

PORTAFOLIO DE INVERSIÓN EN ACCIONES UN ENFOQUE ESTOCASTICO

Portfolio Equity Investments a Stochastic Approach

RESUMEN

Este documento expone una metodología para realizar inversiones óptimas en instrumentos de renta variable como las acciones utilizando el procedimiento de Markowitz con un enfoque estocástico, desarrollando los cálculos en hoja electrónica Excel, apoyándose en los complementos de Cristal Ball para la simulación Montecarlo y Optquest para la optimización mediante la metaheurística de Branch and bound.

PALABRAS CLAVES: Optimización, riesgo, rentabilidad, Simulación, acciones.

ABSTRACT

This document outlines a methodology for optimal investment in equity shares as using the procedure Markowitz with a stochastic approach, developing calculations leaf electronic Excel, relying on supplements Crystal Ball for the Monte Carlo simulation and Optquest para la optimization through heuristics goal of Branch and bound

KEYWORDS: Optimization, risk ,rent, simulation stocks.

1. INTRODUCCIÓN

El mayor problema al conformar una cartera de inversión en acciones radica en encontrar una composición óptima de títulos que entreguen el menor riesgo para un máximo rendimiento. Es necesario, resolver primero cuales son los títulos que se deben considerar y en segundo lugar cuanto de cada título comprar.

El inversionista se encuentra con la dificultad al momento de estimar en forma razonable la rentabilidad y riesgo de las diversas acciones y activos en general. Es por esta razón que se expone el Modelo de Markowitz, que en su forma más sencilla, refleja de manera clara cómo la rentabilidad esperada de un portafolio de acciones es función de las rentabilidades esperadas de las acciones que lo conforman.

En este trabajo se presenta la metodología para evaluar en forma técnica la inversión en un portafolio de acciones, como ejemplo se toma un grupo de seis acciones del mercado colombiano para conformar el portafolio de inversión que incluye las variables rentabilidad y riesgo, finalmente, se implementa el método de optimización estocástico a partir de la matriz varianza-covarianza, utilizando la hoja electrónica Excel y los complementos de crystal Ball para la simulación y Optquest para la optimización a través de metaheurísticas.

EDUARDO ARTURO CRUZ T

Ingeniero Industrial, Ms.C
Profesor asistente
Universidad Tecnológica de Pereira
ecruz@utp.edu.co

JORGE HERNAN RESTREPO C

Ingeniero Industrial, Ms.C
Profesor asistente
Universidad Tecnológica de Pereira
jhrestrepoco@utp.edu.co

PEDRO DANIEL MEDINA V

Ingeniero mecánico, Ms.C
Profesor auxiliar
Universidad Tecnológica de Pereira
pemedin@utp.edu.co

Grupo de Investigación
Administración Económica y
Financiera.

2. Modelo de Markowitz

Actualmente, el análisis de inversión se sustenta en la moderna teoría del portafolio desarrollada por Harry Markowitz en 1952, acerca de la elección de portafolios [1]. Según esta teoría, la selección de portafolios se basa en la sencilla observación de que se maximiza el rendimiento esperado a un cierto nivel de riesgo, o se minimiza el riesgo a un nivel esperado de rendimiento. Si esto no fuera así, el portafolio podría consistir en los activos favoritos del inversionista o del asesor financiero, en cambio la combinación de diferentes activos, los cuales no todos son igual de atractivos, cuando se considera individualmente, siempre ofrecen el máximo rendimiento esperado a un nivel de riesgo dado. Este conjunto de activos, generan el conjunto eficiente de carteras con mínimo riesgo, dado un cierto nivel de rentabilidad.

3. La selección de la cartera

Una cartera se define como una combinación de activos. El objetivo de la formación de carteras es reducir el riesgo mediante la diversificación; en otras palabras, se puede decir que la desviación estándar de los rendimientos sobre la cartera de activos puede ser menor que la suma de las desviaciones estándar provenientes de los activos individuales. La teoría de la cartera trata de la selección de carteras óptimas, es decir, carteras que proporcionan el rendimiento más alto posible en cualquier grado específico de riesgo, o el

riesgo más bajo posible en cualquier tasa de rendimiento. Entonces, para poder determinar las carteras óptimas se debe analizar los dos componentes elementales que las integran, a saber: rendimiento y riesgo. [2]

Si la inversión estuviera destinada a un activo único la rentabilidad de éste se puede calcular de acuerdo a la expresión 1:

$$R_T = \frac{(P_T - P_{T-1}) + D_T}{P_{T-1}} \quad (1)$$

Donde:

- R_t = Rentabilidad del activo en el periodo T
- P_t = Es el precio de la acción en el momento T
- P_{t-1} = Es el precio de la acción en el mercado en un periodo anterior.
- D_t : Es el pago de dividendos por cada acción en el periodo T

Ahora, la tasa de rendimiento de una cartera es la sumatoria ponderada de las rentabilidades esperadas de cada una de las acciones, ver expresión 2:

$$E(R_p) = \sum_{j=1}^N \bar{R}_j A_j \quad (2)$$

Donde:

- E(R_p) = La rentabilidad esperada del portafolio
- R_j = Es el rendimiento esperado de la acción "j"
- A_j = Es la proporción del total de fondos invertidos en el título "j"

La ecuación (2) expresa, que el rendimiento esperado del portafolio es un promedio ponderado de los rendimientos esperados para los valores que comprenden ese portafolio.

$$\sum_{j=1}^N A_j = 1 \quad (3)$$

La expresión (3) condiciona a que se invierta el 100% de lo destinado al portafolio de acciones.

Si se trata de medir el riesgo de una cartera, este depende del riesgo de los valores individuales que constituyen el portafolio y de la relación existente entre los mismos (covarianza). Al seleccionar títulos que tienen poca relación unos con otros, el inversionista puede reducir el riesgo relativo.

La varianza es la forma de medir el riesgo en términos cuadráticos de la rentabilidad esperada del portafolio. La desviación estándar es la raíz cuadrada de la varianza y muestra el riesgo del portafolio en términos lineales, ver expresión (4)

$$RIESGO_P = \sqrt{\sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^M A_j A_k \sigma_{JK}} \quad (4)$$

Donde:

- A_j = Porcentaje de inversión en la acción J
- A_k = Porcentaje de inversión en la acción K
- σ_{JK} = covarianza de las acciones J y K

4. Presentación del modelo

Sean:

- N = número de acciones que conforman el portafolio
- R_i = Rendimiento esperado del i-ésimo valor
- A_i = Porcentaje de la inversión en el i-esimo valor.
- R_e = Rendimiento esperado del portafolio
- σ_p² = Es la varianza de los rendimientos de la cartera, sobre la frontera eficiente de oportunidades de inversión.

El problema que se desea resolver (vía optimización estocástica) se expresa de la siguiente forma: [3]

$$Min - Z = \sqrt{\sigma_p^2}$$

Sujeto a:

$$R_E = \sum_{i=1}^N A_i R_i$$

$$\sum_{i=1}^N A_i = 1$$

$$\forall A_i \geq 0$$

4.1 Desarrollo del modelo

Para este caso se seleccionan los precios promedios ponderados de seis acciones: Compañía Suramericana, Isa, Bancolombia, Corfinsura, Acerías Paz de Rio y Compañía Colombiana de Inversiones, Ver figura 1.

	A	B	C	D	E	F	G
1	fc_oper	Suramericana	ISA	Bancolombia	Corfinsura	Aceriaz Paz	Cia Col Inv
2	02/01/2004	4300,493617	1000	4050	3395,495665	2,75	4499
3	05/01/2004	4324,22833	990	4050	3393,384401	2,75	4476,27578
4	06/01/2004	4449,766764	990	4202,946834	3458,657431	2,75577617	4499,90125
5	07/01/2004	4530,338613	983,7510602	4402,723406	3597,256524	2,7731436	4538,51416
6	08/01/2004	4528,494011	1006,936218	4446,352683	3773,480665	2,75	4562,29324
7	09/01/2004	4535,561768	1025,36061	4374,970388	3732,888434	2,78	4562,7987
8	13/01/2004	4487,136431	1024,134126	4300	3720,840624	2,79077196	4482,82775
9	14/01/2004	4436,164144	1025,289744	4160,729812	3573,737296	2,79077196	4373,71589
10	15/01/2004	4433,33827	1029,989769	4263,846483	3643,06794	2,76285714	4364,95068
11	16/01/2004	4559,012559	1038,591856	4316,260767	3649,837854	2,75	4467,70127
12	19/01/2004	4650,201057	1051,786246	4381,636875	3691,641495	2,79	4626,54615
13	20/01/2004	4734,573692	1097,14388	4490,408349	3757,682336	2,81578623	4763,96069
14	21/01/2004	4767,388535	1140,342823	4492,563315	3748,411662	2,85	4833,2968
15	22/01/2004	4885,057361	1157,281634	4501,596663	3736,466908	2,96503385	4952,63675
16	23/01/2004	4904,187141	1166,092891	4475,696015	3793,652714	3	4785,55623
17	26/01/2004	4806,784529	1131,220851	4445,903144	3713,969157	2,99790137	4821,04948
18	27/01/2004	4930,926084	1161,892752	4439,68737	3764,392147	3	5061,84432
19	28/01/2004	4995,364279	1210,486257	4555,247227	3763,753248	3,03192627	5255,44884
20	29/01/2004	5141,176651	1219,654836	4636,32781	3792,886489	3,16710788	5522,98389
21	30/01/2004	5343,324216	1234,080252	4655,441657	3892,804295	3,35130741	5984,61165

Figura 1. Precios de las acciones preseleccionadas

Se calculan las variaciones de precios diarias

$$\frac{P_T - P_{T-1}}{P_{T-1}}$$

	A	H	I	J	K	L	M
1	fc_oper	VarSur	VarIsa	VarBan	VarCor	VarAce	VarCol
2	02/01/2004						
3	05/01/2004	0,5519%	-1,0000%	0,0000%	-0,0622%	0,0000%	-0,5051%
4	06/01/2004	2,9031%	0,0000%	3,7765%	1,9235%	0,2100%	0,5278%
5	07/01/2004	1,8107%	-0,6312%	4,7533%	4,0073%	0,6302%	0,8581%
6	08/01/2004	-0,0407%	2,3568%	0,9910%	4,8988%	-0,8346%	0,5239%
7	09/01/2004	0,1561%	1,8297%	-1,6054%	-1,0757%	1,0909%	0,0111%
8	13/01/2004	-1,0677%	-0,1196%	-1,7136%	-0,3227%	0,3875%	-1,7527%
9	14/01/2004	-1,1360%	0,1128%	-3,2388%	-3,9535%	0,0000%	-2,4340%
10	15/01/2004	-0,0637%	0,4584%	2,4783%	1,9400%	-1,0003%	-0,2004%
11	16/01/2004	2,8348%	0,8352%	1,2293%	0,1858%	-0,4654%	2,3540%
12	19/01/2004	2,0002%	1,2704%	1,5146%	1,1454%	1,4545%	3,5554%
13	20/01/2004	1,8144%	4,3124%	2,4824%	1,7889%	0,9242%	2,9701%
14	21/01/2004	0,6931%	3,9374%	0,0480%	-0,2467%	1,2151%	1,4554%
15	22/01/2004	2,4682%	1,4854%	0,2011%	-0,3187%	4,0363%	2,4691%
16	23/01/2004	0,3916%	0,7614%	-0,5754%	1,5305%	1,1793%	-3,3736%
17	26/01/2004	-1,9861%	-2,9905%	-0,6657%	-2,1004%	-0,0700%	0,7417%
18	27/01/2004	2,5826%	2,7114%	-0,1398%	1,3577%	0,0700%	4,9947%
19	28/01/2004	1,3068%	4,1823%	2,6029%	-0,0170%	1,0642%	3,8248%
20	29/01/2004	2,9190%	0,7574%	1,7931%	0,7740%	4,4586%	5,0906%
21	30/01/2004	3,9319%	1,1827%	0,3993%	2,6343%	5,8160%	8,3583%

Figura 2. Variaciones diarias de los precios de las acciones

Se determina la función de distribución de mejor calidad de acuerdo a las pruebas de bondad y ajuste de la Chi cuadrado, para cada una de las acciones, en la figura 3, se aprecia la distribución y parámetros para la acción de Isa

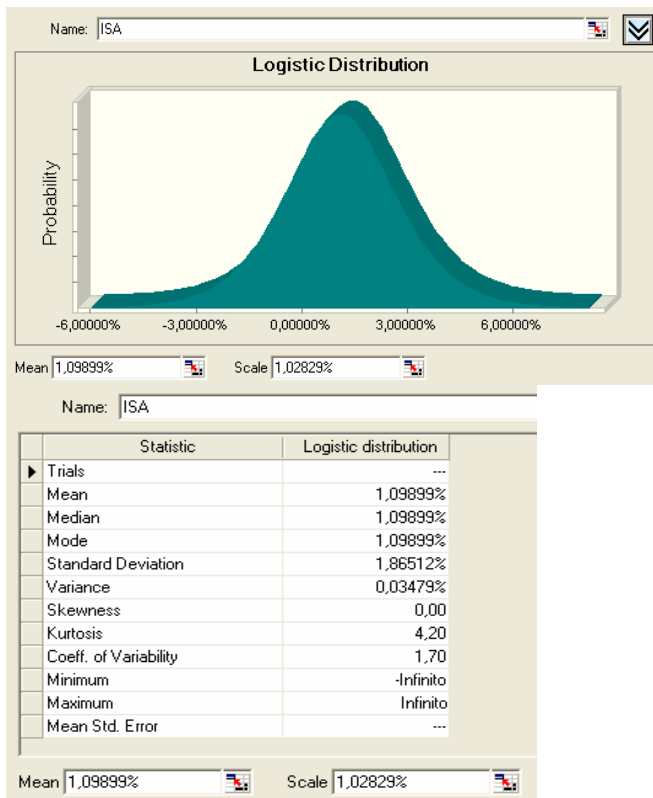


Figura 3. Distribución de probabilidad y parámetros de la acción de Isa

Para las demás acciones, los parámetros son los siguientes, ver figura 4.

Acción	Surame	Bancol	Corfin	Acerias	
Colinvers					
Statistic	Triangular	Weibull	Logistic	Max Extreme	Gamma
Trials	---	---	---	---	---
Mean	1,33842%	0,7542%	0,74513%	0,98447%	1,55101%
Median	1,58903%	0,9112%	0,74513%	0,74252%	1,29932%
Mode	2,83476%	1,2568%	0,74513%	0,32164%	0,79254%
Standard Deviation	1,73205%	1,9738%	2,01414%	1,47280%	2,79792%
Variance	0,03000%	0,0389%	0,04057%	0,02169%	0,07828%
Skewness	-0,4539%	-0,4189%	0,00	1,14	0,5422%
Kurtosis	2,40	3,11	4,20	5,40	3,44
Coeff. of Variability	1,29	2,62	2,70	1,50	1,80
Minimum	-3,44963%	-1,0175%	-Infinito	-Infinito	-8,77023%
Maximum	4,63012%	Infinito	Infinito	Infinito	Infinito

Figura 4. Parámetros de las distribuciones de las acciones

La correlación (ρ), determina cual es el grado de relación entre cada dos acciones incluyendo el riesgo (las desviaciones estándar) respectivamente.

ρ = -1, Si la correlación es perfecta e inversa

ρ = 1, si la correlación es perfecta y directa.

ρ = 0, quiere decir que las dos acciones están incorrelacionadas

Para construir un portafolio disminuyendo su riesgo, se debe buscar que el grado de relación de las acciones sea muy bajo. A continuación se aprecia la gráfica de la correlación entre Suramericana y Corfinsura y los valores de las correlaciones con las demás acciones. Ver figura 5.

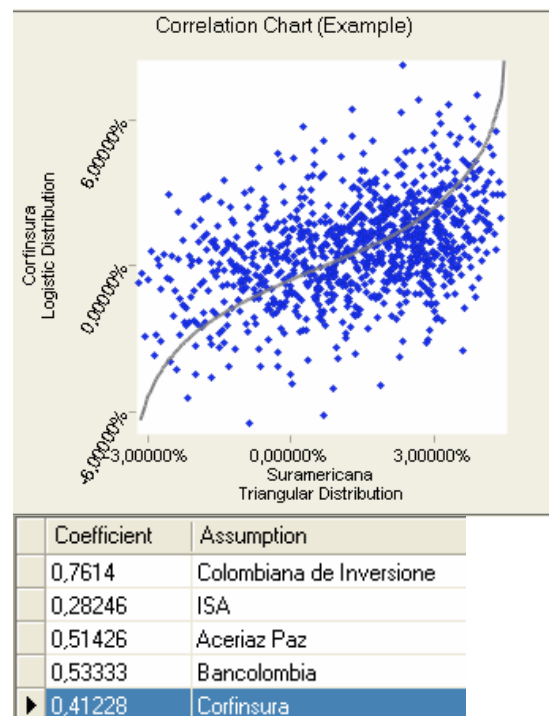


Figura 5. Coeficientes de correlación de suramericana

La correlación y covarianza entre cada par de acciones del portafolio se presentan a continuación. Ver Figura 6.

Matriz Varianza Covarianza					
acción I	acción J	Correlacion	Covarianza	% inversión I	% inversión J
VarSur	Varlsa	0,28246	0,00960%	0	0
VarSur	VarBan	0,53333	0,01604%	0	0
VarSur	VarCor	0,41228	0,01409%	0	1
VarSur	VarAce	0,51426	0,01595%	0	0
VarSur	VarCol	0,7614	0,03279%	0	0
Varlsa	VarBan	0,16316	0,00486%	0	0
Varlsa	VarCor	0,14211	0,00754%	0	1
Varlsa	VarAce	0,32821	0,00452%	0	0
Varlsa	VarCol	0,48247	0,01841%	0	0
VarBan	VarCor	0,67895	0,02604%	0	1
VarBan	VarAce	0,06845	0,00005%	0	0
VarBan	VarCol	0,46491	0,01796%	0	0
VarCor	VarAce	-0,03861	0,00163%	1	0
VarCor	VarCol	0,24386	0,01559%	1	0
VarAce	VarCol	0,49671	0,03091%	0	0

Figura 6. Correlación y Covarianza entre las acciones

Para determinar la frontera eficiente del portafolio se procede a calcular la optimización del portafolio, inicialmente se maximiza la rentabilidad, luego se minimiza el riesgo y finalmente a través de un modelo multi-objetivo se determinan algunos puntos de rentabilidad versus riesgo del portafolio de la frontera. Ver Figura 7. [2]

PONDERACION DE LA INVERSIÓN				
Acción	% inversión	Riesgo	Varianza	% Inversión ^2
VarSur		1,73205%	0,0300%	0,0000%
Varlsa		1,86512%	0,0348%	0,0000%
VarBan		1,97382%	0,0390%	0,0000%
VarCor		2,01414%	0,0406%	0,0000%
VarAce		1,47280%	0,0217%	0,0000%
VarCol		2,79792%	0,0783%	0,0000%
TOTAL	0,0000%			
Portafolio				
Rentabilidad	0,0000000%			
Varianza	0,0000000%			
Riesgo	0,0000000%			

Figura 7. Ponderación y optimización de las inversiones del portafolio.

Las condiciones de optimización se construyen en el Optquest, inicialmente se definen las variables de decisión, en este caso los porcentajes de inversión en cada acción con un mínimo de 0 y un máximo de 100%. Ver Figura 8.

Select	Variable Name	Lower Bound	Upper Bound	Type	Cell
<input checked="" type="checkbox"/>	VarSur	0	1	Continuous	\$\$F\$47
<input checked="" type="checkbox"/>	Varlsa	0	1	Continuous	\$\$F\$48
<input checked="" type="checkbox"/>	VarBan	0	1	Continuous	\$\$F\$49
<input checked="" type="checkbox"/>	VarCor	0	1	Continuous	\$\$F\$50
<input checked="" type="checkbox"/>	VarAce	0	1	Continuous	\$\$F\$51
<input checked="" type="checkbox"/>	VarCol	0	1	Continuous	\$\$F\$52

Figura 8. Delimitación de los porcentajes de inversión en cada acción

Se construyen las condiciones del modelo de optimización, la sumatoria de las inversiones debe ser igual al 100% sin incluir apalancamientos, es decir sin incluir prestamos ni prestar recursos. Ver Figura 9

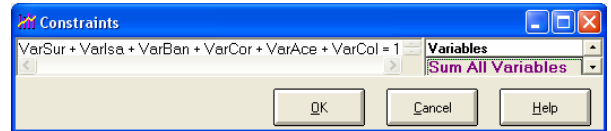


Figura 9. Restricciones del modelo

Se define la variable a pronosticar, en este caso es maximizar la rentabilidad del portafolio. Ver Figura 10



Figura 10. Condición de maximizar la rentabilidad

Se prepara el proceso de optimización durante diez minutos, El complemento Optquest funciona a través de la meta heurística Branch and bound para localizar un optimo local y luego participa una red neuronal que se auto entrena para optimizar la variable a pronosticar. Ver Figura 11.

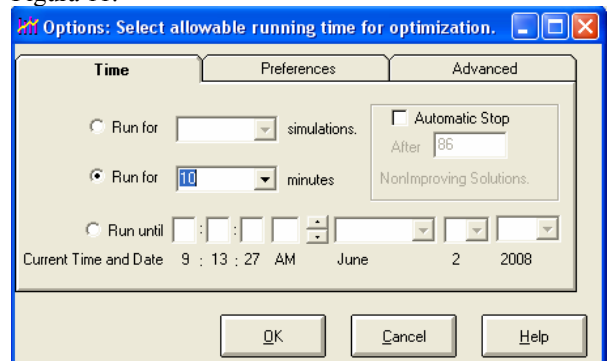


Figura 11. Opciones para la corrida de la optimización.

La solución encontrada (ver Figura 12), muestra que la rentabilidad es de 1.5175% y la inversión es de 100% en Colinversiones, el riesgo que le corresponde es de 2.7978563%

Simulation	Maximize Objective Rentabilidad Mean	VarSur	Varlsa	VarBan	VarCor	VarAce	VarCol
1	7.4408E-03	0	0	0	1	0	0
2	1.3019E-02	0	0.500000	0	0	0	0.500000
5	1.3362E-02	0.978839	0	0	0	0	2.1161E-02
11	1.4097E-02	0	0.250000	0	0	0	0.750000
13	1.4636E-02	0	0.125000	0	0	0	0.875000
14	1.4906E-02	0	6.2500E-02	0	0	0	0.937500
15	1.5041E-02	0	3.1250E-02	0	0	0	0.968750
16	1.5108E-02	0	1.5625E-02	0	0	0	0.984375
Best: 42	1.5175E-02	0	0	0	0	0	1

Figura12. Simulaciones corridas incluye mejor solución

La optimización del portafolio enfocada a minimizar el riesgo se desarrolla en forma similar al caso anterior, el único cambio es la función objetivo. Ver Figura 13.

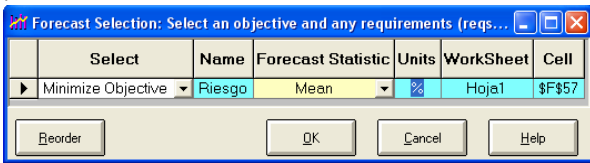


Figura 13. Función objetivo mínimo riesgo

El proceso de optimización ejecutado durante 15 minutos encuentra la mejor solución en la simulación N° 613 con una rentabilidad de -0.0618825% y un riesgo mínimo de 1.0810% ponderando la inversión en 25% para Isa, 24% para Bancolombia, 2% para Corfinsura y 49% para Acerías Paz de Rio. Ver figura 14.

Simulation	Minimize Objective Riesgo	VarSur	VarIsa	VarBan	VarCor	VarAce	VarCol
1	2.0142E-02	0	0	0	1	0	0
2	1.9357E-02	0	0.500000	0	0	0	0.500000
4	1.4728E-02	0	0	0	0	1	0
9	1.2131E-02	0	0	0.422520	0.102965	0.474515	0
17	1.2015E-02	5.1327E-02	0	0.374173	9.3990E-02	0.480510	0
33	1.1859E-02	0	0	0.315167	0	0.684833	0
66	1.1385E-02	3.7450E-02	7.8966E-02	0.331924	8.2585E-02	0.469074	0
84	1.1150E-02	3.0511E-02	0.118450	0.310800	7.6882E-02	0.463357	0
85	1.1055E-02	2.7042E-02	0.138191	0.300238	7.4031E-02	0.460498	0
229	1.0982E-02	0	0.252136	0.299332	7.2960E-02	0.375571	0
231	1.0949E-02	0	0.245935	0.277043	9.4964E-02	0.382058	0
232	1.0933E-02	0	0.242834	0.265899	0.105966	0.385302	0
233	1.0926E-02	0	0.241283	0.260327	0.111466	0.386924	0
234	1.0923E-02	0	0.240508	0.257541	0.114217	0.387734	0
235	1.0922E-02	0	0.240120	0.256148	0.115592	0.388140	0
337	1.0918E-02	0	0.135371	0.275999	7.8463E-02	0.510167	0
342	1.0878E-02	0	0.279479	0.261205	0	0.459317	0
441	1.0865E-02	0	0.207535	0.297968	0	0.494497	0
470	1.0849E-02	0	0.220803	0.285321	0	0.493876	0
471	1.0845E-02	0	0.227437	0.278998	0	0.493565	0
472	1.0844E-02	0	0.230753	0.275837	0	0.493410	0
473	1.0843E-02	0	0.232412	0.274256	0	0.493332	0
474	1.0843E-02	0	0.233241	0.273465	0	0.493293	0
475	1.0843E-02	0	0.233656	0.273070	0	0.493274	0
476	1.0843E-02	0	0.233863	0.272873	0	0.493264	0
477	1.0843E-02	0	0.233967	0.272774	0	0.493259	0
Best 613	1.0810E-02	0	0.249957	0.239657	2.4174E-02	0.486212	0

Figura 14. Resultado de la simulación de mínimo riesgo

El riesgo del portafolio se espera sea menor que la sumatoria de los riesgos de las acciones, en este caso alcanza un nivel de 1.0810%, siendo menor que la sumatoria de los riesgos de las acciones, es más su nivel de riesgo es menor que el presentado por cada una. Ver figura 7.

Hasta el momento se han construido dos portafolios, el primero, establece la rentabilidad máxima, el segundo, establece el riesgo mínimo. Dentro de los dos extremos hay infinitas combinaciones posibles para armar el portafolio, lo importante es establecer el conjunto de portafolios que son óptimos pero en cada uno se maneja un nivel de riesgo y rentabilidad diferente, ya es decisión del inversor, determinar en que punto de la frontera quiere ubicarse de acuerdo a su perfil.

La frontera eficiente es el conjunto de portafolios optimizados dentro de un rango considerado, con la característica de maximizar la rentabilidad con un nivel

de riesgo predeterminado entre los límites de 1.0810% y 2.7978563%. Ver figura 15.

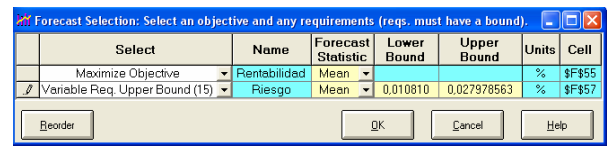


Figura 15. Condiciones de optimización para construir la frontera eficiente.

En los resultados de las simulaciones se encontró la mejor en el ensayo N° 132 concentrando la inversión en Colinversiones. La combinación con mayor diversificación se presenta en la simulación N° 33 con una participación de 14% para Suramericana, 10% para Isa, 21% para Bancolombia, 15% para Corfinsura, 15% para Acerías Paz de Rio y 26% para Colinversiones. Ver Figura 16.

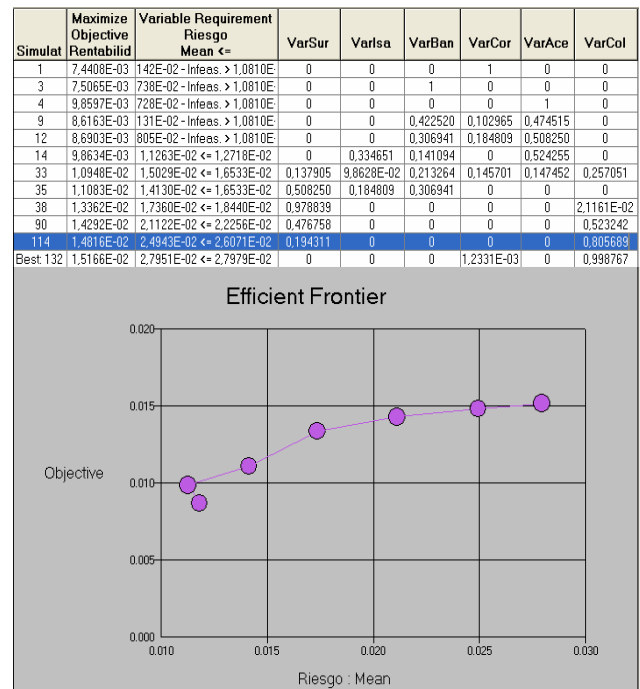
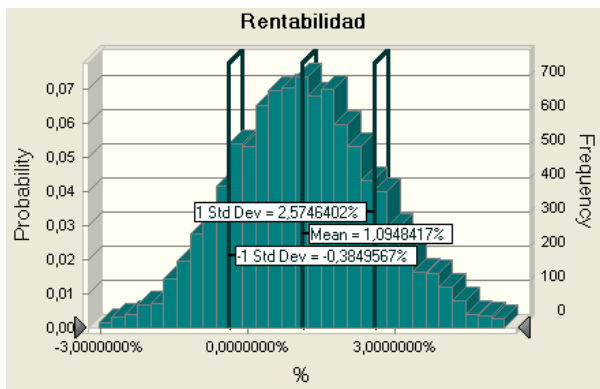


Figura 16. Resultados y Gráfica de las simulaciones de la Frontera eficiente.

Dentro de la frontera eficiente el inversionista de acuerdo a su perfil selecciona la composición de la inversión teniendo en cuenta la rentabilidad y el riesgo del portafolio. Se toman variaciones comprendidas entre los dos extremos presentados anteriormente: Máxima rentabilidad hasta el mínimo riesgo optimizado. [4]

En caso de que el inversionista seleccione el punto obtenido en la simulación N° 33, por ser una de más bajo riesgo y con la mejor diversificación, se simula mediante el método Montecarlo para 10.000 ensayos para analizar el comportamiento de la rentabilidad esperada. Ver figura 17.



Statistic	Forecast values
Trials	10.000
Mean	1,0948417%
Median	1,0543107%
Mode	---
Standard Deviation	1,4797984%
Variance	0,0218980%
Skewness	0,1514
Kurtosis	3,04
Coeff. of Variability	1,35
Minimum	-4,0220214%
Maximum	7,2225899%
Mean Std. Error	0,0147980%

Figura 17. Estadística de la rentabilidad esperada.

Se aprecia que la rentabilidad esperada asciende a 1.0948417%, con un riesgo de 1.4797984%, lo cual ubica a la rentabilidad entre una pérdida de -0.3849567% y una rentabilidad de 2.5746402%. El coeficiente de asimetría (Skewness), es de 0.1514, indica que los valores se ubican más a la derecha de la media, y la curtosis (kurtosis) de 3.04 indica que la forma de la distribución tiende a ser puntuda, es decir, los valores se ubican alrededor de la media. La posibilidad de pérdida es de 23.28%. Ver figura 18. [5]

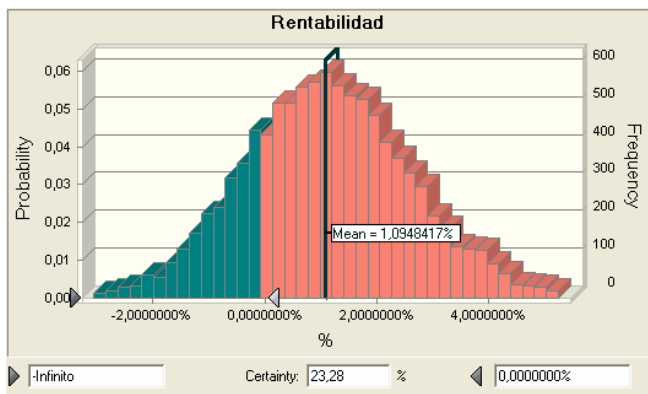


Figura 18. Posibilidad de pérdida del portafolio.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Al analizar el comportamiento de las acciones en la bolsa de valores de Colombia, se aprecia su alta volatilidad en el precio promedio ponderado.
- En la medida que se construyan modelos que reflejen más de cerca la realidad, permitirá que se tomen decisiones más acertadas.
- El modelo planteado es consistente en el sentido de excluir en muchos de los portafolios a aquellas acciones que presentaban mayor riesgo y menor rentabilidad.
- El manejo de modelos estocásticos enriquece los resultados obtenidos al contar con un amplio número de escenarios obtenidos en corto tiempo.
- La composición del portafolio presenta mayor riesgo que rentabilidad, pero, las acciones muestran una tendencia a ser rentables, ninguna presenta tendencia a la baja (pérdida), en términos generales
- El portafolio seleccionado presentó una posibilidad de pérdida relativamente bajo de 23%, pero con alta volatilidad.
- Es recomendable evitar un portafolio que se concentre en un solo título, es necesario diversificar, para disminuir el riesgo como se muestra en este caso y la frontera eficiente garantiza que es la mejor composición del portafolio en cada uno de sus puntos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] MARKOWITZ Harry, New financial market equilibrium, results: implications for practical financial optimization. Primera Edición, 489 Páginas, Warton School Pennsylvania 1989.
- [2] BREALEY Richard A., Myers Stewart C., Principios de finanzas corporativas, Cuarta edición, 1202 páginas, Mc Graw Hill, Madrid, 1993.
- [3] CRUZ Eduardo, RESTREPO Jorge, SANCHEZ John, Portafolio de inversión en acciones optimizado, año XI Volumen 27 Revista Scientia et técnica, Abril 2005, Página 175.
- [4] CHARNES John, Financial Modeling with cristal ball and Excel. Primera Edición , 269 páginas, Wiley, New Jersey, 2007
- [5] EVANS James, OLSON David, Introduction to simulation and risk análisis, Segunda edición, 392 páginas, prentice hall, New Jersey, 2002.