



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**MODELOS ALGORÍTMICOS CON ANÁLISIS  
TÉCNICO PARA LA OPERACIÓN BURSÁTIL**

**REPORTE DE TRABAJO  
PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
ACTUARIA**

**P R E S E N T A:**

**ANDREA ALEJANDRA TERRÓN URBÁN**

**DR. CARLOS GABRIEL PACHECO GONZÁLEZ**



**2012**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

1. Datos del alumno  
Terrón  
Urbán  
Andrea Alejandra  
56415090  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de ciencias  
Actuaría  
303645564
2. Datos del tutor  
Dr  
Carlos Gabriel  
Pacheco  
González
3. Datos de sinodal 1  
Act  
Gloria  
Roa  
Bejar
4. Datos de sinodal 2  
Act  
María Eugenia  
Palomera  
Mancilla
5. Datos de sinodal 3  
M en A  
Alfredo  
Hernandez  
Prado
6. Datos de sinodal 4  
M en A  
Miguel  
Revilla  
Cebrián
7. Datos del trabajo escrito  
Modelos algorítmicos con análisis técnico para la operación bursátil  
42 p.  
2013

## ÍNDICE

1. ÍNDICE.....	2
2. ÍNDICE DE GRÁFICAS Y DIAGRAMAS.....	3
3. RESUMEN.....	4
4. OBJETIVO.....	5
5. MODELO DEL PORTAFOLIO 1.....	5
5.1 SUPUESTOS .....	5
5.2 INDICADORES Y SUS PARÁMETROS.....	6
5.3 METODOLOGÍA DEL MODELO 1.....	8
5.4 MUESTRA DEL PORTAFOLIO BASADO EN MODELO.....	11
5.5 RESULTADOS.....	12
5.5.1 RENDIMIENTOS.....	13
5.5.2 ANÁLISIS DE ALPHAS.....	15
5.5.3 ÍNDICE DE SHARPE.....	17
5.6 CONCLUSIONES SOBRE EL PORTAFOLIO.....	18
6. MODELO DEL PORTAFOLIO 2.....	19
6.1 PROPUESTA.....	19
6.2 MUESTRA DEL PORTAFOLIO BASADO EN MODELO 2.....	20
6.3 RESULTADOS.....	22

6.3.1 ANÁLISIS DE ALPHAS.....	22
6.3.2 ÍNDICE DE SHARPE.....	25
6.4 CONCLUSIONES SOBRE EL PORTAFOLIO.....	26
7. CONCLUSIONES DEL TRABAJO.....	28
8. GLOSARIO.....	29
9. ANEXO 1.....	30
10. ANEXO2.....	33
11. ANEXO 3.....	37
12. BIBLIOGRAFÍA.....	39

## ***ÍNDICE DE GRÁFICAS Y DIAGRAMAS***

1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL MODELO 1 POR EMISORA.....	11
2. RENDIMIENTOS - GRÁFICA 1.....	13
3. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE ALPHAS MENSUALES – GRÁFICA .....	13
4. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DEL ÍNDICE DE SHARPE – GRÁFICA .....	17
5. RENDIMIENTOS - GRÁFICA 5.....	22
6. ALPHAS MENSUALES – GRÁFICA 6.....	23
7. ALPHAS MENSUALES POR RENDIMIENTO – GRÁFICA .....	24
8. DISTRIBUCIÓN DE ALPHAS MENSUALES POR RENDIMIENTO - GRÁFICA 8.....	24
9. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DEL ÍNDICE DE SHARPE – GRÁFICA .....	26
10. EJEMPLO DE ADX – GRÁFICA 10.....	33
11. EJEMPLO DE R.WILLIAMS – GRÁFICA 11.....	37

## ***Resumen***

Este trabajo propone modelos algorítmicos para la construcción de portafolios de inversión utilizando análisis técnico.

La creación de estos portafolios será en base en el mercado bursátil mexicano, llevando a cabo una comparación de nuestros vehículos de inversión con el índice de precios y cotizaciones (IPC), unos de los principales activos manejados por los inversionistas en la actualidad.

En el capítulo A se muestra una opción de inversión mediante un algoritmo posteriormente desarrollado, que llamaremos modelo 1, el cual busca ser una estrategia de inversión más eficiente mediante la combinación de indicadores técnicos para tratar de compensar las posibles debilidades derivadas del análisis técnico, específicamente las propias de los indicadores seleccionados.

En este capítulo se dará detalle de los supuestos, el desarrollo metodológico y operabilidad del modelo 1, así como de sus resultados.

Los resultados del modelo 1 serán validados mediante el análisis de rendimientos, así como con un análisis de alphas y del índice de Sharpe. De esta manera en las conclusiones del modelo 1 se podrá evaluar si los resultados coinciden o no con los objetivos planteados, así como el análisis de sus ventajas y desventajas.

De la comprensión del modelo 1 y la explicación de sus resultados, se desprende el desarrollo del capítulo B, donde se propone, el modelo 2, como una mejora del modelo 1 ya que con base a este se toman sus ventajas y eliminan algunas desventajas, obteniendo una extensión del modelo 1.

De la misma manera que en el capítulo 1, en el capítulo 2 se analizarán los resultados del índice creado con el modelo 2, con las mismas herramientas que en el primer capítulo, para de esta manera poder llegar a las conclusiones del modelo 2 y la revisión del cumplimiento de los objetivos planteados.

Por último, se presentan las conclusiones del presente trabajo resaltando la viabilidad del desarrollo de los portafolios, lograda por las principales características de los algoritmos; también se destacan los objetivos logrados, mostrando los resultados que podrían ser de interés para el público inversionista.

## ***Objetivo***

El presente documento mostrará dos modelos o algoritmos para crear un portafolio accionario como vehículo de inversión. Dichos modelos son creados a través de la aplicación del análisis técnico con el objeto de tener una alternativa de inversión más eficiente con respecto al Índice de Precios y Cotizaciones (IPC). Con dicha metodología se espera superar los rendimientos, manteniendo o disminuyendo el riesgo del IPC, de manera que la adquisición de dichos portafolios resulte atractiva para los distintos participantes del mercado accionario mexicano, sin perder la factibilidad de su construcción; es decir, que la metodología sea realmente operable en el mercado.

## ***Modelo para el Portafolio 1***

### ***Supuestos***

Con el objeto de cumplir con la factibilidad de adquisición del vehículo de inversión por parte de los inversionistas, se debe considerar que el portafolio es administrado por un operador (por ejemplo una casa de bolsa) quien ejecutará el algoritmo y construirá el portafolio en el mercado. A dicho portafolio se le llamará Portafolio 1.

Sin embargo dadas las diversas condiciones de liquidez y bursatilidad de las acciones listadas en la BMV, sería poco real suponer que se pueda negociar con todas las acciones de manera diaria dada la clasificación de bursatilidad (Anexo 2) que la BMV otorga a la mayoría de las acciones negociadas en México, donde se muestra en general que sólo las acciones que se encuentran dentro de la composición del IPC muestran alta bursatilidad, lo que hace que su negociación sea posible.

De cualquier manera, aunque fuese posible la operación de todas las acciones, la ejecución del algoritmo sería complicada y costosa para el administrador del portafolio.

Por lo anterior, el algoritmo contará con los siguientes supuestos:

- El rebalanceo se realizará una vez al mes.
- La información es pública.
- En el día de rebalanceo se asume que se compran y se venden las acciones con los últimos precios conocidos, es decir los precios de cierre del día anterior.
- El modelo sólo aplica para las acciones que se encuentren dentro de la composición de IPC.
- En caso de que el IPC llegará a sacar alguna serie accionaria de su portafolio y dicha serie fuera parte del Portafolio 1, entonces se vendería al siguiente rebalanceo.



Con estos supuestos se construirá un portafolio semejante al IPC en su composición, que se esperaría fuese mejor aceptado por los inversionistas ya que no se aleja de su desempeño y riesgo, además conservar las mismas emisoras liquidas.

### *Indicadores y sus parámetros*

Para poder construir un portafolio accionario es necesario obtener señales de entrada (compra) y salida (venta), por lo que un indicador que nos determine cuándo un precio se encuentra en niveles de sobrecompra o sobreventa sería el más apropiado a utilizar como principal indicador en el modelo, es decir un oscilador. (Murphy John J., 1999)

Todo oscilador utiliza un parámetro “n”, el número de días calendario sobre el cual se tomará información histórica de precio para su cálculo, es decir, esta “n” determina la amplitud del rango de precios históricos a revisar por el oscilador, para determinar sobre compra o sobre venta de una acción.

Por otro lado es pertinente observar que no todas las acciones tienen buenos resultados con la misma “n”, además de no funcionar una misma “n” para diversos periodos de una misma acción.

Entre más chico sea el valor de la “n”, el indicador oscilará con más frecuencia y se obtendrán señales mucho más rápidamente, lo cual podría resultar ser más favorable en caso de que la acción se encuentre en un periodo de movimiento lateral, es decir sin tendencia a la alza o a la baja en el precio; pero en el caso contrario podría resultar muy perjudicial ya que de encontrarse la acción en un movimiento de alza o baja en su precio, es decir, con una tendencia definida, se requerirían señales más lentas y concretas, de no ser así se tendrían costosas entradas y salidas innecesariamente, dando señales falsas.

De lo anterior concluimos que es necesario cambiar el parámetro de la “n”, dependiendo si la acción se encuentra en un periodo de tendencia o un movimiento lateral, con una “n” más grande o más chica, respetivamente.

El oscilador que usaremos será el Indicador R.Williams, para el que los valores de los parámetros más usados por los inversionistas usuarios de este, son los siguientes: (Williams Larry, 2011)

- $n=14$
- Confirmación de compra en  $R=-80$  y venta  $R=-20$

En cuanto al parámetro “n”, se probaron los múltiplos de n alrededor del periodo de rebalanceo, es decir,  $n=14$ ,  $n=28$ ,  $n=42$  y  $n=56$

Por otro lado, para cualquier “n” se forza a la confirmación de la señal con un valor del indicador R.Williams igual a -50, ya que se consideró ser estricto con las señales y se llegan a observar falsas señales en confirmaciones entre -70 y -60 para la compra, así como entre -30 y -40 para la venta, aunque naturalmente menos que en las confirmaciones exactamente en -80 y -20. Sabemos que esto forza a una reacción lenta del indicador pero tiene como fin evitar costas falsas señales.

Se observó que para periodos de movimiento lateral  $n=14$  y  $n=28$  eran similares, sin embargo, para una respuesta rápida esperada por el tipo de movimiento  $n=14$  presentó una mejor respuesta dada su estabilidad, mientras que  $n=28$  mostró un ligero retraso.

Para el caso donde los precios de las acciones presentan un movimiento de tendencia se espera una señal más contundente, es decir precisa y rápida pero evitando señales falsas por lo que  $n=42$  y  $n=56$  serían los parámetros a escoger en estos periodos, no obstante se observa la precisión deseada en ambos, ya que prácticamente no muestran señales falsas estos dos posibles parámetros; pero se elige  $n=42$  porque  $n=56$  implicaría mostrar señales de tendencia una vez que la acción llevará 2 meses en dicha tendencia y podría ser muy tarde para tomar ganancias fuertes o evitar pérdidas.

Para poder obtener valores alternos para el parámetro  $n$  de R.Williams se utilizó el indicador de tendencia ADX, surgiendo así las primeras preguntas para continuar el desarrollo del modelo.

- ¿Cada cuanto tiempo se revisarán las señales de tendencia?

Para responder a esta pregunta es necesario hablar de los rebalances del portafolio. Se estableció que un rebalanceo al mes es lo más apropiado, ya que dos veces al mes o más volvería la construcción del portafolio costosa (debido a las comisiones y cuotas de administración), además de que la operabilidad del algoritmo se volvería complicada. Por el contrario postergar más de un mes el rebalanceo del portafolio solo lograría una reacción muy lenta del portafolio en caso de cualquier evento.

Por otro lado, revisando los movimientos del indicador ADX del IPC y las acciones contenidas en el, se observó que la amplitud de onda de la mayoría de las acciones es de un mes, en algunos casos extendiéndose a dos meses; este cálculo también hace consistente realizar los rebalances mensuales.

Como primera propuesta para la fecha de rebalanceo se intentó establecer como día de rebalanceo el último día hábil del mes, con el objeto de ser congruentes con la mayoría de los estándares para análisis de rendimiento y sus reportes. Sin embargo se observó que el portafolio generaba señales falsas debido a las alzas de precio de fin de mes, lo que provocaba que el rendimiento del modelo cayera. Sin embargo este efecto no ocurre con un

rebalanceo en los días 15 de cada mes, de esta manera no se ve comprometido en señales falsas el portafolio del siguiente rebalanceo, por lo que se considero una opción viable.

- El indicador ADX también tiene un parámetro de periodicidad denotado “a”, (número de días calendario que tomará como insumo) ¿Cual será dicho parámetro?

El parámetro “a” de ADX mas usado por los inversionistas usuarios del mismo es 14, (Hornado Juan, 2008) por lo que se intentaron analizar como alternativas los múltiplos del mismo, alrededor del periodo de rebalanceo  $a=14$ ,  $a=28$  y  $a=42$ .

Se observó que la amplitud de onda del indicador ADX es la misma para la mayoría de las acciones cambiando lo pronunciado de sus valles y crestas, por lo que resulta lo mismo aceptar un parámetro  $a=14$  con un nivel de ADX de confirmación de 30 para ser conservadores, que un parámetro  $a=20$  con un nivel de ADX de confirmación de 20.

Se descartó  $a=42$  porque muy difícilmente alcanza niveles de ADX entre 20 y 30 para confirmación, únicamente alcanza dicho niveles cuando las tendencias son muy claras y largas, lo que ocurre para menos de la mitad de las acciones.

Por estas razones se decidió usar  $a=14$  con confirmación de tendencia con nivel de ADX para validación de 30 y porque  $a=14$  es un parámetro comúnmente usado con el que los inversionistas están familiarizados, en comparación con  $a=20$  y confirmación de ADX con niveles de 20.

### ***Metodología del Modelo 1***

En este apartado se mostrará el algoritmo que sigue el modelo del Portafolio 1 a través de un diagrama de flujo, mostrando también su mecánica de cálculo y los parámetros definidos dentro de los indicadores técnicos utilizados, de esta manera se logra una mejor comprensión de los pasos a seguir para aplicar el modelo.

Antes de comenzar, se incluye la notación de esta sección:

- ...  $X_{i,t}$  es la posición del indicador en el día t de la serie i.
- ...  $RW_{i,t}$  es el valor del indicador R.Williams de la serie i en el día t.
- ...  $AD_{i,t}$  es el valor del indicador ADX Down de la serie i en el día t.
- ...  $AU_{i,t}$  es el valor del indicador ADX Up de la serie i en el día t.
- ...  $TND_{i,t}$  es el resultado de tendencia o movimientos laterales de la serie i en el día t, determinado a través de los niveles del indicador ADX de 14 días.

Este modelo está basado en dos indicadores técnicos:

1. ADX para tendencia. ( Hornado Juan, 2008; Graziano Juan, 2001; Anexo 2)
2. R.Williams como oscilador.(Williams Larry, 2011; Días Mata, 2011; Anexo 3)

A continuación se explicarán los datos que utiliza el modelo, posteriormente sólo serán mencionados en la metodología.

Para el modelo 1 se requiere obtener:

- ❖ Las series accionarias que se encuentren dentro del portafolio de IPC.
- ❖ Para dichas series, sus niveles de cierre históricos ajustados por dividendos.
- ❖ El histórico de niveles de cierre ajustado por dividendos de IPC.
- ❖ El indicador histórico R.Williams con una ventana de 14 días.
- ❖ El indicador histórico R.Williams con una ventana de 42 días.
- ❖ El indicador histórico ADX con una ventana de 14 días.

- Mecánica de Cálculo

Los días 15 de cada mes o el día hábil previo se constituirá el portafolio aplicando el siguiente algoritmo para cada emisora:

A) Se revisa el indicador ADX de la serie verificando si existe tendencia. (Graziano Juan, 2001)

Sea  $TND_{i,t} \in [\text{tendencia (1), movimientos laterales(0)}]$ , se determinará la presencia de una tendencia si y sólo si ocurre alguno de los siguientes dos escenarios: (Graziano Juan, 2001)

i) Escenario 1

- $0 \leq AD_{i,t} \leq 30$
- $70 \leq AU_{i,t} \leq 100$

ii) Escenario 2

- $70 \leq AD_{i,t} \leq 100$
- $0 \leq AU_{i,t} \leq 30$

En cualquier otro caso se dice que existen movimientos laterales.

B) Si  $TND_{i,t} = 1$  i.e. si existe tendencia; se revisará el indicador técnico R.Williams de 42 días, identificando si se encuentra en un momento de compra o en un momento de venta de la siguiente manera:

- i) Se determina la posición del indicador del día ( $X_{i,t}$ ) dada la posición del indicador el día anterior.

$$\text{Sea } A = \{ RW \mid X_{i,t-1} = 0, RW \geq -20 \}$$

$$B = \{ RW \mid X_{i,t-1} = 1, RW > -50 \}$$

$$C = \{ RW \mid X_{i,t-1} = -1, RW \geq -20 \}$$

$$D = \{ RW \mid X_{i,t-1} = 0, -80 < RW < -20 \}$$

$$E = \{ RW \mid X_{i,t-1} = 1, -80 < RW < -50 \}$$

$$F = \{ RW \mid X_{i,t-1} = -1, -50 < RW < -20 \}$$

$$G = \{ RW \mid X_{i,t-1} = 0, RW \leq -80 \}$$

$$H = \{ RW \mid X_{i,t-1} = 1, RW \leq -80 \}$$

$$J = \{ RW \mid X_{i,t-1} = -1, RW \leq -50 \}$$

Entonces se define a la variable aleatoria  $X_{i,t}$  de la siguiente forma:

$$X_{i,t} = \begin{cases} -1, & \text{si } RW_{i,t} \in (A \cup B \cup C) \\ 0, & \text{si } RW_{i,t} \in (D \cup E \cup F) \\ 1, & \text{si } RW_{i,t} \in (G \cup H \cup J) \end{cases}$$

- ii) Una vez determinado la posición del indicador; se calcula el momento del indicador, es decir, si se debe comprar o vender la serie respectiva:

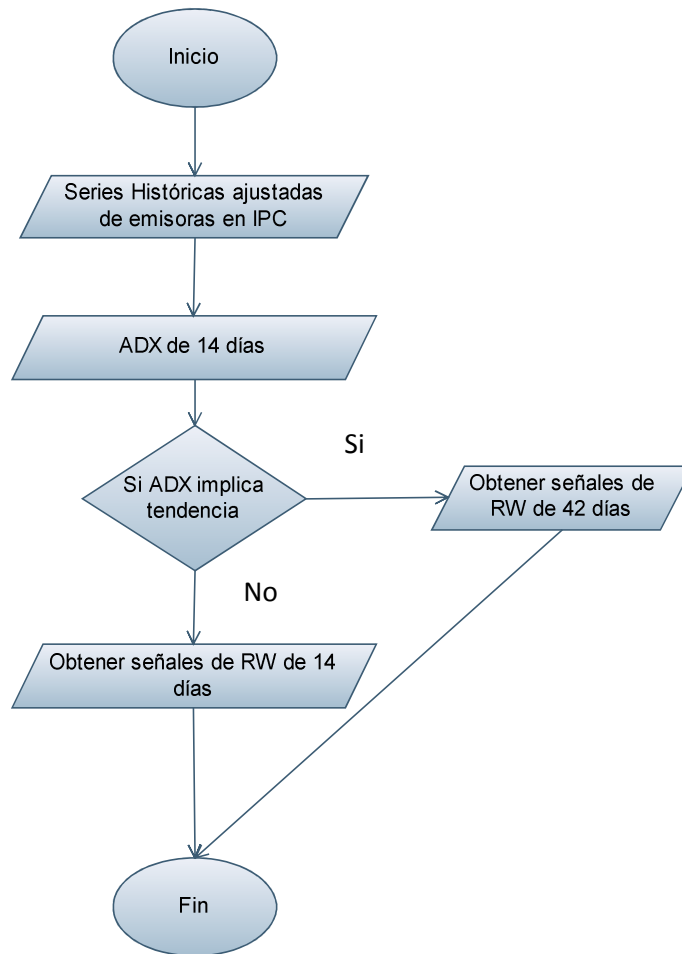
$$\left. \begin{array}{l} \text{Si } X_{i,t-1} = -1 \text{ y } X_{i,t} = 0 \\ \text{Si } X_{i,t-1} = -1 \text{ y } X_{i,t} = 1 \end{array} \right\} M1_{i,t} = \text{Momento de compra}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Si } X_{i,t-1} = 1 \text{ y } X_{i,t} = 0 \\ \text{Si } X_{i,t-1} = 1 \text{ y } X_{i,t} = -1 \end{array} \right\} M1_{i,t} = \text{Momento de venta}$$

C) Si  $TND_{i,t} = 0$  i.e. si no existe tendencia, se revisa el indicador técnico R.Williams de 14 días, identificando si se encuentra en momento de compra o momento de venta de la misma manera que en el paso previo.

Una vez ejecutando el algoritmo para todas las emisoras o series válidas del IPC, el portafolio contendrá a todas aquellas que se encuentran en momento de compra, para así ponderar el portafolio alícuotamente.

**Diagrama de flujo del modelo 1 por emisora para detección de momento de compra**



## ***Muestra del Portafolio basado en el Modelo 1***

En esta sección se describen las características básicas de la composición del portafolio 1, es decir lo que resultase de aplicar el modelo previamente mostrado. Estas características explicarán de mejor manera las reglas de composición y construcción del mismo.

Para la mejor comprensión de esta sección, se propone la siguiente notación:

- ...  $NB_{t-1}$  es el número de series accionarias contenida en el IPC el día t-1.
- ...  $P_{IPC}$  es el portafolio de IPC.
- ...  $M1_i$  es la función cuyo resultado será el de la aplicación del modelo 1 (compra o venta)
- ...  $NP1_t$  se define como el número de series contenidas en el portafolio 1

2. Tamaño.- Obsérvese que no puede haber más series accionarias que las que se encuentran dentro del IPC, es decir,

$$0 \leq NP1_t \leq NB_{t-1}$$

3. Revisión y Permanencia.- Las emisoras contenidas se revisarán de manera mensual, los días 15 de cada mes o en caso de ser día inhábil, el rebalanceo se realizará el día hábil anterior.

4. Criterios de selección.- Serán parte del Portafolio toda serie i tal que,

- 1)  $i \in P_{IPC}$

- 2)  $i \in MC$  donde  $MC = \{ i \mid M1_i = \text{momento de compra} \}$

5. Criterios para Exclusión.-No son consideradas para el portafolio 1:

- i. Emisoras extranjeras.
- ii. Emisoras que no se encuentren en IPC.
- iii. Emisoras que no se encuentren en momento de compra, según el Modelo 1 del presente trabajo.
- iv. Emisoras cuyo índice individual de la emisora misma, (es decir si generara un índice compuesto de dicha emisora, con el movimiento natural de los precios) con inicio en la fecha 03/08/2007, se sobreponga al índice individual de la emisora misma pero bajo el algoritmo (si generara un índice compuesto de dicha emisora o nada según las reglas del algoritmo descrito) es decir si el algoritmo no funcionara con esta emisora particular,

6. Ponderación.- Sea  $W_i \leq 1$  el peso de ponderación a invertir para toda  $i$  tal que:

1)  $i \in MC$

2)  $\sum_i W_i = 1$

Entonces para todo  $i$ ,  $W_i = \frac{1}{NP1t}$

### Resultados

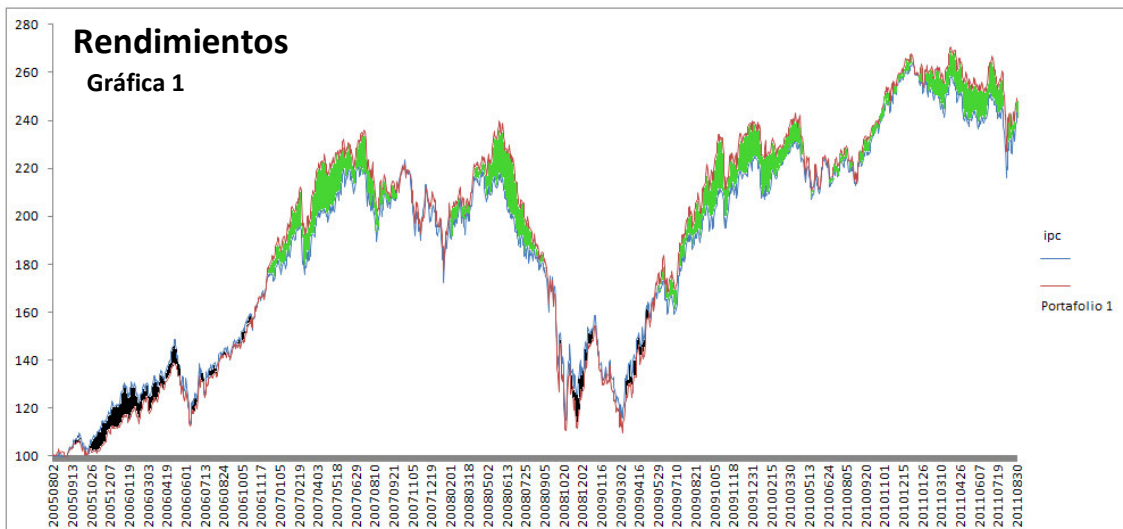
Se realizó una prueba histórica del desempeño en rendimientos del modelo 1 durante un periodo de 6 años, de 02/08/2005 a 31/08/2011, Base 100 al 02/08/2005.

En las siguientes secciones se muestra el análisis sobre el portafolio 1 con distintas pruebas observando diferentes indicadores de riesgo y rendimientos. Es importante observar desde distintas perspectivas ya que podríamos tener beneficios solo aparentes, por esta razón se analizaron rendimientos, de alphas e Índices de Sharpe.

### Rendimientos

La prueba histórica antes mencionada se muestra a manera de índice para así poder interpretar los rendimientos. La prueba supone que no hay costos de transacción.

Como se muestra en la gráfica 1 existe una gran correlación con el IPC. En verde se encuentran los rendimientos del portafolio 1 cuando están sobre el IPC y en negro cuando los rendimientos del IPC sobrepasaron los del Portafolio 1.





En la gráfica 1 se observa que la estrategia de inversión resultante del modelo 1 fluctúa a lo largo del tiempo ligeramente sobre el IPC, por lo que utilizar el portafolio 1 no parece ser la mejor estrategia en una inversión a largo plazo, ya que después de 6 años sólo se obtuvo un 6.03% de rendimiento sobre el IPC. Sin mencionar las fuertes pérdidas observadas entre agosto y diciembre de 2008, mucho mayores a las del IPC.

Resulta relevante observar que existieron plazos donde se obtuvo un rendimiento significativo sobre el IPC, por lo que la importancia y utilidad del portafolio 1 radica en que los niveles de rendimiento de su índice oscilen sobre el IPC por periodos más largos de tiempo y con una magnitud mayor en la diferencia de rendimientos entre el índice del portafolio 1 y el IPC, generando así mejores rendimientos en comparación con aquellos periodos donde el IPC supera al portafolio 1.

Bajo el análisis realizado, el índice del portafolio 1 cuenta con rendimientos superiores al IPC en el 67.4% de las ocasiones. Esto muestra que dicho portafolio 1 es superior al IPC la mayor parte del tiempo. Posteriormente se analizará en que magnitud superan los rendimientos del portafolio a los del IPC.

Por otro lado, en la evaluación del desempeño de un portafolio, no sólo se deben analizar los rendimientos inmediatos si no también si se obtuvieron beneficios respecto al riesgo.

Se puede pensar a partir del ejercicio anterior, que el portafolio 1 es superior al IPC respecto al rendimiento, sin embargo es necesario evaluarlo mediante otras métricas de interés. Para esto se proponen los siguientes análisis:

- Análisis de Alphas
- Índice de Sharpe

## Análisis de Alphas

En esta sección se utiliza la siguiente notación:

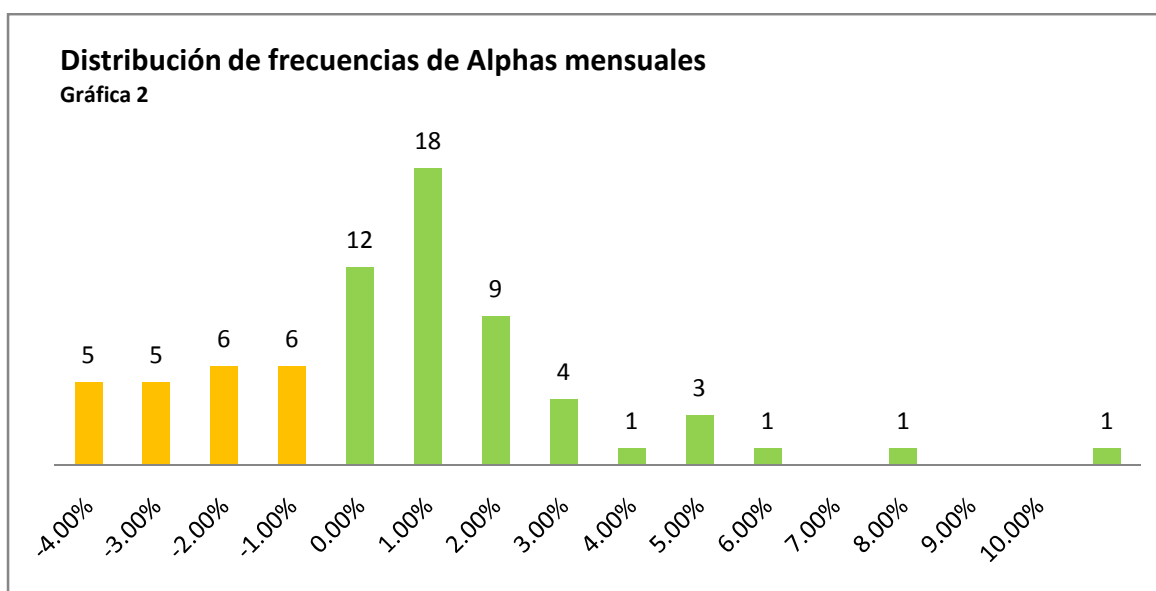
- ...  $\alpha_{m_t}$  es el alpha mensual del periodo t correspondiente al exceso de rendimiento del portafolio 1 respecto al IPC
- ...  $IIPC_t$  es el índice creado a través del IPC
- ...  $IP1_t$  es el índice creado a través del portafolio 1 en el momento t
- ...  $P(X < 0)$  es la probabilidad de que X sea menor a cero

Con este análisis se pretende responder a las siguientes preguntas:

¿Es en realidad el desempeño del portafolio 1 mejor al desempeño del IPC?

Si el portafolio es mejor, ¿Cuánto rendimiento se obtuvo sobre el IPC?

Se obtuvieron los niveles de los índices de desempeño mostrados en la sección anterior, realizando el ejercicio de Alpha's para todos los últimos días hábiles de cada mes durante el periodo seleccionado, tanto para los rendimientos mensuales del IPC como para el portafolio 1. De esta forma se identifica el exceso de rendimiento obtenido por haber invertido en el portafolio 1 en vez de haber elegido el IPC.



En la gráfica 2 se muestra la distribución de frecuencias de Alpha's mensuales donde como se observó anteriormente, dado que existe  $t$  tal que  $IP1_t < IIPC_t$ , existen también  $\alpha_{m_t} < 0$ ; lo que implica que existen periodos donde el IPC muestra un mejor desempeño que el portafolio 1.

Como se reflejó en la sección previa, lo que podrá mostrar la eficiencia del portafolio 1 es que  $P(\alpha_{m_t} < 0) < P(\alpha_{m_t} > 0)$ . El resultado es factible dado las siguientes características:

- Media positiva; esto significa que en promedio será más eficiente el portafolio 1
- Sesgo positivo; lo que implica que la distribución en caso de mostrar valores extremos estos tendrán valores positivos, por lo que en caso de que los rendimientos se encuentren fuera de la media será en beneficio del portafolio 1.
- La distribución es asimétrica.

Con la finalidad de corroborar estas observaciones se propone lo siguiente:

- Dada la asimetría de la distribución se observa que la diferencia en colas a partir de  $|\alpha_{m_t}| > 3\%$ , y observando las frecuencias donde  $|\alpha_{m_t}| > 3\%$ , se puede afirmar que:

$$P(\alpha_{m_t} > 3) \approx P(\alpha_{m_t} < -3) + 28\%.$$

Con el objeto de validar lo anterior se obtienen las siguientes estadísticas descriptivas:

Media	0.09429%
Error típico	0.003130421
Mediana	0.23456%
Moda	1.00%
Desviación estándar	0.026562502
Varianza de la muestra	0.000705567
Kurtosis	2.289598826
Coefficiente de asimetría	0.777918209
Rango	0.149210996
Mínimo	-0.048598071
Máximo	0.100612925

Con esto podemos concluir que  $P(\alpha_{m_t} < 0) < P(\alpha_{m_t} > 0)$ , sin embargo esto no ocurre de manera contundente. En esta muestra de alphas mensuales se observa que el 53% de las observaciones, el portafolio 1 fue superior al IPC pero no deja ser importante el observar que los datos negativos no ocurran con una magnitud significativa en comparación con los datos positivos.

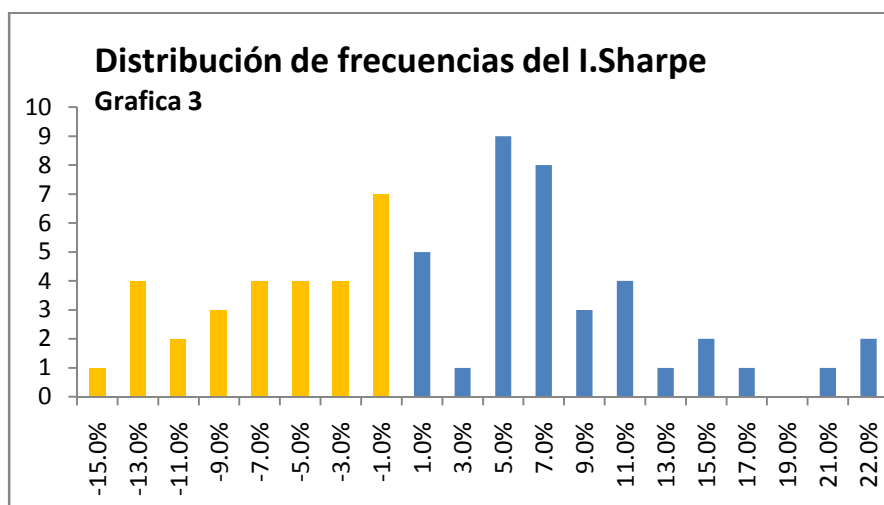
### ***Índice de Sharpe (Sharpe F. Willimas 1994)***

Mediante este análisis se puede observar la relación entre dos medidas como lo son la media y varianza que podrán ser resumidas en una sola. Con dicha medida se pretende resolver las siguientes preguntas:

¿Se obtuvieron rendimientos superiores a causa de haber aumentado el riesgo, i.e., el portafolio 1 tiene una mayor exposición al riesgo en comparación al IPC?

¿Fue una decisión correcta escoger el portafolio 1?

Se sabe que el cálculo del índice de Sharpe no es una medida independiente al tiempo, sin embargo, se intenta atenuar dicha dependencia mediante la generación del índice de Sharpe como una medida mensual durante un periodo de tiempo largo.



Es importante recordar que esta medida no toma en cuenta correlaciones, y al haber un alto grado de asociación entre el índice IPC con respecto al portafolio 1, tiene sentido tener preferencia sobre el portafolio cuyo índice de Sharpe sea mayor.

Analizando la gráfica 3, la distribución de frecuencias del Índice de Sharpe muestra que el 56.06% de las observaciones tienen un I.de Sharpe positivo, mostrando que el 56.06% de las decisiones tomadas (donde se escogió al portafolio 1 como vehículo de inversión) fueron mejores dando un mayor rendimiento con menor riesgo. Sin embargo, el 43.9% de las observaciones mostraron que la inversión en el portafolio 1 implicó menores rendimientos y un mayor riesgo. Sigue siendo relevante observar la magnitud de dichos eventos.

Al generar los cálculos del impacto por magnitud a través del I.de Sharpe, podemos ver que la magnitud de los datos positivos es de 62% mientras que los datos negativos abarcan el 37.5% del impacto; mientras que otro dato favorecedor es la media al 1%.

Por lo tanto, al observar la magnitud se aprecia que el portafolio 1 es más eficiente si concluimos a través de esta medida en particular.

### ***Conclusiones sobre Portafolio 1***

Si bien el portafolio 1 es una alternativa de inversión viable, en todos los análisis realizados resulta mejor al IPC, es decir, en promedio entre el 55% y el 60% de las ocasiones es mejor el portafolio 1 que el IPC. Sin embargo al ser tan poco significativos sus beneficios, su construcción podría ser igualmente costosa respecto a su exceso de rendimiento sobre el IPC de manera que el administrador del portafolio podría ser indiferente al invertir en uno o en otro portafolio.

Debido a lo anterior podría sugerirse alguna modificación a fin de mejorar su desempeño, para esto tenemos que buscar disminuir las pérdidas en momentos de tendencia a la baja de precios, ya que en periodos de movimiento lateral sería más difícil generar rendimientos por las siguientes razones:

- ***El propósito del análisis técnico es identificar el inicio de tendencia de los precios***, para así realizar las transacciones de compra y venta en el sentido de dicha tendencia; esto basado en que uno de los fundamentos lógicos de este análisis es que los precios se mueven por tendencia (Carloca Ramos, 1998). Es por eso que en movimientos laterales al no haber tendencia alguna resulta poco efectiva la estrategia.
- En el supuesto de que los indicadores técnicos detectarían oportunamente los periodos cortos de alza y baja de un movimiento lateral, ***el portafolio 1 debería rebalancearse continuamente*** sin embargo, esto no se puede llevar a cabo debido a la restricción de rebalanceo mensual, restricción que cuestiona la viabilidad de construcción del portafolio y que es imposible omitir.

Sin embargo, para disminuir las pérdidas en periodos de baja es importante analizar el motivo por el cual surgen, ya que las pérdidas pueden ser más importantes que las del IPC como se vio en el periodo de agosto a diciembre del 2008. Mediante el análisis del portafolio 1 se encontraron los siguientes argumentos:

- El portafolio 1 siempre contiene menos activos que el IPC de tal forma que tiene menor diversificación de riesgo, esto ocurre debido a las restricciones de construcción del portafolio, generadas para dar factibilidad vía liquidez.
- En un periodo de precios con tendencia a la baja, teóricamente el indicador ADX debe mostrar tendencia, de manera que ajuste el parámetro de tiempo para el indicador R.Williams, por lo que, el algoritmo debe ir mostrando señales de venta generalizadas dependiendo el nivel de caída de precios que muestre cada acción. De lo anterior se espera que el portafolio 1 contenga un menor número de activos conforme pasen los meses de tendencia a la baja y las acciones confirmen sus señales de venta. Sin embargo, dado que el portafolio 1 se rebalancea mensualmente es natural que en el primer y segundo mes del periodo de precios a la baja, muchas acciones se hayan conservado en el portafolio ya que el rebalanceo pudo haber sido previo a la confirmación de la señal de venta; es importante recordar que el algoritmo es lento para confirmar señales, ya que confirmar señales con niveles de R.Williams de 50 es más estricto.
- A todo movimiento de tendencia de una acción, pueden seguirle periodos cortos de correcciones, para luego llegar a periodos de correcciones mayores que cambiarán la tendencia. Los periodos cortos de corrección pueden generar falsas alertas del fin de tendencia y aumentar señales de compra fallidas.

## ***Modelo para el Portafolio 2***

### ***Propuesta***

Al tratar de solucionar las fuertes pérdidas de periodos de movimientos lateral y de precios a la baja, se formulan las siguientes preguntas:

¿Qué pasaría si las pérdidas en periodo de precios a la baja solo fueran como máximo las pérdidas de IPC?

¿Se pueden conservar únicamente los beneficios del portafolio 1?

Las respuestas a estas preguntas se encuentran en la construcción del portafolio 2, ya que este propone utilizar las ventajas del portafolio 1 al mismo tiempo que disminuir las pérdidas, mediante la creación de un portafolio con la siguiente metodología:

1.- Se aplicará el algoritmo del portafolio 1 sobre el IPC, generando así señales de entrada y salidas para el mismo.

2.- Una vez obtenidas las señales del paso 1, en fecha de rebalanceo se observa y se opera de la siguiente forma:

a) Si se obtiene una señal de salida sobre el IPC, entonces se opera paradójicamente de manera contraria, comprando al IPC.

Al encontrarse el mercado con tendencia a la baja y por lo tanto marcar una señal de salida, la mejor opción es la compra de IPC dado el mal desempeño del portafolio 1 en estos periodos; fenómeno observado empíricamente.

b) Si se obtiene una señal de entrada sobre el IPC entonces, se compra el portafolio 1.

Esto debido a que en periodos de alza de precios el portafolio 1 muestra mejor desempeño, como se vio en el capítulo anterior.

Este portafolio no pierde sus características de viabilidad ya que cuenta con un solo rebalanceo mensual, que incluso pudiese ser más sencillo en caso de que el mecanismo de selección se refiera a la compra de IPC, detalle que también haría más económica la transacción.

### ***Muestra del Portafolio basado en el Modelo 2***

En esta sección de la misma manera que se hizo para el portafolio 1, se describen las principales características de composición del portafolio 2, mismas que explican de mejor manera las reglas de composición y construcción del mismo.

Se recuerda que la notación de esta sección es la siguiente:

- ...  $NB_{t-1}$  es el número de series contenidas en el IPC el día t-1.
- ...  $P_{IPC}$  es el portafolio del IPC.
- ...  $M2_i$  es la función cuyo resultado será el de la aplicación del modelo 2
- ...  $NP2_t$  como el número de series contenidas en el portafolio 2

a. Tamaño.- Nótese que no podrán haber más series que las que existen en  $P_{IPC}$ , de manera que,

$$0 \leq NP2_t \leq NB_{t-1}$$

b. Revisión y Permanencia.- Las emisoras contenidas se revisarán de manera mensual, el día 15 de cada mes o en caso de día inhábil, el rebalanceo se realizará día hábil anterior.

c. Criterios de selección.- Son parte del Portafolio toda serie  $i$  tal que,

a.  $i \in P_{IPC}$

b.  $i \in MC$       donde  $MC = \{ i \mid M2_i = \text{momento de compra} \}$

d. Criterios para Exclusión.-No serán consideradas para el portafolio 2:

- i. Emisoras extranjeras.
- ii. Emisoras que no se encuentren en el IPC.
- iii. Emisoras que no se encuentren en momento de compra, según el Modelo 1 del presente trabajo.
- iv. Emisoras cuyo índice individual de la emisora misma con inicio en la fecha 03/08/2007, se sobreponga al índice individual de la emisora misma pero bajo el algoritmo.

e. Ponderación.- Sea  $W_i \leq 1$  el peso de ponderación a invertir para toda  $i$  tal que:

a.  $i \in MC$

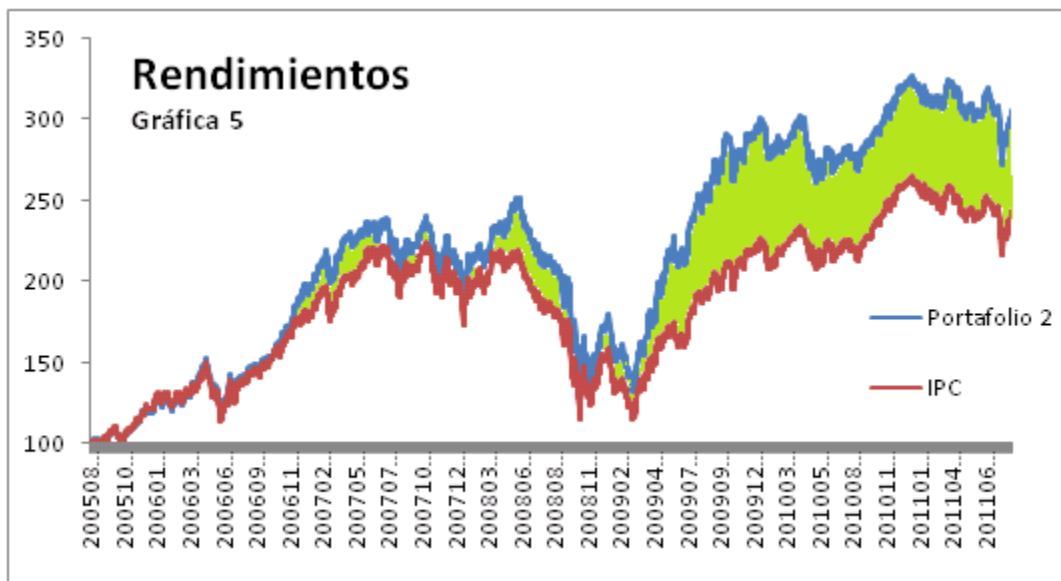
b.  $\sum_i W_i = 1$

Entonces para todo  $i$ ,  $W_i = \frac{1}{NP2t}$



## Resultados

Se realizó una prueba histórica del desempeño en rendimiento del modelo 2 durante un periodo de 6 años, de 02/08/2005 a 31/08/2011; Base 100 al 02/08/2005.



En la gráfica 5 se puede observar la superioridad del portafolio 2, ya que el índice del portafolio 2 se encuentra sobre el índice del IPC el 90.8% de las observaciones.

Es importante mencionar que posteriormente se revisará en diversos análisis la preferencia sobre el portafolio 2 a través de la magnitud de sus rendimientos sobre el IPC, aunque es apreciable que después de un periodo de 6 años el portafolio 2 muestra un rendimiento en exceso sobre el IPC del 62% y de 55% sobre el portafolio 1, cumpliendo así uno de los objetivos primordiales del portafolio 2.

A continuación se realiza de la misma manera que con el portafolio 1 el análisis de alphas y del índice de Sharpe.

## Análisis de Alphas

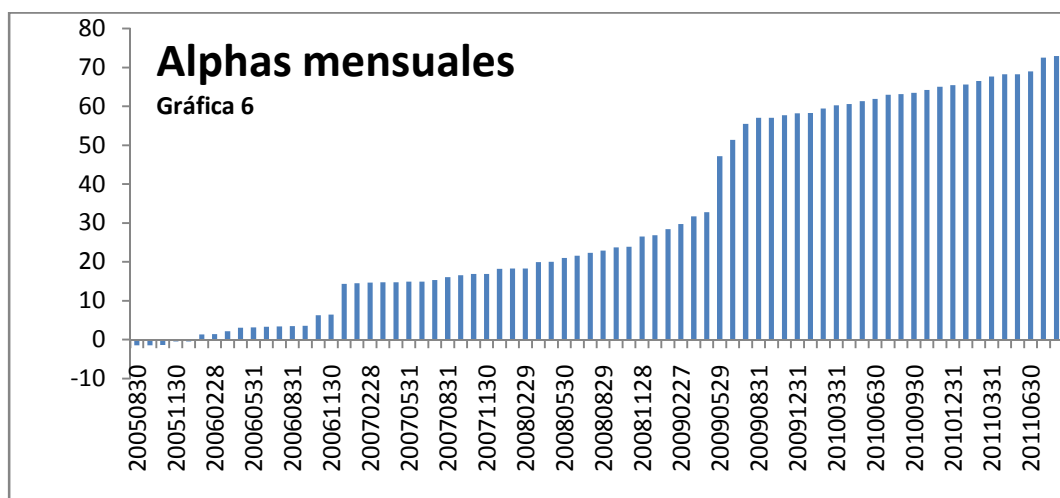
Para esta sección se utiliza la notación siguiente:

- ...  $\alpha_t$  es el alpha mensual del periodo t correspondiente al exceso de rendimiento del portafolio 2 respecto al IPC.
- ...  $IIPC_t$  es el índice creado a través del IPC en el momento t.
- ...  $IP2_t$  es el índice creado a través del portafolio 2 en el momento t

La finalidad de este análisis es responder bajo un análisis mensual las siguientes preguntas:

¿El portafolio 2 es significativamente superior al IPC?

En los periodos en los que se obtuvieron alphas negativas, ¿Como se observa su distribución y magnitud?



La gráfica muestra un desempeño superior en el rendimiento del portafolio 2, ya que cuenta con el 93% de las alphas mensuales positivas. Además de tener un impacto en magnitud realmente alto y significativo, al mostrar que las alphas negativas obtenidas fueron realmente pequeñas, dejando un impacto negativo en el portafolio de 0.22%, y dejando un impacto negativo creciente del 99.78%.

Se cumple la ecuación  $P(\alpha_t < 0) < P(\alpha_t > 0)$  dado  $IP1_t < IPC_t$  para la mayoría de los tiempos  $t$ , lo cual queda demostrado con el párrafo previo. Sin embargo se puede ver afectado este análisis mensual para los meses finales al ser exponencial el crecimiento en los rendimientos de portafolio 2, es decir, al crecer los rendimientos fuertemente en periodos medios, los niveles del índice se hacen tan grandes que empieza a perder sentido el cálculo de alphas. (Recordemos que el cálculo de alphas es la comparación de índices)

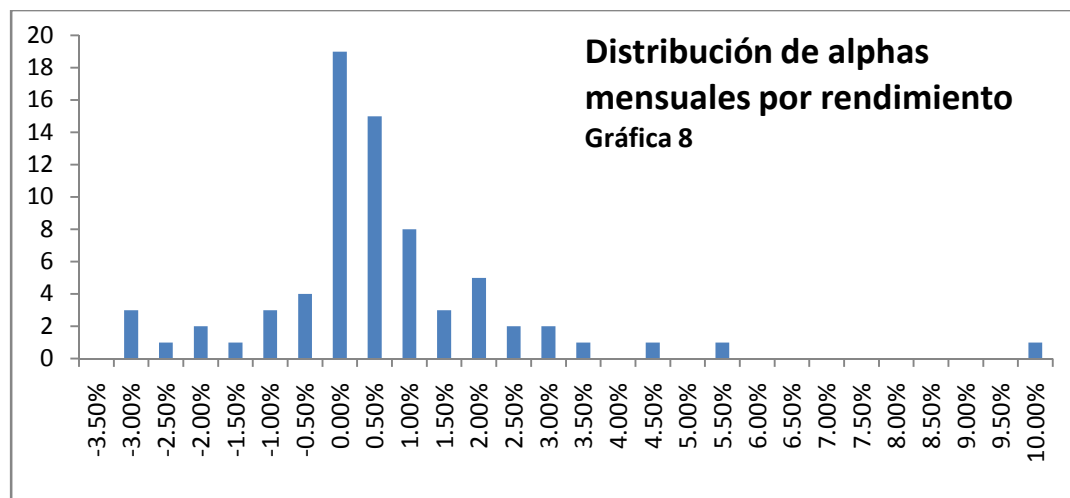
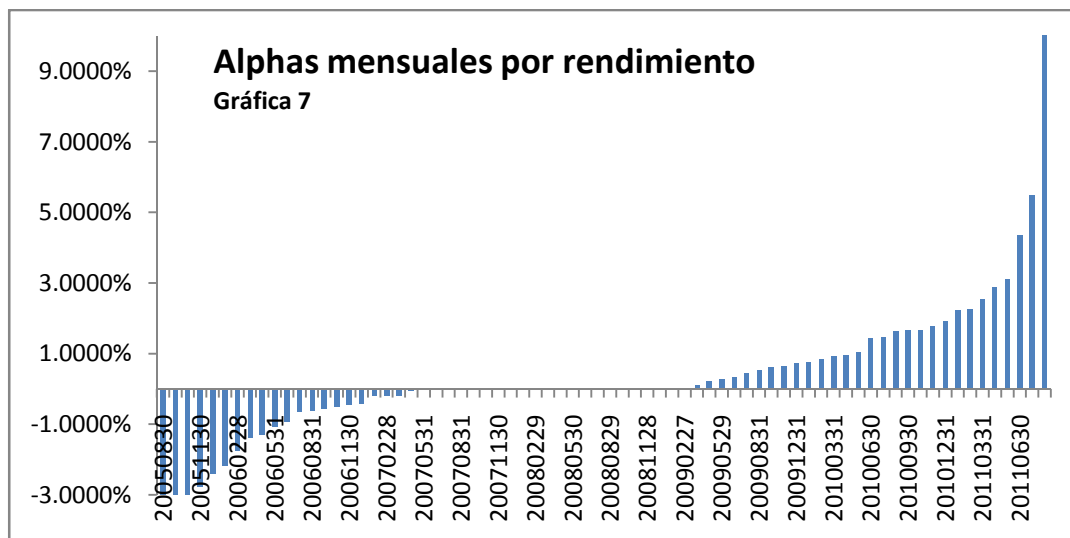
Lo anterior hace referencia a la posibilidad de que el análisis de alphas nos muestren resultados aparentemente positivos (alphas positivas), pero lo que en realidad muestran es que debe hacerse un análisis más profundo, por esta razón se da el siguiente ejemplo.

Supóngase el  $IP2_t$  y el IPC empiezan al mismo nivel, 100, y por alguna razón el  $IP2_t$  alcanza un nivel de 138 (38% de rendimiento) en los primeros 3 meses (por algún rendimiento extraordinario) y de ahí en adelante bajara en 5% mes por mes, mientras que el

IPC subiera 5% mensual. Esto mantendría alphas positivas durante casi todo el periodo, debido a que el  $IP2_t$  siempre estaría sobre el IPC por rendimiento extraordinario, sin reflejar el desmejoramiento constante del  $IP2_t$  y la evolución constante de IPC. De cualquier manera se obtendría una grafica con alphas positivas pero decrecientes, es decir, la ventaja del rendimiento extraordinario se perdería con el tiempo.

Este comportamiento de alphas decreciente no se observa en nuestro caso, sin embargo es importante mencionar que no se muestran estas falsas señales en la gráfica de alphas.

De cualquier forma, se realizó otro pequeño análisis de alphas sólo que esta vez sobre rendimientos, no sobre los niveles, obteniendo la siguiente gráfica:



En las gráficas 7 y 8 se observan datos más comparables, con el 40.3% de las ocasiones en que se obtienen alphas positivas, el 29.2% negativas y el 30.6% en cero; esto último debido a que el algoritmo tiene la opción de tomar por completo la inversión sobre el IPC si así lo considera el algoritmo y por lo tanto se ve reflejado el efecto de dicha decisión.

Por otra parte es importante notar que se obtienen 11.1% mas alphas positivas que alphas negativas, sin embargo no se debe dejar de lado la magnitud de estas ocasiones, donde se observa que el impacto de las alphas positivas es del 66% y el impacto de las alphas negativas es del 34%, impactando positivamente casi el doble.

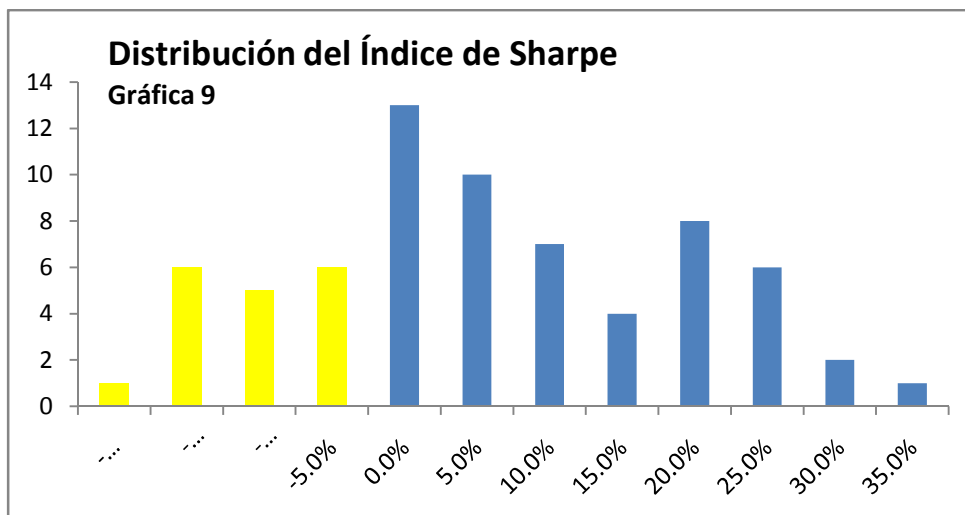
Las estadísticas descriptivas de la distribución de la gráfica 8 son las siguientes:

Media	0.355%
Error típico	0.00225873
Mediana	6.0507E-15
Moda	0
Desviación estándar	0.01916599
Varianza de la muestra	0.00036734
Kurtosis	9.06449628
Coefficiente de asimetría	1.96522659
Rango	0.13374673
Mínimo	-0.03313381
Máximo	0.10061292
Suma	0.25579255
# observaciones	72
Nivel de confianza(95.0%)	0.00450379

En la tabla anterior se observa que la desviación estándar, el mínimo y la varianza son menores en comparación al portafolio 1, lo cual demuestra que no sólo se obtienen mejorías en cuestión del rendimiento, sino también en la volatilidad sin dejar de mostrar una media positiva y un máximo importante.

### *Análisis del Índice de Sharpe*

A continuación se muestra la gráfica de la distribución del índice de Sharpe mensual sobre el rendimiento y no sobre los niveles de índice, para evitar posibles sesgos:



En la gráfica 9 podemos observar que la moda se encuentra alrededor del cero, esto debido a que como ya se mencionó antes, el algoritmo toma en varios periodos al IPC; esto ocasiona que el riesgo beneficio de ambos portafolios sea el mismo en estos periodos.

Por esto es importante analizar los periodos donde el portafolio 2 no toma únicamente al IPC, es decir los periodos donde el índice de Sharpe no es 0. En dichos periodos observamos que el número de ocasiones en que el índice de Sharpe es positivo, 56%, casi el mismo respecto al portafolio 1, sin embargo el número de ocasiones en que el índice de Sharpe es negativo disminuye ligeramente debido a la situación explicada en el párrafo anterior.

Es importante notar que el aumento del porcentaje de decisiones positivas de riesgo beneficio con el portafolio 2 a un 64%.

### ***Conclusiones sobre el Portafolio 2***

A través de los análisis realizados sobre el portafolio 2 podemos decir que es una alternativa que cumple nuestro objetivo, ya que desde el punto de vista de este análisis se logra construir un portafolio más eficiente respecto al IPC e inclusive al portafolio 1.

Lo anterior debido a que se logra mantener el índice de Sharpe en un porcentaje positivo muy parecido al del portafolio 1, manteniendo así las ventajas del portafolio 1, pero al mismo tiempo la disminución del porcentaje de ocasiones de índice de Sharpe negativo, lo que implica que se ha reducido el riesgo del portafolio, en comparación con el portafolio 1 al darle la opción de cambiar las pérdidas del portafolio 1 por las del IPC.

Por otra parte se observa una mejora en el análisis de alphas mensuales, al tener alphas positivas en más de un 90 % y ser éstas crecientes, además en el análisis de las alphas por rendimiento sigue siendo superior el portafolio 2. Lo anterior junto con los resultados de rendimiento analizado, permite concluir que se ha logrado construir un portafolio basado en el IPC, con niveles de rendimientos superiores a éste; mejorando la relación riesgo beneficio, y con una construcción menos costosa.

## ***CONCLUSIONES***

Los modelos algorítmicos presentados muestran alternativas de inversión usando las ventajas del análisis técnico, principalmente la relatividad de los precios reflejada en la ciclicidad de los mercados, mejorando la herramienta mediante la combinación de dos indicadores y logrando así un modelo eficaz y confiable. Esto compensando debilidades o faltas de uno u otro indicador.

Una de las principales características de los modelos presentados en este trabajo es la factibilidad de implementación a través de su rebalanceo mensual y de su composición con acciones de alta bursatilidad, generando así liquidez en el portafolio en caso de que así se requiera. Esto hace el modelo real y aplicable en el mercado bursátil mexicano.

El presente trabajo logra su principal objetivo mediante el desarrollo del portafolio 2, el cual muestra ser eficiente en términos de rendimiento sin aumentar el riesgo, esto en comparación con el principal vehículo de inversión accionario en México, el IPC; mostrando así que existen diferentes formas de crear mejores alternativas de inversión.

Nuestros resultados nos ayudan a recordar que el principal objetivo del IPC es expresar el desempeño del mercado bursátil mexicano, constituyendo un indicador válido; y no necesariamente el vehículo de inversión óptimo.

También es importante resaltar que ambos modelos muestran algunos problemas en periodos de movimiento lateral, lo que implica menor eficiencia; esto es consistente con el tipo de análisis escogido para desarrollar los modelos. El análisis técnico, se basa en la detección de tendencias y sus secuencias, por lo tanto se conoce su vulnerabilidad en periodos de movimiento lateral.

Observamos en el presente trabajo, que al combinar diferentes herramientas del análisis técnico con el fin de compensar las debilidades individuales de cada indicador, se logra una mayor eficiencia en las decisiones de inversión.

Así mismo, resaltamos que existen modificaciones que se pueden llevar a cabo a estos modelos. Una posible extensión de estos modelos no incluida en el presente documento es la inclusión de posiciones cortas de las mismas acciones, pero tomando señales inversas de compra y venta del mismo oscilador, y las mismas señales sobre ADX, ya que seguirá siendo de interés saber la fuerza de la tendencia de precios a la baja para mantener estas posiciones cortas.

## *Glosario:*

- Rebalanceo.- Entrada y salida de activos en el portafolio para el cálculo de un índice.
- Liquidez.- Disposición inmediata de fondos financieros y monetarios para hacer frente a los compromisos económicos (liquidaciones, comisiones, cuotas, impuestos, etc). En los títulos de crédito, valores o documentos bancarios, la liquidez significa la propiedad de ser fácilmente convertibles en efectivo.
- Serie.- Acción individual objeto de inversión operada en la BMV y parte alícuota de alguna empresa representativa del capital de la misma.
- BMV.- Bolsa Mexicana de Valores
- Índice individual de la emisora misma.- Si se generará un índice donde el portafolio puede ser únicamente la acción i o nada basando la decisión en la aplicación del algoritmo principal del portafolio 1, sería este un índice individual.
- Sobrecomprado: Expresión generalmente usada con referencia a un oscilador. Cuando un oscilador alcanza un extremo inferior, se cree que el mercado ha bajado demasiado y está a punto de reaccionar a la alza. (Murphy John,1999)
- Sobrevendido: Expresión generalmente usada con referencia a un oscilador. Cuando un oscilador alcanza un extremo superior, se cree que el mercado ha subido demasiado y está a punto de reaccionar a la baja. (Murphy John,1999)
- Alpha: exceso de rendimientos. En una ecuación de regresión se reflejan dos partes, el movimiento del portafolio dado el movimiento del mercado y otra parte refleja la habilidad de superar al mercado. (McNulty Daniel, 2011).
- Bursatilidad.- Se le denomina así a la facilidad que tiene cierto valor para comprarse o venderse, en comparación con el número total de títulos operados en cierto tiempo.



## ANEXO 1

La clasificación de bursatilidad otorgada por la BMV se encuentra como alta, media, baja y nula bursatilidad; sobre la cual está basada la selección de acciones candidatas a ser utilizadas dentro del portafolio 1 y 2.

La metodología de dicha clasificación es creada y aplicada por la BMV, y se muestra a continuación

### ***Introducción***

El índice de bursatilidad es un indicador del mercado accionario mexicano, que mide el nivel de negociación de cada una de las series accionarias que participan en él. Los elementos básicos para la generación de este indicador son: el importe operado en un lapso de seis meses, lo mismo que el número de operaciones; así como el importe representativo por operación durante el mismo intervalo de tiempo.

### ***Metodología***

#### ***Variables Básicas***

*El importe operado* es el monto en pesos, producto del volumen por el precio de cada operación registrada para cada serie accionaria durante un periodo de seis meses.

*El número de operaciones* es la suma de las transacciones realizadas por una serie accionaria (Telmex L, Walmex V, Cemex CPO, etcétera), durante un periodo de seis meses.

*El importe representativo por operación* se define como la mediana estadística del importe registrado en cada una de las operaciones para una serie accionaria cualquiera durante un periodo de seis meses.

#### ***Aplicación del procedimiento para calcular el Índice de bursatilidad***

Una vez obtenidas las tres variables operativas antes descritas para cada una de las series accionarias, se les da el siguiente tratamiento:

Para determinar la mediana de cada serie accionaria, se ordenan de forma ascendente o descendente por importe; las operaciones registradas durante los seis meses previos a la fecha del cálculo. El valor que se ubique en la parte central de esta ordenación corresponde a la mediana.

Una vez establecidas las tres variables operativas para cada una de las series accionarias, se aplica una ecuación que incluye funciones logarítmicas a fin de reducir la brecha (manteniendo las posiciones) entre las emisoras con “gran importe y operaciones” y aquella que registran “poco importe y número de operaciones”. Tal es el caso de AMX L.

La ecuación que se aplica para determinar el lugar que deberán ocupar cada una de las series accionarias en función de su importancia operativa es la siguiente:

Se aplica una ecuación con una transformación logarítmica para cada una de las series accionarias que da como resultado un valor numérico que oscila entre cero y diez, y que representa la calificación de bursatilidad de cada serie. La calificación de diez sólo se puede obtener, en caso de que alguna emisora registre para las tres variables básicas, los valores máximos de todas las emisoras analizadas.

Mientras mayor es la calificación de una serie accionaria, mayor es su bursatilidad y viceversa.

La aplicación de logarítmicos para la obtención de índice de bursatilidad, tiene por objeto reducir la distancia entre las emisoras con “gran importe y un gran número de operaciones” y las emisoras con “pequeño importe y pocas operaciones”, tal es el caso de AMXL y TEKCHEM A (en su momento), donde el importe operado por la primera representa más de 80 mil veces el operado por la segunda. Con la aplicación de logaritmos se reduce la amplia diferencia entre ambos importes, pero se asigna una mayor bursatilidad a AMXL.

La ecuación empleada es la siguiente.

$$IB = \left[ \frac{\ln(I_i/I_{min}) * \gamma_1}{\ln(I_{max}/I_{min})} + \frac{\ln(O_i/O_{min}) * \gamma_2}{\ln(O_{max}/O_{min})} + \frac{\ln(IO_i/IO_{min}) * \gamma_3}{\ln(IO_{max}/IO_{min})} \right]$$

Donde:

$I_i$  = Importe operado en los últimos seis meses de la emisora i.

$I_{max}$  = Importe correspondiente a la emisora con el máximo importe acumulado en los últimos seis meses precios al cálculo.

$I_{min}$  = Importe correspondiente a la emisora con el mínimo importe acumulado en los últimos 6 meses previos al cálculo.

$O_i$  = Número de operaciones acumuladas por la emisora i, en los últimos seis meses previos al cálculo.

$O_{max}$  = Número de operaciones correspondiente a la emisora con el máximo número de operaciones acumuladas en los últimos seis meses previos al cálculo.

$O_{min}$  = Número de operaciones correspondiente a la emisora con el mínimo número de operaciones acumuladas en los últimos seis meses previos al cálculo.

$IO_i$  = Importe representativo por operación de la emisora  $i$  (mediana del importe) durante los últimos seis meses previos al cálculo.

$IO_{max}$  = Importe representativo por operación correspondiente a la emisora con el máximo valor, durante los últimos seis meses previos al cálculo.

$IO_{min}$  = Importe representativo por operación correspondiente a la emisora con el mínimo valor, durante los últimos seis meses previos al cálculo.

$\gamma_i$  = Ponderación asignada a cada variable básica, su valor oscila entre cero y uno, para toda  $i$  donde  $i \in \{ 1, 2, 3 \}$ .

El índice de bursatilidad se calcula actualmente con los siguientes valores:

$$\gamma_1 = 0.6$$

$$\gamma_2 = 0.3$$

$$\gamma_3 = 0.1$$

### ***Niveles de bursatilidad***

El 25% del total de las series con el mayor nivel de bursatilidad, pertenecen al estrato de alta bursatilidad, el siguiente 25% correspondiente a las de media, el siguiente 25% a las de baja y el último 25% de las emisoras con menor nivel de bursatilidad, pertenecen al estrato de mínima bursatilidad.

## ANEXO 2

### Introducción

El indicador ADX se utiliza para cuantificar la fuerza de una tendencia, sus cálculos se basan en un promedio móvil de la expansión de un rango de precios durante un período determinado de tiempo (n). El valor predeterminado es de 14 periodos, aunque otros periodos de tiempo pueden ser utilizados.

El ADX se representa como una línea con valores que van desde un mínimo de cero a un máximo de 100. El ADX no es direccional, sino que registra la fuerza de la tendencia si el precio se inclina hacia arriba o hacia abajo. Este indicador se suele representar en la misma ventana que los dos direccionales movimiento indicador (DMI), de las cuales se derivan las líneas del ADX. Las cuales se observan en el gráfico A.



Fuente: TD Ameritrade Strategy Desk en Investopedia  
Gráfica 10 – ejemplo ADX

La figura 1 es un ejemplo de una tendencia ascendente que cambia a una tendencia a la baja. Observe cómo el ADX se incrementó durante la tendencia alcista, cuando + DMI se encontraba sobre -DMI. Cuando el precio cambia su tendencia, el DMI- cruza por encima del DMI +, y el ADX se levanta otra vez para medir la fuerza de la tendencia alcista.

Los valores también son importantes para distinguir entre una tendencia y un movimiento lateral (es decir tendencia ausente o débil).

Valor de ADX	Fuerza de la tendencia
0-25	Tendencia ausente o débil
25-50	Fuerte tendencia
50-75	Muy fuerte tendencia
75-100	Tendencia extremadamente fuerte

Para poder calcular el nivel actual de indicador  $ADX_{t,n}$  con los precios de los últimos  $n$  periodos o sesiones, será necesario conocer a detalle los siguientes indicadores involucrados en el cálculo

### **INDICADORES PREVIOS**

**“True Range” (el verdadero rango) (Hornedo Juan, 2011; Graziano Juan, 2011)**

Este indicador mide el rango de operación diario de una acción más cualquier diferencia con el cierre del día anterior.

$$T_{t,n} = \max_t \{A_t, B_t, C_t \mid A_t = (H_t - L_t), \quad B_t = |H_t - C_{t-1}|, \quad C_t = |L_t - C_{t-1}|\}$$

Donde:

$H_t$  = Precio más alto en las operaciones del día de hoy (t)

$L_t$  = Precio más bajo en las operaciones del día de hoy (t)

$C_{t-1}$  = Precio de cierre del día anterior (t-1)

**“Positive and Negative Directional Movements (+DM y -DM)” (Movimientos direccionales positivos y negativos) (Hornedo Juan, 2011; Graziano Juan, 2011)**

Estos son dos indicadores que miden la dirección positiva (+DM) o negativa del mercado (-DM), es decir, sirve para determinar la presencia de movimientos de tendencia alcista en un momento determinado; estos son determinados con las siguientes reglas:

$$-DM_t = \begin{cases} |L_t - L_{t-1}|^{**} & \text{Si } H_t < H_{t-1} \text{ , } L_t \leq L_{t-1} \\ 0^* & \text{Si } H_t > H_{t-1} \text{ , } L_t \geq L_{t-1} \end{cases}$$

$$+DM_t = \begin{cases} H_t - H_{t-1}^* & \text{Si } H_t > H_{t-1} \text{ , } L_t \geq L_{t-1} \\ 0^{**} & \text{Si } H_t < H_{t-1} \text{ , } L_t \leq L_{t-1} \end{cases}$$

\*\* En los casos que no se han mencionado anteriormente, como:

$$H_t > H_{t-1} \text{ y } L_t < L_{t-1}$$

$$H_t < H_{t-1} \text{ y } L_t > L_{t-1}$$

Donde  $\frac{H_t}{H_{t-1}} < \frac{L_t}{L_{t-1}}$  entonces asignaremos a  $+DM_t$  y a  $-DM_t$  estos los valores.

\* En los casos mencionados anteriormente, como:

$$H_t > H_{t-1} \text{ y } L_t < L_{t-1}$$

$$H_t < H_{t-1} \text{ y } L_t > L_{t-1}$$

Donde  $\frac{H_t}{H_{t-1}} > \frac{L_t}{L_{t-1}}$  entonces asignaremos a  $+DM_t$  y a  $-DM_t$  estos los valores.

***“Direccional Movement Indicator (DMI) system” (Sistema de indicadores de movimiento direccional) (Graziano Juan, 2011)***

Este sistema supone que cuando hay una tendencia a la alza de los precios, el precio alto del día en curso debe ser mayor al precio más alto del día anterior. Por el contrario, en un mercado con tendencia a la baja, y precios más bajos del día en curso debe ser menor al precio más bajo del día anterior.

$$+DMI_t = \frac{\sum_n +DM_{t,n}}{n} / \frac{\sum_n T_{t,n}}{n}$$

$$-DMI_t = \frac{\sum_n -DM_{t,n}}{n} / \frac{\sum_n T_{t,n}}{n}$$

Como se puede observar en este sistema se integran los indicadores antes mencionados.

***ADX<sub>t,n</sub> (Graziano Juan,2011)***

Este es un indicador que mide la fuerza de tendencia, sin importar si es positiva o negativa. Cuanto más grande es el valor del ADX, mayor es la tendencia; su cálculo se realiza recopilando los indicadores anteriormente mencionados de la siguiente manera:

$$ADX_{t,n} = \frac{\sum_n DX_{t,n}}{n}$$

Donde:

$$DX_{t,n} = 100 * \left| \frac{(+DMI_t) - (-DMI_t)}{(+DMI_t) + (-DMI_t)} \right|$$

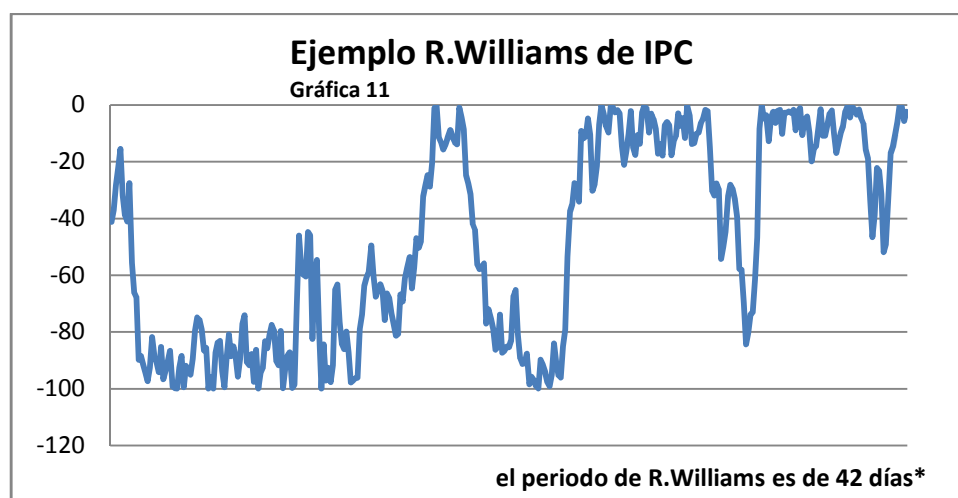
## ***ANEXO 3 (Technical Analysis from A to Z, 2004)***

### ***Introducción***

El indicador R.Williams es un oscilador usado en general para detectar niveles de sobre compra y sobre venta.

Básicamente lo que hace es medir cuan cerca se encuentra el precio de cierre de la última sesión, del máximo o del mínimo de un periodo determinado de tiempo. Hay que recordar que al igual que otros indicadores, puede ser usado para analizar distintos periodos de tiempo ya sea de varios minutos, horas, días, semanas, etc.

Este indicador se dibuja en las gráficas mostrando normalmente valores negativos (por ejemplo, -10%, - 20%).



Al interpretar un valor debemos hacer caso omiso al símbolo negativo. Los valores ubicados entre los rangos de 80 a 100% indican que el valor de la acción o divisas está sobrevendido mientras que los valores entre 0 y 20% indican que está sobrecomprado.

No obstante aunque una lectura indique un claro nivel de sobre compra o sobre venta, se aconseja esperar a que el cambio de dirección se manifieste, antes de entrar o salir del mercado, ya que salir del mercado porque una operación está en sobre-compra o sobre-venta sin constatar los cambios de dirección, puede hacer que dejemos de ganar por anticiparnos y salir antes de tiempo. A la inversa podemos perder si entramos antes de tiempo, convencidos de una corrección o cambio de dirección en el precio, que no se diera o demora mucho en darse; ya que los indicadores de sobrecompra o sobreventa pueden permanecer en una condición de sobrecompra o sobreventa durante mucho tiempo.



El R.Williams funciona mejor en mercados con tendencia, ya que en un mercado con movimiento lateral es más fácil que se generen falsas señales.

Si se especifica un valor pequeño para la longitud del rango de cotización, el estudio es bastante volátil. Por el contrario, un valor grande suaviza el valor del indicador R.Williams, y genera un menor número de señales de trading

***Cálculo de  $RW_{t,n}$***

$$RW_{t,n} = (-100) * \frac{D_t - F_t}{D_t - G_t}$$

Donde:

$D_t$  = Precio más alto en las operaciones del periodo n al día (t)

$F_t$  = Precio de cierre del día de hoy (t)

$G_t$  = Precio más bajo en las operaciones del periodo n al día (t)

n = Periodo de precios o días de operaciones a contemplar

## Biografía

- Antonio de la Torre Gallegos, Utilidad de los nuevos indicadores técnicos en el análisis bursátil. Facultad de ciencias económicas y empresariales, Universidad de Sevilla
- Achelis Steven 2004. *Technical Analysis from A to Z*. Mc Graw Hill
- Carloca Ramos Miroslava 1998. Tesis de acturaria “El análisis técnico, una herramienta para la compra y venta de acciones en el mercado bursátil”. Facultad de ciencias UNAM.
- Carrillo Espejel Merle 2007. Tesis de Economía “Análisis técnico de mercados financieros Mediante meta stock” Facultad de Economía UNAM.
- Días Mata Alfredo 2011. Los osciladores %K y %R del análisis técnico bursátil y una propuesta para mejorar el R%. Revista *Contaduría y Administración*, 203:5-26, octubre-diciembre.
- Graziano Juan Pablo 2011. *Análisis técnico estadístico, principales indicadores y su aplicación al ISR*. Bolsa de Comercio del Rosario: Investigación y desarrollo – Área de capacitación y desarrollo de mercados.
- Hornedo López Ibor Juan 2008. Tesis de Ingeniería Industrial “Sistema de inversión en bolsa a corto plazo” ICAI, Universidad Pontificia Comillas, Madrid
- McNulty Daniel 2011. Adding alpha without risk. En línea: <http://www.investopedia.com/articles/optioninvestor/06/addingalpha.asp>
- Murphy John J. 1999. *Technical Analysis of the financial markets*. Gestion 2009
- Sánchez Flores Leticia 1998. Tesis de actuaría “Mercado accionario y análisis bursátil”. Facultad de ciencias UNAM.
- Sharpe F. Williams 1994, The Sharpe Ratio. *The Journal of Portfolio Management*, Vol. 21, 1: 49-5
- Wyckoff Jim, *Using Larry Williams’ Percent Range Indicator in your trading*. En línea : 2011 <http://www.traderslog.com/williams-r-indicator/>

---