

NEGOCIACIÓN DE PORTAFOLIOS DE ACCIONES USANDO LA METAHEURISTICA RECOCIDO SIMULADO

RESUMEN

Este documento presenta una metodología para conformar portafolios de acciones. En el se expone la técnica usada para definir precios, la dinámica de negociación (compra, venta y comisión) y la aplicación de un algoritmo (Recocido Simulado) para determinar el volumen de acciones que maximiza el valor presente neto.

PALABRAS CLAVES: Portafolios de acciones, Recocido Simulado, compra, venta y comisión, valor presente neto.

ABSTRACT

This document presents a methodology to conform stock portfolios. It depicts the technique used to define prices, the dynamics of businesses (Buying, selling and commissions), and the application of an algorithm (simulated annealing) to determine the volume of stocks that maximize the net present value.

KEYWORDS: *Stock portfolios, Simulated Annealing, Buying, selling and commissions, net present value*

EDUARDO ARTURO CRUZ T

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

JORGE HERNAN RESTREPO

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

ALBEIRO MORENO ARICAPA

Administrador de Empresas, Msc.
albeiomoreno@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La introducción de nuevos métodos de análisis y herramientas para la conformación y selección de portafolios de inversión han hecho que se consideren dentro del proceso de toma de decisiones financieras. Entre los métodos más difundidos se encuentran el análisis fundamental, análisis técnico, el modelo de activos de capital a precios de mercado (CAPM), el modelo de fijación de precios por arbitraje (APM) y el modelo de Markowitz. Estos métodos no indican como negociar acciones para maximizar la rentabilidad del portafolio de inversión en el corto plazo [1].

El objetivo del presente trabajo es proponer una metodología para la conformación de un portafolio de inversión en acciones de la bolsa de valores de Colombia a través de la negociación (movimiento diario de compra y venta) en el corto plazo alcanzando una excelente rentabilidad.

Para validar el modelo se compara los resultados obtenidos con los datos de las cotizaciones de las acciones entre los días 21 y 25 de febrero de 2005 del mercado bursátil colombiano [2]

2. TÉCNICAS DE ANÁLISIS BURSÁTIL

2.1 Análisis fundamental

El Análisis fundamental es el estudio de toda la información disponible en el mercado sobre el emisor del instrumento financiero y su entorno empresarial, financiero y económico con la finalidad de obtener su verdadero valor y así formular una recomendación de inversión. Este método recopila y analiza la información histórica pretendiendo anticipar el comportamiento futuro de un título que se cotiza y negocia en bolsa.

2.2 ANALISIS TÉCNICO

El análisis técnico de acciones pretende pronosticar las variaciones futuras de un instrumento bursátil basándose exclusivamente en la evolución de las cotizaciones a lo largo de un periodo de tiempo. Este estudio se realiza mediante el manejo de indicadores y gráficos que reflejan el precio de una acción y su volumen a través del tiempo, con el fin de determinar las tendencias futuras de los precios mediante el análisis de factores claves: el precio, el tiempo y el volumen de acciones negociadas. A partir de la información histórica de las variables precio, volumen de acciones transadas se pueden aplicar diferentes técnicas matemáticas y heurísticas para simular el comportamiento futuro de los títulos en el mercado y complementar los análisis fundamental y técnico. [3]

3. TEORIA DE PORTAFOLIO

3.1 Definición

Un portafolio en términos formales, es una colección de activos, tanto financieros (por ejemplo: dinero efectivo, bonos, acciones) como reales (por ejemplo, tierras, metales preciosos, edificaciones, obras de arte, energéticos) con características propias de plazo, rentabilidad y riesgo.

3.2 Modelo Markowitz

Es un modelo de programación cuadrática, el cual tiene como condiciones de primer orden el aumento marginal en la varianza de invertir un poco más en un activo dado y debería ser proporcional al retorno esperado. Esta variación depende tanto de la varianza del retorno del activo, como de la covarianza del retorno de todos los demás activos del portafolio. Este modelo consiste en buscar aquella composición de la cartera que haga

máxima la rentabilidad para un determinado nivel de riesgo, o un mínimo de riesgo dada una rentabilidad [4]

3.3 modelo de mercado de sharpe (CAPM)

El modelo de mercado de Sharpe (1964) denominado modelo diagonal, debido a que la matriz de varianzas y covarianzas solo presenta valores diferentes de cero en la diagonal principal, es decir, en los lugares correspondientes a las varianzas de las rentabilidades de cada título. El modelo asume que el retorno sobre cada título esta linealmente relacionado con un exponente único, usualmente tomado para ser el retorno sobre algunos exponentes de mercados. [5]

4. TÉCNICAS METAHEURÍSTICAS

4.1. Definición de metaheurística

La heurística se refiere a una técnica, método o procedimiento inteligente de realizar una tarea que no es producto de un riguroso análisis formal, sino de conocimiento experto sobre la tarea. En especial, se usa el termino heurístico para referirse a un procedimiento que trata de aportar soluciones a un problema con un buen rendimiento, en lo referente a la calidad de las soluciones y a los recursos empleados. Las meta(-)heurísticas son estrategias inteligentes para diseñar o mejorar procedimientos heurísticos muy generales con un alto rendimiento. El termino meta heurística apareció por primera vez en el artículo seminal sobre búsqueda tabú de Fred Glover en 1986. [6] A partir de entonces han surgido multitud de propuestas de pautas para diseñar buenos procedimientos para resolver ciertos problemas que, al ampliar su campo de aplicación, han adoptado la denominación de meta heurísticas. El Recocido Simulado (Simulated Annealing) es el exponente más importante de meta heurísticas donde la probabilidad de aceptación es una función exponencial del empeoramiento producido. [6].

4.2 Presentación formal del método recocido simulado [7]

A principios de los ochenta, Kirkpatrick, estudiaba el diseño de circuitos eléctricos, y Cerny, investigaba el problema del agente viajero, encontraron de manera independiente que los problemas que tratados, dada su naturaleza combinatoria podían ser abordados a través de la aplicación del algoritmo de Metrópolis, y establecieron una analogía entre los parámetros que intervienen en la simulación termodinámica, y los métodos de optimización como se observa en la tabla 1.

TERMODINÁMICA	OPTIMIZACIÓN
Configuración	Solución factible
Configuración factible	Solución óptima
Energía de la configuración	Costo de la solución
Temperatura	¿?

Tabla 1. Analogía entre termodinámica y optimización

Como se ve, al concepto físico de temperatura no le correspondería un significado real en el campo de la optimización, sino que ha de ser considerado como un parámetro, T, que habrá que ir ajustando. De este manera se podría imaginar similares los procesos que ocurren cuando las moléculas de una sustancia van colocándose en los diferentes niveles energéticos buscando el equilibrio a una determinada temperatura, y los que ocurren en los procesos de minimización en optimización local (para la maximización sería semejante). En el primer paso, fijando la temperatura, la distribución de las partículas en los diferentes niveles sigue la distribución de Boltzmann, por lo que cuando una molécula se mueve, ese movimiento será aceptado en la simulación si la energía disminuye, o bien con una probabilidad

proporcional al factor de Boltzmann ($e^{\left(\frac{-delta}{T}\right)}$) en caso contrario. Al hablar de optimización, fijado el parámetro T, se produce una perturbación, aceptando directamente la nueva solución cuando su costo disminuye, o bien con una probabilidad proporcional al factor de Boltzmann en caso contrario. Esto último es la clave del Recocido Simulado, ya que básicamente es una estrategia heurística de búsqueda local, en la cual la elección del nuevo elemento del entorno N(s) se realiza aleatoriamente.

La estrategia que se sigue en el Recocido Simulado será partir de una temperatura alta (lo cual permite saltos a soluciones peores al inicio del proceso con el fin de evitar quedar atrapado en un optimo local, cuando aún esta lejos del óptimo global), y posteriormente se va reduciendo la temperatura, disminuyendo la posibilidad de cambios a soluciones peores cuando ya se está más cerca al óptimo buscado. De este procedimiento proviene el nombre del Algoritmo Recocido Simulado, ya que el recocido es un proceso metalúrgico (usado por ejemplo para eliminar en el acero laminado en frío las tensiones internas adquiridas) mediante el cual se somete al material a un calentamiento rápido, para posteriormente dejarlo enfriar lenta y controladamente durante horas.

El algoritmo de recocido simulado podría representarse de la siguiente forma:

```

Input (T0,alfa,L,Tf)
T ← T0
Sactual= genera solución inicial
While T ≥ Tf Do
  Begin
    For cont ← 1 to L(T) Do
      Begin
        Scandidata ← selecciona solución
        N(Sactual)
        delta = Costo(Scandidata) – Costo(Sactual)
        If ((U(0,1) < e(-delta/T)) or (delta < 0)) then Sactual ← Scandidata
      End
    End
  End
T = alfa(T)
    
```

End

(Escribe como solución, la mejor de las S_{actual} Visitadas)

Es decir, se selecciona la temperatura inicial T_0 , la velocidad de enfriamiento(o sea, la forma de cálculo alfa (idealmente se sugiere de 0.8 según Sunderesh Heragu (1977), del valor T_{i+1} a partir del T_i cuando se disminuye la temperatura tras haber estado $L(T)$ iteraciones en esa T), y la temperatura final T_f . Se genera una solución inicial perteneciente a los espacios de solución Ω y, mientras no se llegue al final del proceso, para cada T se calcula el número $L(T)$ de veces(antes de disminuir la temperatura) una solución que esté en el entorno $N(S_{actual})$ de la actual, la cual sustituirá a ésta bien si

tiene menor costo, o bien con una probabilidad $e^{\left(\frac{-delta}{T}\right)}$. Para el cálculo de esta probabilidad se genera un número aleatorio uniforme (0,1) que se compara con el factor de Boltzman. Finalmente la solución ofrecida será la mejor de todas las S_{actual} visitadas.

4.3. Heurísticas aplicadas a los portafolios

La optimización de portafolios se ha trabajado en los últimos días intensamente con algunas metaheurísticas como es el Branch and Bound [9], también la comparación de varias metaheurísticas (Algoritmo genético, Tabú Search, Recocido Simulado y Redes Neuronales) con respecto a la frontera eficiente de portafolios [10].

5. METODOLOGÍA PROPUESTA

El problema de negociación de acciones está sometido a las prácticas que se realizan en la bolsa de valores:

- El volumen de instrumentos financieros que se está dispuesto a comprar no es ofertado en el mercado.
- El lote de acciones que se pretende vender solo sea demandado parcialmente en el mercado.
- El precio del activo a adquirir sea más alto que el proyectado.
- El precio de venta de las acciones incluidas en el portafolio sea más bajo.

En la realidad no se conoce la evolución del valor futuro del precio de la acción, se debe contar con diferentes escenarios de precios lo cual lo convierte en un problema de optimización bajo incertidumbre, donde la función objetivo es establecer el valor presente neto esperado del portafolio de inversión. La principal característica de la solución obtenida es la representación de una posición robusta para el inversionista, es decir, represente una buena inversión en la mayoría de los posibles precios que tomarían las acciones consideradas.

El método propuesto en este trabajo busca estructurar un proceso de decisión para la selección de portafolios en el corto plazo (cinco días de negociación). Para ello se

realiza una combinación de simulación y técnica heurística para maximizar la rentabilidad de la inversión en condiciones de bajo nivel de riesgo.

La metodología propone las siguientes etapas:

- Selección de los instrumentos financieros que tienen la posibilidad de conformar el portafolio.
- Desarrollo del pronóstico de comportamiento de los precios de las acciones y simulación de Montecarlo de los precios esperados.
- Optimización del portafolio a negociar (compra-venta de acciones) con el método de Recocido Simulado.
- Realizar la negociación sugerida para cada uno de los días.
- Evaluar la decisión con el método de Valor Presente Neto

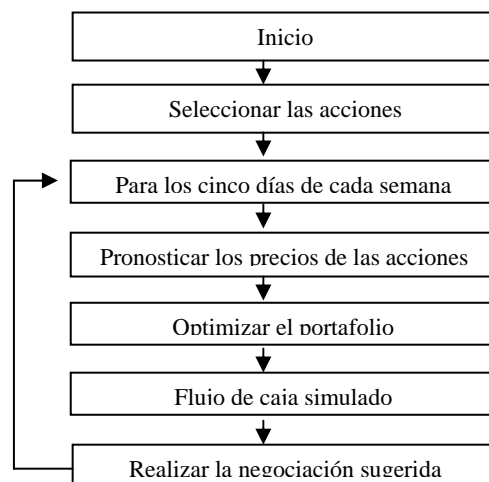


Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología propuesta.

5.1 Selección de instrumentos financieros

Para la selección de los instrumentos financieros se tomó inicialmente las acciones que mostraban los indicadores bursátiles de las acciones más favorables desde el punto de vista de rentabilidad, liquidez y riesgo con los precios promedios ponderados diarios desde Enero 2 de 2003, hasta 18 de Febrero de 2004 (ver figura 2). [2]

	A	B	C	D	E	F
10	INDICADORES	SURAME RICANA	BANCO LOMBIA	COR FINSURA	COL TABACO	BANCO BOGOTA
11	RPG	44,89	16,11	10,56	41,35	47,86
12	Q TOBIN	1,23	2,89	1,37	3,54	3,34
13	VALOR PATRIMONIAL	6.523,47	3.088,00	7182,00	3.088,21	4.753,00
14	IBA	10	9,599	9,463	8,69	8,4
15	RENTABILIDAD ESPERADA	0,2911%	0,3046%	0,4136%	0,3771%	0,2244%
16	VARIANZA	0,0450%	0,0368%	0,0576%	0,0568%	0,0178%
17	DESVIACION ESTANDAR	2,1216%	1,9196%	2,4006%	2,3840%	1,3333%
19	POSIBILIDAD DE PERDIDA	44,54%	43,70%	43,16%	43,72%	43,32%

Figura 2. Indicadores bursátiles bolsa de valores de Colombia y algunos cálculos de los autores en Hoja Electrónica de Microsoft Excel®.

5.2 Determinación de los precios esperados de las acciones seleccionadas.

El proceso de conformación del portafolio de inversiones esta basado en las expectativas que tiene el inversionista sobre la evolución de los precios de las alternativas de inversión que atraen su interés. Es fundamental un buen pronóstico que refleje el conjunto de posibles evoluciones que puede sufrir el precio de una acción a partir de su último valor conocido.

5.2.1 Desarrollo de los pronósticos de los precios

Se utilizó el complemento para Excel Crystal Ball [11], para determinar el método de pronóstico que mejor describe la tendencia de los precios para cada una de las acciones. En este caso, es el método de suavización exponencial el mejor para la acción de Banco de Bogotá. Ver figura 3.

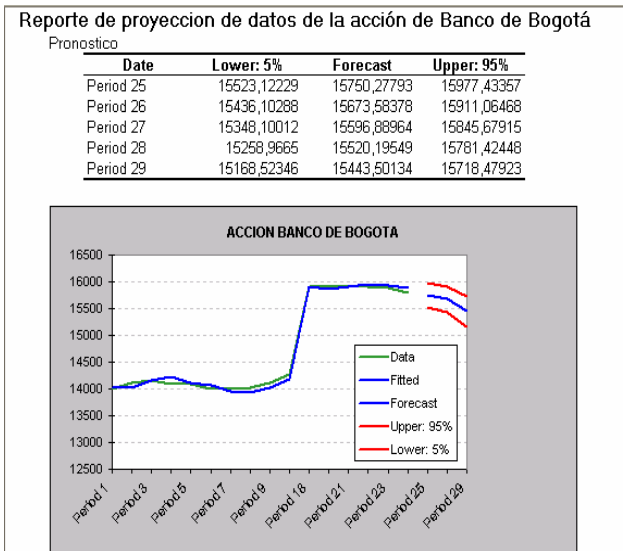


Figura 3. Pronóstico para cinco días de la acción del Banco de Bogotá

Con base en el ultimo precio, la varianza de esa rentabilidad esperada, la desviación estándar y los últimos precios reales tomados para cada una de las acciones que pueden conformar el portafolio se pasa a establecer los posibles precios que tomaría cada acción en cada día Se simuló cada valor esperado con mil ensayos usando el complemento Crystal Ball [11] para la hoja electrónica de Excel®. [8]. figura [4]

ESTADISTICAS	VALORES
Trials	1000
Mean	15.751
Median	15.707
Standard Deviation	872
Range Minimum	13.089
Range Maximum	18.444

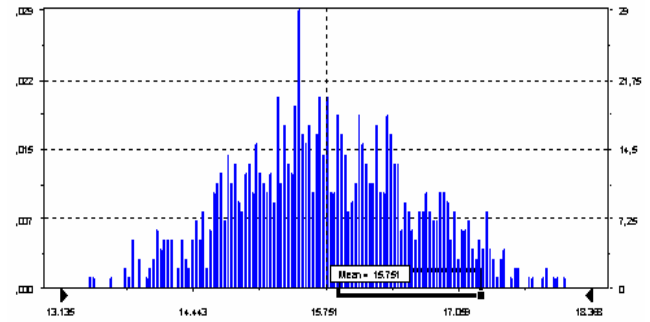


Figura 4. Simulación de precios esperados

Las proyecciones corresponden a posibles evoluciones del precio de cada acción en el futuro. Esto implica que debe entregarse al modelo una muestra representativa de las posibles evoluciones de precios obtenidos, en este caso se hizo a través de los cuartiles de los datos arrojados en la simulación (ver fig. 5).

	A	B	C	D	E	F
1		BanBogota	Cottabaco	Suramericana	Bancolombia	Corfinsura
2	rentabilidad esperada diaria	0,2032%	0,3888%	0,2788%	0,2900%	0,3995%
3	varianza	0,0178%	0,0583%	0,0458%	0,0359%	0,0573%
4	riesgo	1,3329%	2,4155%	2,1396%	1,8951%	2,3944%
5	precios 18 feb 05	15.806,75	10.540,00	9.090,92	8.992,61	9.921,65
6	Pronostico dia 1					
7	cuartil 25%	15.790,00	10.526,26	9.064,96	8.975,18	9.903,08
8	cuartil 50%	15.837,00	10.585,40	9.115,36	9.018,38	9.965,68
9	cuartil 75%	15.889,00	10.648,46	9.165,41	9.062,44	10.020,03
10	cuartil 100%	15.944,00	10.709,29	9.214,24	9.104,47	10.081,27

Figura 5. Pronostico de precios para el primer día.

5.3 Optimización del portafolio

Con la matriz de precios obtenida de las posibles evoluciones de los precios de las acciones para cada uno de los próximos cinco días, se pretende encontrar una solución rentable para la mayoría de las posibles evoluciones del mercado, asumiendo que cada una es equiprobable. La solución optima buscada es el vector de volumen de cada acción para cada día del horizonte del portafolio que multiplicada por uno de los posibles precios maximice el valor para el inversionista. La evaluación se realiza a través del Valor Presente Neto (VPN) sujeta a una tasa de oportunidad como se aprecia en la figura 6.

$$\begin{aligned}
 &Max : \frac{(1-C)}{(1+K)^T} * \sum_{L=1}^T \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N A_{iL} P_{jL} \\
 &Sujeto a: \\
 &\sum_{L=1}^T \sum_{i=1}^M A_{iL} * P_{iL} \leq D_L \\
 &A_i \leq V_i, \quad A_i \geq 0
 \end{aligned}$$

Figura 6. Modelo matemático de la optimización del portafolio.

Donde:

PjL: precio de la J-esima acción en el L-esimo día

N: Corresponde al cuarto precio pronosticado de la J-esima acción en cada día

AiL: Volumen de la I-esima acción por negociar en el L-esimo día

M: Corresponde a la quinta acción

L: Es el L-esimo día de la negociación

T corresponde al 5° día de negociación

K: tasa de oportunidad del inversionista.

C: comisión del intermediario financiero.

DL: capital disponible para invertir en el L-esimo día

Vi : volumen de la I-esima acción considerado como tope máximo.

5.3.1 Parámetros del método recocido simulado

El modelo se programó en Microsoft Visual Basic® para Excel con los siguientes parámetros:

- Se simuló con un paquete de 5 acciones, con 4 precios para cada acción para cada día
- La negociación se realizó para 6 días, teniendo en cuenta que en el ultimo día vende las acciones que se posean , al mínimo precio
- Se tomó como volumen máximo de acciones (ver cuadro 2), de acuerdo al disponible en este caso 110 millones de pesos sobre el precio de la acción, y como mínimo, cero, en caso de no negociar la acción:

	Límite S	Límite I
Banbogotá	6608	0
Coltabaco	9604	0
Suramericana	11369	0
Bancolombia	13162	0
Corfisura	10575	0

Tabla 2 Límite Superior e inferior de los volúmenes de acciones

- Para el recorrido del modelo se tomaron los siguientes parámetros: Temperatura inicial = 5, Temperatura final=1, Tasa de enfriamiento= 0.99 y Número iteraciones por nivel de temperatura= 1.

Con estos parámetros se observa que se cubre el espacio de soluciones para cinco acciones.

5.4 Simulación de la negociación de acciones y el flujo de caja

La simulación de la negociación de acciones es la siguiente:

1. Definir días de negociación.
2. Aplicar algoritmo Recocido Simulado para buscar la relación de volumen-precio que maximiza el Valor Presente Neto (VPN)
3. Determinar el tipo de negociación (compra o venta).

3.1 Sí hay ventas, hacerlas primero para generar recursos (disponible). Calcular el disponible restando a la venta la comisión.

3.2 Sí hay compra, calcular el valor de la compra y la comisión y comparar con el disponible. Si el disponible cubre la compra y la comisión, comprar, de lo contrario determinar el número de acciones a comprar de tal manera que la negociación no supere el disponible.

4. Sí los días de negociación no se han agotado repetir los pasos 2 y 3, de lo contrario ir al paso 5.

5. Vender todo, calcular el disponible y determinar VPN.

5.5 RESULTADOS

Para obtener el plan de negociación para los próximos 5 días se elaboró un programa en Visual Basic para Excel [8]. Se realizaron 8 corridas variando los parámetros del Algoritmo Recocido Simulado. en la figura 7 se exponen los resultados obtenidos para los 5 días en uno de los ensayos:

DIA 1 VOLUMEN DE ACCIONES					DIA 2 VOLUMEN DE ACCIONES				
ACCION	SALDO		NEGOCIACION	PRECIO	SALDO	SALDO		NEGOCIACION	PRECIO
	INICIAL	FINAL				INICIAL	FINAL		
SURAM	0	2.443	2.443	15.707	2.443	1.203	3.646	15.704	
BANCOL	0	127	127	10.637	127	1.415	1.542	10.962	
CORFIN	0	3.961	3.961	9.105	3.961	-3.183	778	8.799	
COLTAB	0	1.017	1.017	7.597	1.017	24	1.041	9.002	
BANBOG	0	1.651	1.621	9.983	1.621	-1.123	498	7.606	

DIA 3 VOLUMEN DE ACCIONES				
ACCION	SALDO		NEGOCIACION	PRECIO
	INICIAL	FINAL		
	3.646	-3.387	259	18.072
	1.542	-729	813	10.466
	778	4.678	5.456	11.032
	1.041	-664	377	9.280
	498	736	1.234	13.324

DIA 4 VOLUMEN DE ACCIONES					DIA 5 VOLUMEN DE ACCIONES				
ACCION	SALDO		NEGOCIACION	PRECIO	SALDO	SALDO		NEGOCIACION	PRECIO
	INICIAL	FINAL				INICIAL	FINAL		
SURAM	259	67	326	16.079	326	-79	247	18.015	
BANCOL	813	-237	576	10.324	576	218	794	10.957	
CORFIN	5.456	-5.138	318	10.706	318	5.116	5.434	10.869	
COLTAB	377	1.256	1.633	9.309	1.633	-1.281	352	10.443	
BANBOG	1.234	4.795	6.029	10.150	6.029	-4.816	1.213	12.558	

Figura 7. Resultados de negociación con Recocido Simulado en Excel [8]

5.6 Evaluación de la solución propuesta en el modelo

Para evaluar la propuesta de negociación determinada en el modelo se toman los precios reales de las acciones en el mercado bursátil con los volúmenes de compra - venta y el costo por comisión del 0.3% para cada operación. En la figura 8 se muestran los resultados obtenidos para una de las corridas del programa. Se tomó como capital inicial 110 millones de pesos para invertirlos en las 5 acciones establecidas y termina con un capital de \$125.501.258. Ver Figura 8.

inversión inicial 110.000.000			
día 1	precio cada acción	venta n ^a acciones	compra n ^a acciones
suram	15.995	0	2.443
bancol	10.540	0	127
corfin	9.541	0	3.961
colta	9.222	0	1.017
banbo	10.974	0	1.651
valor a negociar		0	105.703.114
Comisión		0	317.109
		Disponible	3.979.777

Disponible inicial 3.979.777		
precio acción	venta n ^a acciones	Compra n ^a acciones
16.032	0	1.415
10.742	3.103	0
9.939	0	24
9.393	1.123	0
11.146	0	0

negoci	44.740.125	22.923.816
Comis	134.229	60.771
	Disponibl	25.593.094

Disponible inicial 25.593.094		
precio acción	venta n ^a acciones	Compra n ^a acciones
16.034	3.387	0
10.711	729	0
10.186	0	4.678
9.346	664	0
11.574	0	736

negoci	60.343.259	56.168.572
Comis	205.030	160.506
	Disponibl	37.394.245

Disponible inicial 37.394.245		
precio acción	venta n ^a acciones	Compra n ^a acciones
16.152	0	67
11.019	237	0
10.910	5.130	0
9.451	0	1.256
11.957	0	4.795

negoci	58.667.083	70.286.455
Comis	176.001	210.859
	Disponibl	25.388.013

Disponible inicial 3.979.777		
precio acción	venta n ^a acciones	Compra n ^a acciones
15.980	79	0
10.804	0	218
10.365	0	5.116
9.295	1.281	0
11.802	4.816	0

negoci	70.007.747	59.383.048
Comis	210.023	166.149
	Disponibl	39.636.534

Disponible inicial 3.979.777		
precio acción	venta n ^a acciones	Compra n ^a acciones
15.980	247	0
10.806	794	0
10.365	5.434	0
9.295	352	0

11.802	1.213	0
--------	-------	---

negoci	86.438.100	0
Comis	259.314	0
	Disponibl	125.815.325
	V.P.N.	125.501.258

Figura 8. Solución con precios reales

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Algoritmo Recocido Simulado adaptado para resolver el problema de negociación de acciones con el criterio de comprar a los precios más altos y vender a los precios más bajos robustece la conformación del portafolio, las soluciones de los volúmenes obtenidos en las diferentes corridas del programa evaluados al precio real de cada día de cada acción permitió obtener una rentabilidad en términos de valor presente neto superior al obtenido con el índice general de la bolsa de valores de Colombia en la mayoría de las veces. Como ejemplo se muestra un plan de inversiones evaluado con precios reales y se obtiene un valor presente neto de 125.501.258 sujeto a una tasa de oportunidad del inversionista del 0.005% diaria.

El modelo realizado en el presente trabajo excluye la influencia de variables externas que inciden en el mercado como son la tasa de interés libre de riesgo y el mercado de divisas entre otros.

Es recomendable comparar los resultados obtenidos con el algoritmo Recocido Simulado utilizado con otras heurísticas para su evaluación.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Sitio Web de la superintendencia Bancaria, <http://superbancaria.gov.co>
- [2] Sitio Web de la superintendencia de Valores, <http://supervalores.gov.co>.
- [3] RODRIGUEZ, Mariano. ABC de acciones y bonos con excel, primera edición, 190 páginas, grupo Omicron System, 2002
- [4] MARKOWITZ, Harry. Portfolio Selection. The Journal of Finance vol 1, Marzo 1.952 Págs: 77-91
- [5] SHARPE, F William, Capital Asset prices: A theory of Market Equilibrium under conditions of risk Vol xix No. 3, Septiembre 1.964 Págs: 425-442.
- [6] Monografía: Meta heurísticas ,Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial, Numero 19, Volumen 2, Primavera-Verano 2003 <http://sensei.ieec.uned.es/cgi-bin/aepia/contenidoNum.pl?numero=19>
- [7] DIAZ, A., GLOVER, F., GHAZIRI, H., Optimización Heurística y redes Neuronales, Edit Paraninfo. 1996
- [8] Software Microsoft Office 2000 Excel
- [9] BAHRAMI, Siavosh, Portfolio Optimization with optimal Search, March 19 2004.
- [10] FERNANDEZ, A.lberto, GOMEZ Sergio, Portfolio Selection Using neural networks, Departament d' Enginyeria Informàtica i Matemàtiques, Universitat Rovira i Virgili.
- [11] Software Decisioning Cristal Ball Versión 7.1