

# Desarrollo de un modelo de Trading algorítmico para índices bursátiles y divisas.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

TALLER DE GRADO

Autores: CARLOS ANDRÉS RONCANCIO / ANDRÉS FELIPE VALENZUELA

Tutor: ALFONSO VARGAS ROJAS



2010

## INDICE

INTRODUCCIÓN	
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>2</b>
1.1 Enunciado del problema	2
1.2 Formulación del problema	3
<b>2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>4</b>
<b>3. OBJETIVOS</b>	<b>5</b>
3.1 Objetivo general	5
3.2 Objetivos específicos	5
<b>4. MARCO TEÓRICO</b>	<b>5</b>
4.1 Conceptos básicos del análisis técnico	5
4.2 Indicadores de análisis técnico	7
4.3 Modelos de Trading Algorítmico	10
<b>5. RESTRICCIONES</b>	<b>13</b>
<b>6. INDICADORES DE OSCILAMIENTO</b>	<b>14</b>
6.1 Definición osciladores	14
6.2 Descripción y cálculo de índices de oscilamiento	15
6.2.1 Índice de fuerza relativa ( <i>Relative Strenght Index</i> -RSI)	15
6.2.2 Índice estocástico (K%D%)	17
6.2.3 Índice Williams %R	20
6.2.4 Índice de convergencia/divergencia de la media móvil (MACD)	21
<b>7. ESTRUCTURACION DEL MODELO</b>	<b>23</b>
7.1 Descripción y supuestos	23
7.2 Cálculo índices para cada activo	26
7.3 Resumen de rentabilidad a Diciembre de 2009	37
7.4 Aplicación del modelo a datos actuales	38
7.5 Estructuración del modelo en activos consolidados	41
<b>8. CONCLUSIONES</b>	<b>43</b>
<b>9. RECOMENDACIONES</b>	<b>44</b>
REFERENCIAS	44
BIBLIOGRAFÍA	45
ANEXOS	46

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

En la actualidad los inversionistas, traders, especuladores y todos aquellos sujetos interesados en operar dentro de los mercados, se encuentran con innumerables fuentes y volúmenes extensos de información, lo que hace complejo asimilarla y determinar cuál puede o no ser útil a la hora de tomar decisiones.

El motivo por el cual estos individuos operan dentro del mercado es la búsqueda del lucro, de manera que su objetivo final consiste en maximizar su rentabilidad. De ahí deriva el constante cuestionamiento respecto a cómo tomar las decisiones de compra y venta de una manera más fácil y rápida, logrando obtener señales de negociación ágiles no solo para uno, sino para todos los activos del portafolio a la vez, permitiéndole aprovechar al máximo las fluctuaciones de los precios.

Sin embargo, cada día, y debido a esa gran cantidad y fuentes de información de las que se dispone es difícil abarcar todas las variables que pueden afectar nuestras inversiones, por ello si no existe un método adecuado o establecido por el individuo para analizar la información del mercado y tomar decisiones, se pierde tiempo valioso durante el cual el margen de ganancia de una posición se reduce.

Byron R. Wien, estratega y jefe de inversiones en Estados Unidos de Morgan Stanley Dean Witter, hace una reflexión al respecto: "Hace cincuenta años, la mayoría de los inversionistas sufría de la falta de información útil y se acercaba a la bolsa con un cierto temor a causa de ello. Hoy en día el entorno de las inversiones está sobrecargado de información y un grave problema que enfrentan los inversionistas es el de cernir lo útil de lo inútil... el tiempo es limitado y estamos buscando una manera de entender el material complejo de forma rápida y sacar conclusiones de él" (Bensignor, 2001, prólogo, trad. del autor.)

Desde la época de Charles Dow hasta la actualidad se ha venido utilizando y mejorando gracias a los avances en tecnología una herramienta que permite reducir y

sintetizar esos grandes volúmenes y fuentes de información, se trata del *Análisis Técnico*, método según el cual en el movimiento de precio ya se descuentan todas las variables que puedan afectar la cotización de un activo y que permite observar con facilidad el comportamiento de varios de ellos a la vez.

Paralelamente desde hace algunos años se han venido desarrollando diferentes modelos de trading, dentro de los que más fuerza han tomado y de acuerdo a las herramientas informáticas con las que se cuentan en la actualidad se encuentran los modelos de trading algorítmico, éstos permiten realizar el análisis y negociación de una manera estructurada y sistemática en una fracción de tiempo, analizando continuamente múltiples activos de acuerdo a una serie de instrucciones y delimitaciones realizadas previamente.

## 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Ahora bien en el intento por encontrar una alternativa a la constante revisión de esas grandes cantidades de información disponible, de cernir la información útil de la inútil, y con el fin de disminuir la cantidad de tiempo que se dedica a analizar una cotización buscando maximizar nuestra rentabilidad, hemos decidido desarrollar un modelo de trading algorítmico basado en la herramienta de análisis técnico.

Sin embargo el campo del *Análisis Técnico* es sumamente amplio, es una herramienta conformada por una gran cantidad de elementos y una gran variedad de indicadores que sirven para analizar los mercados, cada uno posee una metodología propia de aplicación y lectura, de ahí surge uno de nuestros principales problemas y es definir de esa gran cantidad de elementos entre los que encontramos ondas, osciladores, ciclos, etc., ¿Cuáles nos podrán ser útiles? ¿Cuáles debemos seguir?, ¿Habrán algunos más efectivos que otros? ¿Dependerá del activo al cual sean aplicados?, ¿cuáles se acoplarán mejor a un modelo de algoritmo?

Por otra parte ya que un modelo de trading algorítmico es un método estructurado y sistemático, debemos investigar y encontrar cómo ponderar-combinar dichos indicadores para que el modelo maximice la rentabilidad del portafolio, pudiendo aplicar siempre dicho modelo a los diferentes activos y obteniendo de inmediato las conclusiones que necesitamos para operar.

## **2. JUSTIFICACION DEL PROYECTO**

Este es un trabajo de investigación por medio del cual se busca desarrollar una alternativa a algunos de los aspectos más comunes con los que se enfrenta un especulador-inversionista, cuando se encuentra operando dentro de los mercados.

Al ser un trabajo de investigación aplicada, permite aprovechar las metodologías y los resultados obtenidos a través de la aplicación/estudio de análisis técnico, en el diseño de un modelo de trading algorítmico que le permita a los especuladores maximizar su rentabilidad.

Sugiere una alternativa viable para reducir la cantidad de información actual a través de una aplicación sistemática (siempre de la misma manera), generada por un método estructurado, en este caso un algoritmo de trading.

Nos permite como estudiantes, actuales especuladores y futuros profesionales, obtener conocimiento y experiencia en el desarrollo y diseño de modelos de trading de acuerdo a las tendencias actuales y futuras de negociación.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un modelo de trading algorítmico que maximice la rentabilidad de nuestro portafolio basándonos en la aplicación, combinación y ponderación de algunos de los indicadores de análisis técnicos más populares.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Estudiar la bibliografía correspondiente a los temas de la investigación, para el caso: Análisis Técnico y Modelos de Trading Algorítmico.
- ✓ Aplicar pruebas, con base en ello acotar y delimitar las variables que afectan el desarrollo y el producto final de la investigación.
- ✓ Obtener, organizar y analizar los resultados, determinar la mejor combinación de los mismos, plantear el modelo de negociación y sacar conclusiones.

### 4. MARCO TEORICO

#### 4.1 CONCEPTOS BÁSICOS DEL ANÁLISIS TÉCNICO

El análisis técnico es una herramienta que como su nombre lo indica es utilizada para analizar, los mercados y sus movimientos de precios. Es una técnica que ha sido aplicada desde los años de 1880 en los tiempos del reconocido analista Charles Dow y que se ha venido desarrollando y mejorando hasta nuestros días, en gran parte gracias al surgimiento de nuevas tecnologías y herramientas informáticas.

Uno de los principales exponentes del tema, cuya publicación es conocida y considerada por muchos en el ámbito como *la Biblia del Análisis Técnico*, John J. Murphy lo define así: “El análisis técnico es el estudio de los movimientos del mercado,

principalmente mediante el uso de gráficos, con el propósito de pronosticar las futuras tendencias de los precios” (2003, p. 27)

En el texto de la Reuters Financial Series se define el análisis técnico como un método de predicción de las fluctuaciones de precios y tendencias futuras del mercado mediante el estudio de gráficos, observando lo que ha ocurrido en el pasado dentro del mercado y tomando en cuenta el precio de los instrumentos, el volumen de negociación y cuando aplique, el interés abierto. (1999, p.8, trad. del autor)

La importancia de este enfoque radica en su filosofía, en los fundamentos que lo soportan:

➤ *Los movimientos del mercado lo descuentan todo*

Hace referencia a que cualquier variable del entorno, ya sea de tipo económico, político, psicológico u otro que pueda afectar la cotización, ya se ve reflejada dentro del movimiento del precio de la misma.

De esta manera solo basta con concentrarse en los movimientos de precio, que reflejan lo que está ocurriendo en mercado, mas no en las razones del por qué ocurre.

➤ *Los precios se mueven en tendencias*

Uno de los principales objetivos de este enfoque es identificar tendencias que se encuentren dentro de sus primeras etapas de desarrollo, por consiguiente es necesario entender que los precios se mueven en tendencias, y que estas existen hasta que los precios muestren señales de variar la dirección que llevan.

➤ *La historia se repite*

En gran parte el análisis técnico y el estudio de los movimientos de mercado tiene que ver con el estudio de la psicología humana, existen patrones gráficos que en

los últimos cien años han sido identificados y clasificados en categorías, éstos reflejan imágenes concretas que aparecen en los gráficos de precio.

Estas imágenes revelan la psicología alcista o bajista del mercado, de ahí la premisa de que como estos patrones han funcionado bien en el pasado, se asume que seguirán funcionando bien en el futuro, pues se basan en la psicología humana que cambia muy poco con el tiempo.

Otra manera de entender este fundamento es comprender que el futuro está en el estudio del pasado, o que el futuro es una repetición del pasado. (Murphy, 2003, p.30)

Opiniones y reflexiones de importantes personajes en el ámbito de los mercados financieros desde la época de Charles Dow hasta nuestros días igualmente sustentan la importancia y relevancia de este enfoque, aquí un aparte de Byron, R. W. estratega en jefe de inversiones del Morgan Stanley Dean Witter:

A través de los años he encontrado en el Análisis Técnico una gran ayuda tanto como inversionista como estratega. Pues me permite captar el factor psicológico que es tan importante para determinar el rendimiento de un activo en el mercado....No es magia, es un oficio valioso, pues las herramientas técnicas le ayudarán a hacer más dinero en el mercado de valores en los buenos tiempos y a limitar las pérdidas cuando las cosas se pongan difíciles. (Bensignor, 2001, prólogo, trad. del autor)

#### **4.2 INDICADORES DE ANÁLISIS TÉCNICO**

De acuerdo al texto de la Reuters Training Series (1999, p.95, trad. del autor) la mayoría de los inversionistas y especuladores del mercado utilizan una gran variedad de indicadores para confirmar o reforzar sus estrategias de trading, las cuales por cierto derivan del análisis de los gráficos. En la actualidad existen gran cantidad de indicadores,

algunos fáciles de usar y otros más complejos que envuelven cálculos matemáticos que se han venido desarrollando gracias a los profesionales que operan en los mercados.

Es importante reconocer que algunos indicadores a diferencia de otros pueden ser más adecuados para diferentes tipos de mercados. Aquellos analistas que son exitosos utilizan un "coctel" de indicadores para armar su estrategia de trading.

Por otra parte es notable que a partir del desarrollo de la computación, los mercados se han expandido considerablemente así como las técnicas de trading y el número de indicadores, algunos nuevos y otros como adaptaciones de los existentes.

De acuerdo a la teoría sobre el tema, los indicadores se pueden clasificar en dos tipos:

➤ *Indicadores de Confirmación o Divergencia*

Como su nombre lo indica, son indicadores que confirman una tendencia. La divergencia ocurre cuando la línea del indicador se mueve fuera de la línea del precio, en dirección opuesta, de tal manera que divergencia es una no confirmación, y es vista como una señal de advertencia. Dentro de los indicadores más significativos de éste tipo se encuentran:

- ✓ Volumen
- ✓ Interés Abierto
- ✓ Rendimiento relativo
- ✓ Promedios Móviles

➤ *Indicadores de momentum u osciladores*

Este tipo de indicadores mide la tasa, porcentaje de cambio, o la velocidad de los movimientos de precios en oposición los niveles actuales, y se utilizan para ayudar a determinar una estrategia de trading. El concepto de divergencia es igualmente importante en la aplicación de esta clase de indicadores. Dentro de los indicadores más significativos de éste tipo se encuentran:

- ✓ Índice de fuerza relativa (RSI)
- ✓ Osciladores Estocásticos
- ✓ Promedios Móviles de convergencia y divergencia (MACD)

Ahora bien, de acuerdo a la rápida y creciente innovación en las herramientas informáticas, desde hace algunos años se han venido desarrollando estrategias o modelos de trading llamados mecánicos, conocidos también como sistemas de contratación, los cuales hacen uso de una plataforma ofimática, usualmente de una computadora para ser testeados y ejecutados en operaciones reales dentro del mercado.

Este tipo de sistemas o modelos de trading se basan en los datos históricos de una cotización para determinar estrategias que puedan haber funcionado en el pasado en un mayor número de ocasiones, lo anterior de acuerdo a un conjunto de directrices pre-establecidas para la negociación.

De acuerdo a Murphy (2003, p. 513) lo ideal, sería un enfoque que fuera cien por ciento mecánico, debido a que esto incrementaría la posibilidad de que el funcionamiento del pasado pudiese repetirse en el futuro. Según este autor, mecánico hace referencia a objetivo es decir que si un conjunto determinado de personas sigue las mismas reglas o directrices y alcanzan los mismos resultados, se dice que esas directrices son objetivas.

Dentro de los principales beneficios de utilizar un enfoque mecánico se encuentran:

- Que se pueden realizar pruebas antes de ponerlas en práctica, ya que un computador permite probar ideas con datos históricos antes de hacerlo con dinero real en el mercado.
- Permite al operador ser más objetivo que emotivo, un sistema de negociación mecánico está libre de la emotividad humana, es decir está libre de los miedos y de la avaricia del operador.

- Permite realizar más trabajo e incrementa las oportunidades. Un enfoque de éste tipo necesita menos tiempo de aplicación que uno subjetivo, de esta manera el operador puede cubrir más mercados, operar con más sistemas y analizar más marcos de tiempo cada día.

#### **4.3 MODELOS DE TRADING ALGORÍTMICO**

Básicamente el trading algorítmico se puede definir como la aplicación de cálculos matemáticos y trading automatizado para negociar de manera eficiente diferentes activos, mediante cantidades determinadas. Este enfoque es también conocido como de modelos cuantitativos de negociación, en los que a medida que pasa el tiempo y la oferta y demanda de un activo varían, dichos algoritmos automáticamente generan instrucciones de negociación basadas en los objetivos actuales y una optimización de parámetros definida.

De acuerdo a Allen Zaydlin director ejecutivo de InfoReach, los algoritmos son la automatización de los procesos de negociación, los cuales se pueden clasificar en dos categorías generales, la primera consiste en la automatización del trading y se concentra en revisar que es lo que se va a negociar; la segunda consiste en la ejecución automática de las decisiones de negociación. Mientras que la primera clase de algoritmos se relaciona con las decisiones, la segunda hace referencia a su forma de implementación.

Según Allen cuando se usan apropiadamente los algoritmos, se puede mejorar considerablemente la faceta del ciclo de las inversiones, pues le dan al operador la habilidad para manejar grandes conjuntos de valores. Por otra parte los operadores pueden enfocarse en los instrumentos menos líquidos y que son más difíciles de negociar, mientras permiten que un modelo algorítmico se haga cargo de los instrumentos más líquidos. Los algoritmos eliminan los aspectos emocionales en el proceso de negociación, dando como resultado un rendimiento más consistente. (The Trade, 2005, p. 29, trad. del autor)

Para una cantidad definida, los modelos de trading algorítmico determinan el precio, monto, tiempo y demás parámetros definidos usando cálculos matemáticos. Un modelo se puede considerar como efectivo cuando permite minimizar la ejecución por parte del operador y los resultados de las operaciones son como mínimo los obtenidos mediante el análisis y ejecución manual por parte del mismo.

Ahora bien, debido a que los objetivos principales de un modelo son definidos en términos matemáticos, existen diversas formas de llegar a éstos, por lo cual se hace aún más compleja la tarea de combinar los parámetros para encontrar la manera en la que se maximicen los resultados.

***Algunos modelos utilizados y estudios realizados: revisión de la literatura:***

En esta parte se presenta revisión general de algunos de los modelos de trading que empezaron a emerger desde finales de los 80's (Dunis, 2003, p. 3, trad. del autor):

*Refenes and Zaidi (1993)*, realizaron su investigación con base al USD/DEM, ellos utilizaron el periodo entre 1984 y 1992, de acuerdo a un enfoque en el cual desarrollaron un sistema híbrido para la gestión de estrategias de tipo de cambio. La idea era usar un modelo de red neuronal para predecir que cartera del portafolio tenía más probabilidad de obtener los mejores resultados de acuerdo al contexto de la época. La evaluación se basó en la rentabilidad y llegó a la conclusión de que un sistema de trading híbrido es superior a las técnicas tradicionales por si solas como los promedios móviles y procesos de reversión a la media.

*Bellgard and Goldschmidt (1999)*, examinó la exactitud de los pronósticos y el rendimiento de trading con base en varias de las técnicas tradicionales, incluyendo random walking, suavizado exponencial, ARMA (autoregression and moving average), y modelos de redes neuronales recurrentes (RNN). Esta investigación se basó en el par dólar australiano y el dólar estadounidense (AUD/USD), en un marco de tiempo de 30 minutos

durante el año de 1996. La conclusión a la que se llegó fue que las medidas de precisión estadística de previsión no tienen influencia directa en la rentabilidad, y que la serie en el marco de tiempo muestra patrones no lineales que tienen mejor rendimiento mediante un modelo de red neuronal.

Modelos de trading similares e importantes fueron realizados por otros autores como:

- *Tyree and Long (1995)*
- *El-Shazly and El-Shazly (1997)*
- *Gençay (1999)*
- *Yao et al (1996) (1997)*
- *Carney and Cunningham (1996)*

### Bases y creación de un modelo de trading algorítmico

En la actualidad, cuando se va a desarrollar un modelo de trading algorítmico se deben tener en cuenta una serie de elementos para su creación, el enfoque radica en que la base de este debe el/los objetivos principales que van a dirigir la manera en que operamos. Generalmente encontramos ciertas categorías sirven como guías elementales en el proceso (Market Risk and Algorithmic Trading, 2006, Trad. del autor):

**Algoritmos de Precio:** se basan principalmente como su nombre lo indica en la mejor ejecución tomando como referencia principal los precios. Este punto de referencia puede ser una constante como el “precio de cierre”, o el “precio de apertura”, etc. De manera alternativa puede ser un cálculo matemático de una cantidad como por ejemplo el volumen ponderado de precio promedio (VWPA) o el promedio ponderado del tiempo de precio (TWAP), ambos son algoritmos muy populares como el traslado de los precios promedio, son intuitivos y su ejecución es fácil de realizar y calibrar.

**Algoritmos de tiempo:** son los que usan el tiempo como objetivo principal en la emisión de instrucciones para la negociación. En este caso se tiene como referencia para la creación del modelo diferentes escalas y marcos de tiempo, en ocasiones también se recurre a un determinado momento dentro de la sesión de negociación dependiendo del instrumento que se vaya a negociar, por ejemplo al inicio de la sesión, al cierre o en un rango determinado antes o después de la última transacción realizada.

**Algoritmos de volumen de participación:** este tipo de algoritmos generan órdenes basándose en el volumen de negociación del instrumento al cual sea aplicado. Por ejemplo puede tomar como referencia que no se exceda un porcentaje del volumen total de la negociación, ya sea en el mercado general o en centros de negociación específicos según aplique, y generalmente se combina con periodos de tiempo determinados.

**Algoritmos múltiples o inteligentes:** son aquellos que combinan de manera eficaz varios parámetros como los expuestos anteriormente para la ejecución de las negociaciones. Este es un grado más complejo tanto de combinación y ponderación de parámetros como de cálculos matemáticos.

## 5. RESTRICCIONES

El desarrollo e implementación del modelo de trading algorítmico se realizará con base en el punto de vista de un especulador de mercado.

Se tomarán como activos del portafolio a analizar, un grupo de índices bursátiles y divisas que cumplan con tres requisitos: *alta popularidad (reconocimiento)*, *alto volumen de negociación* y *alta liquidez*.

Para realizar los cálculos en las pruebas de análisis técnico al portafolio, se tomará en cuenta el conjunto de indicadores más populares utilizados y que sean afines al desarrollo de un algoritmo.

## 6. INDICADORES DE OSCILAMIENTO

### 6.1 DESCRIPCIÓN DE OSCILADORES

Por oscilador encontramos que, se trata de un indicador extremadamente útil en mercados sin tendencias en los que los precios se mueven en una banda de fluctuación horizontal. El oscilador proporciona una herramienta al operador técnico que le permite beneficiarse de estos periodos sin tendencia.

El oscilador también puede advertir de que una tendencia está perdiendo ímpetu antes de que dicha situación se haga evidente.

Normas generales para la interpretación:

Cuando un oscilador alcanza un valor extremo tanto en la parte alta como en la parte baja de la banda, sugiere que el actual movimiento del precio puede haber sido demasiado lejos con demasiada rapidez y le hace falta una corrección de algún tipo. Como otra normal, el operador deberá comprar cuando la línea del oscilador está en la parte inferior de la banda y vender en la parte superior.

Usos más importantes del oscilador:

- Cuando su valor alcanza una lectura extrema cercar de su límite superior o inferior. Se dice que el mercado está sobrecomprado cuando está cerca al extremo superior y sobrevendido cuando está cerca al extremo inferior.
- Una divergencia entre el oscilador y el movimiento del precio cuando el oscilador está en una posición extrema, generalmente es una advertencia importante.
- El cruce de línea cero (o media) puede dar importantes señales para operar en la dirección de la tendencia de los precios.

## 6.2 DESCRIPCIÓN Y CÁLCULO DE ÍNDICES DE OSCILAMIENTO

### 6.2.1 Índice de Fuerza Relativa (Relative Strength Index-RSI)

Desarrollado por J. Welles Wilder Jr. Resuelve el problema del movimiento errático generado por cambios bruscos en valores y también el problema de necesitar unos límites superior e inferior constantes. La fórmula se calcula de la siguiente manera:

$$RSI = 100 - \left[ \frac{100}{1 + FR} \right]$$

$$FR = \frac{\text{Media de cierres al alza de x días}}{\text{Media de cierres a la baja de x días}}$$

En este cálculo se usan catorce días normalmente; catorce semanas para gráficos semanales. Para hallar el valor ascendente medio, sume el total de los puntos ganados en los días de subidas durante los 14 días o los días que se escojan y divida el total entre 14, para encontrar el valor descendente medio, sume el total de puntos perdidos en los días de baja y divídalo en 14. La FR se determina dividiendo la media ascendente por la media descendente, el número de días puede variar cambiando el valor de x, y cuanto más corto es el periodo, es más sensible el oscilador, el índice funciona mejor cuando las fluctuaciones alcanzan los extremos superior e inferior, así se puede acortar el periodo para lograr que las fluctuaciones sean más pronunciados en caso de operar a corto plazo.

Interpretación del RSI:

El RSI se representa sobre una escala vertical de 0 a 100. Los movimientos por encima de 70 se consideran sobrecomprados, mientras que los movimientos por debajo de 30 como sobrevendido.

La divergencia entre el RSI y la línea de precio, cuando el RSI está por encima de 70 o por debajo de 30, es una seria advertencia que debería tomarse en cuenta. El propio

Wilder considera que la divergencia es “la característica individual más indicativa del índice de fuerza relativa”.

El uso de las líneas 70 y 30 para generar señales:

Ya sabemos que una posición por debajo de 30 advierte sobre una posición sobrevendida. Supongamos que el operador piensa que un mercado está por llegar a su punto más bajo y que busca una oportunidad de compra. Ve que el oscilador desciende por debajo de 30. Algún tipo de divergencia o patrón doble inferior puede desarrollarse en el oscilador en esa región sobrevendida. Un nuevo cruce por encima de la línea 30 en ese punto se toma como confirmación de que la tendencia en el oscilador se ha vuelto hacia arriba, y por consiguiente, en un mercado sobrecomprado, un nuevo cruce por debajo de la línea de 70 se puede usar como una señal de venta.

Ejemplo:

Tomamos como ejemplo el índice S&P500 durante el segundo semestre del 2009, así tenemos:

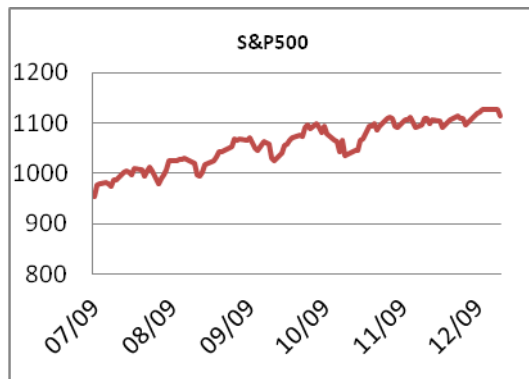


Gráfico 2

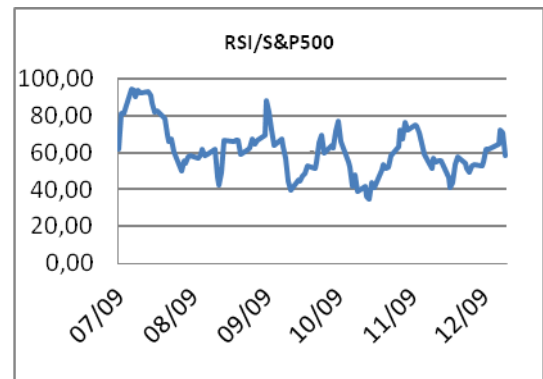


Gráfico 3

En el gráfico 2 observamos la tendencia del índice S&P500 mientras que en el gráfico 3 observamos la evolución del oscilador RSI, cada vez que el RSI supera la línea de 70 se recomienda vender, para así cuando el precio vuelva a descender se compre nuevamente, igualmente si el RSI desciende la línea de 30 se recomienda comprar para así cuando el precio suba se obtengan ganancias.

Para poder calcularlo tenemos la siguiente fórmula:

$$RSI = 100 - \left[ \frac{100}{1 + FR} \right]$$

Se obtiene el promedio de los puntos ascendentes y descendentes, es decir, si hoy el precio es 1,3897 y mañana es 1,4079 hay un aumento de 0,0122 puntos de lo contrario si hoy el precio es 1,4049 y mañana 1,4009 se disminuye 0,0040 así dentro de los 14 días se promedian los puntos ascendentes y descendentes, el promedio ascendente se divide con el descendente para hallar FR y se realiza el cambio en la fórmula.

### **6.2.2 El proceso estocástico (K%D%)**

Popularizado por George Lane. Se basa en la observación de que a medida que los precios se incrementan, los precios de cierre tienden a acercarse más al extremo superior de la banda de precios. Por el contrario, en las tendencias a la baja, el precio de cierre tiende a acercarse al extremo inferior de la banda. En este proceso se usan dos líneas, la línea %K y la %D.

La intención es determinar dónde está el precio de cierre más reciente en relación con la banda de precios de un periodo dado. Catorce es el periodo más común, para determinar la línea K que es la más sensible de las dos, la fórmula es:

$$\%K = 100 \left[ \frac{(C - L14)}{(H14 - L14)} \right]$$

En la que C es el último cierre, L14 es el mínimo más bajo de los últimos 14 periodos o los periodos seleccionados, y H14 es el máximo más alto de los últimos 14 periodos (14 periodos pueden ser días, semanas o meses).

Esta fórmula simplemente mide, en una base porcentual de 0 a 100, donde está el precio de cierre en relación con la banda de precios total de un periodo seleccionado. Una lectura muy alta (por encima de 80) pondría el precio de cierre cerca de la parte más alta de la banda de lo contrario (por debajo de 20) lo situaría cerca de la parte inferior.

La segunda línea (% D) es una media móvil de 3 periodos de la línea %K. Esta fórmula produce una versión llamada estocástica rápida. Una medida de otros tres periodos de ambas líneas permite computar una versión más suave llamada estocástica lenta. Los operadores prefieren la estocástica lenta por sus señales de mayor confianza.

Estas fórmulas producen dos líneas que oscilan entre una escala vertical de 0 a 100. La línea K es una línea más rápida, mientras que la D es más lenta. La señal principal que hay que vigilar es la divergencia entre la línea D y el precio del mercado subyacente cuando la línea D esté en una zona de sobrevendido o sobrecomprado. Los extremos superior e inferior son los valores 80 y 20, respectivamente.

Existe una divergencia bajista cuando la línea D está por encima de 80 y forma dos picos descendentes mientras que los precios continúan moviéndose al alza. Hay una divergencia alcista cuando la línea D está por debajo de 20 y forma dos fondos ascendentes mientras que los precios continúan moviéndose a la baja. Asumiendo que todos estos factores están en su lugar, la verdadera señal de compra o venta se dispara cuando la línea K, más rápida, cruza la línea D, más lenta.

Así hay alerta o montaje cuando la línea de %D está en el área extrema y diverge del movimiento de precio. La señal verdadera aparece cuando la línea D se ve cruzada por la línea K, que es la rápida.

Ejemplo:

Tomamos como ejemplo el índice del precio del Euro respecto al dólar durante el segundo semestre del 2009, así tenemos:

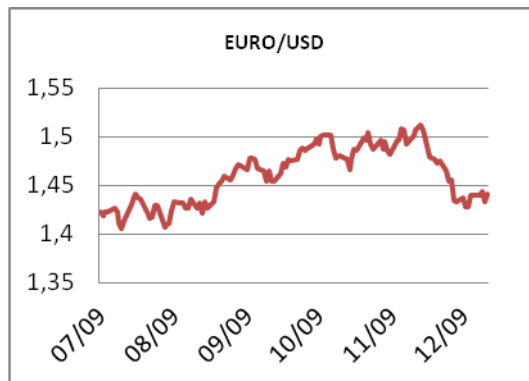


Gráfico 4

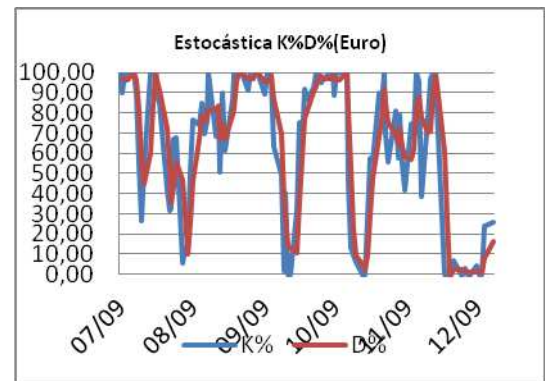


Gráfico 5

En el gráfico 4 observamos la tendencia del precio del Euro respecto al US Dólar y en el gráfico 5 el oscilador estocástico donde si supera la línea de 80 se recomienda vender, contrario a esto si el oscilador disminuye la línea de 20 se recomienda comprar, con el fin de obtener mayores ganancias.

Para calcular este indicador tenemos la formula:

$$\%K = 100 \left[ \frac{(C - L14)}{(H14 - L14)} \right]$$

Así tomamos el último precio de cierre y le restamos el precio más bajo de los últimos 14 días, este resultado se divide por la resta entre el precio máximo del rango de

14 días y el precio mínimo, después se multiplica por 100, después para hallar K% se obtiene D% promediando los 3 últimos resultados de K%.

### 6.2.3 Larry Williams %R

Se basa en un concepto similar a medir el último cierre en relación con su banda de precios de un cierto número de días. El cierre de hoy se resta del precio máximo de la banda durante un cierto número de días y la diferencia se divide entre la banda total para el mismo periodo. Los conceptos que ya se han visto sobre interpretación del oscilador también se aplican a %R, en los que los factores principales son la presencia de divergencias en áreas sobrecompradas o sobrevendidas. Como él %R se resta del máximo, parece como un oscilador estocástico vuelto cabeza abajo, y para corregir esto, los paquetes informáticos para gráficos permiten representar una versión invertida del %R.

Ejemplo:

Tomamos como ejemplo el índice Dow Jones durante el segundo semestre del 2009, así tenemos:

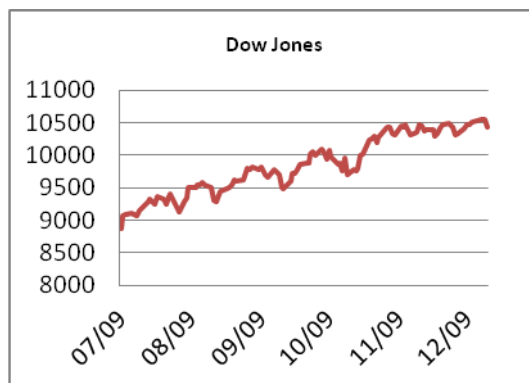


Gráfico 6

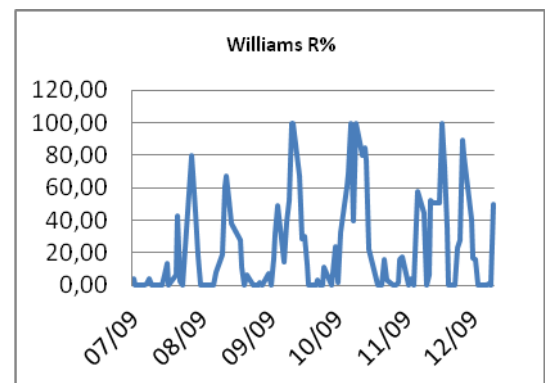


Gráfico 7

En el gráfico 6 observamos la evolución del índice Dow Jones y en el gráfico 7 vemos el oscilador Williams muy similar al oscilador Estocástico en su interpretación pero

diferente en su cálculo ya que este da negativo, pero para tener mayor practicidad se consideran los valores positivos, así si el oscilador supera la línea de 80 se recomienda vender y si disminuye la línea de los 20 se recomienda comprar, con el fin de obtener mayores rendimientos.

Para calcularlo se debe tener en cuenta la formula:

$$\%R = \left[ \frac{(H14 - C)}{(H14 - L14)} \right] (-100)$$

Es decir, tomamos el precio más alto de los 14 días y se lo restamos al precio de cierre, este valor lo dividimos por la resta entre el precio más alto y el precio más bajo de los 14 días y el resultado se multiplica por -100.

#### **6.2.4 Convergencia/divergencia de la media móvil (MACD)**

Este indicador desarrollado por Gerald Appel, utiliza dos medias móviles exponenciales, se observan dos líneas aunque en el cálculo intervienen tres líneas en realidad. La más rápida (conocida como línea MACD) es la diferencia entre dos medias móviles de precios de cierre (normalmente los últimos 12 y 24 días), la línea más lenta (conocida como la línea de la señal) es una media exponencial de la línea MACD de 9 periodos.

Las señales de compra y venta aparecen cuando las dos líneas se cruzan. Un cruce de la línea MACD por encima de la línea señal se entiende como señal de compra. Un cruce de la línea MACD por debajo de la línea señal se entiende como señal de venta.

Ejemplo

Tomamos como ejemplo el índice S&P500 durante el segundo semestre del 2009, así tenemos:

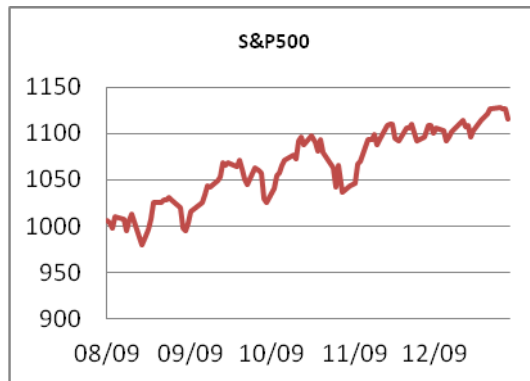


Gráfico 8

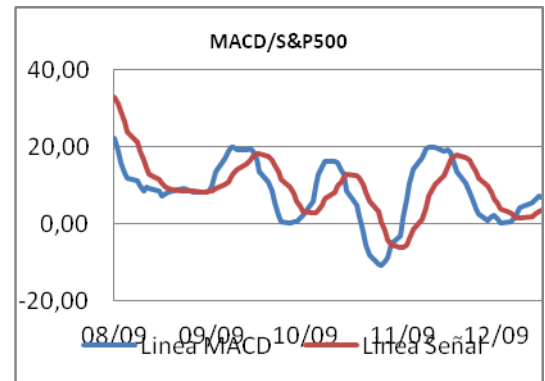


Gráfico 9

En el gráfico 8 tenemos la tendencia del indicador S&P500 y en el gráfico 9 tenemos el índice MACD que si se encuentra por encima de 0 se recomienda vender y si se encuentra por debajo de 0 se recomienda comprar.

Para realizar este cálculo se debe realizar un promedio de 12 días y otro de 24 días sobre el índice o precio, al tener estos dos valores se resta el promedio de 12 días con el de 24 y este resultado es el MACD, para hallar la línea señal se debe promediar 9 periodos de la línea MACD.

## 7. ESTRUCTURACIÓN DEL MODELO

### 7.1 DESCRIPCIÓN Y SUPUESTOS

Para lograr estructurar el modelo debemos observar la eficacia de cada indicador de oscilamiento, para esto tomaremos cuatro activos los cuales son:

- DOW JONES
- S&P 500
- EURO/USD
- IGBC

Para cada uno de estos activos se tomará la evolución diaria de los precios para el periodo comprendido entre Enero de 2006 y Diciembre de 2009, luego tomaremos cada indicador de oscilamiento anteriormente detallado y por medio de un algoritmo de precio se determinará el aporte que estos pueden darnos, para identificarlo se seguirán los siguientes supuestos:

➤ *Supuesto 1:*

Teniendo en cuenta que la idea de este modelo es maximizar la rentabilidad del portafolio, en una hoja de excel se ingresan los precios de los activos del periodo detallado, en esta hoja de excel se colocará un casilla donde se determinará como primer supuesto la cantidad de compra inicial la cual será 100 para todos los activos.

➤ *Supuesto 2:*

Cuando la señal arrojada por cada indicador de oscilamiento sea de venta, las cantidades vendidas serán 10 y cuando la señal arrojada sea de compra, las cantidades de compradas serán 10.

➤ *Supuesto 3:*

El orden promedio para cada indicador no será en todos los casos 14 sino variará con el fin de maximizar la rentabilidad al final del periodo investigado.

➤ **Supuesto4:**

Los límites de compra y venta de cada indicador de oscilamiento variarán con el fin de maximizar la rentabilidad al final del periodo investigado.

Teniendo en cuenta los anteriores supuestos, en una hoja de excel se colocarán los precios de los activos durante el periodo detallado, con base en estos precios se realizará el respectivo algoritmo de precio para cada indicador teniendo en cuenta las formulas descritas anteriormente, despues de realizar el respectivo cálculo, de acuerdo al resultado se arrojará una señal de Compra, Neutro o Venta.

De acuerdo a la señal arrojada se derivan varias casillas que serán descritas a continuación para que finalmente nos arroje un indice de rentabilidad:

**Saldo Inicial:** esta casilla nos indica la cantidad de acciones o bonos que poseemos en ese momento, para este modelo el saldo inicial es 100 de acuerdo al supuesto 1 e irá cambiando a medida que hayan señales de compra o venta.

**Venta de Títulos:** se realizará la venta de 10 títulos de acuerdo al supuesto 2 si la señal arrojada por el índice es de "VENTA", pero no podemos irnos cortos, es decir, no podemos vender títulos si no poseemos.

**Compra de Títulos:** se realizará la compra de 10 títulos de acuerdo al supuesto 2 si la señal arrojada por el índice es de "COMPRA", pero no podemos comprar si no se tiene dinero en caja .

**Saldo Final:** es la cantidad de títulos despues de realizar las diferentes operaciones.

**Títulos en Pesos:** Esta casilla detalla el valor en pesos de los títulos que poseemos de acuerdo al precio del mercado de ese día.

**Saldo Inicial de Caja:** es la cantidad de pesos que disponemos al iniciar cada día, el saldo inicial de caja para este modeo es \$ 0 teniendo en cuenta que compramos 100 títulos y no poseemos más dinero.

**Ventas:** esta casilla detalla el valor en pesos vendido teniendo en cuenta la cantidad de títulos vendidos por el precio del mercado de este día.

**Compras:** detalla el valor en pesos comprado teniendo en cuenta la cantidad de títulos comprados por el precio del mercado de ese día.

**Saldo Final de Caja:** es la sumatoria del saldo inicial de caja, más la cantidad vendida de títulos, menos la cantidad comprada de títulos.

**Total Portafolio:** es la suma del saldo final de caja y el valor de los títulos en pesos

**Índice de Rentabilidad:** para identificar el aporte que el oscilador nos genera, se obtendrá un Índice de Rentabilidad que nos dará a conocer graficamente la evolución de nuestro portafolio de acuerdo a las decisiones tomadas por las señales de compra o venta arrojadas para cada indicador y así se comparará con otro Índice de Rentabilidad que nos dará a conocer la evolución de nuestro portafolio si no tuvieramos en cuenta estas señales sino simplemente permitir que nuestro portafolio se moviera de acuerdo al movimiento del precio.

Este índice se obtiene de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$I_r = \left( \frac{P_{ac}}{P_{an}} \right) * 100$$

Donde  $P_{ac}$  es el valor del portafolio del día actual y  $P_{an}$  es el valor el portafolio del día anterior, para lograr el valor del portafolio mencionado se debe multiplicar el número de acciones que se tiene en el día por el precio de estas del día (el cual cambia de acuerdo a las variaciones del precio en el mercado) y se suma el saldo

final de caja (que aumenta o disminuye de acuerdo a las compras o ventas que se realicen, para este modelo no se tendrán en cuenta la inflación ni el costo de oportunidad generado por intereses obtenidos al invertir este dinero).

## 7.2 CÁLCULO ÍNDICE PARA CADA ACTIVO

### RSI-IGBC

Como se detalló anteriormente se tomó la evolución del precio de este activo de la pagina de internet de la BVC (Bolsa de Valores de Colombia), se realizó el proceso detallado para obtener el índice de rentabilidad arrojando los siguientes resultados:

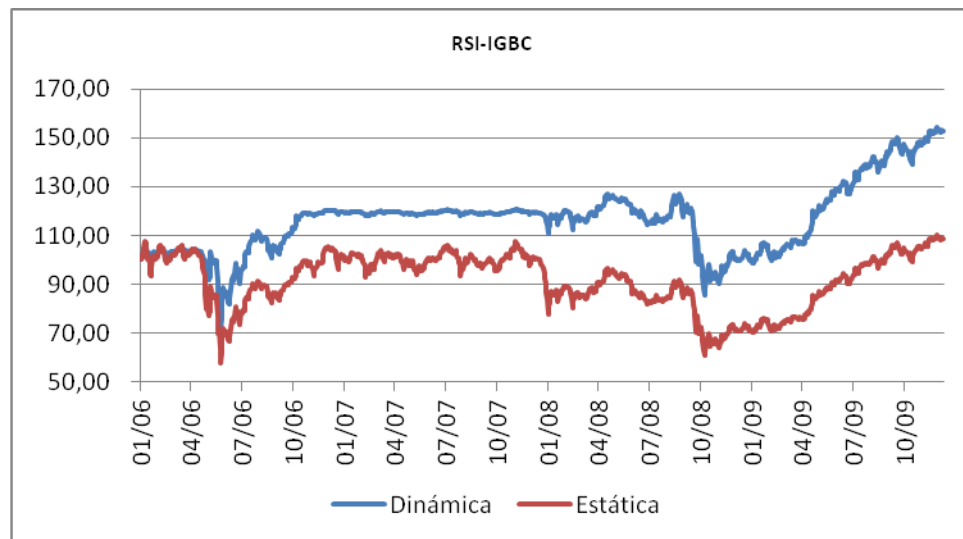


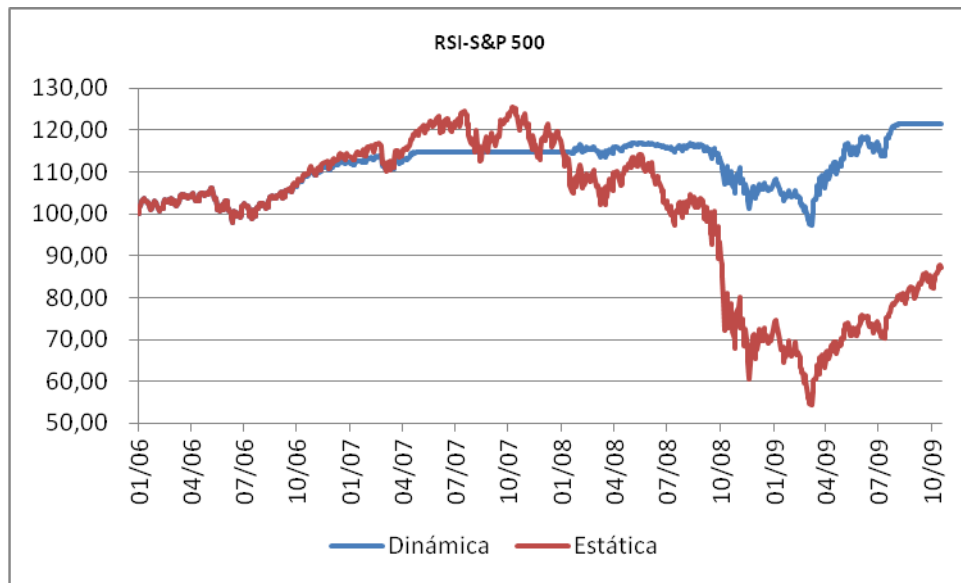
Gráfico 10

Para el Gráfico 10 observamos la evolución de los índices de rentabilidad el índice “dinámica” detalla la rentabilidad si acatamos las señales de COMPRAR o VENDER dadas por el índice de oscilamiento RSI y el índice “estática” detalla la rentabilidad del portafolio si no compramos o vendemos dejando que las variaciones del precio en el mercado nos de la rentabilidad.

Así observamos como el índice de rentabilidad “dinámica” se maximiza respecto al índice de rentabilidad “estática” cuya rentabilidad está por debajo del índice de rentabilidad “dinámica”.

### RSI-S&P500

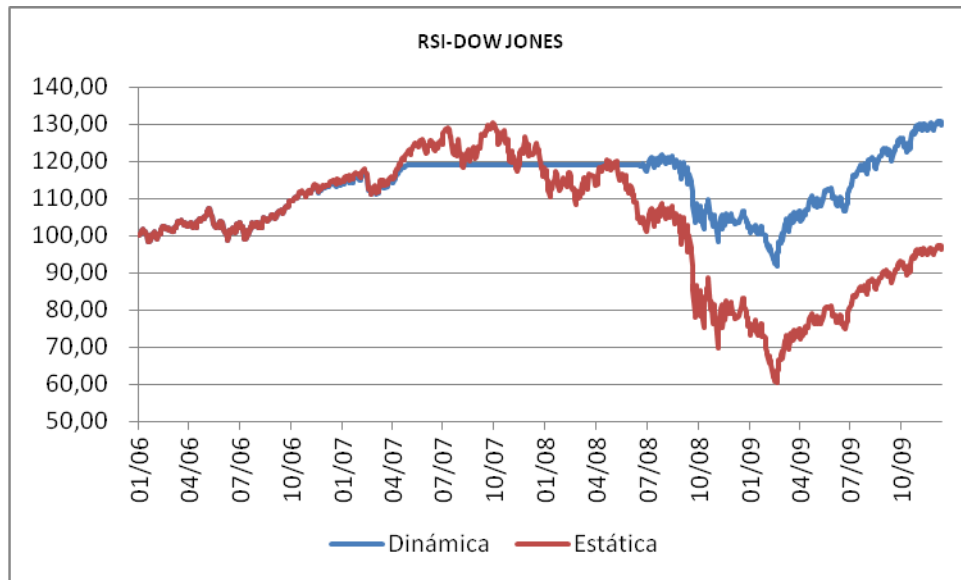
Para este activo se tomó la evolución del precio de la página de internet yahoo-finance donde también se realizó el mismo proceso detallado arrojando lo siguiente:



Durante el periodo de Enero de 2006 y Enero de 2008 el índice “dinámica” deja de crecer por encima que el índice “estática”, esto debido a que el indicador de oscilamiento señalaba vender pero por la restricción formulada en la hoja de excel que no permite vender más acciones si no se poseen, este índice no evoluciona por encima del índice “estática”, seguramente si se tuviesen más acciones el índice “dinámica” sería mayor. Como se puede observar durante el periodo Octubre de 2008 a Diciembre de 2009 este índice genera rentabilidad a diferencia de el índice “estática”.

### RSI-Dow Jones

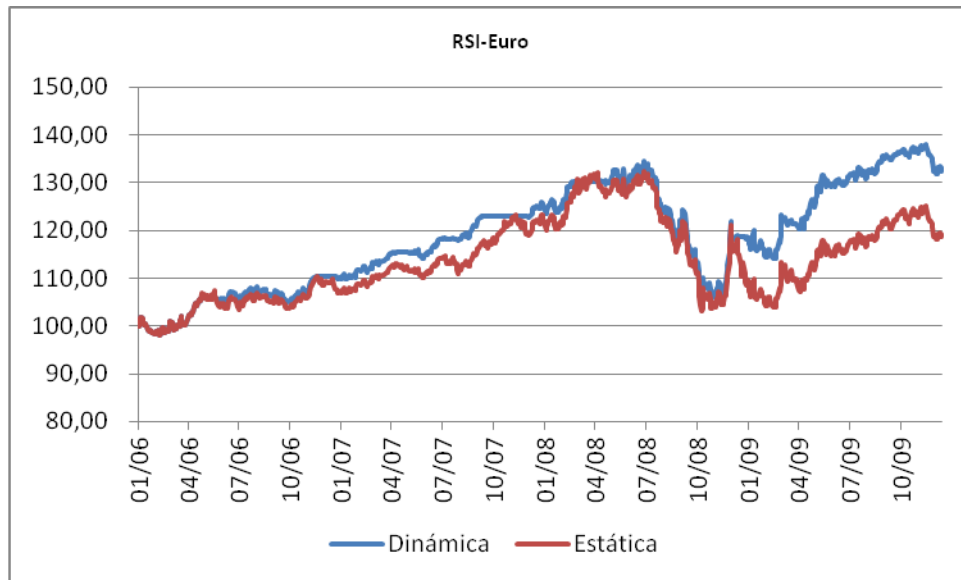
Para este activo se tomó la evolución del precio de la página de internet yahoo-finance donde también se realizó el mismo proceso detallado arrojando lo siguiente:



Para este activo sucede de manera similar con que con el activo S&P500 descrito anteriormente observamos como durante el periodo de Enero de 2006 y Enero de 2008 el índice “dinámica” deja de crecer por encima que el índice “estática”, esto debido a que el indicador de oscilamiento señalaba vender pero por la restricción formulada en la hoja de excel que no permite vender más acciones si no se poseen, pero para el periodo Marzo 2008 a Diciembre de 2009 se maximiza la rentabilidad.

### RSI-Euro

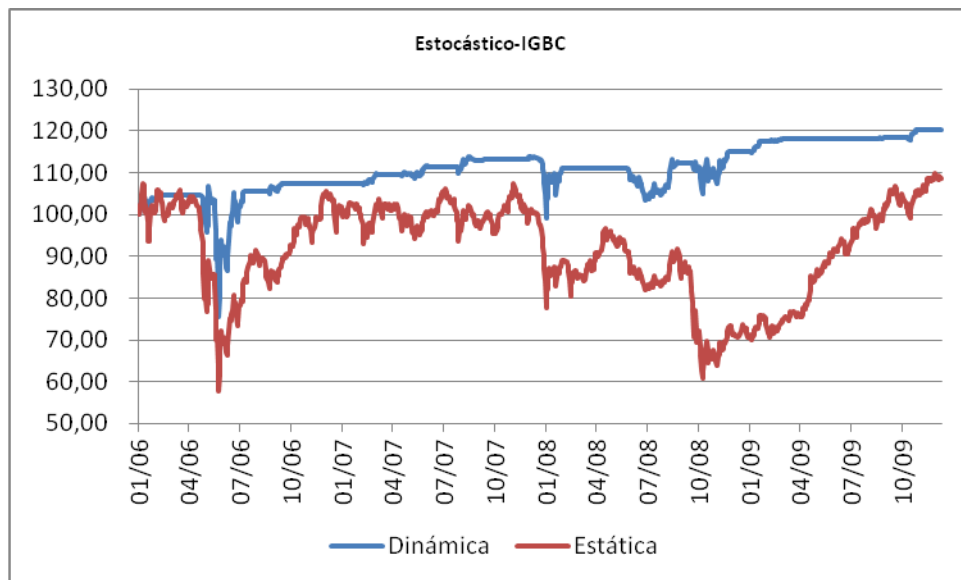
Para este activo se tomó la evolución del precio del Euro respecto al dólar tomado de la página de internet del Banco Central Europeo y después de realizar el proceso se obtuvo el siguiente resultado:



Para este activo observamos como se maximiza la rentabilidad si acatamos las señales de COMPRA y VENTA del índice RSI logrando el objetivo buscado por el modelo.

### Estocástico-IGBC

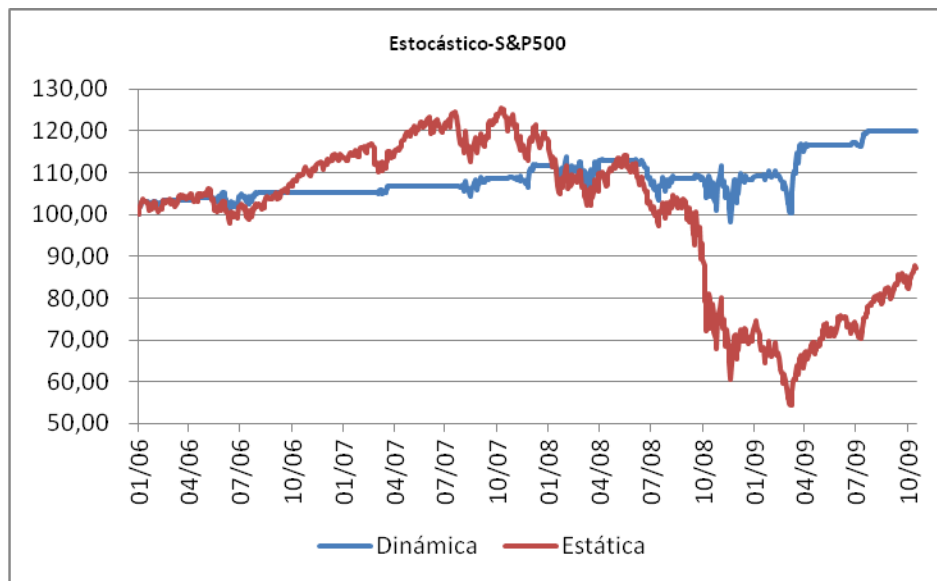
Para este activo se generó el siguiente resultado:



Observamos así como el índice de rentabilidad “dinámica” genera mayor rentabilidad que el índice “estática” durante todo el periodo investigado.

### *Estocástico-S&P500*

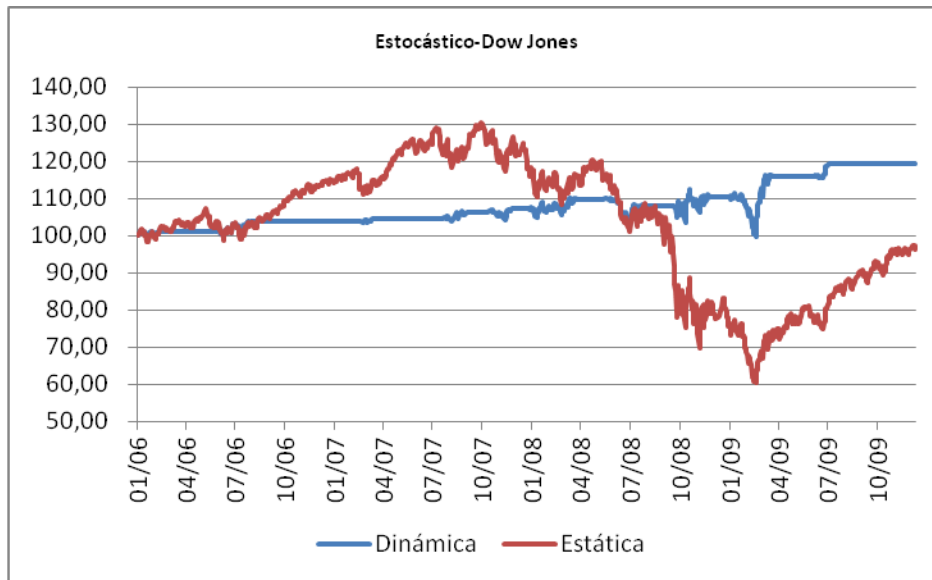
Para este activo se generó el siguiente resultado:



Podemos observar como durante el periodo comprendido entre Julio de 2006 y Enero de 2008 el índice de rentabilidad “dinámica” no supera al índice “estática”, pero tampoco genera pérdida, la cual ocurre con el índice “estática” durante el periodo Julio de 2008 a diciembre de 2009, mientras que para este último periodo detallado el índice “dinámica” maximiza la rentabilidad ya que durante el periodo analizado no se generó pérdida.

### *Estocástico-Dow Jones*

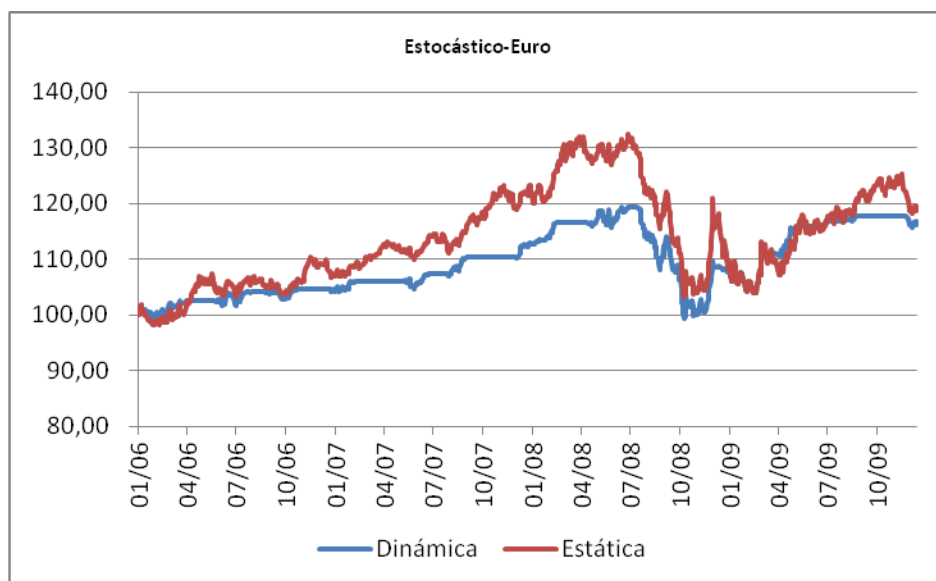
Para este activo se generó el siguiente resultado:



Podemos observar como aunque el índice “dinámica” no genera pérdida durante todo el periodo investigado el índice “estática” genera pérdida desde Octubre de 2008 hasta Diciembre de 2009, mientras que durante ese mismo periodo, maximiza la utilidad el índice “dinámica”.

### Estocástico-Euro

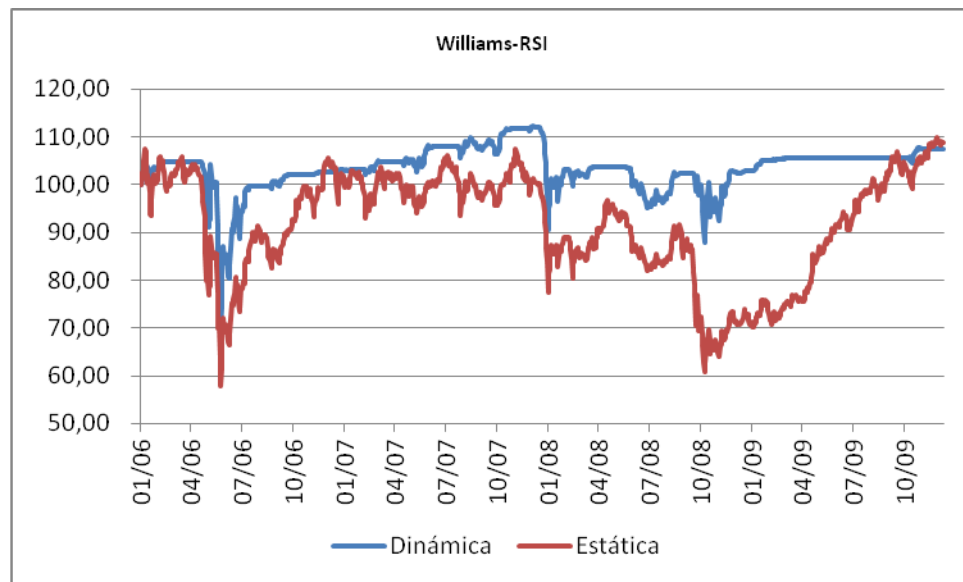
Para este activo se generó el siguiente resultado:



Para este activo observamos claramente que el indicador estocástico no logra ser efectivo dado que la volatilidad del Euro no genera identificar claras señales de compra o venta.

### *Williams-IGBC*

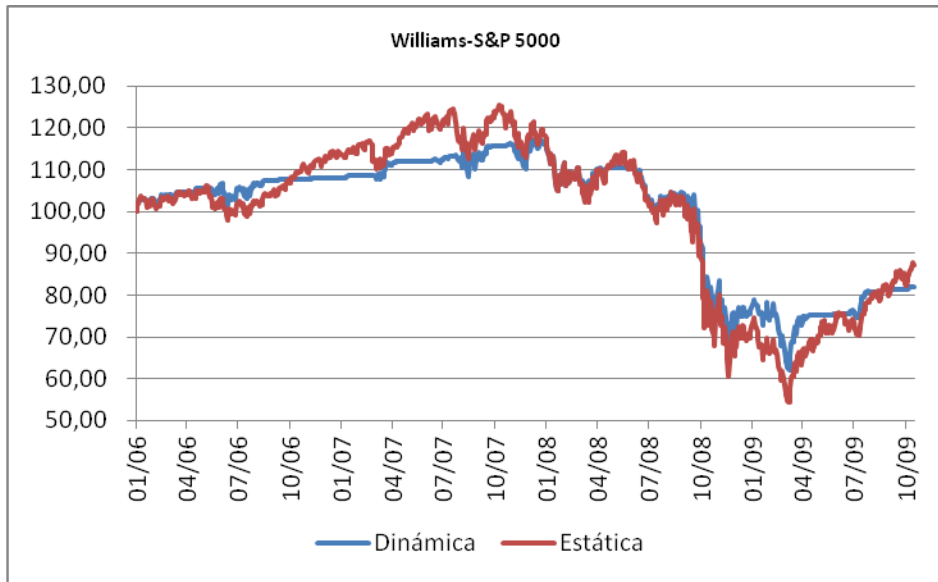
Para este activo se generó el siguiente resultado:



Observamos una alta correlación en los índices pero hay mayor rentabilidad y menor pérdida, cuando esta última ocurre, en el índice “dinámica” pero aunque esto sucede hay varios periodos donde se genera pérdida y el índice de rentabilidad es menor que el observado en los otros indicadores de oscilamiento.

### *Williams-S&P500*

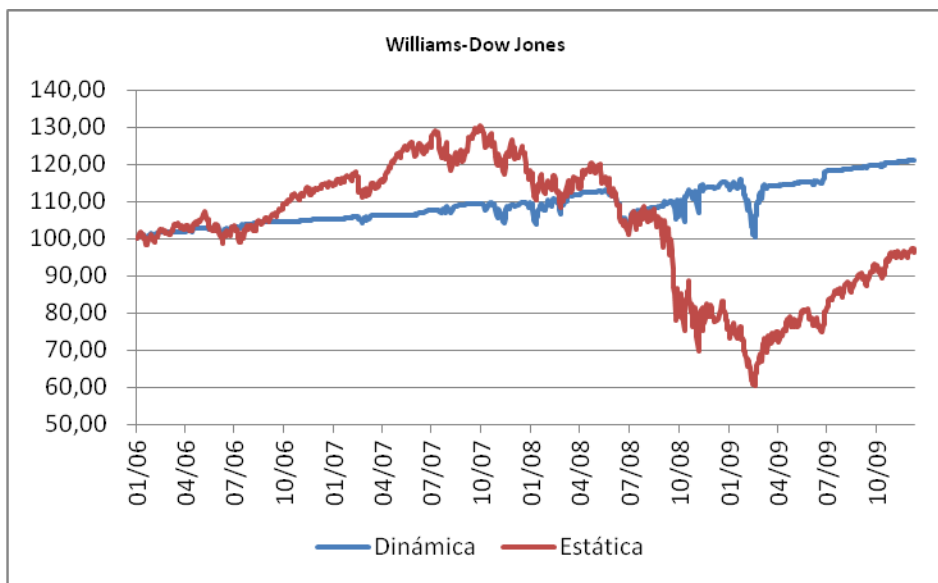
Para este activo se generó el siguiente resultado:



Nuevamente observamos al igual que el activo IGBC que existe correlación entre los índices pero no logra maximizar los rendimientos para el índice “dinámica” siendo este el objetivo principal y adicional ni tampoco genera rentabilidades durante todo el periodo investigado sino en periodos parciales.

**Williams-Dow Jones**

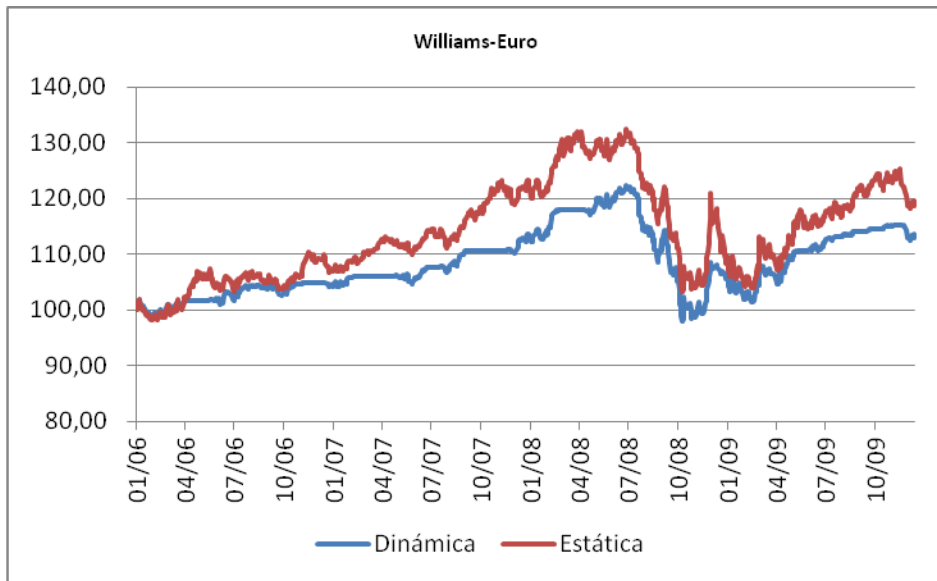
Para este activo se generó el siguiente resultado:



Para este caso el índice de rentabilidad “dinámica” no genera pérdida en ningún momento pero solo maximiza la rentabilidad a partir de Julio de 2008 en adelante.

### *Williams-Euro*

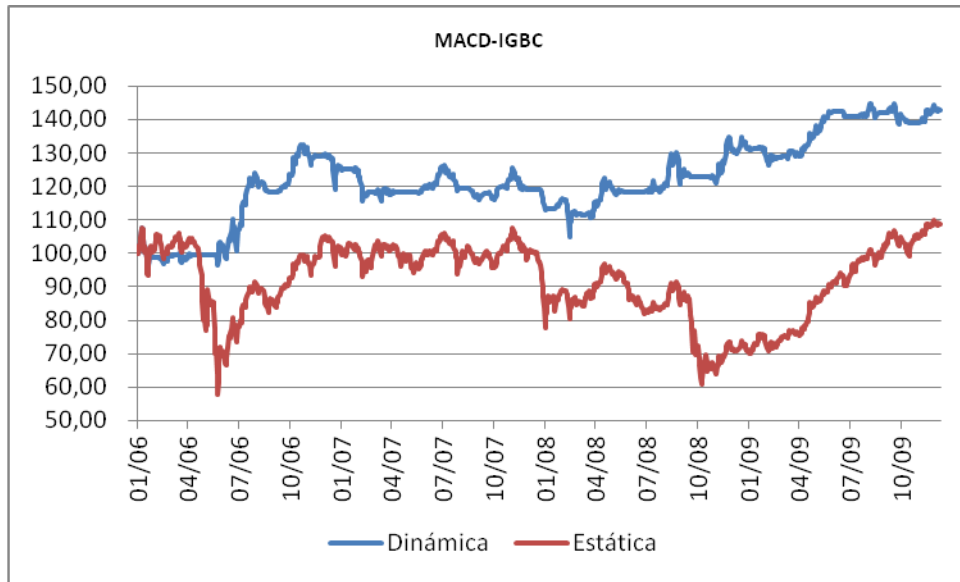
Para este activo se generó el siguiente resultado:



Finalmente observamos para que el indicador de oscilamiento Williams no genera el aporte esperado en cuanto a maximización de la rentabilidad se refiere.

### *MACD-IGBC*

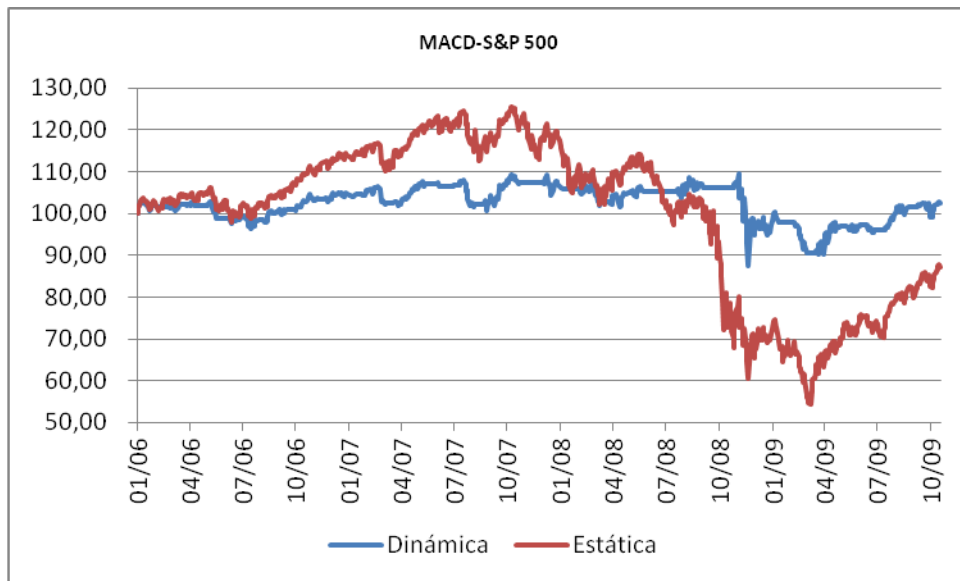
Para este activo se generó el siguiente resultado:



Para este activo logramos ver como al seguir las señales del indicador MACD se maximiza la rentabilidad durante todo el periodo investigado lo cual es lo más indicado para el modelo.

**MACD-S&P500**

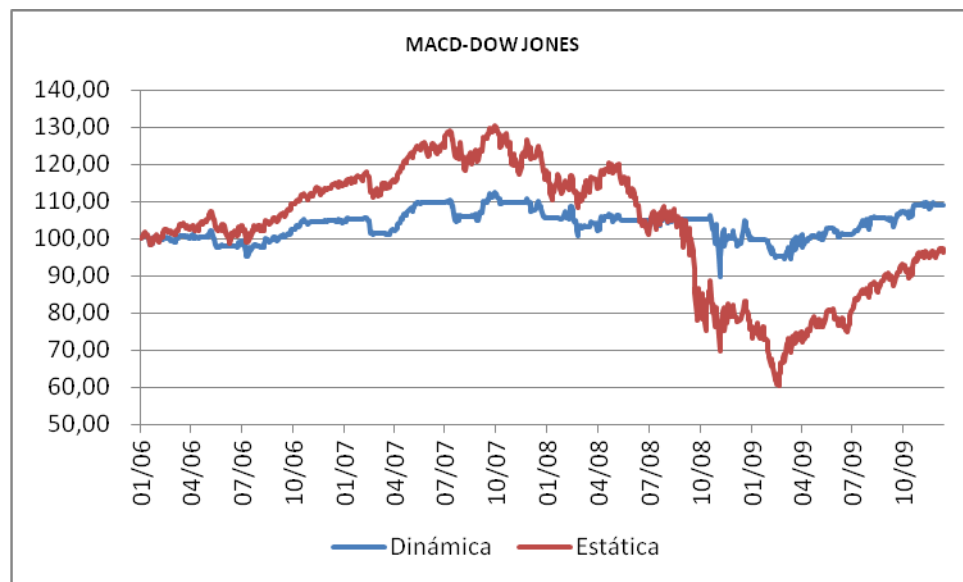
Para este activo se generó el siguiente resultado:



Se observa durante el año 2006 y 2007 como el índice “estática” supera al “dinámica” y aunque a partir de Julio de 2008 se invierten no se logra generar rentabilidad y de esta forma no se llenan las expectativas del modelo pero si por lo menos no genera pérdidas tan profundas como lo hace el índice estática.

### MACD-Dow Jones

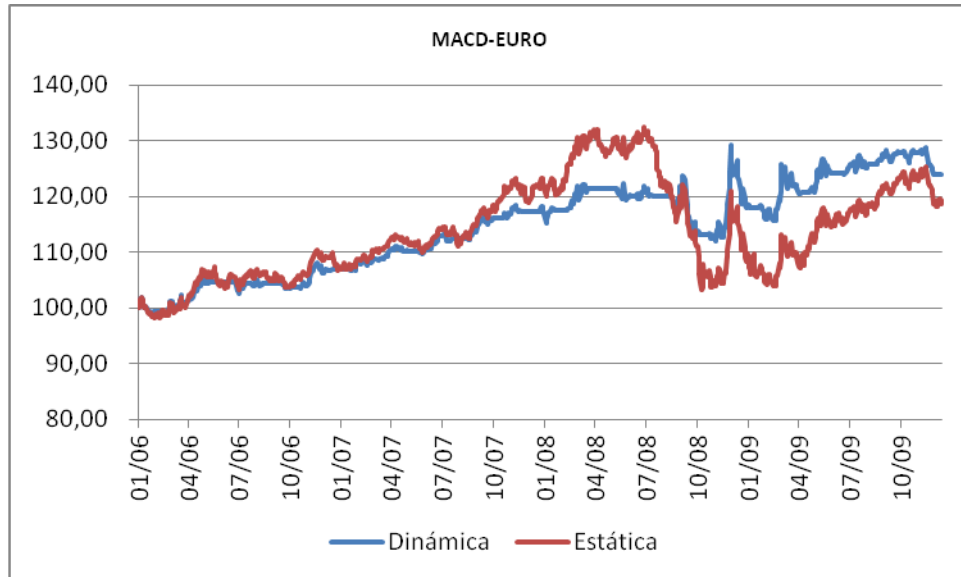
Para este activo se generó el siguiente resultado:



Este activo presenta un resultado similar al anterior, el cual no maximiza la utilidad como se busca pero permite que la pérdida generada a partir de Julio de 2008 no sea tan profunda como ocurre con el índice “Estática”

### MACD-Euro

Para este activo se generó el siguiente resultado:



Para este activo ninguno de los índices genera pérdida y contemplamos como el índice “dinámica” solo maximiza la utilidad a partir de Julio de 2008 donde supera al índice “estática”.

### 7.3 RESUMEN DE RENTABILIDAD A DICIEMBRE DE 2009

	RENTABILIDAD A DICIEMBRE DE 2009											
	IGBC			Euro			S&P500			Dow Jones		
	Dinámica	Estática	Var%	Dinámica	Estática	Var%	Dinámica	Estática	Var%	Dinámica	Estática	Var%
<b>RSI</b>	152,73	108,67	41%	133,11	119,32	12%	121,34	90,25	34%	129,72	96,13	35%
<b>MACD</b>	142,80	108,67	31%	123,95	119,32	4%	102,10	90,25	13%	109,19	96,13	14%
<b>Estocástico</b>	120,15	108,67	11%	116,63	119,32	-2%	120,73	90,25	34%	119,40	96,13	24%
<b>Williams</b>	107,56	108,67	-1%	113,35	119,32	-5%	84,86	90,25	-6%	121,10	96,13	26%

En este cuadro observamos la rentabilidad generada al finalizar el año 2009 para cada indicador de oscilamiento en cada activo, comparando el índice “dinámica” el cual es generado al seguir las señales de COMPRA y VENTA y el índice “estática” el cual se genera al seguir el precio del mercado.

Observamos así como para el activo IGBC el indicador de oscilamiento donde se maximizó la rentabilidad fue el RSI con mayor índice de rentabilidad, seguido por el MACD y Estocástico mientras que el único que no logró maximizarla fue el indicador Williams.

Para el activo Euro se maximiza la rentabilidad en el indicador de oscilamiento RSI siendo este el índice de rentabilidad más alto, seguido del MACD, el Estocástico y Williams generaron pérdida.

Para el activo S&P500 el indicador que maximiza la rentabilidad es el RSI con mayor índice de rentabilidad, seguido por el Estocástico y MACD, el indicador Williams genera pérdida.

Para el activo Dow Jones nuevamente el indicador RSI genera la mayor rentabilidad sobre todos los demás indicadores, seguido del Williams, el estocástico y el MACD.

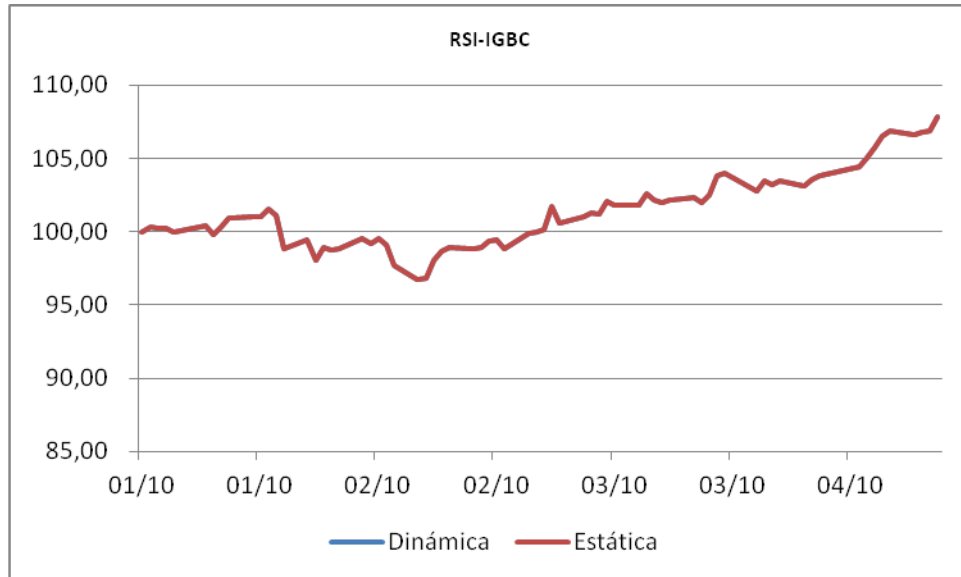
Para el modelo estructurado notamos como el indicador de oscilamiento RSI es el más adecuado para generar las señales de compra y venta y aunque el indicador MACD genera rentabilidad en todos los activos el RSI los maximiza logrando así lo buscado en esta investigación

#### **7.4 APLICACIÓN DEL MODELO EN DATOS ACTUALES**

Definido el orden promedio para el cálculo del índice de oscilamiento para cada activo y los límites de las bandas que arrojan la señales de COMPRA y VENTA, se aplicará el modelo para precios actuales tomados a partir del 1° de Enero de 2010 arrojando los siguientes resultados.

### RSI-IGBC

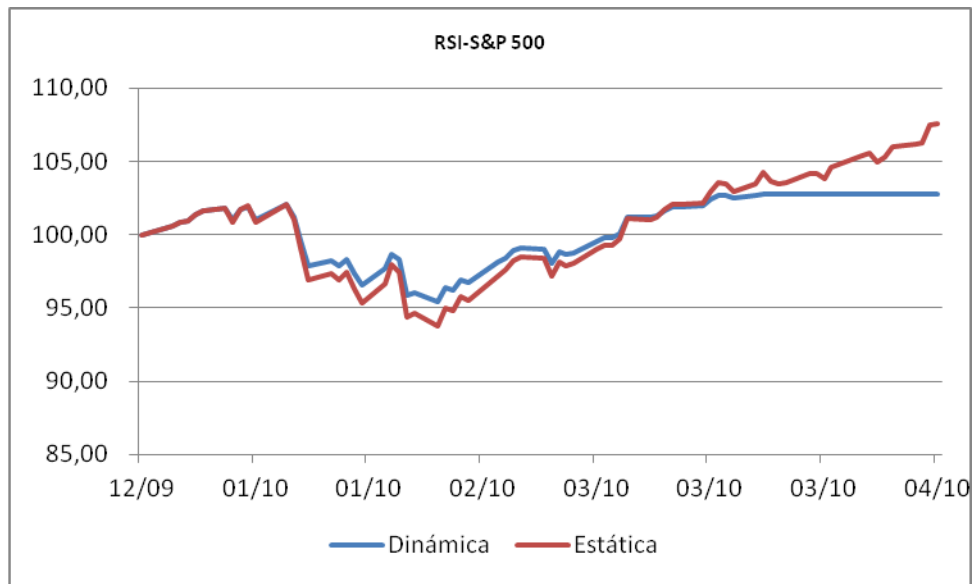
Para este activo se aplicó el modelo y arrojó el siguiente resultado:



Durante este periodo comprendido entre Enero de 2010 y Abril 15 de 2010 el modelo no generó señales de COMPRA o VENTA, generando señales NEUTRO, así el índice “dinámica” tuvo igual movimiento que el índice “estática” el cual varía de acuerdo a los movimientos del mercado y generando rentabilidad al final del periodo que es lo buscado en este modelo.

### RSI-S&P 500

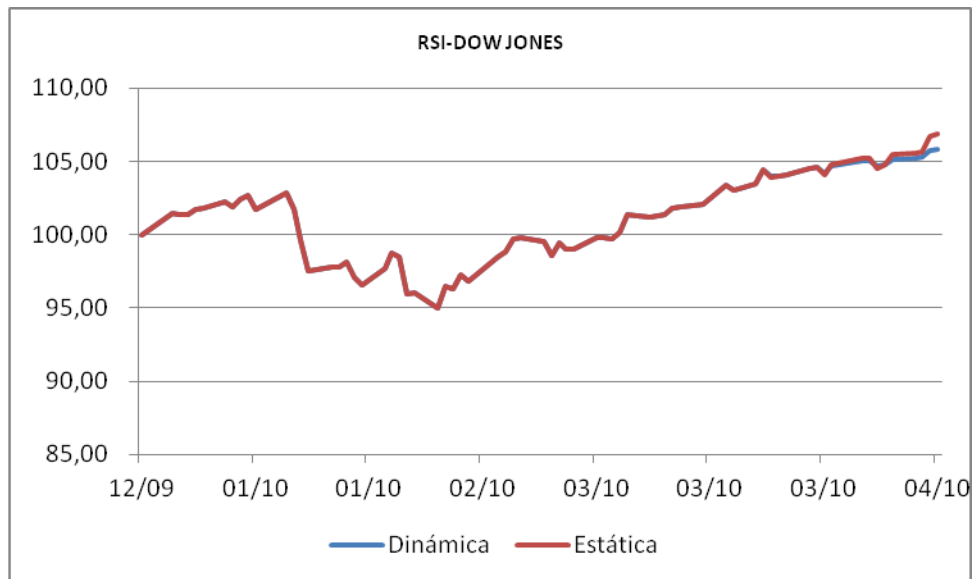
Para este activo el modelo arrojó el siguiente resultado:



Observamos como para este periodo al variar los precios se generan señales de venta que generan menor pérdida y finalmente aumenta la rentabilidad hasta el punto que no tenemos más títulos para soportar las señales de venta arrojadas por el modelo, de igual forma el modelo generó utilidades al final del periodo.

### RSI-DOW JONES

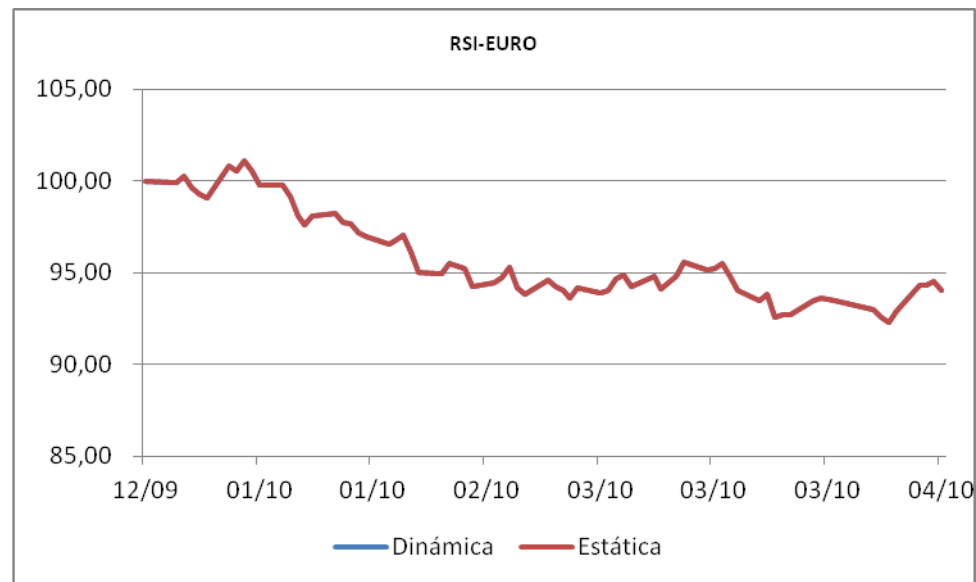
Para este activo observamos los siguientes movimientos:



Se observa que el modelo no arroja señales de COMPRA o VENTA, sino señales NEUTRO generando que el índice “dinámica” se comporte de igual manera al índice “estática” el cual varía de acuerdo al mercado, aunque generando rentabilidad al final del periodo

### RSI-Euro

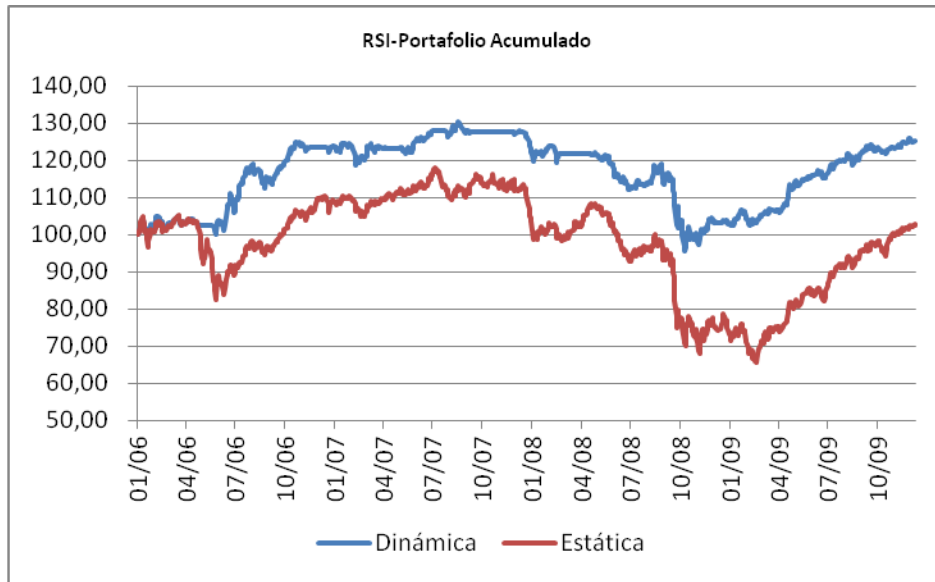
En este activo observamos el siguiente comportamiento:



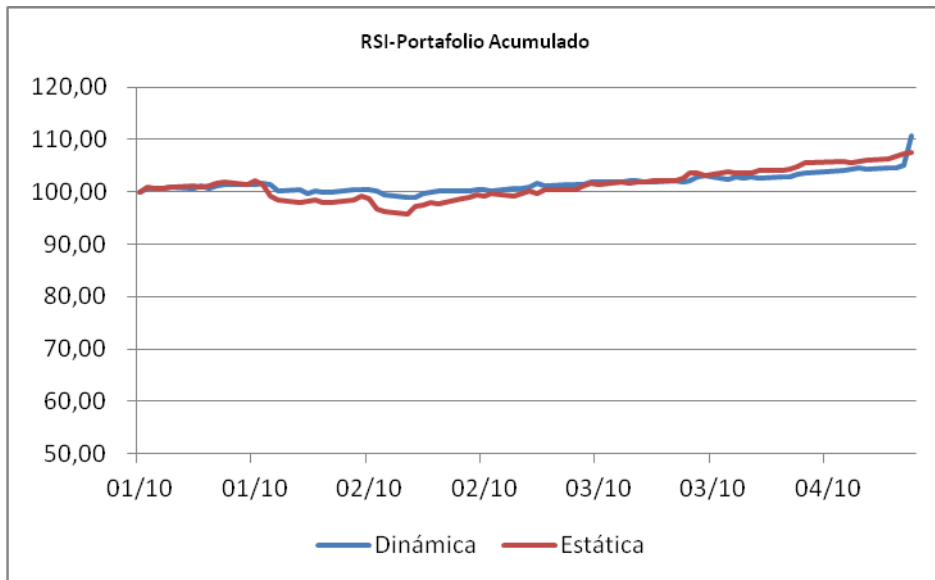
Para este activo el modelo genera señales constantes de COMPRA pero al estar largos en títulos no se realizan las compras según lo señalado por el modelo, así el índice “dinámica” se comporta igual que el mercado pero en este caso hay pérdida, lo cual nos obliga a esperar cómo se comporta el mercado y el modelo para optimizar la rentabilidad.

## 7.5 ESTRUCTURACIÓN DEL MODELO EN ACTIVOS CONSOLIDADOS

El modelo detallado a continuación se basa en las mismas características efectuadas para calcular el índice de rentabilidad generado en cada activo, descrito anteriormente, adicionando la sumatoria de los flujos de caja generados por cada activo diariamente, para finalmente hallar un índice acumulado arrojando el siguiente resultado:



Observamos como el modelo genera que el índice “dinámica” sea superior al índice “estática” logrando de esta forma maximizar la rentabilidad.



Aplicando el modelo para la actualidad observamos que el modelo no arroja muchas señales de compra o venta pero si impide que haya pérdida.

## 8. CONCLUSIONES

- Después de investigar los indicadores de oscilamiento descritos en este trabajo, donde se detalló la forma habitual de calcular cada indicador, para el caso específico del RSI, donde la orden promedio es 14, el límite superior 70 y el inferior 30, concluimos que si seguimos estos parametros no maximizamos la rentabilidad lo cual sucede al modificar estas variables.
- Al calcular los cuatro indicadores de oscilamiento para cada activo maximizando la rentabilidad a Diciembre de 2009, concluimos que el indicador de oscilamiento que más se ajusta a los objetivos de este trabajo, es el índice de fuerza relativa (*Relative Strenght Index*-RSI) el cual generó mayores porcentajes de rentabilidad si seguimos las señales de compra o venta, comparado con el índice de rentabilidad del mercado.
- Cuando se aplica el modelo a datos actuales, se concluyen dos temas:
  - El modelo de maximización de la rentabilidad es más efectivo a largo plazo que a corto plazo.
  - El modelo de maximización de la rentabilidad identifica el momento en el cual el precio de un activo entre en un periodo de tendencia ya sea a la baja o a la alta, generando señales neutras.
- Si aplicamos el modelo a la serie de activos estudiados en este trabajo, el índice de rentabilidad maximiza la rentabilidad y mitiga el riesgo de invertir solo en un activo, logrando así por medio de la diversificación que nuestro portafolio esté mucho más seguro.

- Por último, concluimos que aunque no se tuvo en cuenta costos de transacción, comisiones y de oportunidad, se obtuvo un modelo que maximiza la rentabilidad de un portafolio lo cual era el objetivo principal de este trabajo .

## 9. RECOMENDACIONES

- Dentro de las recomendaciones, se deben tener en cuenta a futuro los diferentes costos inmersos en este tipo de actividades bursátiles.
- Se recomienda aplicar el modelo en diferentes activos de diferentes países para confirmar la eficiencia del modelo.

## REFERENCIAS

Bensignor, R. (2000), *New Thinking in Technical Analysis: Trading Models from the Masters*, U.S.A, Bloomberg Press.

Murphy, J. (2003), *Análisis técnico de los mercados financieros*, Barcelona, Gestión 2000.

Reuters Financial Series (RFT). (1999), *An Introduction to Technical Analysis*, Singapore, Wiley & Sons.

“Market Risk and Algorithmic Trading” (2006) [en línea], disponible en: [http://enterprise.amd.com/downloads/industry/financial/algorithmic\\_trading.pdf](http://enterprise.amd.com/downloads/industry/financial/algorithmic_trading.pdf), recuperado: 19 de septiembre de 2009.

Dunis, C.; Laws, J. y Naim, P. (2003), *Applied Quantitative Methods for Trading and Investment*, New Jersey, Wiley & Sons.

## BIBLIOGRAFÍA

“A buy-side handbook Algorithmic trading” (2005) [en línea], disponible en: [http://www.thetradenews.com/sites/thetradenews.com/files/magazine/algo\\_1.pdf](http://www.thetradenews.com/sites/thetradenews.com/files/magazine/algo_1.pdf), recuperado: 19 de septiembre de 2009.

“El oscilador RSI” (2008) [en línea], disponible en: <http://economia-excel.blogspot.com/2008/10/oscilador-rsi.html>, recuperado: 01 de Abril de 2010.

“Statistical data Warehouse” ) [en línea], disponible en: <http://sdw.ecb.europa.eu/browseSelection.do?DATASET=0&FREQ=D&CURRENCY=&node=2018795>, recuperado: 01 de Mayo de 2010.

Achelis, Steve. (2004), *Análisis Técnico de la A a la Z*, Barcelona, Mc Graw-Hill.

Urraca, David. (2009) “Índice de movimiento direccional: ¿qué es y cómo utilizar el ADX?” [en línea], disponible en: <http://www.clasesdebolsa.com/index.php?/archives/634-ndice-de-movimiento-direccional-que-es-y-como-utilizar-el-ADX.html>, recuperado: 14 de Abril de 2010.

Edwards, R. D. y Magee, J. (2001), *Technical Analysis of Stock Trends*, Florida, Amacom.

Kirkpatrick, C. D. y Dahlquist, J. R. (2007), *Technical Analysis: The Complete Resource for Financial Market Technicians*, New Jersey, FT Press.

Patiño Díaz, Gustavo. (2007), *Citas y referencias bibliográficas*, Bogotá, Pontificia Universidad Javeriana, JAVEGRAF.

Pole, A. (2007), *Statistical Arbitrage: Algorithmic Trading Insights and Techniques*, New Jersey, Wiley & Sons.

## **ANEXOS**

### **MODELO DE DESARROLLO PARA CADA UNO DE LOS ÍNDICES DEL PORTAFOLIO**

(Consultar material en archivos Excel/Hoja de Cálculo en la carpeta del mismo nombre)