,4	15.116,0	190,0	3.530,0	29.610,3	20.000,0	1.290,0
28-ene-08	56,5	36.801,4	14.600,0	190,0	3.530,0	29.243,8	20.000,0	1.290,0
29-ene-08	57,9	36.801,4	14.988,3	190,0	3.530,0	29.601,9	21.000,0	1.290,0
30-ene-08	57,0	36.801,4	14.507,8	189,0	3.530,0	29.874,3	21.000,0	1.290,0
31-ene-08	56,7	37.200,0	14.382,2	189,0	3.530,0	29.912,9	21.000,0	1.290,0

Fuente. Todas las cotizaciones fueron tomadas de la página de la superintendencia financiera de Colombia, excepto las cotizaciones diarias de las nomenclaturas

ECOP, IBOL e IGBC, que fueron tomados de la página de la Bolsa de Valores de Colombia.

Toda la información histórica de las cotizaciones de las acciones, permite aplicar las distintas teorías para selección de títulos de inversión, encontrando un balance adecuado entre riesgo y rentabilidad.

3.2 Cálculo de indicadores de rentabilidad y riesgo

Con la información contenida en la Tabla 3.2, se ha efectuado el cálculo de las rentabilidades diarias de cada acción, mediante la siguiente ecuación:

$$Rentabilidad_i = \left(\frac{Precio_i}{Precio_{(i-1)}} \right) - 1 \quad (3.1)$$

De igual manera se han calculado el riesgo medido por la desviación estándar, el coeficiente de variación y coeficiente de asimetría de cada uno de los títulos. Estos datos se pueden apreciar a través en la tabla 3.3. Los cálculos han sido realizados utilizando las ecuaciones mencionadas en la sección 2.1 del presente documento.

De acuerdo información obtenida en la Tabla 3.3, se puede afirmar que la acción más rentable para el periodo de análisis es **Mineros S.A.**, con una rentabilidad diaria esperada de 0,16%, equivalente a una tasa de rentabilidad de 78.68% E.A. En contraposición, la acción menos rentable es **Compañía Colombiana de Tejidos S.A. (COLTEJER)**, con una rentabilidad de -0,17% diaria equivalente a una tasa de -44,87% E.A.

La tabla 3.4 que refleja un resumen ordenado de forma descendente de las rentabilidades promedio de las acciones para el periodo análisis.

Tabla 3.3. Clasificación en orden descendente de acuerdo al nivel de rentabilidad de las acciones de media y alta bursatilidad Diciembre/2007 a Abril/2010

Nº	ACCION	E(Rentabilidad) Diaria	E(Rentabilidad) Efectiva Anual
26	MNOS	0,16%	78,68%
23	ICEL	0,11%	49,74%
14	CORF	0,10%	42,11%
16	ETBO	0,10%	41,97%
24	IARG	0,09%	36,57%
20	SURA	0,08%	33,44%
19	AVAL	0,07%	30,70%
7	BOCC	0,07%	29,96%
15	ECOP	0,07%	29,26%
9	BACO	0,06%	25,32%
21	CHOC	0,06%	23,72%
2	PROT	0,06%	22,37%
22	IBOL	0,06%	22,32%
11	CARG	0,06%	22,23%
18	GASN	0,05%	18,58%
5	BAVV	0,05%	18,34%
6	BBOG	0,04%	14,83%
3	EXIT	0,03%	12,96%
33	IGBC	0,03%	11,73%
25	ISAG	0,03%	10,27%
12	COIN	0,01%	4,48%
28	PROM	0,01%	2,63%
8	BSAN	0,00%	0,97%
30	TFAB	0,00%	0,38%
4	BBVA	0,00%	-0,14%
29	TMAC	-0,02%	-7,54%
17	ENKA	-0,02%	-8,49%
32	VALS	-0,03%	-8,78%

10	CARC	-0,03%	-9,69%
1	ACPR	-0,05%	-16,11%
27	OING	-0,05%	-16,20%
31	VALO	-0,07%	-21,13%
13	COLT	-0,17%	-44,87%

Fuente: Realizada por la autora

De acuerdo a la posición de las acciones fijada en la tabla 3.1 y ordenadas en la tabla 3.4, se puede apreciar que las acciones 26, 23, 14, 16, 24, 20, 19, 7, 15, 9, 21, 2, 22, 11, 18, 5, 6 y 3, presentaron un rentabilidad superior con respecto a la rentabilidad promedio del mercado (IGBC) cuyo valor es de 11,73% E.A. Si tuviéramos solamente en consideración y de manera individual la valoración el criterio de rentabilidad, la mejor decisión sería invertir en estas compañías. Evidentemente en una metodología de decisión considerando solo el criterio de rentabilidad, el primer punto de descarte debería ser los títulos que han presentado rentabilidades promedio negativas durante el periodo de análisis.

No obstante, es pertinente analizar de igual forma los criterios de riesgo antes de tomar la decisión de invertir en cualquier título de renta variable. En primera instancia se ha evaluado la desviación estándar, que indica la exposición directa al riesgo de las acciones en el mercado bursátil. La tabla 3.5 muestra en orden descendente el riesgo de las acciones medido a través de la desviación estándar. En la tabla 3.5, se aprecia que la acción con mayor riesgo medido a través de la desviación estándar es **Organización de Ingeniería Internacional S.A.**, con un valor diario del 4,47%; mientras, **Gas Natural S.A. ESP** con un registro del 0,91% diario se cataloga como la acción con menor riesgo de este grupo para el periodo en mención.

**Tabla 3.4. Cálculo de las rentabilidades esperadas (diarias), nivel de riesgo (Desviación), coeficiente de variación (CV) y coeficiente de asimetría (CA) para las acciones de media y alta bursatilidad
Diciembre/2007 a Abril/2010**

INDICADOR	ACPR	PROT	EXIT	BBVA	BAV	BBOG	BOCC	BSAN	BACO	CARC	CARG
Rentabilidad	-0,0488%	0,0561%	0,0339%	-0,0004%	0,0468%	0,0384%	0,0728%	0,0027%	0,0627%	-0,0283%	0,0558%
Desviación	3,81%	1,15%	1,75%	1,56%	3,94%	1,51%	1,19%	2,82%	2,02%	2,25%	1,95%
CV	-7815%	2044%	5179%	-410235%	8431%	3931%	1637%	105396%	3219%	-7956%	3497%
CA	3,00	1,58	-0,42	1,33	12,14	-0,46	0,29	0,22	-0,51	3,95	-0,40

INDICADOR	COIN	COLT	CORF	ECOP	ETBO	ENKA	GASN	AVAL	SURA	CHOC	IBOL
Rentabilidad	0,0122%	-0,1653%	0,0977%	0,0713%	0,0974%	-0,0246%	0,0474%	0,0744%	0,0802%	0,0592%	0,0560%
Desviación	4,17%	4,15%	1,58%	1,84%	2,14%	2,64%	0,91%	1,94%	1,97%	1,56%	1,60%
CV	34206%	-2510%	1621%	2580%	2193%	-10702%	1929%	2610%	2457%	2636%	2854%
CA	-17,22	-13,58	-0,09	0,20	0,31	-0,24	4,50	1,08	-0,56	0,67	0,41

INDICADOR	ICEL	IARG	ISAG	MNOS	OING	PROM	TMAC	TFAB	VALO	VALS	IGBC
Rentabilidad	0,1122%	0,0866%	0,0272%	0,1614%	-0,0491%	0,0072%	-0,0218%	0,0011%	-0,0659%	-0,0255%	0,0308%
Desviación	1,52%	1,85%	1,43%	1,62%	4,47%	2,23%	2,47%	2,77%	2,29%	1,42%	1,45%
CV	1358%	2131%	5271%	1006%	-9099%	30849%	-11322%	262441%	-3476%	-5582%	4721%
CA	0,24	-0,62	0,72	0,86	-13,58	-0,87	0,46	0,11	2,05	-3,35	-0,39

Fuente: Realizada por la autora.

**Tabla 3.5. Clasificación en orden descendente de acuerdo al nivel de riesgo de las acciones de media y alta bursatilidad
Diciembre/2007 a Abril/2010**

Nº	ACCION	Desviación Estándar
27	OING	4,47%
12	COIN	4,17%
13	COLT	4,15%
5	BAVV	3,94%
1	ACPR	3,81%
8	BSAN	2,82%
30	TFAB	2,77%
17	ENKA	2,64%
29	TMAC	2,47%
31	VALO	2,29%
10	CARC	2,25%
28	PROM	2,23%
16	ETBO	2,14%
9	BACO	2,02%
20	SURA	1,97%
11	CARG	1,95%
19	AVAL	1,94%
24	IARG	1,85%
15	ECOP	1,84%
3	EXIT	1,75%
26	MNOS	1,62%
22	IBOL	1,60%
14	CORF	1,58%
21	CHOC	1,56%
4	BBVA	1,56%
23	ICEL	1,52%
6	BBOG	1,51%
33	IGBC	1,45%
25	ISAG	1,43%
32	VALS	1,42%
7	BOCC	1,19%
2	PROT	1,15%
18	GASN	0,91%

Fuente: Realizada por la autora.

En la tabla 3.5 se puede observar claramente la clasificación de las acciones más riesgosas medidas bajo el criterio de desviación estándar; sin embargo, es necesario analizar otros aspectos y valorar otros criterios como son el coeficiente de variación y de asimetría, para tener mayor certeza de las acciones que implican un mayor riesgo.

Evalutando el coeficiente de variación, como criterio o medida de dispersión relativa, se revela que la acción con mayor riesgo de variación es **Textiles Fabricato Tejicondor S.A.**, la cual tiene un coeficiente de variación de 262.441,01% (ver tabla 3.3), lo cual indica que los precios de esta acción, oscilaron o presentaron una variación mayor periodo tras periodo, constituyendo un riesgo con respecto a la rentabilidad promedio que se obtuvo al invertir en este activo.

El Coeficiente de Asimetría cobra importancia en el análisis de riesgo para la selección de acciones en el caso de que dos títulos tengan la misma rentabilidad promedio y la misma desviación estándar. Evaluando dicho coeficiente, se observa que la acción del **Banco Av Villas S.A.** es la más riesgosa, puesto que presenta el valor positivo más grande del grupo de títulos (12.14), mientras la acción con menor coeficiente es la de **Compañía Colombiana de Inversiones S.A.**

3.3 Cálculo de indicadores de riesgo sistemático y costo de capital

Adicional a los criterios hallados anteriormente, se ha calculado el riesgo sistemático (β), el riesgo diversificable y la probabilidad de pérdida. Estos datos se pueden observar en la tabla 3.6.

El coeficiente beta o riesgo sistemático (β), es el indicador que permite evaluar que tan sensible es la rentabilidad de una acción cuando varía la rentabilidad del mercado accionario. Teniendo como base esta definición y la información de la tabla 3.6, se puede aseverar que **Ecopetrol S.A.**, es la acción más sensible del grupo de títulos con un β de 1,06. Adicionalmente, podemos observar que el riesgo de este título es superior al promedio de todo el mercado (IGBC), el cual tiene un β de 1. En contraposición, **Valores Simesa S.A.**, es la acción menos sensible a las variaciones del mercado con un coeficiente β de 0,01.

El coeficiente R^2 permite calcular la proporción del riesgo diversificable, a través de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Riesgo Diversificable} = (1 - R^2) \quad (3.2)$$

La tabla 3.6, indica que **Valores Simesa S.A.**, es la acción con el mayor porcentaje diversificable (99,99%), lo que indica que el riesgo de mercado de esta acción es bajo; mientras **Ecopetrol S.A.**, se consolida como la acción con menor riesgo diversificable con un 29,45%.

La probabilidad de pérdida, refleja que la acción **Coltejer S.A.**, es la que presenta el porcentaje más alto (51,59%), exteriorizando que este activo tiene implícito un alto grado de riesgo; en oposición a esto, **Mineros S.A.**, es la acción con menos probabilidad de riesgo (46,04%).

3.4 Cálculo de los valores críticos

La última metodología aplicada para la selección de acciones individuales es la técnica de la teoría de la razón beta; la cual incluye

los valores críticos como cifra comparativa para tomar la decisión de seleccionar o no una acción para la conformación de portafolios.

La tabla 3.7, refleja la aplicación de la secuencia de la teoría propuesta por Elton y Gruber que permite seleccionar las acciones que deben incluirse dentro de un portafolio. Bajo la premisa de esta teoría, todas las acciones que obtuvieron un valor de la razón de rentabilidad riesgo superior al del ratio, son acciones óptimas a incluir en un portafolio. Por tanto, podemos afirmar que bajo estos criterios de selección es propicio invertir en acciones como **PROT, EXIT, BBVA, BAVV, BBOG, BOCC, BACO, CARC, CARG, CORF, ECOP, ETBO, AVAL, SURA, CHOC, IBOL, ICEL, ISAG, MNOS Y PROM.**

Es preciso mencionar que para el cálculo del valor crítico o ratio (C^*), fue necesario acudir al portal del Banco de la Republica para poder obtener la tasa de interés de los TES clase B, los cuales son títulos de deuda pública emitidos por la Tesorería General de la Nación como mecanismo de financiación del Gobierno y que son subastados por el Banco de la Republica. Estos títulos valores de renta fija son de alta confiabilidad debido a que son respaldados por la Nación; haciendo de estos, una opción propicia para invertir, si lo que se busca es seguridad del emisor del título. Dicha tasa de interés corresponde a la denominada “tasa libre de riesgo” para el mercado Colombiano.

La tasa de interés tomada para sustituir en la ecuación como tasa libre de riesgo fue la del 25 de octubre de 2010, al mayor plazo (16

años), la cual para esa fecha era de 7,739% E.A., y que por efectos del desarrollo del proyecto fue pasada a diaria (0,02%).

Tabla 3.6. Calculo de Betas, coeficiente R², porcentaje de riesgo diversificable y probabilidad de perdida en las acciones de media y alta bursatilidad Diciembre/2007 a Abril/2010

INDICADOR	ACPR	PROT	EXIT	BBVA	BAVV	BBOG	BOCC	BSAN	BACO	CARC	CARG
Betas	0,47	0,03	0,69	0,04	0,05	0,58	0,05	0,14	1,02	-0,02	1,00
R ²	3,18%	0,19%	33,27%	0,13%	0,03%	31,73%	0,36%	0,49%	53,84%	0,02%	55,43%
% Riesgo Diversific	96,82%	99,81%	66,73%	99,87%	99,97%	68,27%	99,64%	99,51%	46,16%	99,98%	44,57%
Prob. de Pérdida	50,51%	48,05%	49,23%	50,01%	49,53%	48,99%	47,57%	49,96%	48,76%	50,50%	48,86%

INDICADOR	COIN	COLT	CORF	ECOP	ETBO	ENKA	GASN	AVAL	SURA	CHOC	IBOL
Betas	0,75	0,44	0,71	1,06	0,77	0,43	-0,01	0,87	1,03	0,65	0,27
R ²	6,94%	2,36%	42,94%	70,55%	27,30%	5,60%	0,03%	42,64%	58,07%	37,34%	6,20%
% Riesgo Diversific	93,06%	97,64%	57,06%	29,45%	72,70%	94,40%	99,97%	57,36%	41,93%	62,66%	93,80%
Prob. de Pérdida	49,88%	51,59%	47,54%	48,45%	48,18%	50,37%	47,93%	48,47%	48,38%	48,49%	48,60%

INDICADOR	ICEL	IARG	ISAG	MNOS	OING	PROM	TMAC	TFAB	VALO	VALS
Betas	0,72	0,90	0,58	0,17	0,08	0,08	1,01	1,00	0,24	0,01
R ²	47,88%	50,82%	35,37%	2,29%	0,06%	0,29%	35,94%	27,85%	2,41%	0,01%
% Riesgo Diversific	52,12%	49,18%	64,63%	97,71%	99,94%	99,71%	64,06%	72,15%	97,59%	99,99%
Prob. de Pérdida	47,07%	48,13%	49,24%	46,04%	50,44%	49,87%	50,35%	49,98%	51,15%	50,71%

Fuente: Realizada por la autora.

**Tabla 3.7. Cálculo de la razón de rentabilidad riesgo, valores críticos o ratios y decisión de inversión según la teoría de la Razón Beta en las acciones de media y alta bursatilidad
Diciembre/2007 a Abril/2010**

INDICADOR	ACPR	PROT	EXIT	BBVA	BAVV	BBOG	BOCC	BSAN	BACO	CARC	CARG
Rentabilidad	- 0,05%	- 0,06%	- 0,03%	- 0,00%	- 0,05%	- 0,04%	- 0,07%	- 0,00%	- 0,06%	- 0,03%	- 0,06%
Betas (β)	0,47	0,03	0,69	0,04	0,05	0,58	0,05	0,14	1,02	-0,02	1,00
R / β	- 0,0010	- 0,0166	- 0,0005	- 0,0001	- 0,0095	- 0,0007	- 0,0148	- 0,0002	- 0,0006	- 0,0128	- 0,0006
C*	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Selección (R $\beta > C^*$)	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1

INDICADOR	COIN	COLT	CORF	ECOP	ETBO	ENKA	GASN	AVAL	SURA	CHOC	IBOL
Rentabilidad	- 0,01%	- 0,17%	- 0,10%	- 0,07%	- 0,10%	- 0,02%	- 0,05%	- 0,07%	- 0,08%	- 0,06%	- 0,06%
Betas (β)	0,75	0,44	0,71	1,06	0,77	0,43	-0,01	0,87	1,03	0,65	0,27
R / β	- 0,0002	- 0,0038	- 0,0014	- 0,0007	- 0,0013	- 0,0006	- 0,0418	- 0,0009	- 0,0008	- 0,0009	- 0,0021
C*	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Selección (R $\beta > C^*$)	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1

INDICADOR	ICEL	IARG	ISAG	MNOS	OING	PROM	TMAC	TFAB	VALO	VALS	IGBC
Rentabilidad	- 0,11%	- 0,09%	- 0,03%	- 0,16%	- 0,05%	- 0,01%	- 0,02%	- 0,00%	- 0,07%	- 0,03%	- 0,03%
Betas (β)	0,72	0,90	0,58	0,17	0,08	0,08	1,01	1,00	0,24	0,01	1,00
R / β	- 0,0016	- 0,0010	- 0,0005	- 0,0096	- 0,0065	- 0,0009	- 0,0002	- 0,0000	- 0,0027	- 0,0235	- 0,0003
C*	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Selección (R $\beta > C^*$)	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0

Fuente: Realizada por la autora.

3.5 Metodología de selección de acciones individuales

Al aplicar todas las técnicas anteriores nos enfrentamos al problema típico de selección de acciones, debido a que cada criterio nos ofrece una opción diferente. Dado lo anterior, la pregunta que surge es ¿qué criterios se deben conjugar y en qué orden para realizar el descarte de títulos valores y obtener cinco acciones para la conformación de portafolios?

Es preciso mencionar que en busca de la metodología propicia para el estudio de toda la información aportada por cada uno de los criterios para llegar a la selección de las acciones, se hicieron varias pruebas cambiando el orden de análisis de los distintos criterios con el fin de determinar cuál permitía llegar a las 5 acciones de manera ágil y observando la influencia de cambiar el orden de valoración comparativamente con las respuestas de las evaluaciones anteriores.

La primera prueba consistió en valorar y seleccionar las acciones partiendo del análisis de la rentabilidad de cada uno de los títulos para el periodo en referencia; teniendo en cuenta dos aspectos esenciales en este criterio:

1. Descartar las acciones que presentaran rentabilidades promedio negativas durante el periodo de análisis (pérdidas promedio) .En la tabla 3.8 se relacionan las 23 acciones de los 32 títulos que presentan rentabilidad promedio positiva:

**Tabla 3.8. Clasificación de acciones con rentabilidades positivas
Diciembre/2007 a Abril/2010**

Nº	ACCION	RENTABILIDAD
2	PROT	0,056%
3	EXIT	0,034%
5	BAVV	0,047%
6	BBOG	0,038%
7	BOCC	0,073%
8	BSAN	0,003%
9	BACO	0,063%
11	CARG	0,056%
12	COIN	0,012%
14	CORF	0,098%
15	ECOP	0,071%
16	ETBO	0,097%
18	GASN	0,047%
19	AVAL	0,074%
20	SURA	0,080%
21	CHOC	0,059%
22	IBOL	0,056%
23	ICEL	0,112%
24	IARG	0,087%
25	ISAG	0,027%
26	MNOS	0,161%
28	PROM	0,007%
30	TFAB	0,001%

Fuente: Realizada por la autora.

2. Considerar las acciones que tienen una mayor rentabilidad esperada por encima del mercado. Efectuando el análisis y comparativo de las rentabilidades con el Índice General de la Bolsa de Colombia, se obtiene el siguiente listado de 18 acciones que cumplen con esta salvedad:

Tabla 3.9. Clasificación de acciones con rentabilidades mayores a la rentabilidad del mercado (IGBC) Diciembre/2007 a Abril/2010

N°	ACCION	E(Rentabilidad) Diaria
2	PROT	0,056%
3	EXIT	0,034%
5	BAVV	0,047%
6	BBOG	0,038%
7	BOCC	0,073%
9	BACO	0,063%
11	CARG	0,056%
14	CORF	0,098%
15	ECOP	0,071%
16	ETBO	0,097%
18	GASN	0,047%
19	AVAL	0,074%
20	SURA	0,080%
21	CHOC	0,059%
22	IBOL	0,056%
23	ICEL	0,112%
24	IARG	0,087%
26	MNOS	0,161%

Fuente: Realizada por la autora.

Seguido al procedimiento anterior, se ha realizado un razonamiento de la rentabilidad esperada versus el riesgo de cada una de estas acciones, con el fin de encontrar un balance adecuado y una combinación de estos dos criterios que refleje o se adapte al perfil del inversionista. Es decir, considerar estos factores en conjunto y determinar, de acuerdo a los intereses del agente económico cuales son las opciones que concuerdan con su plan de inversión. En el caso de que dos acciones tengan igual rentabilidad, se seleccionaría el título que posee mínimo riesgo; y en el caso de que tanto las

rentabilidades y riesgo sean iguales, el criterio de selección debería ser el título con menor coeficiente de variación.

No obstante, hay otros criterios que son determinantes a la hora de tomar una decisión; por lo tanto es importante no guiarse únicamente por los valores de la relación anterior, sino que se deben seleccionar títulos que no tengan un alto coeficiente de asimetría en el caso de que los anteriores valores se consideren iguales. Por esto, después de acordar las acciones que se ajustan con los objetivos del inversor en cuanto a rentabilidad y riesgo, se procedió a observar los coeficientes, seguido del estudio de la probabilidad de pérdida, la cual por efectos de seguridad y protección del capital debe ser lo menor posible.

Seguido a esto, se puso en consideración el criterio del riesgo sistemático o beta, para evaluar la sensibilidad de las acciones frente a los cambios o fluctuaciones en el rendimiento del mercado; por lo cual, de las acciones preseleccionadas se descartan aquellas que obtuvieron como resultado un valor superior a 1 (un valor superior a 1 indicaría que el título tiene gran volatilidad con respecto al comportamiento del mercado).

De igual manera, se ha analizado el riesgo diversificable de las acciones, seleccionando aquellas que tenían porcentajes superiores; y finalmente se aplicó el criterio de la razón beta, seleccionando las acciones que obtuvieron como resultado 1 (Se selecciona la acción) en el cálculo.

La segunda prueba en la metodología de decisión, evaluó las acciones, invirtiendo el orden de análisis de la prueba uno, es decir iniciando con el criterio de la razón beta y a continuación los demás criterios.

La tercera y última prueba, radicó en evaluar cada criterio de manera individual, preseleccionando las 5 acciones con mejor “posición” para cada criterio y con base a ello elegir las que se incluían con mayor frecuencia en dichos listados.

En definitiva, al realizar cada una de estas pruebas, se llegó a la misma selección de acciones; no obstante, a partir de la segunda metodología se determinó que se lograba llegar más rápidamente a la selección de las 5 acciones; puesto que el criterio de la razón beta, a partir de un solo índice determina las acciones que se deben incluir en un portafolio; sin embargo, como el número de acciones continua siendo muy alto para la selección formal e integración de la cartera de inversión después de la aplicación de esta razón, se deben valorar los demás criterios. Pero en gran medida, bajo esta modalidad u opción, se ha podido determinar más fácilmente las acciones seleccionadas. Vale la pena anotar que la aplicación de la técnica AHP en esta parte del proceso de selección de acciones individuales dentro de la metodología que se quiere proponer es ineficiente debido a que en el caso actual se tendría una comparación de matrices por criterio de 32 alternativas que finalmente convergen a un resultado en común.

Adicional a la secuencia de análisis de los distintos criterios para la elección de los títulos, cabe resaltar que “la mejor selección”, está

ligada en gran medida a las expectativas y perfiles de los inversionistas, por tanto la designación de estos, se promueve a partir de tres escenarios que se han propuesto:

Escenario Conservador: En este contexto, las acciones se seleccionan bajo el razonamiento de obtener una menor rentabilidad a cambio de minimizar el riesgo de la inversión; es decir, que se da favoritismo a aquellos títulos que tienen un riesgo reducido, así las utilidades no sean las mejores. En este caso, el término “conservador” hace referencia a la preferencia de minimizar el riesgo por encima de la rentabilidad, teniendo en mente que el mercado bursátil de por sí es arriesgado.

Escenario Base: Bajo este escenario, los títulos se seleccionan haciendo un análisis de los criterios en conjunto, en busca de encontrar un balance adecuado entre riesgo y rentabilidad, que permita obtener mejores utilidades. En este contexto no hay una marcada preferencia por los criterios de riesgo sobre los de rentabilidad y viceversa.

Escenario Arriesgado: En este entorno, se asumen altos niveles de riesgo en busca de los retornos más altos posibles; lo que indica que hay una predilección por los títulos que ofrecen altas rentabilidades sin importar el riesgo en que se tenga que incurrir. De manera contraria, en este contexto se da mayor preferencia a la maximización de la rentabilidad sin importar el riesgo; es decir un perfil más agresivo dentro de un contexto arriesgado como es el mercado bursátil.

Es necesario hacer énfasis que cuando se enuncia la frase “una mejor elección”, no se está eximiendo o descartando la posibilidad de que las acciones seleccionadas en determinado momento generen pérdidas, lo que realmente se pretende al clasificar por contextos, es el recrear ambientes que se ajusten más a las expectativas o características de los inversionistas, sin dejar en el tintero que la inversión en fondos de renta variable como las acciones, son títulos que traen implícitos altos riesgos, debido a la inexistencia de una tasa determinada que fije los retornos o rentabilidades para los inversionistas.

En este orden de ideas, las acciones seleccionadas bajo el escenario conservador se revelan a continuación:

Tabla 3.10. Selección de acciones individuales para el Escenario Conservador

Nº	CODEMP	NOMBRE DE LA ACCION
2	PROT	Admón. de Fondos y Pens. y Cesantías Protección S.A.
6	BBOG	Banco de Bogotá S.A.
7	BOCC	Banco de Occidente S.A.
23	ICEL	Interconexión Eléctrica S.A. ESP
25	ISAG	Isagén S.A.

Fuente: Realizada por la autora.

Estas acciones fueron seleccionadas teniendo como criterio primordial, el riesgo (desviación estándar), puesto que la pretensión de los inversionistas que hacen parte de este escenario es preservar su capital, aun por encima del deseo de generar altos retornos.

Es importante mencionar que se tuvieron en cuenta otros criterios, que ninguna de las acciones tienen rentabilidades negativas,

que las acciones elegidas tienen un riesgo inferior al riesgo del mercado (IGBC), a excepción de la acción 6 y 23, que superan este índice; sin embargo, no en una gran proporción. De igual forma, estas 5 acciones no tienen una alta probabilidad de pérdida y que bajo el criterio de la razón beta, son acciones que se pueden incluir en una cartera de inversión; por tanto este grupo se adapta al perfil e intenciones de quienes son netamente con un perfil “conservador” dentro de un contexto de alto riesgo.

En seguida, se indican las acciones seleccionadas teniendo en cuenta un contexto base

Tabla 3.11. Selección de acciones individuales para el Escenario Base

Nº	CODEMP	NOMBRE DE LA ACCION
2	PROT	Admón. de Fondos y Pens. y Cesantías Protección S.A.
7	BOCC	Banco de Occidente S.A.
14	CORF	Corporación Financiera Colombiana S.A.
23	ICEL	Interconexión Eléctrica S.A. ESP
26	MNOS	Mineros S.A.

Fuente: Realizada por la autora.

A diferencia, del escenario conservador y riesgoso alto, bajo este entorno, no hay una inclinación determinada por seleccionar los títulos valores de acuerdo al criterio de rentabilidad o riesgo. Bajo este contexto lo que se pretende es elegir acciones que puedan obtener mejores retornos, sin desconocer los riesgos que se acogen, por lo cual, la selección de estas acciones, es producto del análisis en conjunto de cada uno de los criterios ya mencionados, bajo los cuales

se obtiene opciones de inversión que tienen un balance adecuado entre rentabilidad y riesgo financiero.

Estos títulos figuran dentro de las acciones que posee una buena rentabilidad promedio y a su vez no están catalogadas dentro del grupo como activos que impliquen mayores riesgos, como tampoco presentan una alta sensibilidad a las variaciones del mercado. El riesgo diversificable es favorable, tienen una baja probabilidad de pérdida y el criterio de la razón beta, confirma que son títulos aptos a incluir en un portafolio de inversión.

Finalmente, se presentan las acciones elegidas bajo un contexto riesgoso alto:

Tabla 3.12. Selección de acciones individuales para el Escenario Riesgoso Alto

Nº	CODEMP	NOMBRE DE LA ACCION
14	CORF	Corporación Financiera Colombiana S.A.
16	ETBO	Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá S.A.
23	ICEL	Interconexión Eléctrica S.A. ESP
24	IARG	Inversiones Argos S.A.
26	MNOS	Mineros S.A.

Fuente: Realizada por la autora.

Estas cinco acciones, fueron seleccionadas esencialmente valorando el criterio de rentabilidad, es decir que del grupo de los 32 títulos valores, se eligieron los que ofrecían mejores retornos, aun sin importar la exposición del riesgo. Es preciso mencionar, que los activos favorecidos bajo este escenario, tienen un riesgo superior al del mercado (IGBC).

Teniendo en cuenta las cinco acciones seleccionadas bajo los tres escenarios, se establecieron las combinaciones posibles de estos títulos para la conformación de los portafolios. Las tablas 3.13, 3.14 y 3.15 muestran las combinaciones de portafolios de 2, 3, 4 y 5 acciones para cada uno de los escenarios. En el siguiente capítulo se explica de manera detallada la metodología propuesta para la selección de portafolios.

**Tabla 3.13. Cuadro de combinaciones de portafolio de 2, 3, 4 y 5 acciones del Escenario Riesgoso Base
Diciembre/2007 a Abril/2010**

ACCIONES DEL ESCENARIO RIESGOSO BASE							
PORTAFOLIO	N° Combinación	Codif	PROT	BOCC	CORF	ICEL	MNOS
2 Acciones	1	E2-1	X	X			
	2	E2-2	X		X		
	3	E2-3	X			X	
	4	E2-4	X				X
	5	E2-5		X	X		
	6	E2-6		X		X	
	7	E2-7		X			X
	8	E2-8			X	X	
	9	E2-9				X	X
	10	E2-10			X		X
3 Acciones	11	E3-11	X	X	X		
	12	E3-12	X	X		X	
	13	E3-13	X		X	X	
	14	E3-14	X	X			X
	15	E3-15	X		X		X
	16	E3-16	X			X	X
	17	E3-17		X	X	X	
	18	E3-18		X	X		X
	19	E3-19		X		X	X
	20	E3-20			X	X	X
4 Acciones	21	E4-21	X	X	X	X	
	22	E4-22	X	X	X		X
	23	E4-23	X		X	X	X
	24	E4-24	X	X		X	X
	25	E4-25		X	X	X	X
5 Acciones	26	E5-26	X	X	X	X	X

Fuente: Realizada por la autora.

**Tabla 3.14. Cuadro de combinaciones de portafolio de 2, 3, 4 y 5 acciones del Escenario Riesgoso Conservador
Diciembre/2007 a Abril/2010**

ACCIONES DEL ESCENARIO RIESGOSO CONSERVADOR							
PORTAFOLIO	N° Combinación	Codif	PROT	BBOG	BOCC	ICEL	ISAG
2 Acciones	1	C2-1	X	X			
	2	C2-2	X		X		
	3	C2-3	X			X	
	4	C2-4	X				X
	5	C2-5		X	X		
	6	C2-6		X		X	
	7	C2-7		X			X
	8	C2-8			X	X	
	9	C2-9				X	X
	10	C2-10			X		X
3 Acciones	11	C3-11	X	X	X		
	12	C3-12	X	X		X	
	13	C3-13	X		X	X	
	14	C3-14	X	X			X
	15	C3-15	X		X		X
	16	C3-16	X			X	X
	17	C3-17		X	X	X	
	18	C3-18		X	X		X
	19	C3-19		X		X	X
	20	C3-20			X	X	X
4 Acciones	21	C4-21	X	X	X	X	
	22	C4-22	X	X	X		X
	23	C4-23	X		X	X	X
	24	C4-24	X	X		X	X
	25	C4-25		X	X	X	X
5 Acciones	26	C5-26	X	X	X	X	X

Fuente: Realizada por la autora.

**Tabla 3.15. Cuadro de combinaciones de portafolio de 2, 3, 4 y 5 acciones del
Escenario Riesgoso Alto
Diciembre/2007 a Abril/2010**

PORTAFOLIO	N° Combinación	Codif	ACCIONES DEL ESCENARIO ARRIESGADO				
			CORF	ETBO	ICEL	IARG	MNOS
2 Acciones	1	A2-1	X	X			
	2	A2-2	X		X		
	3	A2-3	X			X	
	4	A2-4	X				X
	5	A2-5		X	X		
	6	A2-6		X		X	
	7	A2-7		X			X
	8	A2-8			X	X	
	9	A2-9				X	X
	10	A2-10			X		X
3 Acciones	11	A3-11	X	X	X		
	12	A3-12	X	X		X	
	13	A3-13	X		X	X	
	14	A3-14	X	X			X
	15	A3-15	X		X		X
	16	A3-16	X			X	X
	17	A3-17		X	X	X	
	18	A3-18		X	X		X
	19	A3-19		X		X	X
	20	A3-20			X	X	X
4 Acciones	21	A4-21	X	X	X	X	
	22	A4-22	X	X	X		X
	23	A4-23	X		X	X	X
	24	A4-24	X	X		X	X
	25	A4-25		X	X	X	X
5 Acciones	26	A5-26	X	X	X	X	X

Fuente: Realizada por la autora.

CAPITULO IV

SELECCIÓN DE PORTAFOLIOS DE ACCIONES E IMPLEMENTACION DEL MODELO DE DECISION UTILIZANDO LA TECNICA AHP

En este capítulo se presenta una clara explicación acerca de la metodología para la selección de los portafolios de acciones del mercado bursátil colombiano, a través de la implementación y análisis de distintas teorías de valoración de carteras de inversión. En el capítulo, se muestra la aplicación de la metodología AHP, como herramienta que permite involucrar las diversas alternativas de decisión, así como la consideración de diferentes criterios de valoración.

4.1 Aplicación de la teoría moderna de portafolios de acciones

La teoría propuesta por Markowitz, es el primer mecanismo de valoración aplicado a las combinaciones o portafolios integrados por dos, tres, cuatro y cinco acciones, bajo los escenarios conservador, base y arriesgado.

El análisis de portafolios implica el determinar los mismos cálculos efectuados para la valoración de las acciones individuales; no obstante, la aplicación de estas ecuaciones para los cálculos de las carteras de inversión, implica en primera instancia, el establecer el porcentaje o proporción a invertir por cada acción. Por tanto, en cumplimiento de este requerimiento se fija un valor aleatorio, como

participación inicial y temporal para las acciones que integran cada uno de los portafolios para obtener la composición optima de acuerdo a un criterio específico.

Asumiendo, las participaciones de las acciones en dichas carteras, la rentabilidad de los diversos portafolios, se determinan mediante el promedio ponderado de los rendimientos esperados de cada una de las acciones por la proporción a invertir, mediante la siguiente fórmula:

$$E_{(P)} = W_a E_{(r_a)} + W_b E_{(r_b)} \quad (4.1)$$

En seguida, se efectúa la determinación de los cálculos varianza (4.2), desviación estándar (4.3), coeficiente de variación (4.4), coeficiente de correlación (4.5) y probabilidad de perdida (4.6) respectivamente.

$$\sigma_P^2 = W_a^2 \sigma_a^2 + W_b^2 \sigma_b^2 + 2W_a W_b \text{Cov}(r_a, r_b) \quad (4.2)$$

$$\sigma_P = \sqrt{\sigma_P^2} \quad (4.3)$$

$$CV_P = \frac{\sigma_P}{E_P} \times 100 \quad (4.4)$$

$$P_{(a,b)} = \frac{\text{Cov}(r_{a,b})}{\sigma_a \sigma_b} \quad (4.5)$$

$$P = \left(Z < \frac{0 - E(r_i)}{\sigma} \right) \quad (4.6)$$

A partir de los cálculos efectuados como producto de la aplicación de la teoría moderna de portafolios, se establecen los criterios de selección que se relacionan a continuación.

1. Elegir los portafolios que tengan el mejor balance entre rentabilidad, riesgo y coeficiente de variación.

2. Elegir los portafolios que tengan menor probabilidad de pérdida.

En este orden de ideas, aplicando el primer criterio de selección que incluye el valorar la rentabilidad, riesgo y coeficiente de variación, se lleva a cabo la automatización de los porcentajes óptimos a invertir de cada título, modificando los que se habían asignado inicialmente de manera subjetiva, a través de la aplicación de la herramienta o función SOLVER de Excel, la cual sigue parámetros que permiten resolver y optimizar ecuaciones mediante el uso de métodos numéricos.

A continuación se muestra el cuadro de parámetros de la función solver:

Figura 4.1
Parametros de la Herramienta Solver



Fuente: Realizada por la autora

La fijación de los porcentajes bajo estos criterios de selección se centra esencialmente en minimizar el riesgo o maximizar la rentabilidad de los portafolios, por tanto dentro de los parámetros de la herramienta solver, se precisa como celda objetivo “el riesgo” o “la rentabilidad” según sea el caso, con la finalidad de que se modifiquen los valores de las celdas cambiantes; que en este caso, son los porcentajes que se habían fijado inicialmente, por porcentajes óptimos, sabiendo que dichas participaciones no pueden ser negativas y que el total a invertir es el 100%.

Tras la determinación de los porcentajes a invertir, se calculan los anteriores indicadores para portafolios integrados por dos acciones del escenario base. La tabla 4.1 muestra el resumen para el escenario base.

Tabla 4.1. Calculo de los indicadores de la Teoría Moderna del Portafolio de Markowitz para carteras de inversión de dos títulos bajo un Escenario Base Diciembre/2007 a Abril/2010

INDICADOR	E2-1		E2-2		E2-3		E2-4		E2-5	
	PROT	BOCC	PROT	CORF	PROT	ICEL	PROT	MNOS	BOCC	CORF
Rentabilidad de la Acción	0,06%	0,07%	0,06%	0,10%	0,06%	0,11%	0,06%	0,16%	0,07%	0,10%
Porcentaje de Inversión	52%	48%	66%	34%	64%	36%	67%	33%	65%	35%
Sumatoria % Inversión	100%		100%		100%		100%		100%	
Rentabilidad Portafolio	0,064%		0,070%		0,076%		0,091%		0,082%	
Covarianza Portafolio	0,00000505		0,00000809		0,00000411		0,00000403		0,00001618	
Coefficiente de Correlación	0,03697675		0,04461286		0,02358047		0,02168159		0,08584705	
Varianza del portafolio	0,007%		0,009%		0,009%		0,009%		0,010%	
Riesgo del portafolio	0,842%		0,948%		0,927%		0,946%		0,991%	
Coefficiente de Variación	1312,61%		1352,37%		1216,13%		1042,70%		1215,56%	

INDICADOR	E2-6		E2-7		E2-8		E2-9		E2-10	
	BOCC	ICEL	BOCC	MNOS	CORF	ICEL	ICEL	MNOS	CORF	MNOS
Rentabilidad de la Acción	0,07%	0,11%	0,07%	0,16%	0,10%	0,11%	0,11%	0,16%	0,10%	0,16%
Porcentaje de Inversión	63%	37%	66%	34%	44%	56%	54%	46%	52%	48%
Sumatoria % Inversión	100%		100%		100%		100%		100%	
Rentabilidad Portafolio	0,087%		0,103%		0,106%		0,135%		0,129%	
Covarianza Portafolio	0,00001351		0,00001001		0,00017011		0,00005686		0,00004894	
Coefficiente de Correlación	0,07444517		0,05175759		0,70601504		0,23011066		0,19063452	
Varianza del portafolio	0,009%		0,010%		0,021%		0,015%		0,015%	
Riesgo del portafolio	0,972%		0,984%		1,433%		1,232%		1,237%	
Coefficiente de Variación	1112,38%		954,44%		1353,12%		914,29%		962,47%	

Fuente: Realizada por la autora

A partir de los datos contenidos en la tabla 4.1, se procede a hacer un análisis de los criterios y se selecciona el mejor portafolio de las diez alternativas.

A continuación se presenta como muestra el análisis de selección, efectuado para los portafolios de dos acciones del escenario estándar:

Acorde a los datos contenidos en la tabla 4.1, se puede señalar que el portafolio de dos títulos que mayor rentabilidad es el **E2-9**, integrado por las acciones Interconexión Eléctrica S.A y Mineros S.A., con una rentabilidad esperada diaria del 0,135% equivalente a 62,39% E.A., en contraposición la cartera de inversión con menor rentabilidad es la **E2-1**, conformada por los títulos de Administración de Fondos y Pensiones y Cesantías Protección S.A. y el Banco de Occidente S.A., con una retorno del 0,064% diaria, equivalentes a 25,96% E.A.

En relación a la covarianza, los datos anteriores indican que el portafolio con mayor índice es el **E2-8** compuesto por las acciones

Corporación Financiera Colombiana S.A. e Interconexión Eléctrica S.A., mientras el portafolio **E2-4**, presenta la menor covarianza. Respecto a la varianza, la combinación con mayor indicador es la **E2-8** con un 0,021% y el portafolio **E2-1** con un 0,007% es el que menor varianza refleja.

El portafolio con mayor riesgo es el **E2-8**, integrado por las acciones Corporación Financiera Colombiana S.A. e Interconexión Eléctrica S.A., con un 1,43%, mientras la combinación **E2-1** con un riesgo de 0,84%, se cataloga como el menos riesgoso.

La acción con mayor coeficiente de variación es la **E2-8** con un 1353,12%, situación contraria se presenta con el portafolio **E2-9**, que tiene el índice más bajo con un 914,29%.

Finalmente diríamos que un inversionista con un perfil estándar invertiría sus riquezas en el portafolio **E2-7**, puesto que ofrece una buena rentabilidad y está catalogada dentro de las 5 mejores rentabilidades del grupo de carteras de inversión, con un 0,103% diario equivalentes a un 44,94% E.A.; a su vez no presenta un elevado riesgo y su coeficiente de variación está dentro de los menores.

Análisis como el anterior, son una de las bondades que permite el aplicar la teoría de moderna de portafolios, facilitando la determinación de las mejores opciones de inversión para un agente económico, valorando criterios como la rentabilidad y riesgo, y estimando el coeficiente de variación de cada portafolio. En el caso de que dos portafolios tengan igual rentabilidad, se seleccionaría el que

tenga menor riesgo. En el caso de que rentabilidad y riesgo sean diferentes, el portafolio seleccionado será el que tenga menor coeficiente de variación.

Este mismo procedimiento y análisis fue aplicado a los portafolios de 3,4 y 5 acciones del escenario base, al igual que a las combinaciones del escenario conservador y arriesgado, obteniendo como resultado la elección parcial de los 4 mejores portafolios para cada contexto.

La tabla 4.2 muestra el consolidado de portafolios seleccionados teniendo en cuenta la teoría moderna del portafolio de Markowitz, específicamente los criterios rentabilidad, riesgo y coeficiente de variación para cada escenario.

**Tabla 4.2. Portafolios de inversión seleccionadas bajo los criterios de rentabilidad, riesgo y coeficiente de variación.
Diciembre/2007 a Abril/2010**

PORTAFOLIO	ESCENARIOS		
	BASE	CONSERVADOR	ARRIESGADO
2 Acciones	E2-7	C2-2	A2-7
3 Acciones	E3-16	C3-13	A3-18
4 Acciones	E4-24	C4-23	A4-22
5 Acciones	E5-26	C5-26	A5-26

Fuente: Realizada por la autora

Evalutando la rentabilidad diaria, el riesgo y el coeficiente de variación de los portafolios mencionados en la tabla 4.2 del escenario base, se puede decir que un inversionista podría colocar su capital en la cartera **E4-24**, la cual está integrada por los títulos de Admon.de

fondos y Pensiones y Cesantías Protección S.A., Banco de Occidente S.A., Interconexión Eléctrica S.A. y Mineros S.A., pues aun cuando no ofrece la rentabilidad más alta de ese grupo, genera un riesgo y un coeficiente de variación no muy representativo frente a las demás combinaciones.

Las proporciones de esta cartera de inversión se relacionan en seguida:

- Admon.de fondos y Pensiones y Cesantías Protección S.A.	37,07%
- Banco de Occidente S.A.	32,46%
- Interconexión Eléctrica S.A.	16,18%
- Mineros S.A.	14,29%

A partir del análisis de las cuatro opciones de inversión del escenario base, conservador y arriesgado, se puede determinar la mejor alternativa de inversión para cada contexto y reducir el número de posibilidades de inversión. Por lo cual, se presenta en seguida los portafolios seleccionados bajo este primer criterio de valoración.

Tabla 4.3. Consolidado de carteras de inversión seleccionadas bajo los criterios rentabilidad, riesgo y coeficiente de variación
Diciembre/2007 a Abril/2010

ESCENARIO	PORTAFOLIO
Base	E4-24
Conservador	C3-13
Arriesgado	A2-7

Fuente: Realizada por la autora

En tanto al segundo criterio de valoración, se procedió a estimar los porcentajes óptimos para las acciones que integran las carteras de inversión, a través de la aplicación de la herramienta solver y la fijación de la cálculos de probabilidad de perdida como celda objetivo,

en busca de obtener las proporciones ideales que permitan minimizar esta exposición.

En la tabla 4.4 se presenta los resultados de los portafolios de dos acciones del escenario base, organizados de manera ascendente según la probabilidad de pérdida obtenida y su respectivo análisis:

Tabla 4.4 Orden ascendente de las carteras de inversión integradas por dos acciones seleccionadas según la Probabilidad de Pérdida del Escenario Base Diciembre/2007 a Abril/2010

PORTAFOLIO	PROBABILIDAD DE PERDIDA
E2-7	45,46%
E2-9	45,53%
E2-4	45,63%
E2-10	45,68%
E2-6	46,32%
E2-3	46,52%
E2-5	46,68%
E2-2	46,93%
E2-1	46,94%
E2-8	47,01%

Fuente: Realizada por la autora.

Conforme a estos datos, el portafolio que menos probabilidad de pérdida genera es el **E2-7**, integrado por las acciones Banco de Occidente y Mineros S.A con un 45,46%. Por tanto, valorando exclusivamente este criterio, un inversionista podría colocar su capital en dicho portafolio.

El proceso de selección aplicado anteriormente es un claro modelo de cómo se eligieron los portafolios para los otros dos contextos, eligiendo la mejor alternativa de las combinaciones de dos, tres, cuatro y cinco acciones de manera independiente. Como acto

continuo, se presenta las carteras seleccionadas preliminarmente bajo este criterio:

Tabla 4.5 Carteras de inversión seleccionadas según la Probabilidad de Pérdida Diciembre/2007 a Abril/2010

PORTAFOLIO	ESCENARIOS		
	BASE	CONSERVADOR	ARRIESGADO
2 Acciones	E2-7	C2-8	A2-10
3 Acciones	E3-19	C3-13	A3-15
4 Acciones	E4-24	C4-23	A4-25
5 Acciones	E5-26	C5-26	A5-26

Fuente: Realizada por la autora

Seguidamente, se ha efectuado la valoración de la probabilidad de cada una de las carteras elegidas por escenario, para determinar la mejor:

Tabla 4.6 Orden ascendente de las carteras de inversión seleccionadas según la Probabilidad de Perdida Diciembre/2007 a Abril/2010

ESCENARIOS					
Base		CONSERVADOR		ARRIESGADO	
PORTAFOLIO	P.PERD	PORTAFOLIO	P.PERD	PORTAFOLIO	P.PERD
E4-24	44,77%	C4-23	45,83%	A4-25	45,41%
E3-19	45,07%	C3-13	45,90%	A3-15	45,51%
E5-26	45,26%	C2-8	46,32%	A2-10	45,53%
E2-7	45,46%	C5-26	46,70%	A5-26	45,69%

Fuente: Realizada por la autora

Según la tabla 4.6, en un contexto estándar, el portafolio con menor probabilidad de pérdida es el **E4-24**, integrado por las acciones Admon.de fondos y Pensiones y Cesantías Protección S.A, Banco de Occidente S.A, Interconexión Eléctrica S.A. y Mineros S.A.

Tras la valoración de los datos contenidos en la tabla 4.6, se selecciona la mejor opción de inversión para cada escenario:

Tabla 4.7 Consolidado de carteras de inversión seleccionadas según la Probabilidad de Pérdida Diciembre/2007 a Abril/2010

ESCENARIO	PORTAFOLIO
Base	E4-24
Conservador	C4-23
Arriesgado	A4-25

Fuente: Realizada por la autora

4.2 Aplicación de la teoría CAMP a los portafolios de acciones

Bajo la perspectiva de esta teoría, se establecen otros criterios de selección de las carteras de inversión:

1. Los portafolios con menor costo de capital
2. A partir del cálculo del costo de capital, se seleccionan los portafolios que obtienen un mayor valor resultante de la diferencia entre la rentabilidad y el costo de capital.

Siendo consecuentes con el orden anterior, se procedió a efectuar los cálculos del riesgo sistematico o beta, como dato preliminar para poder determinar el costo de capital:

$$\beta_{(P)} = W_a\beta_a + W_b\beta_b \dots(4.6)$$

La expresión anterior implica la multiplicación de las ponderaciones o porcentajes a invertir de cada título con el indicador de riesgo sistémico o no diversificable de la acción (β).

También se determinó el costo de capital, bajo la ecuación que resume el equilibrio del mercado y la existencia de portafolios eficientes:

$$K_{(P)} = R_{(F)} + \beta_{(P)} (E(R_m) - R_{(F)}) \quad (4.7)$$

Es preciso mencionar que para el cálculo del costo de capital, además de determinar previamente el Beta del portafolio, se requieren los estimativos de la tasa de mercado y la tasa libre de riesgo; por tanto, se hace hincapié, que el $R_{(F)}$ es equivalente a la tasa de interés de los TES clase B y $E(R_m)$, es la rentabilidad del mercado equivalente a la rentabilidad diaria del IGBC para el periodo de estudio. La diferencia expresada bajo el indicador $(E(R_m) - R_{(F)})$ dentro de esta misma ecuación, representa la prima de riesgo del mercado o recompensa esperada que subsana el riesgo adquirido por invertir.

A diferencia de la teoría anterior, en este modelo de valoración fue necesario fijar como celda objetivo el costo de capital dentro de los parámetros de solver, con el fin de obtener el valor mínimo de la tasa de retorno para cada uno de los portafolios.

La tabla 4.8 muestra el orden ascendente de los portafolios integrados por dos acciones del escenario base, según el costo de capital.

**Tabla 4.8 Orden ascendente de las carteras de inversión integradas por dos acciones seleccionadas según el Costo de Capital del escenario Base
Diciembre/2007 a Abril/2010**

PORTAFOLIO	COSTO DE CAPITAL
E2-1	0,020302%
E2-2	0,020302%
E2-3	0,020302%
E2-4	0,020302%
E2-5	0,020470%
E2-6	0,020470%
E2-7	0,020470%
E2-9	0,021770%
E2-10	0,021770%
E2-8	0,027681%

Fuente: Realizada por la autora

La tabla 4.8 permite apreciar que varios de los portafolios obtienen el mismo costo de capital, como producto de la aplicación de la herramienta solver que al fijar como celda objetivo el costo de capital y celdas cambiantes los porcentajes a invertir, estos últimos variaron a tal punto que la proporción favorecía en un 100% a una de las dos acciones que integraban las carteras de inversión.

En este caso en particular, los portafolios que tienen menor costo de capital son el E2-1, E2-2, E2-3 y E2-4, todos ellos, incluyen dentro de su combinación la acción de Admon.de fondos y Pensiones

y Cesantías Protección S.A.; título que bajo esta medida obtiene en todas las composiciones el 100% como proporción a invertir, lo cual hace que se pueda elegir cualquiera de los cuatro portafolios, puesto que la rentabilidad, riesgo y demás cálculos son exactamente iguales.

Por tanto, se opta por el portafolio **E2-1**, integrado por los siguientes títulos:

- Admon.de fondos y Pensiones y Cesantías Protección S.A
- Banco de Occidente S.A.

Este procedimiento de selección se aplico de igual manera a los demás portafolios del escenario base y a las combinaciones del escenario conservador y arriesgado, resultados que se pueden apreciar en la tabla 4.9.

**Tabla 4.9 Orden ascendente de las carteras de inversión seleccionadas según el Costo de Capital
Diciembre/2007 a Abril/2010**

ESCENARIOS					
BASE		CONSERVADOR		ARRIESGADO	
PORTAFOLIO	VAR	PORTAFOLIO	VAR	PORTAFOLIO	VAR
E2-1	0,020302%	C4-24	0,019933%	A4-24	0,019933%
E3-11	0,020302%	C2-1	0,020302%	A2-4	0,021770%
E4-21	0,020302%	C3-11	0,020302%	A3-14	0,021770%
E5-26	0,021896%	C5-26	0,022197%	A5-26	0,025316%

Fuente: Realizada por la autora

La tabla 4.9 refleja cuatro alternativas de inversión para cada escenario, no obstante en busca de reducir el número de

posibilidades de inversión, se escoge el mejor para cada contexto, es decir el que menor costo de capital ofrezca.

A continuación se muestra el análisis para el primer escenario como modelo para los demás.

Bajo un entorno o escenario estándar, los tres primeros portafolios contenidos en la tabla anterior tienen el costo de capital más bajo, todos con la invariable composición del título valor de Admon.de fondos y Pensiones y Cesantías Protección S.A dentro de su diversificación.

Las tres carteras tienen una ponderación o participación de inversión de este activo del 100%, por tanto la elección de cualquiera de estos, no implica ninguna diferencia. No obstante, para efectos de comparación se opta por la combinación **E2-1**, integrada de la siguiente manera:

- Admon.de fondos y Pensiones y Cesantías Protección S.A 100%
- Banco de Occidente S.A 0%

A manera de resumen, se indican las carteras de inversión seleccionadas para cada contexto teniendo como criterio de valoración el costo de capital:

**Tabla 4.10 Consolidado de carteras de inversión seleccionadas según el Costo de Capital
Diciembre/2007 a Abril/2010**

ESCENARIO	PORTAFOLIO
Base	E2-1
Conservador	C4-24
Arriesgado	A4-24

Fuente: Realizada por la autora

Como segundo criterio de valoración, se determina la diferencia entre la rentabilidad del portafolio hallada bajo la teoría de Markowitz y el costo de capital determinado mediante la modelo CAMP.

Bajo esta perspectiva de valoración, la asignación de los porcentajes óptimos de inversión de cada acción que compone los portafolios, se determina mediante la herramienta solver, fijando como celda objetivo el cálculo de la diferencia en busca de obtener el valor máximo de la celda en mención.

A partir de ello, se indica a continuación los datos obtenidos de esta diferencia, para los portafolios de dos acciones del escenario base:

**Tabla 4.11 Clasificación en orden descendente de acuerdo al valor obtenido de la diferencia entre la rentabilidad del portafolio y el costo de capital para carteras de inversión de dos títulos bajo un Escenario Base
Diciembre/2007 a Abril/2010**

PORTAFOLIO	RENTABILIDAD – COSTO CAPITAL
E2-10	0,139586%
E2-4	0,139586%
E2-7	0,139586%
E2-9	0,139586%

E2-3	0,084396%
E2-6	0,084396%
E2-8	0,084396%
E2-2	0,069983%
E2-5	0,069983%
E2-1	0,052351%

Fuente: Realizada por la autora

Con estos datos, se procede a seleccionar los portafolios con mayor cuantía, como se bosqueja con este análisis:

Al determinar la diferencia entre rentabilidad y costo de capital, se puede apreciar que los portafolios que obtienen mayor valor son el E2-10, E2-4, E2-7 y E2-9, todos con la constante participación o proporción del 100% de la acción Mineros S.A. Por lo cual, la elección entre estos cuatro portafolios no difiere o marca contradicciones entre uno u otro puesto que ambos tienen las mismas proporciones y por ende el mismo retorno y riesgo.

Sin embargo, se eligió aleatoriamente uno de estos, el **E2-10** integrado por los títulos Corporación Financiera Colombiana S.A. y Mineros S.A., con una ponderación de inversión del 0% y 100% respectivamente.

Para las demás combinaciones del escenario base, conservador y arriesgado, se aplicó la misma metodología de selección, expresando así los resultados previos en la tabla 4.12.

Tabla 4.12 Carteras de inversión seleccionadas bajo el valor obtenido de la diferencia entre la rentabilidad del portafolio y el costo de capital para cada escenario
Diciembre/2007 a Abril/2010

PORTAFOLIO	ESCENARIOS		
	BASE	CONSERVADOR	ARRIESGADO
2 Acciones	E2-10	C2-3	A2-4
3 Acciones	E3-15	C3-12	A3-15
4 Acciones	E4-23	C4-24	A4-25
5 Acciones	E5-26	C5-26	A5-26

Fuente: Realizada por la autora

Luego de obtener cuatro alternativas de inversión para cada escenario, se ha seleccionado para cada entorno la mejor opción como se indica en la tabla 4.13.

Tabla 4.13 Orden ascendente de las carteras de inversión seleccionadas según la diferencia entre la rentabilidad y el costo de capital de los escenarios Estándar, Conservador y Arriesgado
Diciembre/2007 a Abril/2010

ESCENARIOS					
BASE		CONSERVADOR		ARRIESGADO	
PORTAFOLIO	VAR	PORTAFOLIO	VAR	PORTAFOLIO	VAR
E2-10	0,139586%	C4-24	0,092271%	A2-4	0,139586%
E3-15	0,139586%	C2-3	0,084396%	A4-25	0,139586%
E4-23	0,139586%	C3-12	0,084396%	A3-15	0,139586%
E5-26	0,063217%	C5-26	0,038279%	A5-26	0,102571%

Fuente: Realizada por la autora

En relación al escenario estándar, los portafolios que obtuvieron mayor valor como resultado de la diferencia entre la rentabilidad y el costo de capital son el E2-10, E3-15 y E5-23, todos con participación

del 100% de la acción Mineros S.A., por tanto cualquiera de estos tres portafolios puede ser seleccionado para este escenario.

Pese a ello, se eligió el portafolio **E2-10** integrado por las siguientes acciones y bajo estas proporciones de inversión:

-Corporación Financiera Colombiana S.A	0%
-Mineros S.A.	100%

De esta misma manera se determina la mejor alterativa para los otros dos contextos, concluyendo así la selección de las carteras de inversión bajo este criterio de valoración.

Tabla 4.14 Consolidado de carteras de inversión seleccionadas según la diferencia entre Rentabilidad y Costo de Capital Diciembre/2007 a Abril/2010

ESCENARIO	PORTAFOLIO
Base	E2-10
Conservador	C4-24
Arriesgado	A2-4

Fuente: Realizada por la autora

4.3 Aplicación de la teoría de minimización del VAR

Como última medida de valoración, se ha aplicado la metodología del valor de riesgo VAR, fijando a partir de los cálculos de este indicador, la selección de los portafolios con menor cuantía o exposición al riesgo.

Previamente a la selección, se determinaron los porcentajes óptimos de inversión para cada activo que compone los portafolios, mediante la herramienta solver y la fijación del VAR como celda objetivo.

A manera de ejemplo, se presenta los cálculos del VAR para los portafolios de dos acciones del escenario base y su respectivo análisis:

Tabla 4.15 Clasificación en orden ascendente de acuerdo al nivel del valor del riesgo VAR para carteras de inversión de dos títulos bajo un Escenario Base Diciembre/2007 a Abril/2010

PORTAFOLIO	VAR
E2-1	0,057%
E2-3	0,063%
E2-4	0,064%
E2-2	0,064%
E2-6	0,066%
E2-7	0,067%
E2-5	0,067%
E2-9	0,084%
E2-10	0,084%
E2-8	0,097%

Fuente: Realizada por la autora

Fijando el VAR como celda objetivo en busca de minimizar la pérdida potencial, se puede vislumbrar que el portafolio que ofrece la menor pérdida potencial es el **E2-1** integrado por los títulos valores de Admón. de Fondos y Pensiones y Cesantías Protección S.A. y Banco de Occidente S.A. con un 0,057%. Por tanto, un inversionista puede trazar sus riquezas en esta cartera de inversión, haciendo énfasis que la decisión se funda exclusivamente en la valoración del VAR.

En contraposición, el portafolio que presenta la máxima pérdida potencial es el **E2-8**, conformado por las acciones de Corporación Financiera Colombiana S.A. e Interconexión Eléctrica S.A., con un VAR del 0,097%, ratificando que bajo cualquier escenario o perfil, no es fiable invertir en esta cartera de inversión si lo que se desea es protegerse de una pérdida colosal.

El mismo análisis y proceso se aplica a las demás combinaciones, obteniendo como resultado parcial los siguientes portafolios:

**Tabla 4.16 Carteras de inversión seleccionadas bajo la valoración del Valor del Riesgo VAR
Diciembre/2007 a Abril/2010**

PORTAFOLIO	ESCENARIOS		
	BASE	CONSERVADOR	ARRIESGADO
2 Acciones	E2-1	C2-2	A2-10
3 Acciones	E3-12	C3-15	A3-15
4 Acciones	E4-24	C4-23	A4-25
5 Acciones	E5-26	C5-26	A5-26

Fuente: Realizada por la autora

Luego de tener esta selección de portafolios, se procede a elegir el que menor valor de riesgo VAR ofrece para cada escenario o perfil del inversionista. A continuación se muestra en la tabla 4.17 el orden ascendente de las carteras de inversión de acuerdo a este indicador y el análisis para el contexto base a manera de ilustración del lineamiento de selección para el escenario conservador y arriesgado.

Tabla 4.17 Orden ascendente de las carteras de inversión seleccionadas según el VAR
Diciembre/2007 a Abril/2010

		ESCENARIOS			
BASE		CONSERVADOR		ARRIESGADO	
Portafolio	VAR	Portafolio	VAR	Portafolio	VAR
E5-26	0,04853%	C4-23	0,04950%	A4-25	0,07621%
E4-24	0,04883%	C5-26	0,04957%	A5-26	0,08029%
E3-12	0,05143%	C3-15	0,05067%	A3-15	0,08083%
E2-1	0,05719%	C2-2	0,05719%	A2-10	0,08372%

Fuente: Realizada por la autora

Con relación a los datos de la tabla 4.17, se puede decir que de las carteras con mínima pérdida potencial del escenario estándar, la que menor valor de riesgo VAR genera es la **E5-26** integrada por las acciones de Admón. de Fondos y Pensiones y Cesantías Protección S.A., Banco de Occidente S.A., Corporación Financiera Colombiana S.A., Interconexión Eléctrica S.A y Mineros S.A, con un 0,04853%.

Dicho portafolio tiene la siguiente proporción de riqueza o porcentaje de inversión:

- Admon.de fondos y Pensiones y Cesantías Protección S.A.	36,37%
- Banco de Occidente S.A.	31,78%
- Corporación Financiera Colombiana S.A.	6,97%
- Interconexión Eléctrica S.A.	10,95%
- Mineros S.A.	13,93%

En la tabla 4.18 se presenta el consolidado de portafolios elegidos para cada escenario teniendo como base el criterio VAR:

**Tabla 4.18 Consolidado de carteras de inversión seleccionadas según el valor de riesgo VAR
Diciembre/2007 a Abril/2010**

ESCENARIO	PORTAFOLIO
Base	E5-26
Conservador	C4-23
Arriesgado	A4-25

Fuente: Realizada por la autora

4.4 Aplicación de la Metodología AHP para selección del mejor portafolio considerando las diversas Alternativas de Decisión.

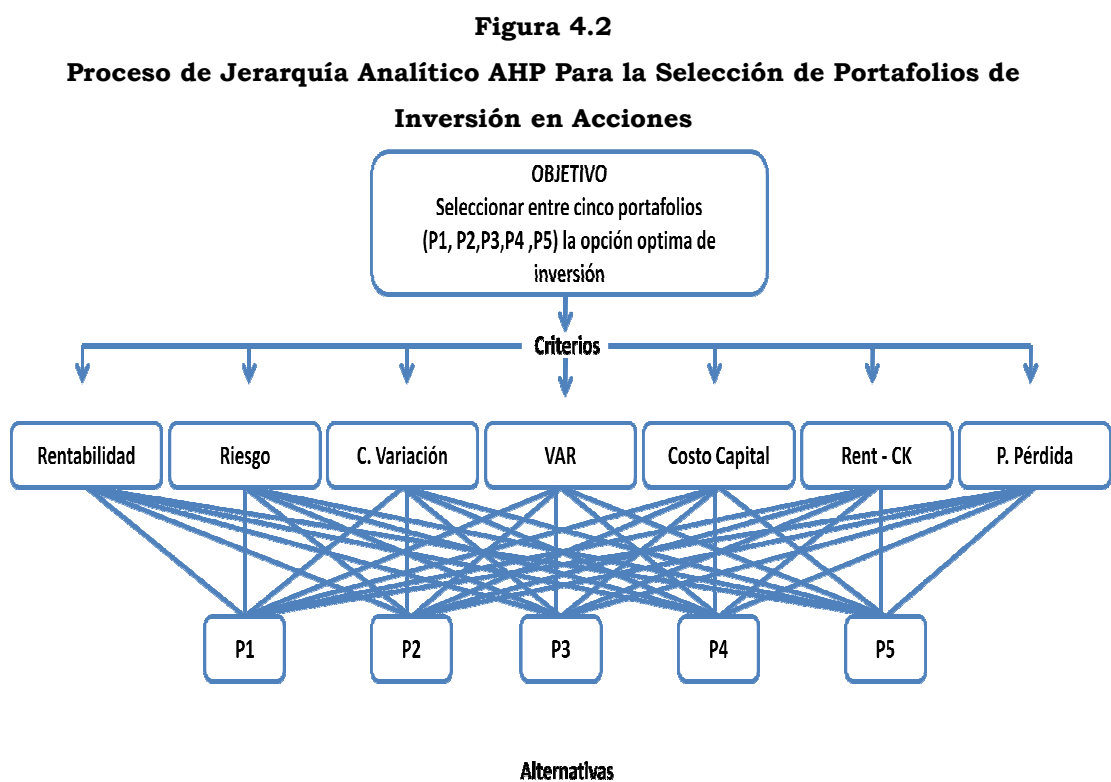
Después de valorar los portafolios mediante los distintos criterios se han seleccionado las cinco mejores decisiones de inversión para cada escenario; es decir el mejor portafolio elegido mediante el análisis de la rentabilidad, riesgo y coeficiente de variación, el mejor portafolio según el valor de riesgo VAR, la mejor combinación según el costo de capital, y la mejor selección según el resultado obtenido de la diferencia entre la rentabilidad y el costo de capital, y por último el portafolio con menor probabilidad de pérdida.

Cinco alternativas de inversión obtenidas a partir de siete criterios distintos, pero en ¿Cuál invertir?, Cual debería ser la guía para un inversionista, cuando todos los criterios de valoración incluyen elementos de análisis totalmente validos? La respuesta a las preguntas anteriores no es sencilla en términos que no es fácil de integrar diversos criterios con diversas respuestas. De esta manera se plantea importancia de la metodología o proceso de jerarquía analítico

AHP, por su potencialidad al integrar diversos criterios y alternativas para tomar una decisión de inversión usando criterios analíticos.

El AHP, permite evaluar un número finito de alternativas, en este caso en particular los cinco portafolios de acciones determinados por los distintos criterios de valoración.

Para ser más explícitos en el desglose del problema a tratar, a continuación en la figura 4.2 se presenta la estructura grafica o modelo jerárquico que permite visualizar el objetivo o meta, los criterios y alternativas para llegar a la mejor solución o a la mejor combinación de acciones para invertir.



Fuente: Realizada por la autora

La figura 4.2, permite apreciar los tres componentes de una decisión a través de niveles que contienen información análoga y que facilita la comparabilidad y correspondencia entre los objetivos, criterios de valoración y alternativas de inversión. En el primer nivel se muestra el objetivo, seguido de los criterios y las alternativas.

A continuación se presenta un esquema o resumen que permite apreciar los datos básicos de cada portafolio o alternativas de inversión, elegidos bajo un escenario base, teniendo en cuenta los criterios de selección

**Tabla 4.19 Consolidado de portafolios seleccionados bajo el escenario base para cada criterio de selección
Diciembre/2007 a Abril/2010**

N°	Portaf.	Acción	Particip.	CRITERIOS						
				Rent	Riesgo (Desv)	CV	VAR	CK	Rent-CK	Prob. De Perdida
P1	E4-24	PROT	37,07%	0,086%	0,719%	839,00%	0,049%	0,021718%	0,063865%	45,26%
		BOCC	32,46%							
		ICE	16,18%							
		MNOS	14,29%							
P2	E5-26	PROT	36,37%	0,085%	0,714%	839,18%	0,049%	0,021896%	0,063217%	45,26%
		BOCC.	31,78%							
		CORF	6,97%							
		ICEL	10,95%							
		MNOS	13,93%							
P3	E2-1	PROT	100%	0,056%	1,147%	2044,30%	0,078%	0,020302%	0,035796%	48,05%
		BOCC	0%							
P4	E2-10	CORF	0%	0,161%	1,624%	1006,51%	0,110%	0,021770%	0,139586%	46,04%
		MNOS	100%							
P5	E4-24	PROT	23,15%	0,104%	0,793%	759,98%	0,054%	0,022272%	0,082108%	44,77%
		BOCC	25,99%							
		ICEL	19,53%							
		MNOS	31,33%							

Fuente: Realizada por la autora

Teniendo claridad en la estructura del problema de decisión, se procede a realizar comparaciones binarias entre las alternativas de decisión para cada valor obtenido por cada criterio; por ejemplo si comparamos la rentabilidad de P1 con P5 (ver tabla 4.19), se puede emitir el siguiente juicio: “La importancia de P5 es mucho más fuerte que P1, con relación a la rentabilidad” dado a que el retorno del portafolio o alternativa P5 es mayor que el que ofrece el portafolio P1.

La metodología AHP permite comparar aspectos de carácter cualitativo o como en este caso en particular aspectos cuantitativos, mediante una escala que determina en qué medida contribuye cada alternativa a la escala jerárquica. Esta escala asigna números que van desde el 1 al 9, dependiendo la importancia de un elemento frente a otro.

No obstante, como son valores que pueden variar dentro de una escala numérica, la asignación del nivel de preferencia de valoración entre pares de alternativas debe hacerse de manera objetiva y con mucho cuidado, para no incluir apreciaciones subjetivas que alteren la veracidad del modelo de decisión.

La asignación numérica para cada comparación pareada se llevó a cabo de la siguiente forma:

- 1.** Se ha determinado el valor de mayor peso obtenido bajo el criterio de valoración y se le asigno el número máximo de la escala de Saaty, el 9.

2. Se determino el valor menos representativo obtenido bajo el criterio de valoración y se le asigno el menor número de la escala, el 1.
3. Posteriormente, se procede a hacer un cálculo proporcional aproximado para determinar el nivel de preferencia de cada par de alternativas.

A continuación, se indica un ejemplo para precisar y hacer mayor claridad en la determinación y asignación de estos números:

Para el caso del criterio rentabilidad, el valor más representativo lo ofrece la alternativa P4 con un 0,1610% y el menor retorno lo presenta la alternativa P3 con un 0,0560%, en ese orden de ideas, se presenta el cálculo para la comparación binaria (P1, P2):

Tabla 4.20 Ejemplo de asignación de importancia a una alternativa

ALTERNATIVA	RENTABILIDAD	ESCALA
P4	0,1610%	9
P3	0,0560%	1
Diferencia	0,1050%	8

Fuente: Realizada por la autora

Las rentabilidades de las alternativas P1 y P2 son 0,0860% y 0,0850% respectivamente, por lo tanto a través de la función Redondear en Excel es posible realizar la siguiente operación:

$$\text{REDONDEAR.MAS } ((0,0860-0,0850)*(8/0,01050; 0)+1;$$

El resultado final es 1, por lo tanto evaluando el cuadro 1 que contiene la escala de Saaty, se puede aseverar que las dos alternativas tienen igual importancia.

Sabiendo cómo se determina el nivel de preferencia de cada alternativa, se procede a realizar una matriz que contenga los pesos o medidas en que contribuye cada opción a la estructura. A continuación se indica a partir de la siguiente tabla los datos para la matriz de rentabilidad:

Tabla 4.21 Matriz para el criterio de Rentabilidad para el Escenario Base

Rentabilidad		P1	P2	P3	P4	P5
0,1610%	P4	P1	1	4	1/6	1/2
0,1040%	P5	P2	1	1	4	1/6
0,0860%	P1	P3	1/4	1/4	1	1/9
0,0850%	P2	P4	6	6	9	1
0,0560%	P3	P5	2	2	5	1/5
Total		10	10	23	2	7

Fuente: Realizada por la autora

En la parte izquierda de la tabla 4.21 se puede observar el orden descendente de las alternativas con respecto a la rentabilidad que ofrece cada una de ellas, anotando que el máximo retorno está determinado por la alternativa P4, mientras P3 tiene la rentabilidad más baja.

En la parte derecha de la tabla 4.2, se vislumbra la matriz de rentabilidad que contiene la escala numérica según la importancia de cada alternativa. Para construir esta matriz, se procede inicialmente por asignar el valor 1 a las intersecciones (P1, P1); (P2, P2); (P3, P3); (P4, P4) y (P5, P5), debido a que la comparación binaria debe ser entre

dos alternativas distintas; de esta forma se obtiene la información que se muestra en la tabla 4.22.

Tabla 4.22 Paso 1 para calcular la Matriz de comparación por parejas para el criterio de Rentabilidad en el Escenario Base

	P1	P2	P3	P4	P5
P1	1				
P2		1			
P3			1		
P4				1	
P5					1
Total	1	1	1	1	1

Fuente: Realizada por la autora

El siguiente paso es asignar los pesos de la columna de la opción que obtuvo el menor retorno, en este caso P3, y posteriormente la fila de esta misma alternativa, colocando los inversos multiplicativos, es decir, si el dato de la comparación de la columna (P3, P1) es 4, el dato que se asigna a la fila de la combinación (P3, P1) es el inverso multiplicativo $1/4$. Este cálculo se muestra en la tabla 4.23

Tabla 4.23 Paso 2 para calcular la Matriz de comparación por parejas para el criterio de Rentabilidad en el Escenario Base

	P1	P2	P3	P4	P5
P1	1		4		
P2		1	4		
P3	$1/4$	$1/4$	1	$1/9$	$1/5$
P4			9	1	
P5			5		1
Total	1	1	23	1	1

Fuente: Realizada por la autora

Luego, se asigna los pesos a la fila de la alternativa que brinda el mayor retorno, en este caso P4 y la columna de esta misma alternativa con los inversos multiplicativos. Ver tabla 4.24.

Tabla 4.24 Paso 3 para calcular la Matriz de comparación por parejas para el criterio de Rentabilidad en el Escenario Base

	P1	P2	P3	P4	P5
P1	1			1/6	
P2		1		1/6	
P3			1	1/9	
P4	6	6	9	1	5
P5				1/5	1
Total	7	7	10	2	6

Fuente: Realizada por la autora

Finalmente, se hace este mismo procedimiento para las filas P5 y P2 en este mismo orden, seguido del inverso multiplicativo para las columnas P5 y P2, para terminar de completarla matriz de rentabilidad como se puede observar en la tabla 4.21.

Esta matriz se ha realiza de igual forma para los criterios de valoración Rentabilidad menos costo de capital, Riesgo, Coeficiente de variación, valor de riesgo VAR, Costo de Capital y Probabilidad de Perdida en cada uno de los escenarios que se han determinado.

Luego de realizar la comparación binaria de las alternativas, se debe realizar la matriz normalizada para cada criterio de valoración. Esta matriz consiste en dividir los términos o pesos asignados

mediante la escala de Saaty sobre la suma de columna en la que se encuentra ubicado.

En la tabla 4.25 se presenta una muestra de la elaboración de la matriz normalizada para cada el criterio Rentabilidad del escenario base:

Tabla 4.25 Matriz Normalizada de para el criterio de rentabilidad en el Escenario Base

	P1	P2	P3	P4	P5
PI	0,0976	0,0976	0,1739	0,1014	0,0694
P2	0,0976	0,0976	0,1739	0,1014	0,0694
P3	0,0244	0,0244	0,0435	0,0676	0,0278
P4	0,5854	0,5854	0,3913	0,6081	0,6944
P5	0,1951	0,1951	0,2174	0,1216	0,1389

Fuente: Realizada por la autora

Una vez obtenida la matriz normalizada para cada criterio, se promedian los valores de las filas para determinar el vector de prioridad. En seguida se presenta el cálculo del vector para el criterio de rentabilidad, y que sirve de guía para los demás criterios de valoración.

Tabla 4.26 Vector de Prioridad para las alternativas seleccionadas según el criterio Rentabilidad bajo un Escenario Base

	VECTOR
P1	0,1080
P2	0,1080
P3	0,0375
P4	0,5729

P5	0,1736
Max	0,5729

Fuente: Realizada por la autora.

Comparando el vector de prioridad de las distintas alternativas se puede apreciar que el que obtiene el mayor valor es el P4.

Luego de obtener el vector de prioridad para los demás criterios, es necesario realizar la matriz de consistencia, que implica en primera instancia realizar los siguientes dos pasos:

1. Inicialmente, se debe multiplicar los pesos contenidos en la matriz del criterio de valoración con los vectores de prioridad, como se indica a la tabla 4.26 (seguir la secuencia de colores):

Tabla 4.27 Determinación del Paso 1 de la Matriz de Consistencia del Criterio Rentabilidad para el Escenario Estándar

MATRIZ DE RENTABILIDAD					
	P1	P2	P3	P4	P5
P1	1	1	4	1/6	1/2
P2	1	1	4	1/6	1/2
P3	1/4	1/4	1	1/9	1/5
P4	6	6	9	1	5
P5	2	2	5	1/5	1
Total	10	10	23	2	7

	VECTOR	
P1	0,1080	PASO 1
P2	0,1080	0,5483
P3	0,0375	0,5483
P4	0,5729	0,1899
P5	0,1736	3,0743
Max	0,5729	0,9077

$$=G35*W35+H35*W36+I35*W37+J35*W38+K35*W39$$

Fuente: Realizada por la autora

2. Seguidamente, se deben multiplicar el vector de prioridad de cada alternativa con el valor obtenido en el paso 1 para cada alternativa, como se indica en la tabla 4.27 (seguir la secuencia de colores):

Tabla 4.28 Determinación del Paso 2 de la Matriz de Consistencia del Criterio Rentabilidad para el Escenario Estándar

	VECTOR		
P1	0,1080	PASO 1	PASO 2
P2	0,1080	0,5483	5,0786
P3	0,0375	0,5483	5,0786
P4	0,5729	0,1899	5,0609
P5	0,1736	3,0743	5,3661
Max	0,5729	0,9077	5,2277

$$= (Y35/W35)$$

Fuente: Realizada por la autora

Finalmente, con la determinación de los pasos 1 y 2, se debe hallar lambda máximo, el índice de consistencia (IC), el índice aleatorio (IA), el coeficiente de consistencia (CC) y la decisión de la comparación, como se indica a continuación:

1. El lambda máximo, es el promedio de los datos contenidos en la columna del paso 2
2. El índice de consistencia, es la diferencia entre lambda máx. y el número de alternativas de inversión, dividido entre la diferencia del número de alternativas y 1.
3. El índice aleatorio está establecido de acuerdo al número de alternativas de inversión, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 4.29 Asignación del índice aleatorio según el numero de alternativas de inversión

Nº Alternativas	Índice Aleatorio
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41

Fuente: Roche, H y Vejo, C. Análisis Multicriterio en la Toma de Decisiones. Pág.5

En este caso en particular, el escenario base tiene 5 alternativas u opciones de inversión, por tanto el índice aleatorio es 1,12.

4. El coeficiente de consistencia se obtiene de la división del índice consistencia y el índice aleatorio.
5. La decisión de comparación, es exitosa si el coeficiente de consistencia es inferior al 10%, de lo contrario se deben

modificar los valores de importancia contenidos en la primera matriz.

Se ha efectuado el mismo cálculo para los demás criterios del escenario base y los contextos conservador y arriesgado, se indica a continuación la decisión de comparación del criterio rentabilidad:

Tabla 4.30 Decisión de la comparación del criterio Rentabilidad del Escenario Base

Lambda Max	IC	IA	CC	DECISION
5,1624	0,040593127	1,12	3,62%	<u>Comparación Exitosa</u>

Fuente: Realizada por la autora

Como el vector de prioridad para cada criterio, favorece a una alternativa distinta y por ende la decisión de inversión aun no es clara, se debe efectuar la matriz de comparaciones pareadas para los criterios de valoración.

La asignación de importancia para los criterios, se llevo a cabo mediante la estimación en mayor proporción de aquellos criterios que implican riesgos, en pro de atenuarlos, por encima de los rendimientos que se puedan obtener.

Acorde a esto, se indica en seguida una muestra de la matriz de criterios pareados:

Tabla 4.31 Matriz de Criterios para el Escenario Base

	Rent	Riesgo	CV	VAR	CK	R - CK	Prob
Rent	1	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1/3
Riesgo	3	1	1	1	1	3	1
CV	3	1	1	1	1	3	1
VAR	3	1	1	1	1	3	1
CK	3	1	1	1	1	3	1
R - CK	1	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1/3
Prob	3	1	1	1	1	3	1
Total	17	6	6	6	6	17	6

Fuente: Realizada por la autora

Posteriormente, se elabora la matriz normalizada de criterios, como se indica en la tabla 4.31

Tabla 4.32 Matriz de Normalizada de Criterios para el Escenario Base

	Rent	Riesgo	CV	VAR	CK	R - CK	Prob
Rent	0,0588	0,0588	0,0588	0,0588	0,0588	0,0588	0,0588
Riesgo	0,1765	0,1765	0,1765	0,1765	0,1765	0,1765	0,1765
CV	0,1765	0,1765	0,1765	0,1765	0,1765	0,1765	0,1765
VAR	0,1765	0,1765	0,1765	0,1765	0,1765	0,1765	0,1765
CK	0,1765	0,1765	0,1765	0,1765	0,1765	0,1765	0,1765
R - CK	0,0588	0,0588	0,0588	0,0588	0,0588	0,0588	0,0588
Prob	0,1765	0,1765	0,1765	0,1765	0,1765	0,1765	0,1765

Fuente: Realizada por la autora

Consecuentemente, se halla el vector de prioridad como se muestra en seguida a partir de este ejemplo:

Tabla 4.33 Vector de Prioridad para los Criterios de Valoración para Escenario Base

	VECTOR
Rent	0,0588
Riesgo	0,1765
CV	0,1765
VAR	0,1765
CK	0,1765
R - CK	0,0588
Prob	0,1765
Max	0,1765

Fuente: Realizada por la autora

Los criterios que mayor vector de prioridad obtuvieron fueron el de riesgo, coeficiente de variación, costo de capital, valor de Riesgo VAR, costo de capital y probabilidad de pérdida.

Finalmente, se debe realizar una matriz de preferencia en la que se multiplican los vectores de preferencia de cada alternativa con los vectores de preferencia de cada criterio de valoración, obteniendo la solución al problema de decisión. La tabla 4.33 muestra la preferencia del resultado fina

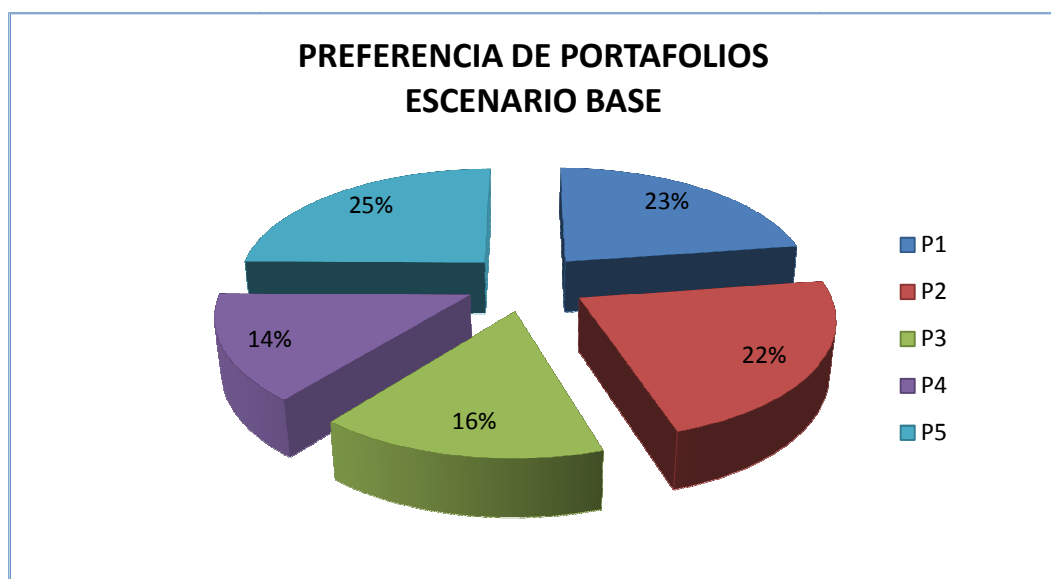
Tabla 4.34 Matriz de Preferencia para Escenario Base

	Resultado Final
P1	22,70%
P2	22,48%
P3	15,52%
P4	14,51%
P5	24,80%

Fuente: Realizada por la autora

Con relación a los datos contenidos en la tabla 4.33, se presenta de manera gráfica los resultados obtenidos a partir de la metodología multicriterio AHP, para el escenario conservador:

Figura 4.3 Preferencia de Portafolios Escenario Base



Fuente: Realizada por la autora

Según la figura 4.2, la alternativa con mayor preferencia es la P5 con un 25% promedio de favorabilidad, seguido de la alternativa P1 con un 23%.

Por lo tanto, un inversionista puede colocar sus riquezas o capital financiero en el portafolio E4-24, integrado por las acciones Admon.de fondos y Pensiones y Cesantías Protección S.A., Banco de Occidente S.A., Interconexión Eléctrica S.A. y Mineros S.A., bajo un escenario base.

Para los escenarios conservador y arriesgado se lleva a cabo el mismo procedimiento de análisis de alternativas bajo la metodología del proceso de jerarquía analítico (AHP). A continuación, se presenta el consolidado de alternativas de inversión al igual que todos los valores obtenidos para cada criterio:

Tabla 4.35 Consolidado de portafolios seleccionados bajo el escenario conservador para cada criterio de selección Diciembre/2007 a Abril/2010

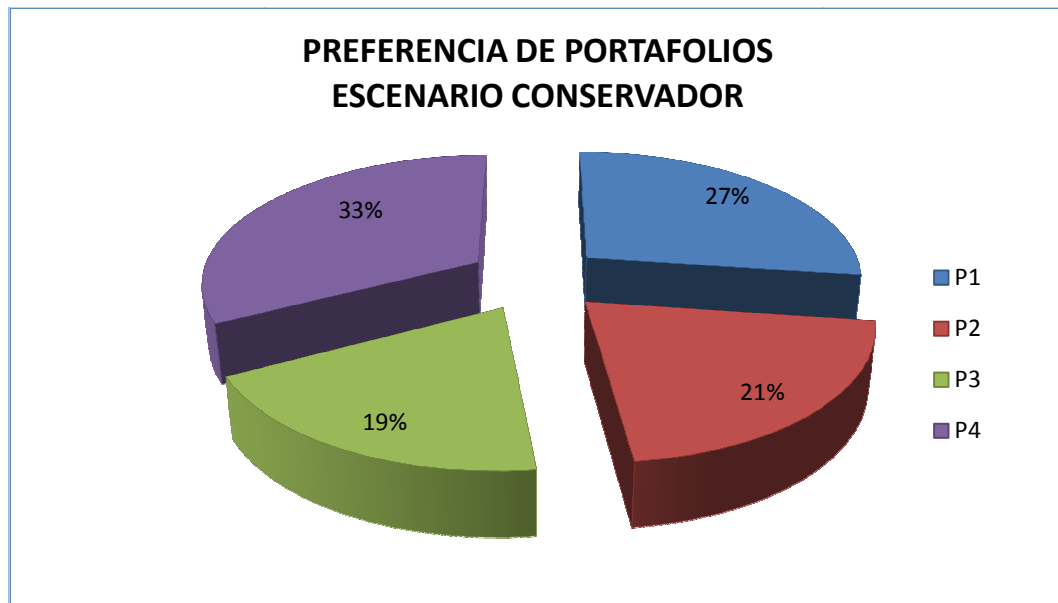
Nº	Portaf.	Acción	Porcent	CRITERIOS						
				Rent	Riesgo	CV	VAR	CK	Rent-CK	Prob Pérdida
P1	C3-13	PROT	41,46%	0,074%	0,757%	1016,34%	0,051%	0,021999%	0,042470%	46,08%
		BOCC	36,75%							
		ICEL	21,79%							
P2	C4-23	PROTE.	38,33%	0,065%	0,728%	1118,01%	0,050%	0,022182%	0,042979%	46,44%
		BOCC	34,57%							
		ICEL	13,08%							
		ISAG	14,02%							
P3	C4-24	PROTE	0%	0,112%	1,524%	1358,42%	0,104%	0,019993%	0,092271%	47,07%
		BBOG	0%							
		ICEL	100%							
		ISAG	0%							
P4	C4-24	PROT	0%	0,112%	1,524%	1358,42%	0,104%	0,019993%	0,092271%	47,07%
		BBOG	0%							
		ICEL	100%							
		ISAG	0%							
P5	C4-23	PROTE	29,63%	0,081%	0,777%	955,35%	0,053%	0,022924%	0,058379%	45,83%
		BBOG	36,25%							
		ICEL	34,12%							
		ISAG	0%							

Fuente: Realizada por la autora.

Es preciso mencionar que tras la valoración bajo este escenario se determinaron cinco portafolios, no obstante como las combinaciones P3 y P4 son las mismas, las alternativas de decisión son tan solo 4.

Al cabo, se presenta de manera gráfica la solución al problema de decisión de inversión para el escenario conservador:

Figura 4.4 Preferencia de Portafolios Escenario Conservador



Fuente: Realizada por la autora.

Bajo un escenario conservador, la alternativa con mayor preferencia es la P4 con un 33%, seguido de la alternativa P1 con un 27%. En este orden de ideas, un agente económico puede invertir su capital en el portafolio C4-24, integrado por las acciones de Admon.de fondos y Pensiones y Cesantías Protección S.A., Banco de Occidente S.A., Interconexión Eléctrica S.A. e Isagén S.A.

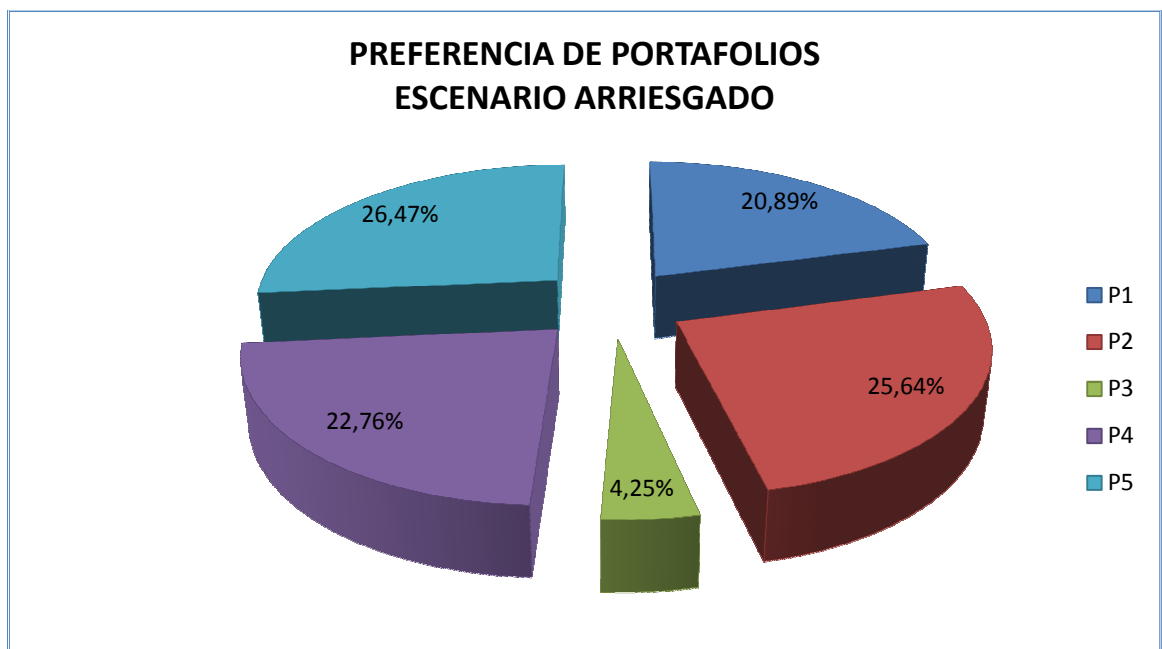
**Tabla 4.36. Consolidado de portafolios seleccionados bajo el escenario
arriesgado para cada criterio de selección
Diciembre/2007 a Abril/2010**

N°	Portaf.	Acción	Partic.	CRITERIOS						
				Rent	Riesgo	CV	VAR	CK	RENT-CK	Prob Perdida
P1	A2-7	ETBO MNOS	34,75% 65,25%	0,139%	1,639%	983,97%	0,093%	0,024028%	0,115103%	45,95%
P2	A4-25	CORFI ICEL IARG. MNOS	0,00% 43,15% 21,30% 35,55%	0,124%	1,122%	902,83%	0,076%	0,026078%	0,098151%	45,59%
P3	A4-24	CORF ETBO IARG MNOS	0% 0% 100% 0%	0,097%	2,137%	2193,67%	0,145%	0,028269%	0,069132%	48,18%
P4	A2-4	CORF MNOS	0% 100%	0,161%	1,624%	1006,51%	0,110%	0,021770%	0,139586%	46,04%
P5	A4-25	ETBO ICEL IARG MNOS	0% 35,27% 12,46% 52,27%	0,135%	1,169%	867,44%	0,079%	0,024896%	0,109813%	45,41%

Fuente: Realizada por la autora

Finalmente, se presenta la solución o alternativa de inversión más apropiada para este escenario según los datos obtenidos a partir de la metodología AHP:

Figura 4.4 Preferencia de Portafolios Escenario Arriesgado



Fuente: Realizada por la autora

Según la figura 4.4, la alternativa con mayor preferencia es la P5 con un 26,47%, seguida de la alternativa P1 con un 20,89%. Por lo cual, un inversionista bajo un escenario arriesgado puede trazar su capital en el portafolio A4-25, compuesto por las acciones de Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá S.A., Interconexión Eléctrica S.A., Inversiones Argos S.A. y Mineros S.A.

V. METODOLOGIA PROPUESTA Y EXPERIENCIA COMPUTACIONAL

La palabra metodología, se puede definir como el estudio del buen uso de los métodos y las técnicas¹⁷; teniendo como punto de partida esta definición y el objetivo central bajo el cual se ha basado el desarrollo de esta investigación, se precisa en el presente capítulo una explicación detallada de la metodología propuesta y su implementación en Microsoft Excel. Se ha determinado una secuencia de etapas propuestas que definen el proceso de toma de decisiones de inversión en acciones en el mercado colombiano, a partir de la utilización de diversas técnicas analíticas estadísticas y metodologías multicriterio.

5.1 Metodología propuesta para la toma de decisiones de inversión en el mercado colombiano

La metodología propuesta se ha dividido en varias etapas, dentro de las cuales se han desarrollados puntos específicos que se deben realizar para mejorar el proceso de toma de decisiones. Las etapas que a continuación se detallan se deben realizar de manera secuencial; sin embargo dentro de cada una de ellas se puede realizar puntos específicos de manera paralela.

5.1.1 Etapa 1: Aplicación de las teorías estadísticas para acciones individuales

La primera etapa de la metodología propuesta está relacionada con los pasos que se deben realizar para seleccionar las acciones individuales de

¹⁷ AKTOUF, Omar. La metodología de las ciencias sociales y el enfoque cualitativo en las organizaciones. Universidad del Valle, 2001. P 34

todas las compañías de media y alta bursatilidad que cotizan en el mercado accionario colombiano. A continuación se detallan los pasos a seguir:

1. Establecer el periodo de análisis histórico de las cotizaciones de los títulos. En este caso, el lapso que se ha analizado para validar la funcionalidad y practicidad de la metodología con datos reales es Diciembre de 2007 a Abril de 2010.
2. Verificar cuales acciones fueron catalogadas como títulos de media y alta bursatilidad para dicho periodo. Se descartan las acciones clasificadas como de baja bursatilidad debido a su poca transabilidad en el mercado financiero.
3. Procesar y organizar la información de las cotizaciones de los títulos, a través de una hoja de cálculo. Una forma propuesta de organización de información, se puede apreciar en el archivo anexo Metodología Decisión Acciones AHP (Versión Office 2010) específicamente en la hoja de cálculo denominada “Cotización Acciones”.
4. Efectuar el cálculo de los indicadores de rentabilidad, riesgo, coeficiente de variación, coeficiente de asimetría y riesgo diversificable, para cada uno de los títulos utilizando la teoría estadística. Esta información se puede observar en la hoja de Excel “Criterios de Decisión de Acciones”.

5. Determinar el riesgo sistematico y costo de capital de las acciones, como se especifica en el modelo CAMP. Este paso se puede realizar de manera simultánea con el paso 4.
6. Establecer los valores críticos de cada acción, a partir de la implementación de la teoría de la razón beta. (Ver hoja de cálculo “Análisis Beta de Acciones”). Para realizar este proceso es necesario contar con la información de los betas y los criterios calculados en el paso 4 para cada acción; lo cual requiere que se hayan efectuado dichos procedimientos.

5.1.2 Etapa 2: Selección de títulos de renta variable y conformación de combinaciones de portafolios

A partir de la aplicación de las distintas teorías de análisis de acciones, se procede a evaluar los resultados obtenidos para seleccionar los mejores títulos (en nuestro caso se desea seleccionar 5 acciones, pero el número de títulos no interfiere en el desempeño de la metodología), siguiendo los parámetros que se mencionan a continuación:

1. Descartar las acciones con rentabilidades negativas. En el caso que se hayan obtenido un total de 5 acciones o menos, se continúa con el paso 6, de lo contrario se ejecuta el paso 2.
2. Seleccionar los títulos que obtuvieron como valor “1”, tras la aplicación de la teoría de la razón beta. Estos datos, se pueden ver en la hoja anexa “Análisis Beta de Acciones”, en la fila “Selección 1=Si; 0=No”. En el caso que se hayan obtenido un total de 5 acciones

o menos, se continúa con el paso 6, de lo contrario se ejecuta el paso 3.

3. Elegir los títulos que tienen un riesgo diversificable alto, lo que indica que la proporción de riesgo que se puede administrar es mayor. Los resultados de este indicador se pueden ver en la hoja de cálculo “Criterios de Decisión de Acciones”. En el caso que se hayan obtenido un total de 5 acciones o menos, se continúa con el paso 6, de lo contrario se ejecuta el paso 4.
4. Seleccionar los títulos con un riesgo sistematico (Betas) inferior a “1”, dado que un valor superior a 1 indicaría que el título tiene gran volatilidad con respecto al comportamiento del mercado. Datos anexos en la libro de Excel, hoja “Análisis Beta de Acciones”. En el caso que se hayan obtenido un total de 5 acciones o menos, se continúa con el paso 6, de lo contrario se ejecuta el paso 5.
5. Evaluar la rentabilidad versus el riesgo de los títulos, con miras a seleccionar las acciones que se ajusten a las expectativas del inversionista. Si se da el caso en que los datos de rentabilidad y riesgo son muy similares, se eligen los títulos con menor coeficiente de variación y coeficiente de asimetría.
6. Con los títulos seleccionados a través del análisis de los criterios anteriores, se conforman los portafolios evaluando todas las combinaciones posibles. (Ver hoja de cálculo “Portafolios”).

5.1.3 Etapa 3: Aplicación de las teorías de análisis y selección de portafolios

Fijando las posibles combinaciones de acciones para integrar los portafolios de inversión, se procede a efectuar la aplicación de las teorías de análisis a cada uno de ellos aplicando los siguientes pasos:

1. Determinar los cálculos varianza, desviación estándar, coeficiente de variación, coeficiente de correlación y probabilidad de pérdida, para cada portafolio utilizando la teoría de portafolio de Markowitz. A partir de los resultados obtenidos, se establecen los siguientes criterios de selección independientes:
 - Elegir los portafolios que tengan el mejor balance entre **rentabilidad**, **riesgo** y **coeficiente de variación**. Si dos portafolios tienen la misma rentabilidad se debería seleccionar el que tiene menor riesgo. Si dos portafolios tienen diferente rentabilidad y riesgo se debe seleccionar el que tiene menor coeficiente de variación. En el caso de que ambos tengan igual rentabilidad e igual riesgo, se debe seleccionar el que tiene menor coeficiente de asimetría. De esta manera se obtiene la mejor selección bajo el criterio de la Teoría Moderna de Portafolio de Markowitz. Este portafolio será catalogado como la primera alternativa para el posterior análisis del AHP
 - Elegir los portafolios que tengan menor **probabilidad de pérdida**. De esta manera se obtiene otra alternativa (selección del mejor portafolio) para el análisis del AHP.

2. Establecer el riesgo sistemático y costo de capital para cada portafolio, tras la implementación del modelo de valoración de precios de los activos financieros (CAMP). Con los resultados derivados a dichos cálculos se fija los siguientes criterios de selección de manera independiente:

- Seleccionar el portafolio con menor **costo de capital**. De esta manera se obtiene otra alternativa (selección del mejor portafolio) para el análisis del AHP.
- Escoger el portafolio que obtiene un mayor valor como resultado de **la diferencia de la rentabilidad y el costo de capital**. De esta manera se obtiene otra alternativa (selección del mejor portafolio) para el análisis del AHP.

Determinar el valor de riesgo VAR y seleccionar los portafolios con menor cuantía o exposición al riesgo. El VAR, constituye el último indicador de valoración de las opciones de inversión. De esta manera se obtiene la última alternativa para evaluación mediante la metodología AHP.

En el caso de que todas las alternativas (portafolios) seleccionadas arrojen el mismo resultado en cuanto a títulos de conformación y porcentaje de participación de cada título se debe seleccionar dicho portafolio. En este caso en particular las metodologías de decisión multicriterio no tendrían peso para el proceso de toma de decisiones en el mercado bursátil; sin embargo mediante este trabajo de investigación se

ha demostrado que este caso sería excepcional y con una probabilidad casi nula de ocurrencia, debido a las diferencias fundamentales de cada uno de los indicadores y al mismo comportamiento del mercado.

5.1.4 Etapa 4: Aplicación de la metodología AHP para la selección del mejor portafolio considerando las diversas alternativas de decisión

1. Construir la estructura jerárquica del proceso de decisión, en la que se vislumbra el problema y se identifican a partir de niveles, el objetivo, los criterios y alternativas para llegar a la mejor solución o a la mejor combinación de acciones para invertir.

El problema de decisión se centra específicamente, ¿En cuál de las alternativas invertir, cuando todos los criterios de valoración incluyen elementos de análisis totalmente validos?, el objetivo: “Seleccionar entre los diversos portafolios seleccionados en la etapa 3 cuál es el óptimo para invertir”.

Las alternativas son los portafolios seleccionados preliminarmente bajo los criterios de análisis, y que para efectos de comparación se denotan como P1, P2, P3, P4...

Los criterios son los indicadores bajo los cuales se seleccionaron las alternativas o portafolios (Rentabilidad, Riesgo, Coeficiente de Variación, Probabilidad de Perdida, Costo de Capital, Diferencia entre rentabilidad y costo de capital, y Valor de Riesgo VAR).

Bajo esta premisa, se obtiene por ejemplo que el “mejor portafolio” obtenido por la metodología de CAPM, puede tener un valor de VAR no adecuado (alto). En ese sentido se hace necesaria la aplicación de la metodología AHP.

2. Elaborar la matriz de comparaciones por parejas para cada criterio de valoración, efectuando cotejos binarios entre las alternativas de decisión y la asignación del nivel de preferencia mediante la escala de Saaty.
3. Sumar los valores de cada columna de la matriz de comparaciones pareadas.
4. Realizar la matriz normalizada para cada criterio de valoración, a través de la división de los términos o pesos asignados mediante la escala de Saaty en la matriz de comparaciones binarias entre la suma total de la columna en la que se encuentran ubicados.
5. Determinar el vector de prioridad, mediante el cálculo del promedio de los valores de las filas de la matriz normalizada.
6. Determinar la consistencia de la matriz de comparación para cada uno de los criterios, con el fin de determinar la calidad de la decisión y la consistencia de los juicios realizados dentro de la matriz inicial.

La elaboración de esta matriz implica inicialmente el multiplicar los pesos de las filas contenidos en la “matriz de comparaciones binarias” con los vectores de prioridad.

Con el valor obtenido mediante el paso anterior, se procede a dividir dicho valor sobre el vector de prioridad. El promedio de los valores de esta columna da como resultado el Lambda máx.

Posteriormente, se determina el índice de consistencia, a través de la siguiente ecuación:

$$IC = \frac{\lambda_{m\grave{a}x} - n}{n-1} \quad (5.1)$$

Donde, IC es el índice de consistencia, $\lambda_{m\grave{a}x}$ es lambda máxima y n es el número de alternativas de decisión.

Seguidamente, se determina el índice aleatorio, el cual es el índice de consistencia de la matriz de comparaciones pareadas generada en forma aleatoria, y que depende del número de alternativas que se comparan. (El índice aleatorio se asigna según lo indica la tabla 4.28).

Finalmente se calcula el coeficiente de consistencia el cual se halla mediante la siguiente ecuación:

$$CC = \frac{IC}{IA} \quad (5.2)$$

Donde, CC es el coeficiente de consistencia, IC es el índice de consistencia e IA es el índice aleatorio.

Si el resultado del coeficiente de consistencia es inferior al 10%, la comparación es exitosa y consistente, permitiendo continuar con el

proceso de decisión. Si el coeficiente es superior al 10%, se deben reconsiderar y modificar los juicios de significancia de la matriz de comparaciones binarias.

7. Dado a que el vector de prioridad favorece alternativas distintas, se construye la matriz de significancia o de comparaciones binarias, cotejando los criterios de valoración. De esta manera se aplican los pasos 3 a 6 para la matriz de criterios.
8. Calcular un vector resultante de la multiplicación de los vectores de preferencia de cada alternativa con los vectores de preferencia de cada criterio de valoración.
9. A partir de los resultados anteriores, se selecciona la alternativa que obtenga el mayor valor porcentual de preferencia, como solución u opción de inversión.

Los cálculos mencionados en los ítems del 1 al 9, se pueden apreciar en las hojas de cálculo “AHP Base, AHP Conservador y AHP Arriesgado”.

5.2 Implementación computacional, validación de la estructura del modelo de decisión y validación de la información de salida.

Con la información obtenida de la Superfinanciera y la Bolsa de Valores, se construyó el archivo de datos y modelo de decisión utilizando **Microsoft Excel**. Para la construcción del archivo de datos, se realizó una extensa revisión de la información obtenida via web partiendo de la siguiente premisa:

Toda la información originalmente aportada por dichas entidades no debería sufrir modificaciones en cuanto a comparaciones, a menos que existieran inconsistencias de signo u otra menor en cada caso en particular.

Lo anterior indica que el resto de información, incluido aquellos datos *outliers* ó atípicos (datos con valor cero en el cual no hubo cotización) han sido modificados de acuerdo a la comparación de información entre entidades. Se ha organizado la información de *input* ó de acuerdo a las necesidades de la metodología.

Para la validación del modelo se realizaron dos tipos de esquemas. En primera instancia se hizo una validación de la estructura, que permitió dar el visto bueno a la coherencia en la concatenación de ecuaciones y relaciones de variables y datos de entrada. En segundo lugar, se hizo una verificación de la información de salida ó output respecto al comportamiento de los valores ingresados por el procesamiento de archivo de datos obtenidos vía web.

El resultado general de todo este proceso exhaustivo de revisión fue la completa coherencia entre los resultados obtenidos y la lógica asociada al grupo de ecuaciones. No se encontró ningún tipo de inconsistencia y la relación entre variables y ecuaciones fue adecuada.

Para finalizar se puede observar, que el modelo de decisión propuesto es funcional, practico y útil como herramienta de decisión para inversión en el mercado de renta variable.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las fluctuaciones del mercado financiero y las necesidades de manejar fondos de inversión, exigen el abandono de los juicios intuitivos tradicionales basados en el azar y la experiencia, dados los riesgos que implica para los inversionistas el tomar decisiones bajo criterios subjetivos. De esta manera el uso de herramientas analíticas toma gran importancia, aún más en mercados financieros emergentes como es el caso de nuestro país.
- El perfil del inversionista incide directamente en el proceso de decisión, debido a que la valoración y comparación de los diversos criterios en el modelo de decisión AHP pueden dar un mayor peso en un determinado momento a una alternativa en particular. En el caso de que se quiera realizar un análisis más profundo en el tema de la construcción de la matriz de criterios de comparación para cada uno de los escenarios se recomendaría realizar una Simulación Montecarlo de la comparación de parejas para verificar las diferentes respuestas obtenidas de acuerdo a los perfiles del inversionista específicos.
- Aun cuando el riesgo es imposible eliminarlo y es inherente a la actividad de inversión, es posible diseñar metodologías analíticas que permitan administrarlo en ambientes de decisión volátiles como es el mercado financiero de valores.

- La diversificación o combinación de activos es una excelente alternativa para alcanzar una mejor rentabilidad con una volatilidad menor.
- La metodología aplicada genera una mayor eficiencia en el proceso de toma de decisiones, en la medida que se eliminan conjeturas y pensamientos intuitivos, tras la implementación de técnicas y herramientas más elaboradas con un alto contenido racional, no obstante es preciso resaltar, que la decisión final para cada escenario no está exenta de riesgos, debido a la naturaleza volátil del mercado financiero.
- La aplicación de la metodología AHP, no garantiza la elección de una “decisión óptima”; mas sin embargo ofrece de manera robusta “buenas decisiones” mediante un proceso heurístico a través de criterios analíticos; sin embargo sería pertinente adicionar a los criterios analizados en el trabajo de investigación elementos cualitativos que permitan tomar una mejor decisión. Estos criterios pueden ser considerados dentro de la metodología de AHP de manera que complementen a los anteriormente mencionados y de esta manera ayuden en el proceso de recomendación de una decisión de inversión razonable, basada en un minucioso análisis del problema y un soporte matemático claro.

BIBLIOGRAFÍA

- **AKTOUF**, Omar. La metodología de las ciencias sociales y el enfoque cualitativo en las organizaciones. Universidad del Valle, 2001.
- **ALONSO**, Julio y **BERGGRUN**, Luis. Introducción al análisis de riesgo financiero. Primera edición. Cali: Universidad Icesi, 2008.
- **ANDERSON** A, **SWEENEY** D y **WILLIAMS** T. Estadística para administración y economía. Octava edición. Editorial: Thomson, 2004.
- **AVILA** Mogollón, Ruth. El AHP y su aplicación para determinar los usos de las tierras, el caso de Brasil. Santiago de Chile, 2000.
- **BENAVIDES**, Julián. Evaluación de la aplicación de dos modelos de valoración de opciones a la administración de portafolios. Universidad Icesi, 2006.
- **BERGGRUN**, Luis y **CAMACHO**, Virginia. Como crear un portafolio de inversión con las opciones que ofrecen los fondos de pensiones voluntarias en Colombia: El caso de Skandia. Universidad Icesi, 2009.
- **CAMPOS** Severiano, **CASTRO** Marcelo, **CUY** Montse y **Ferrer Gonzalo**. CAMP en Mercados Emergentes. Universidad Pompeu Fabra, 2005.

- **CRUZ** Eduardo, RESTREPO Jorge y SANCHEZ John. Portafolio de inversión en acciones optimizado. Universidad Tecnológica de Pereira, 2005.
- **DE LARA** Haro, Alfonso. Medición y control de riesgos financieros. Tercera edición. Editorial: Limusa, 2007.
- **DUVOBA**, Irina. La validación y aplicabilidad de la teoría del portafolio en el caso colombiano. Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, 2005.
- **FRANCO** Cuartas, Fernando de Jesús. El modelo de Markowitz, los TES, TRM Y EL IGBC. Gaceta Financiera, 2007.
- **JIMENEZ** Luis y **DE LA TORRE** Carmen. Valoración de Riesgos de un Proyecto Utilizando el Proceso Jerárquico de Análisis. Universidad de Castilla.
- **LIND** Douglas, MASON Robert y MARCHAL William. Estadística para administración y economía. Tercera edición. Editorial: McGraw-Hill Interamericana, 2001.
- **MARTÍNEZ** Rodríguez, Elena. Aplicación del proceso jerárquico de análisis en la selección de la localización de una pyme. Real centro universitario, 2007.

- **MEJIA** Carvajal, Oscar Daniel. Discusión sobre la teoría moderna del portafolio: Aplicación de la internacionalización del portafolio, incluyendo el caso colombiano. Universidad Icesi, 2008.
- **OSORIO** Juan Carlos, **HERREA** María Fernanda y **VINASCO** Milton Adrián. Modelo para la evaluación del desempeño de los proveedores utilizando AHP. Universidad del Norte de Barranquilla, 2008.
- **PINILLA** Roberto, **VALERO** Luis y **GUZMAN** Alexander. Operaciones en el Mercado de Capitales. Tercera edición. Editorial: Curcio Penen, 2007.
- **RAMIREZ**, Elías y **RAMIREZ**, Pedro Alejandro. Valor en riesgo: Modelos econométricos contra metodologías tradicionales. Universidad Autónoma Metropolitana. México, 2007.
- **ROCHE**, Hugo y **VEJO**, Constantino. Análisis Multicriterio en la Toma de Decisiones, 2005.