



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA

**“OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE PATRONES DE
RECONOCIMIENTO VISUAL EN SERIES DE TIEMPO
FINANCIERAS”**

T E S I S
**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA
(ELÉCTRICA)**

PRESENTA:

FERNANDO GARCÍA URBINA

DIRECTOR DE TESIS

M. en C. GUILLERMO ARNULFO VÁZQUEZ COUTIÑO



MÉXICO D.F.

Septiembre 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

AGRADECIMIENTOS

A JESÚS DE NAZARET.

Mi gran amigo y guía en mi vida, gracias por darme a una buena mujer y a un buen hombre como padres, y más, al darme como esposa a una mujer llena de amor para mis hijos y para mí, gracias Señor.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

A la Máxima Casa de Estudios, que como una madre amorosa, abre sus brazos a todos los que tienen deseos de conocimiento.

A LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN-UNAM.

Mi escuela querida, donde he seguido viviendo los mejores días de mi vida, y lugar de muy buenos amigos de corazón.

AL CENTRO DE CÓMPUTO DE LA FESC-UNAM.

Para todos mis compañeros del centro de cómputo: Felipe, Luis, Andrés, Dany, Roberto, Víctor, Nora, Oscar, Moisés, Gerardo, y Acuautla; En especial a la Mtra. Socorro Carmona y al Ing. Carlos Vázquez, gracias por su apoyo y por compartir siempre su conocimiento conmigo, a ustedes les dedico este trabajo.

AL DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS

Con respeto y agradecimiento para todos los profesores de este departamento: Ing. Jorge de la Cruz, Ing. José Luz, Ing. Jorge Altamira, Mtra. Celina Urrutia, Ing. Juan Carlos Axotla; en especial al: Dr. Armando Aguilar, Mtro. Juan Contreras, Mtro. José Ramos y al Ing. Oscar Hernández; Gracias por su apoyo y orientación en todo momento.

A LA ESCUELA PREPARATORIA OFICIAL N° 27

A todos los maestros que integran esta escuela, por su apoyo y orientación continua, en especial a: Mtra. Consuelo Armas, Profra. Maria Vargas, Profra. Silvia Cisneros, Prof. Ricardo, Rafael, Elia, Virginia, Susana; y a mis compañeros de equipo: Mtro. Raúl Parra y Marcos Villamil.

A MI TUTOR: M. en C. GUILLERMO ARNULFO VÁZQUEZ COUTIÑO.

Gracias por sus incansables horas de dirección en este trabajo.

AL DISTINGUIDO JURADO.

Por todo el tiempo dedicado a la revisión de esta tesis.

DEDICATORIAS

A DIOS.

Por su amparo en todo momento y más cuando pensaba que no terminaría este trabajo.

A MARIA DOLORES URBINA MONROY Y A ROBERTO GARCÍA LÓPEZ, MIS PADRES.

Por que este trabajo sea para ustedes como un fruto de su esfuerzo sembrado en cada uno de sus hijos; Gracias queridos padres por su amor, y por el gran esfuerzo que han hecho a lo largo de sus vidas, su voluntad de salir adelante es la mejor herencia que tengo de ustedes; Que Dios los bendiga y me permita corresponderles como debe de ser.

A MARIANA FRAGOSO CUANDON, MI ESPOSA.

Por su gran comprensión hacia mi vida y a mi trabajo; Gracias mi querida esposa; Mi gran amor de mi vida; También quiero y busco ser lo mejor para ti; Gracias mi fiel compañera de los buenos y malos momentos.

A DANIELA MARIANA Y LUIS FERNANDO, MIS HIJOS.

Por que desde antes de nacer han sido los puntales de nuestras vidas, y a pesar de que no estamos todo el tiempo juntos, siempre están, junto con su Mamá, en mi mente y corazón; Por lo que significan en nuestras vidas, los amo por siempre.

A MIS HERMANOS MAYORES Y MENORES.

Se los dedico a ustedes como muestra de que Dios y nuestros padres nos han dado ya lo más importante: la vida y la salud, lo demás, depende de cada uno.

A MIS HERMANOS DE LA VIDA.

Este trabajo también se los dedico a ustedes, mis compañeros del tianguis, con ustedes he aprendido a ganarme el pan de cada día, a compartir los buenos y malos momentos que se viven en este trabajo; En especial a : Motita, Don Rubén, Luis, Garduño, y en gran parte a mi padrino, Genaro Islas, por su apoyo en todo momento. Gracias a todos.

A TODOS MIS AMIGOS DEL CENTRO DE CÓMPUTO.

Por los buenos y malos momentos que hemos pasado desde que nos conocemos, por compartir conmigo su amistad y su confianza; Gracias a todos ustedes, hoy puedo dar un nuevo paso en mi vida; Gracias y que Dios los cuide.

CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES, Y FUNCIONES ACTUALES DEL MERCADO BURSÁTIL EN EL MUNDO	1
ANTECEDENTES	1
EL MERCADO BURSÁTIL, HOY	2
FUNCIONES DEL MERCADO BURSÁTIL	3
BOLSAS DEL NUEVO MUNDO	5
HISTORIA DE LA BOLSA MEXICANA DE VALORES (VER ANEXO A)	5
LA BOLSA DE VALORES EN MÉXICO	5
CAPÍTULO II	7
INTRODUCCIÓN A LOS PRINCIPALES ÍNDICES BURSÁTILES (EN PARTICULAR : IPC,DJIA,NIKKEI,NASDAQ)	7
CONCEPTO DE INDICE BURSÁTIL	7
CÓMO SE ELABORAN Y SE CALCULAN LOS ÍNDICES	7
MÉXICO: EL INDICE DE PRECIOS Y COTIZACIONES (IPC)	8
EL ÍNDICE DOW JONES INDUSTRIAL AVERAGE (DJIA)	13
EL ÍNDICE NIKKEI	16
EL ÍNDICE NASDAQ	18
CAPÍTULO III	20
EL CAOS Y LOS MERCADOS FINANCIEROS	20
ORIGEN DEL CONCEPTO: CAOS	20
OTRAS DEFINICIONES DE CAOS :	20
ENFOQUE CLÁSICO DEL CAOS, SUS ATRACTORES EXTRAÑOS E ENTROPÍA	21
UTILIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DINÁMICOS EN LA TEORIA DEL CAOS	22
ATRACTORES EXTRAÑOS, OCULTOS EN SISTEMAS CAÓTICOS	22
CAOS Y SU CONEXIÓN CON LOS MERCADOS FINANCIEROS	24
CAPITULO IV	26
TEORÍA DE LAS CATÁSTROFES : COMPLEJIDAD Y TURBULENCIA EN LOS MERCADOS FINANCIEROS	26
TEORÍA DE LAS CATÁSTROFES	26
TIPOS DE CATÁSTROFES	27
CONCEPTO DE CATÁSTROFE	27
APROXIMACIÓN A LA TEORÍA DE CATÁSTROFES	28
LA TEORÍA DE LAS CATÁSTROFES EN OTRAS ÁREAS	29
CONCEPTOS CLAVE EN LA TEORÍA DE LAS CATÁSTROFES	31
MERCADOS FINANCIEROS : PREVINIENDO LA COMPLEJIDAD Y TURBULENCIA	31
CAPÍTULO V	34
APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS DEL ANÁLISIS DE RECURRENCIA VISUAL A LAS SERIES DE	
TIEMPO DEL: IPC, DOWJONES, NIKKEI Y NASDAQ	34
INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE RECURRENCIA VISUAL	34
PLOT DE RECURRENCIA	35

MATERIALES Y METODOS A USAR EN LAS SERIES DE TIEMPO	36
FUNCIÓN DE INFORMACIÓN MUTUA	36
MÉTODO DE LOS FALSOS VECINOS CERCANOS	37
GENERACIÓN DE LOS GRÁFICOS DE RECURRENCIA VISUAL	38
OBTENCIÓN DE LA ENTROPÍA ESPACIO-TEMPORAL	38
EL ANÁLISIS DE RECURRENCIA VISUAL	39
ANÁLISIS VISUAL	39
ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN DE RECURRENCIA (RQA)	40
CAPÍTULO VI	42
RESULTADOS: OBTENCIÓN VISUAL DE PATRONES DE RECONOCIMIENTO Y ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN DE RECURRENCIA DE LAS SERIES DE TIEMPO DE : IPC, DOWJONES, NIKKEI Y NASDAQ	42
ÍNDICE IPC	43
OBTENCIÓN DE PLOT DE RECURRENCIA IPC	43
OBTENCIÓN DEL ATRACTOR DEL ÍNDICE IPC	44
ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN DE RECURRENCIA POR ÍNDICE	45
ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN DE RECURRENCIA PARA IPC	45
RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE CUANTIFICACION DE RECURRENCIA PARA LA SERIE DE DATOS DEL IPC	45
RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN DE RECURRENCIA, ÍNDICE IPC	48
ÍNDICE DJIA	49
OBTENCIÓN DE PLOT DE RECURRENCIA DJIA	49
OBTENCIÓN DEL ATRACTOR DEL ÍNDICE DJIA	50
ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN DE RECURRENCIA PARA DJIA	51
RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE CUANTIFICACION DE RECURRENCIA PARA LA SERIE DE DATOS DEL DJIA	51
RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN DE RECURRENCIA, ÍNDICE DJIA	53
ÍNDICE NIKKEI	54
OBTENCIÓN DE PLOT DE RECURRENCIA NIKKEI	54
OBTENCIÓN DEL ATRACTOR DEL ÍNDICE NIKKEI	55
ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN DE RECURRENCIA PARA NIKKEI	56
RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE CUANTIFICACION DE RECURRENCIA PARA LA SERIE DE DATOS DEL NIKKEI	56
RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN DE RECURRENCIA, ÍNDICE NIKKEI	58
ÍNDICE NASDAQ	59
OBTENCIÓN DE PLOT DE RECURRENCIA NASDAQ	59
OBTENCIÓN DEL ATRACTOR DEL ÍNDICE NASDAQ	60
OBTENCIÓN DEL ATRACTOR DEL ÍNDICE NASDAQ	60
ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN DE RECURRENCIA PARA NASDAQ	61
RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE CUANTIFICACION DE RECURRENCIA PARA LA SERIE DE DATOS DEL NASDAQ	61
RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN DE RECURRENCIA, ÍNDICE NASDAQ	63

RESULTADOS	64
OBJETIVOS E HIPÓTESIS, Y SUS RESULTADOS	64
RESULTADOS DE LOS OBJETIVOS PRINCIPALES	64
RESULTADOS A OBJETIVOS SECUNDARIOS	65
CONCLUSIÓN DE LA HIPÓTESIS	66
ANEXO “A”	68
HISTORIA MÉXICO: BOLSA MEXICANA DE VALORES	68
CRITERIOS DE SELECCIÓN QUE INTEGRAN LA MUESTRA DEL IPC	69
LOS INTEGRANTES DEL DOW JONES INDUSTRIAL, SON:	70
HISTORIA DEL INDICE NIKKEI	72
QUIÉNES NEGOCIAN EN NASDAQ Y CÓMO SE INTEGRA	75
BIBLIOGRAFÍA	82

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo constituye una nueva herramienta para la toma de decisiones en la inversión de valores, tiene como objetivo analizar las series de tiempo de cuatro índices financieros, obtener e interpretar sus patrones de reconocimiento visual con objeto de entender su comportamiento dentro del mercado bursátil mundial desde un enfoque diferente al habitual, además trata de encontrar la existencia de caos y los posibles cambios de estos índices en base a su sensibilidad a cambios en las condiciones iniciales.

La determinación de invertir tan sólo busca un objetivo: obtener una ganancia que supere a lo invertido; Por lo tanto, toda aquella herramienta que ayude en la toma de decisiones es valiosa; Tradicionalmente se han propuesto dos métodos de análisis distintos para abordar el problema de la selección de inversiones, el más difundido es el “Análisis Fundamental” y como complemento se presenta el “Análisis Técnico” o también conocido como Análisis Gráfico.

Pero además existen otras técnicas de predicción que, por complejas, no han alcanzado el nivel de popularidad de los análisis anteriores; Estos métodos fueron desarrollados a partir de la aparición generalizada de computadoras con gran poder de cálculo; Los hallazgos en la teoría del caos, los estudios en sistemas complejos, la reducción de la dimensionalidad, las redes neuronales y los algoritmos genéticos, son nuevos enfoques al estudio del problema de predicción bursátil.

Los fractales y las teorías de los sistemas dinámicos y del caos han dado lugar a una vertiente de análisis de los mercados que pretende plantear un cambio con respecto al modelo del mercado eficiente para intentar alcanzar una interpretación más general de las fuerzas que subyacen al sistema del mercado de capitales.

Hoy, el quehacer diario del mundo está envuelto en el proceso de la globalización, y los índices financieros son los que marcan el desempeño económico-productivo general de cada país; dentro de este ambiente es importante conocer e interpretar el comportamiento tendiente de los índices financieros, como una herramienta que indica su trayectoria y su tendencia; Desde hace un par de años se ha difundido la utilización del análisis de recurrencia visual en el análisis financiero, como una herramienta útil para detectar no estacionariedad y conductas caóticas en series de tiempo financieras; información que no se mostraba con los análisis habituales.

Con base al objetivo planteado, el desarrollo de este trabajo se divide en los siguientes capítulos:

En el primer capítulo, se muestran los orígenes del concepto mercado que conocemos en nuestros días, los comienzos de los centros donde se negociaban las mercaderías; Así como también el origen del nombre e historia de lo que actualmente conocemos como bolsa. Se hace mención del nacimiento de las primeras “acciones” en el ámbito bursátil.

Se toca la relación tecnológica bursátil en la actualidad, sus funciones principales como receptores de ahorro e impulsores de iniciativas; La historia de las bolsas del nuevo mundo y las principales de América Latina, sin olvidar la de México.

Para el segundo capítulo se desarrolla un marco de referencia de la composición, método de cálculo, objetivos y características de cada uno de los índices (IPC Índice de Precios y Cotizaciones de México, DJIA Dow Jones Industrial Average de Estados Unidos, NIKKEI de Japón y NASDAQ de Estados Unidos) de valores que abordaremos en este trabajo y su significado dentro de la economía en su país de origen.

El tercer capítulo explica sobre los mercados financieros y la teoría del caos[1], este último como el tema de referencia que se relaciona estrechamente con los problemas de estabilidad y equilibrio de los sistemas dinámicos, algunas definiciones¹ y enfoques de la teoría del caos, se introduce el concepto espacio de fase y su importancia, así como el concepto de atractor, sus tipos y la utilidad de ellos en la reconstrucción de la dinámica del sistema representado por la serie de datos de cada uno de los índices financieros.

En el cuarto capítulo hablamos del nexo de la teoría de las catástrofes, los mercados financieros y el caos; La teoría de las catástrofes del matemático francés René Thom, busca investigar y resolver problemas mediante métodos algorítmicos; Al estar estudiando ecuaciones diferenciales no lineales (caóticas), el matemático René Thom encuentra siete tipos de irregularidades (posteriormente llamadas catástrofes), que poco después el doctor Christopher Zeeman² relacionó con lugares topológicos en el espacio de fases donde ocurre un cambio abrupto e impredecible; Se habla sobre los diferentes tipos de catástrofes de esta teoría, su aplicación y relación dentro del mercado bursátil mundial; esta teoría aborda el análisis en los cambios imprevistos que suelen ocurrir en los indicadores económicos mundiales, y todos estos procesos de cambio en donde al final tenemos una modificación total de lo que había antes.

En el quinto capítulo, se da el marco de referencia de las diferentes técnicas usadas para el análisis de series de tiempo, sus alcances y limitaciones que éstas tienen hasta el día de hoy, se introduce la metodología del Análisis de Recurrencia visual (VRA), la cual sobresale por su metodología de análisis, representa una técnica útil para detectar no estacionariedad³, y conductas caóticas en series de

¹ “Comportamiento recurrente y, en apariencia, debido al azar en un sistema determinista simple.” (Bruce Stewart) . “El comportamiento irregular, imprevisible, de sistemas dinámicos deterministas no lineales.” (Roderick V. Jensen)

² The Cusp of Catastrophe: René Thom, Christopher Zeeman and Denis Postle
<http://www.tranquileye.com/everything/cusp.html>

³ características del sistema que no se pueden observar el usar de otros enfoques lineares y no lineares, y esta técnica es especialmente útil para el análisis de sistemas no estacionarios con alta dimensionalidad o dinámicas ruidosas

tiempo⁴; Esta metodología a través de los Plots de Recurrencia visual (RP) y del Análisis de Cuantificación de Recurrencia (RQA) permiten revelar la correlación en los datos, imposibles de detectar en las series de tiempo originales; No requieren ninguna hipótesis en la estacionariedad ni cualquier suposición con respecto a las ecuaciones subyacentes de movimientos de las series de tiempo; Esto es especialmente útil para los casos, en los cuales lo modesto de los datos, permite que se puedan hacer con ellos los análisis clásicos para detectar datos caóticos, pero especialmente tienen la capacidad para detectar la desviación dentro de la serie de datos; Es importante mencionar que en este capítulo, solamente se indican las series de datos de los cuatro índices financieros, que son tema de este trabajo, los cuales se tratarán a través de las funciones de : Información Mutua y Método de los Falsos Vecinos, y la obtención de la Entropía Espacio-Temporal; Y finalmente, solo se habla, de los diferentes aspectos que se toman en cuenta para interpretar tanto los RP's como los RQA's de cada serie de datos; La obtención de los Plots, y, la comparación y análisis entre cada uno de los RP's y los RQA's se desarrollarán en el siguiente capítulo.

La sexta parte de este trabajo, recupera del capítulo anterior, los diferentes datos de cada una de las series financieras que se han estado trabajando (IPC, DOWJONES, NIKKEI y NASDAQ), tomándolos como datos base del VRA, para la generación por cada índice de: El Plot de Recurrencia Visual, y de su respectiva gráfica de serie de tiempo, El análisis e interpretación gráfica del RP y Gráfica, La obtención del atractor en 2 y 3 planos, La comparación entre cada RP y su RQA, interpretando las siguientes medidas o aspectos: La tendencia, Recurrencia y Determinismo, La longitud máxima de la línea diagonal en cada RP, se analizan las mezclas de: Recurrencia, Determinismo, Longitud de Línea y entropía; Determinismo con Recurrencia contra Longitud de Línea y Entropía; Internamente el análisis de Cuantificación de Recurrencia, al evaluar cualquier serie de datos, la divide en un determinado número de épocas, las cuales agrupan a cierto rango de datos; y cada época recibe un valor, estos valores por época nos permitirán interpretar cada uno de los aspectos⁵ mencionados líneas arriba; Con lo anterior obtendremos los resultados, que permitirán caracterizar principalmente, el grado de determinismo o caoticidad particulares a cada uno de los índices, se podrá entender la relación, entre su comportamiento y susceptibilidad a fenómenos externos.

Como trabajo a futuro pretendo hacer un análisis de recurrencia visual, con predicción a un año del caso México, para compararlo con los datos que proporciona la secretaria de economía y el banco mundial, y determinar el grado en que el índice IPC es realmente "conducido" por el libre mercado.

4 Zbilut, Webber, Giuliani, Trulla 2000; J. S. Iwanski 1988.

⁵ Porcentaje de Recurrencia, Determinismo, Longitud promedio de la estructura diagonal, Entropía, Tendencia

PALABRAS CLAVE

Índice financiero, Plot de recurrencia visual, Mercado bursátil, Bolsa de valores, Teoría del Caos, Fractal, Espacio Fase, Teoría de Catástrofes, Análisis de recurrencia, Cuantificación de recurrencia visual

OBJETIVO E HIPÓTESIS

OBJETIVOS PRINCIPALES

- Obtener los plots de recurrencia visual de cada uno de los cuatro índices, y en cada uno identificar y señalar sus patrones de reconocimiento visual, y que sirvan para distinguir y entender el tipo de comportamiento que sufren los mercados financieros, tomándolos como sistemas sensibles a las condiciones iniciales.
- Graficar las series de tiempo de tiempo de cada uno de los índices y señalar por separado los mismos patrones visuales obtenidos en los respectivos plots de recurrencia visual anteriores.
- Realizar la interpretación cuantitativa de datos a través del análisis de cuantificación de recurrencia en cada uno de los índices, para confirmar la caracterización visual que exhiben cada uno de los gráficos de recurrencia visual anteriores.
- Utilizar el Chaos Data Analyzer para obtener los atractores extraños de cada uno de los índices que muestren en mayor o menor grado la existencia de caos en cada una de las series de tiempo financieras.

OBJETIVOS SECUNDARIOS

- A través del análisis no lineal general obtener los valores de información mutua de cada uno de los índices
- A través del análisis no lineal general obtener los valores de los falsos vecinos cercanos de cada uno de los índices
- A través del análisis gráfico de recurrencia obtener los valores de la entropía espacio – temporal de cada uno de los índices

HIPÓTESIS

El reconocimiento de patrones visuales dentro de los plots de recurrencia visual, así como su afirmación con el análisis de cuantificación de recurrencia, permite distinguir y entender el posible comportamiento que sufren los mercados financieros, tomando como punto de partida el análisis de sistemas dinámicos no lineales (la teoría del caos) y la teoría de las catástrofes, así como la utilidad del análisis de recurrencia visual como la herramienta mas adecuada para el reconocimiento de patrones ocultos en las series de tiempo.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES, Y FUNCIONES ACTUALES DEL MERCADO BURSÁTIL EN EL MUNDO

En el primer capítulo, se muestran los orígenes del concepto mercado que conocemos en nuestros días, los comienzos de los centros donde se negociaban las mercaderías, así como también el origen del nombre e historia de lo que actualmente conocemos como bolsa; Se hace mención del nacimiento de las primeras “acciones” en el ámbito bursátil, se toca la relación tecnológica bursátil en la actualidad, sus funciones principales como receptores de ahorro e impulsores de iniciativas, la historia de las bolsas del nuevo mundo y las principales de América latina, sin olvidar la de México.

ANTECEDENTES

Prácticamente cualquiera de nosotros hemos escuchado la palabra mercado, asociada a una expresión como: el mercado está de tal forma, ha subido mucho el mercado, o lo volátil que está el mercado; más que una expresión, es una definición; El fenómeno “mercado” está en estrecha relación a otro concepto conocido como bolsa[2], la cual tiene su origen en los centros de contratación medievales donde fundamentalmente se negociaban mercaderías, con las que más tarde convivirían títulos¹, valores individuales y empréstitos².

Los pioneros de la actividad bursátil en el mundo fueron los griegos, cartagineses y fenicios, quienes se daban cita en la Plaza de Corinto con los comerciantes de Atenas; En la ciudad de Brujas, en el siglo XIII, una familia noble, encabezada por Van Der Buerse, realizaba reuniones de carácter mercantil, el escudo de armas de esta familia estaba representado por tres bolsas de plata, las monederas de la época, el volumen de las negociaciones, la importancia de esta familia y las transacciones que allí se realizaban le dieron el nombre a lo que actualmente se conoce como bolsa.

En el año 1460, en Amberes (entre los siglos XV y XVI), nació la primera bolsa general, que reunió a mercaderes de distintas nacionalidades, quienes realizaban transacciones y cotizaban objetos de valor, siendo ésta la primera bolsa moderna del mundo.

A partir del siglo XVII es realmente cuando empieza un auténtico auge de operaciones financieras de las bolsas, con una expansión en masa de los valores mobiliarios; Fue el último día del siglo XVI, cuando vio la luz, la que se considera

¹ Que consta en algún documento como propietario o beneficiario de algo.

² Préstamo que toma el Estado o una corporación o empresa, especialmente cuando está representado por títulos negociables o al portador.

la primera sociedad anónima, la Compañía Inglesa de las Indias Occidentales³, a la que siguieron otras en diferentes partes del mundo, y precisamente la Compañía Holandesa de las Indias Orientales fue la primera compañía cotizada en bolsa organizada.

En la segunda mitad del siglo XVIII es cuando aparecen en Francia los primeros títulos públicos transmisibles, y en Inglaterra el primer empréstito público con interés periódico y amortización escalonada⁴; es por esta época también cuando nace la bolsa de París y se produce el desarrollo de la primera bolsa de Londres, que para finales del siglo XVIII pasó a ocupar la posición como principal mercado de capitales del mundo; En 1802, se oficializó este mercado, en el cual se especulaba con acciones de algunas pocas compañías industriales y mineras que funcionaban como sociedades cuyo capital estaba repartido en acciones⁵.

En 1719 la compañía de las indias crea las primeras acciones al portador, lo cual trae un nuevo e importante impulso a la evolución de los valores mobiliarios y a la negociación bursátil; Este hecho tuvo consecuencias importantes, por un lado la rápida expansión de las acciones al portador, y por otro que no se repitieran las graves especulaciones del pasado, donde muchas acciones se intercambiaban sin respaldo real; Como una consecuencia más, en 1724 en París, ve la luz la primera ley de bolsas considerada como “partida de nacimiento de las bolsas Modernas”.

En el siglo XIX, se produce el pleno desarrollo de las modernas bolsas de Valores, con la creación de grandes compañías como consecuencia de la revolución industrial. El incremento de actividad comercial significaba un aumento de los intercambios de transacciones bursátiles de valores mobiliarios.

Como consecuencia de los eventos descritos en los párrafos anteriores, se desarrolló a nivel mundial un movimiento bursátil, del que resultó contagiado todo el mundo; Así la bolsa de Londres fue relegada en importancia por la de Nueva York, constituida formalmente en 1817, y por la de Tokio, Japón, como consecuencia del espectacular despegue industrial de este último siglo.

EL MERCADO BURSÁTIL, HOY

Desde sus inicios la historia del mercado bursátil ha evolucionado hasta alcanzar hoy en día el nivel tecnológico que permite a los agentes de bolsa realizar las operaciones sin tener que acudir o estar físicamente en los pisos de remate de la bolsa de valores. La tecnología informática facilitó grandemente el trabajo de las operaciones bursátiles, y hoy en día, las tecnologías de punta permiten a los agentes de bolsa operar desde sus oficinas o desde cualquier otro lugar, sin que

³ Esta fue una compañía de inversionistas, que obtuvo el 31 de diciembre de 1600 la carta real de manos de la reina Isabel I de Inglaterra, lo cual garantizó los privilegios del comercio en la India.

⁴ Desvalorización periódica de los bienes y posesiones cuyo valor disminuye con el tiempo o con el uso.

⁵ Cada una de las partes en que está dividido el capital de una empresa, Título que acredita y representa el valor de cada una de esas partes del capital

estén obligados a estar físicamente en la casa de bolsa donde trabajan; con esto, se acabó el tradicional tumulto de agentes de bolsa tratando de vender o comprar acciones, y se dio paso a manejar todo a través de las redes de computadoras.

Antiguamente (siglo XIII al XVI), se consideraba mercado únicamente al lugar en el cual se reunían compradores y vendedores para intercambiar diferentes bienes y servicios, y de cierta manera este tipo de mercados aún existe en muchas regiones del mundo (los conocemos como mercados populares, o simplemente son mercados en regiones rurales); Actualmente el concepto ha cambiado ya que el desarrollo de nuevas tecnologías y de nuevos productos ha permitido que esos intercambios entre personas, se realicen sin la necesidad de que exista un lugar determinado para tal fin, lo mismo aplica para los productos que se desean intercambiar, puede ser que no estén físicamente en ese lugar. Desde el siglo XX un mercado puede ser definido como el espacio, la situación o el contexto en el cual se lleva a cabo un intercambio; es decir, la venta y la compra de bienes, servicios o mercancías por parte de unos compradores que demandan esas mercancías y tienen la posibilidad de comprarlas, y unos vendedores que las ofrecen.

El concepto bursátil proviene del latín bursa que significa bolsa; El mercado bursátil, por lo tanto, es un tipo particular de mercado, el cual está relacionado con las operaciones o transacciones que se realizan en las diferentes bolsas alrededor del mundo; En este mercado, dependiendo de la bolsa en cuestión, se realizan intercambios de productos o activos de naturaleza similar, por ejemplo, en las bolsas de valores se realizan operaciones con títulos de valor como: las acciones, los bonos, los títulos de deuda pública, entre otros; existen otras bolsas especializadas en otro tipo de productos o activos⁶ como: los mercados de granos, los mercados de café o plátano, los mercados de metales, etc.

FUNCIONES DEL MERCADO BURSÁTIL

La falta de una cultura financiera (información) es responsable de que muchos inversionistas hayan perdido mucho dinero en la bolsa, este tipo de experiencias las han tenido todos los inversionistas alrededor del mundo, dando un concepto diferente de esta; Por eso vamos a mencionar la función que la bolsa cumple en los diferentes sistemas económicos y financieros mundiales; Podemos agrupar estas funciones en dos apartados, según la finalidad a la que están destinados:

- A) Canalización del ahorro en la bolsa
- B) Financiación en la bolsa

⁶ Conjunto de todos los bienes y derechos con valor monetario que son propiedad de una empresa, institución o individuo, y que se reflejan en su contabilidad.

A) CANALIZACIÓN DEL AHORRO EN LA BOLSA

La bolsa funciona como un canal adecuado para que el inversionista encauce su ahorro, el ahorrador puede destinar su ahorro a las actividades más productivas; la bolsa proporciona un conjunto de precios de los diferentes valores, precios que se forman libremente y que reflejan la percepción de la economía en general y de los diferentes sectores que tiene el mercado, así como la realidad de la misma que permite al ahorrador invertir con una seguridad jurídica y económica que no tendría si la bolsa no fuese un mercado regulado; Esta regulación del mercado certifica la adquisición y propiedad de los valores, así como la calidad y características de los mismos; La misma regulación del mercado, pide que antes de que una acción salga a cotización cumpla ciertos requisitos, así como otros requisitos posteriores a su cotización en el mercado secundario⁷, este proceso de regulación es resultado de las exigencias de información que el inversionista y el accionista necesitan para invertir y comprar con seguridad; La cotización en bolsa otorga liquidez⁸ a los valores, esta característica es considerada como una de las más importantes, hasta el punto de que Keynes en su "Teoría General"[3] señala que la principal cualidad de la bolsa es la de realizar valoraciones prácticamente diarias y la posibilidad de desprenderse de activos tan pronto como cambian las expectativas acerca de los mismos.

B) FINANCIACIÓN EN LA BOLSA

Facilita la obtención de fondos a largo plazo, ya sean obligaciones o acciones; Llegado el caso permite la sustitución de deudas por fondos propios; La bolsa actúa como nexo de unión entre los mercados de dinero y de capital⁹ a través de las operaciones de crédito, estableciéndose así un factor compensador entre los tipos a corto y a largo plazo; La situación económica en un momento dado es uno de los factores determinantes de la formación de precios bursátiles; Es un elemento importante, fundamental en el crecimiento económico al favorecer la financiación empresarial; Es una indicación transparente de la salud económica financiera de las empresas; Todo esto tiene a su vez una repercusión social:

- a)Facilita el ahorro, moviliza y agrupa a un gran número de personas.
- b)Facilita el conocimiento del mercado, lo que da a su vez protección al ahorro.
- c) La organización bursátil da seguridad al tráfico jurídico mercantil.

En definitiva, la bolsa es una organización compleja que cumple unas funciones y garantiza una circulación de capitales, y no es simplemente un foro de intercambio de papel y dinero.

⁷ Es aquel donde los propietarios originales de activos nuevos los intercambian con nuevos compradores.

⁸ En general, liquidez es la facilidad conque un activo puede convertirse en dinero

⁹ Aquel donde se negocian títulos públicos o privados, está constituido por el conjunto de instituciones financieras que canalizan la oferta y la demanda de préstamos financieros a mediano y largo plazo: bancos, bolsa de valores y otras instituciones financieras

BOLSAS DEL NUEVO MUNDO

En New York por el año de 1817, comenzó a operar oficialmente la que pasaría a ser una de las principales bolsas del mundo: (The New York Stock Exchange) La bolsa de Nueva York; Se constituyó con 1.375 miembros y un número limitado de puestos; Desde su fundación, esta bolsa fue ganando un lugar importante en el mundo, dejando de lado a la de Londres, debido al número de transacciones, ubicándose al lado de bolsas como la de Tokio; En el continente americano (específicamente de centro a sudamérica), el mercado bursátil comenzó a operar a mediados del siglo XIX, mostrando un sensible atraso frente al resto del mundo, debido a la economía colonial que imperaba en la zona, en Argentina, Brasil, Perú y Uruguay existen bolsas desde hace más de 100 años (la Bolsa de Río de Janeiro en Brasil supera los 150 años), mientras que México y Chile institucionalizaron sus mercados bursátiles a finales del siglo XIX.

HISTORIA DE LA BOLSA MEXICANA DE VALORES (VER ANEXO A)

LA BOLSA DE VALORES EN MÉXICO

La Bolsa Mexicana de Valores¹⁰, S.A. de C.V. (BMV) es una institución privada, que opera por concesión de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, con apego a la Ley del Mercado de Valores, derivado del seguimiento de las tendencias mundiales y del cambio en la legislación, la BMV ya empezó su proceso de desmutualización¹¹ pero hasta la fecha sus accionistas son casas de bolsa autorizadas, las cuales poseen una acción cada una.

FUNCIONES

La BMV, es el foro en el que se llevan a cabo las operaciones del mercado de valores organizado en México, siendo su objetivo el facilitar las transacciones con valores y procurar el desarrollo del mercado, fomentar su expansión y competitividad, a través de las siguientes funciones:

- Establecer los locales, instalaciones y mecanismos que faciliten las relaciones y operaciones entre la oferta y demanda de valores, títulos de crédito y demás documentos inscritos en el Registro Nacional de Valores (RNV), así como prestar los servicios necesarios para la realización de los procesos de emisión, colocación en intercambio de los referidos valores.
- Proporcionar, mantener a disposición del público y hacer publicaciones sobre la información relativa a los valores inscritos en la BMV y los listados en el Sistema Internacional de Cotizaciones de la propia bolsa, sobre sus emisores y las operaciones que en ella se realicen.

¹⁰ <http://www.bmv.com.mx>

¹¹ Es el proceso mediante el cual se va acabando la mutua responsabilidad que se tiene al formar parte de un organismo, en lo que respecta a los riesgos que éste pueda tener.

● Establecer las medidas necesarias para que las operaciones que se realicen en la BMV por las casas de bolsa, se sujeten a las disposiciones que les sean aplicables.

● Expedir normas que establezcan estándares y esquemas operativos y de conducta que promuevan prácticas justas y equitativas en el mercado de valores, así como vigilar e imponer medidas disciplinarias y correctivas por su incumplimiento, obligatorias para las casas de bolsa y emisoras con valores inscritos en la BMV.

Las empresas que requieren recursos (dinero) para financiar sus operaciones o proyectos de expansión, pueden obtenerlo a través del mercado bursátil, mediante la emisión de valores (acciones, obligaciones, papel comercial, etc.) que son puestos a disposición de los inversionistas (colocados) e intercambiados (comprados y vendidos) en la BMV, en un mercado transparente, y de libre competencia y con igualdad de oportunidades para todos sus participantes.

CAPÍTULO II

INTRODUCCIÓN A LOS PRINCIPALES ÍNDICES BURSÁTILES (EN PARTICULAR : IPC, DJIA, NIKKEI, NASDAQ)

Para el segundo capítulo se desarrolla un marco de referencia de la composición, método de cálculo, objetivos y características de cada uno de los índices (IPC Índice de Precios y Cotizaciones de México, DJIA Dow Jones Industrial Average de Estados Unidos, NIKKEI de Japón y NASDAQ de Estados Unidos) de valores que abordaremos en este trabajo y su significado dentro de la economía en su país de origen.

CONCEPTO DE INDICE BURSÁTIL

Un índice bursátil es el valor promedio de un conjunto de acciones determinado, y de otros índices económicos y financieros, técnicamente son números temporales complejos y en la mayoría de los casos ponderados; la finalidad de los índices bursátiles es reflejar la evolución en el tiempo de los precios de los títulos admitidos a cotización en bolsa; En resumen tratan de reflejar el comportamiento de todos los valores que cotizan en la bolsa tomados en conjunto como si fuera una sola unidad; Los índices pueden ser globales o sectoriales, siendo los segundos parte integrante de los primeros.

CÓMO SE ELABORAN Y SE CALCULAN LOS ÍNDICES

Primero hay que elegir los valores que van a integrar ese índice, y la condición necesaria es que la muestra elegida sea suficientemente representativa del mercado; Una vez que tenemos los valores hay que decidir los criterios que harán que un valor tenga más importancia o más peso que otro en el respectivo índice; Los criterios son: capitalización, volúmenes y frecuencia en la contratación, ya hecha la selección y calculados los pesos de cada uno de los valores así como de los sectores, se aplica la fórmula de cálculo para cada índice.

EL CALCULO DE LOS INDICES BURSÁTILES (cada fórmula se verá más adelante)

La finalidad del cálculo o construcción de índices de precios accionarios es obtener el valor representativo de un conjunto de acciones, en un momento específico del tiempo, un índice mide el valor de una variable en el tiempo, teniendo como base una fecha determinada; Un índice de precios de acciones representa el valor de un conjunto de títulos accionarios en el tiempo; Las fluctuaciones en los precios de los valores cotizados en la BMV responden a la libre interacción entre la oferta y la demanda, la tendencia general de las variaciones en precios de las acciones, es generada por las operaciones de compraventa durante la sesión de remates; y se refleja en tiempo real mediante el cálculo de índices accionarios, un índice accionario se construye con series seleccionadas con base en su representatividad dentro del sector económico al

que pertenecen, así como la facilidad con la que se compra o vende una acción; El número y tipo de series accionarias consideradas para el cálculo de cada uno de los índices, varía en función del índice de que se trate; Todos los índices se recalculan y generan un nuevo valor cada vez que se realiza una transacción de compraventa de acciones que incida en el precio de alguna de las series accionarias que componen su muestra; Es importante mencionar que cada uno de los 13 índices que genera la BMV pueden servir como índices subyacentes para la emisión de productos derivados (opciones y futuros¹) que se cotizan en los mercados especializados.

MÉXICO: EL INDICE DE PRECIOS Y COTIZACIONES (IPC)

El IPC es el principal índice de la Bolsa Mexicana de Valores, expresa el rendimiento del mercado accionario, en función de las variaciones de precios de una muestra balanceada, ponderada y representativa del conjunto de acciones cotizadas en la BMV; La muestra empleada para su cálculo se integra por emisoras de distintos sectores de la economía y se revisa semestralmente; En caso de que alguna emisora ya no cumpla con el criterio de selección, se le reemplaza por alguna otra que si califique; El peso relativo de cada una de las series accionarias que componen la muestra para el cálculo del IPC se explica por su valor de mercado; Es decir, se trata de un índice ponderado por valor de capitalización; Esto significa que el cambio en el precio de una acción integrante del índice influye en su evolución de acuerdo al peso relativo que dicha acción tiene en la muestra, así, como un cambio en el precio de una serie accionaria con un alto valor de mercado, impacta en mayor medida el valor IPC, que cuando ocurre un cambio equivalente en el precio de una serie accionaria de menor valor de mercado.

La fecha base de cálculo del IPC es el 30 de octubre de 1978, se consideran en él 35 series accionarias clasificadas como de alta y media bursatilidad, es decir, las más negociadas del mercado tanto por volumen como por importe; A diferencia de otros índices de este tipo, el valor del IPC se relaciona con el día anterior y no con el valor de la fecha base, debido a que la muestra es revisada periódicamente con el objeto de considerar a las emisoras líderes, y no permitir que ésta se vuelva improcedente y obsoleta, perdiendo consecuentemente su representatividad.

FACTORES DE AJUSTE DEL IPC

En virtud de que el valor de capitalización de las emisoras es utilizado como elemento ponderador dentro de la muestra, cualquier cambio en el número de valores inscritos modifica el valor del índice, en consecuencia, se requiere modificar el valor de las emisoras que decreten derechos (pago de dividendos) o

¹ Contratos hechos en un mercado de futuros para la compra o venta de mercancías en una fecha determinada

registren movimientos corporativos (escisiones², fusiones, suscripción, capitalización), aplicando un factor de ajuste al valor de capitalización del día previo a la emisión del derecho o del movimiento corporativo, para eliminar su influencia sobre el precio de las series accionarias que componen el IPC y así mantener su fidelidad.

OBJETIVO DEL IPC

El Índice de Precios y Cotizaciones (IPC, con base en octubre de 1978), tiene como principal objetivo, el constituirse como un indicador altamente representativo y confiable del Mercado Accionario Mexicano; Para cumplir con el objetivo anterior fue necesario revisar diversas alternativas de cálculo y metodología utilizada en Índices internacionales que gozan de gran prestigio y de la confianza de la gran mayoría del gremio bursátil internacional.

² Separación. Suscripción (Compra de títulos o acciones). Fusión(Acto por el cual se unen dos o más empresas, anteriormente independientes, en una sola organización)

CARACTERÍSTICAS DEL IPC

CARACTERÍSTICAS DEL IPC		
Concepto:	Características:	Criterio de Selección:
Fórmula	Mide el cambio diario del valor de capitalización de una muestra de valores	Esta fórmula evalúa la trayectoria del mercado, y facilita su reproducción en portafolios, sociedades de inversión y carteras de valores que pretendan obtener el rendimiento promedio que ofrece el mercado.
Ponderación	La ponderación es realizada con el valor total de capitalización de cada serie accionaria.	Con la finalidad de que el IPC permita una apropiada distribución de riesgo en los portafolios se pretende diversificar la muestra de tal suerte que la ponderación resulte en una muestra con el mejor balance posible.
Criterios de Selección	Bursatilidad (alta y media) Valor de Capitalización y Restricciones adicionales	Con este indicador se asegura que las empresas sean las de mayor negociación en la BMV; Este criterio busca que las empresas consideradas, sean significativas en su ponderación y distribución en la muestra; Con las medidas establecidas en este rubro, se permite tener condiciones claras en el mantenimiento y selección de empresas para la muestra.
Tamaño de la muestra	Actualmente es de 36 acciones (ha oscilado entre 35 y 50)	El tamaño es determinado en función de los siguientes aspectos: Número de empresas que reúnan todos los criterios establecidos, Características del Mercado Mexicano y Amplitud suficiente como para no catalogarse como un índice estrecho.
Periodicidad de la revisión de la muestra	Cada año	La revisión será anual de acuerdo a los criterios establecidos en los puntos anteriores; Se comunicará con la mayor oportunidad posible a las empresas que se determine tengan que salir y entrar en la muestra; Esta medida permite que los administradores de valores puedan prever la reconstitución de sus carteras con toda anticipación.

Tabla 21.1 Características del índice IPC

METODOLOGÍA DE CÁLCULO Y TAMAÑO DE LA MUESTRA DEL IPC

Base: 0.78 = 30 de octubre de 1978.

Clase: Índice ponderado por Valor de Capitalización.

Muestra: Actualmente está integrada por 35 emisoras

METODOLOGÍA DE CÁLCULO DEL IPC	
Fórmula	Donde:
$I_t = I_{t-1} \left(\frac{\sum P_{it} * Q_{it}}{\sum P_{it-1} * Q_{it-1} * F_{it}} \right)$	<p>It = Índice en tiempo t Pit = Precio de la emisora i el día t Qit = Acciones de la emisora i el día t Fi = Factor de ajuste por ex-derechos³ i = 1, 2, 3, ..., n</p>

Tabla 2.2 Metodología de Cálculo del IPC

CRITERIOS DE SELECCIÓN QUE INTEGRAN LA MUESTRA DEL IPC (VER ANEXO A)

³ Elemento, condicionante que contribuye a lograr un resultado: “factor tomado en cuenta para determinar algo”

FÓRMULA DE AJUSTE DEL IPC EN BASE AL MOVIMIENTO

Considerando la fórmula seleccionada para el cálculo del IPC, donde el valor de capitalización de cada empresa determina su ponderación, cualquier cambio en el número de valores inscritos, modificará la estructura del índice, y en este caso se requiere ajustar el valor de las emisoras que decreten algún derecho aplicando un factor al valor de capitalización del día previo.

FÓRMULA DE AJUSTE		
Fórmula:	Donde:	
$F_i = 1 + \frac{P_a [(A_p * F) - A_a]}{P_a * A_a}$	Fi	= Factor de ajuste requerido en la emisora i.
	Aa	= Número de acciones anteriores al ajuste.
	Ac	= Número de acciones producto de la conversión.
	Ae	= Número de acciones por escindir(dividir)
	Ap	= Número de acciones posteriores al ajuste
	Ar	= Número de acciones por reestructuración.
	As	= Número de acciones suscritas.
	Pa	= Precio anterior al ajuste
	Pp	= Precio posterior al ajuste.
	Ps	= Precio de suscripción.
	i	= 1.2.3...n
Tipo de movimiento:	Factor de ajuste:	Ajuste requerido:
Capitalización	$F = \frac{A_a}{A_p}$	Ninguno
Escisión ⁴	$F = \frac{(P_p * A_a) - (P_p * A_e)}{P_a * A_p}$	Reducción de Capital
Obligaciones Convertibles	$F = \frac{(P_a * A_a) + (P_a * A_c)}{P_a * A_p}$	Incremento de Capital
Reestructuración Accionaria	$F = \frac{(P_a * A_a) + (P_a * A_r)}{P_a * A_p}$	Cambio de Capital
Suscripción	$F = \frac{(P_a * A_a) + (P_s * A_s)}{P_a * A_p}$	Incremento de capital
Suscripción (serie nueva)	$F = 1 - \frac{P_a - P_p}{P_a}$	Decremento de Capital
División (reversa)	$F = \frac{A_a}{A_p}$	Ninguno

Tabla 2.3 Fórmula de Ajuste índice IPC

⁴ Separación, división:

EL ÍNDICE DOW JONES INDUSTRIAL AVERAGE (DJIA)

Cuando se trata de conocer el comportamiento de los mercados de valores en los Estados Unidos (EE.UU.), el índice DJIA, es el índice más utilizado; Charles H. Dow, un economista del siglo XIX, ideó este promedio en el año 1884; En ese tiempo la bolsa no era considerada de mucha importancia en los mercados financieros de EE.UU, sobre todo porque había mucha informalidad en la forma de expresar y fijar los precios de la misma; no se disponía de información eficiente y veraz, por ello los inversionistas preferían comprar bonos, que eran respaldados por los activos de las compañías; El índice nació con 12 acciones (American Cotton Oil, American Sugar, American Tobacco, Chicago Gas, Distilling and Cattle Feeding, General Electric, Laclede Gas, National Lead, North American, Tennessee Coal and Iron, US Leather Preferred, and US Rubber) y su precio de cierre de cada una, fue de 40.94 dólares, y a partir de 1986 se publica el valor regularmente, de esta lista hoy solo queda General Electric, en 1926 el número de acciones se incrementó a 20 y luego a 30 en 1928, número que se mantiene hasta la fecha, a partir de aquí se le dio el valor y nombre de base 100 (base de 100 puntos).

El índice DJIA refleja el valor de mercado de treinta compañías de las más reconocidas, con mayor capitalización y diversificación en EE.UU, este universo de empresas representa a todos los sectores industriales.

CUALIDADES DJIA

Los inmensos capitales que mueven estas 30 empresas hacen que sea el índice de referencia, la corporación más grande de los Estados Unidos es un componente de este índice, su nombre es General Motors (GM) y sus ventas anuales sobrepasan el 3% del producto interno bruto de los EE.UU.

El grado de diversificación de las empresas; Por ejemplo, General Electric (GE) es dueña de RCA y NBC, empresas dedicadas a un sector muy diferente al de GE; Igualmente Kodak (EK) compró Sterling Drugs para entrar a competir con Merck (MRK) en la industria farmacéutica; Los grandes capitales que mueven las empresas y su subsecuente diversificación hacen del Dow Jones un indicador bastante representativo de la economía estadounidense; Estas compañías son seleccionadas por la firma "Dow Jones and Company", la cual también publica el Wall Street Journal, el diario financiero de más prestigio en el ámbito mundial, son consideradas líderes en las actividades empresariales que realizan, y a sus acciones se les ha llamado "Blue Chips", nombre tomado del juego de póker, donde las fichas azules son las que tienen valor más alto, el nombre refleja la calidad de las empresas que conforman el índice.

Con más de cien años de existencia es el índice más antiguo usado en el ámbito mundial, y refleja un valor promedio de acciones de compañías públicas en un mercado de valores, es el indicador de mercado más conocido en el mundo, por ser el más antiguo, y porque refleja el mercado de valores de los EE.UU, que es el

más grande del mundo, y representan alrededor de un sexto del valor de capitalización de este mercado.

El Dow Jones Industrial es el índice más famoso de la bolsa de Nueva York, su buen funcionamiento le ha convertido no sólo en el termómetro de la evolución de los treinta valores principales de Nueva York, sino en la referencia más importante para los inversores y gestores del mercado bursátil mundial.

A lo largo de su historia el índice ha obtenido un crecimiento que consistentemente ha superado los rendimientos que se obtienen en inversiones en certificados de depósitos y en bonos de Corporaciones o del Gobierno de EE.UU, su promedio de crecimiento anual a través de su historia ha sido de un 12% a 13%; y su máxima revalorización y caída ha oscilado entre una ganancia máxima de 38% y una caída máxima de 28%, las variaciones en el índice son relativamente bajas, siendo generalmente inferiores al 1% de su valor, aunque en estos últimos diez años se han presentados graves caídas y leves recuperaciones con respecto a estas, y la mayor alza en términos porcentuales en un solo día se dio el 6 de octubre de 1931 cuando el Dow Jones subió un 14.87%.

Los Indices Dow Jones desarrollan, mantienen y licencian índices de mercado para usarlos como patrones comparativos y como base para productos de inversión; Entre sus mas de 3,000 índices figuran los mejores indicadores de las bolsas mundiales; El Dow Jones Industrial, y los índices europeos son suministradores de datos fiables, independientes y transparentes; De los índices Dow Jones penden una serie de productos financieros en todos los mercados internacionales, incluyendo fondos de intercambio cambiario, contratos de futuros y opciones, mutualidades⁵, fondos de pensiones en renta variable y productos estructurados tales como opciones OTC⁶, deuda privada y pública.

METODOLOGÍA DE CÁLCULO DEL DJIA

Los índices mantienen premisas de claridad, metodología sistemática y transparencia común para todos los integrantes de los índices Dow Jones, esta metodología, juntos con los datos históricos está abierta para ser examinada y disponible sin costo alguno para toda la comunidad de profesionales de mercado; Las cotizaciones de los diferentes índices son difundidas en tiempo real por varias vías y los cierres diariamente en el Wall Street Journal tanto en EE.UU como en Europa; Los índices Dow Jones son propiedad de la compañía Dow Jones el cual publica el Wall Street Journal y sus diferentes versiones internacionales e interactivas.

⁵ Régimen de prestaciones mutuas financiado mediante la colaboración de todos los socios.

⁶ Over the Counter (OTC): Anglicismo que se utiliza para denominar a todas aquellas operaciones o productos que se negocian fuera de una bolsa organizada de valores. En Estados Unidos existe un mercado conocido como OTC en donde se negocian bonos, productos derivados y acciones de empresas, con requisitos de cotización más flexibles que las grandes bolsas de valores.

Existen otros índices Dow Jones, que reflejan el comportamiento de las empresas de la nueva economía, entre otros son:

● El Dow Jones de industriales se compone de los 30 títulos industriales de máxima capitalización, el Dow Jones de transportes se compone de los 20 títulos de transporte de la máxima capitalización y el Dow Jones de servicios públicos se compone de los 15 títulos de servicios públicos de la máxima capitalización; La suma de los tres forman el Dow Jones compuesto.

● El Dow Jones Industrial, DJ transportes y el DJ utilidad son revisados y mantenidos por los editores del Wall street journal, para dar continuidad, los cambios en la composición son raros y generalmente solo ocurren después de realizarse fusiones y adquisiciones, o otros cambios importantes en el núcleo de sus componentes; Cuando esto ocurre y un componente necesita ser reemplazado, el índice entero es examinado.

El Dow Jones de servicios públicos, depende totalmente del gestor del índice (Wall Street Journal). El índice no tiene en cuenta la capitalización bursátil de sus valores, por lo que no da más peso a la evolución de un título que a la de otro; Desde 1986 empezó a calcularse, a partir de la suma de las cotizaciones de los valores, ahora, el divisor se ajusta teniendo en cuenta la división del nominal⁷; la capitalización de los valores que lo componen supone alrededor de la cuarta parte de Wall Street; los principales componentes del índice por ponderación son 3M, IBM, Procter & Gamble, y United Technologies.

CARACTERÍSTICAS DJIA

Es un índice sin ponderación: todas las acciones tienen el mismo peso en la cartera; El índice más significativo es el Dow Jones Industrial Average, se calcula considerando la variación promedio de los precios de las acciones que componen la cartera.

$$\text{Índice} = \frac{\text{Sumatoria de los precios de } N \text{ empresas}}{\text{Divisor}}$$

Ecuación 2.1 Cálculo del índice DJIA

No tiene en cuenta la capitalización bursátil de sus valores, por lo que no da más peso a la evolución de un título que a la de otro, es un índice diversificado, que representa a todos los sectores y sus empresas más distintivas.

El cambio en la cartera del índice, tanto en número y en acciones es subjetivo, desde 1986 empezó a calcularse a partir de la suma de las cotizaciones de los valores que lo componen, dividido entre el número de valores, ahora, el divisor se ajusta teniendo en cuenta la división del nominal, y el divisor no siempre es igual al número de empresas integrantes de la cartera; El divisor del Dow Jones se ajusta

⁷ Separación o reparto de un todo en varias fracciones.

periódicamente a fin de reflejar el fraccionamiento o división de las acciones; el 1 de noviembre de 1999 fue la última modificación del listado de empresas que conforman el índice, salieron del índice: Chevron Corporation., Goodyear Tire Rubber Company., Union Carbide Corporation y Sears Roebuck. Al índice se incorporaron Microsoft Corporation; Home depot Inc., SBC Telecommunications Inc e Intel Corporation; Este cambio ha creado a partir de ahora otro índice diferente con un peso mayor en la tecnología, el índice Dow Jones Industrial Average (DJIA) que viene a ser la suma del precio unitario por acción de todas las empresas que lo componen, dividido por un factor que a partir del 31 de diciembre de 1999 se ajustó a 0.20145268; El Dow Jones se sustenta exclusivamente en el cambio de los precios de las 30 compañías que lo componen, lo cual solo las beneficia a ellas.

Actualmente los integrantes del Dow Jones Industrial Average son: (VER ANEXO A)

EL ÍNDICE NIKKEI

El promedio Nikkei es un promedio de mercado bursátil de principal importancia para Japón, su raíz viene desde 1950; La compañía Nihon Keizai Shimbun ha calculado y publicado este promedio desde 1971 y desde el 1° de octubre de 1985, el índice se ha calculado minuto a minuto durante las horas de negociación.

HISTORIA Y CONTINUIDAD DEL ÍNDICE NIKKEI (VER ANEXO A)

METODOLOGÍA DE CÁLCULO DEL ÍNDICE NIKKEI

El método de calculo actual del índice Nikkei se basa en el método del Dow Jones, fue usado por primera vez en septiembre de 1950; La bolsa de valores de Tokyo lo calcula actualmente y retroactivamente al mes de mayo de 1949; El promedio común Nikkei es un promedio de precios ajustado por el método Dow Jones, el cual es susceptible de monitorear el nivel y cambios del mercado; la representatividad de este índice, es el resultado de 225 empresas altamente activas en la bolsa de valores de Tokyo, éstas reflejan un alza o baja según el momento de tendencia del mercado; Desde octubre de 1991 los componentes (empresas) han sido revisados cada año, y las empresas con relativa baja de liquidez son sustituidas por otras de liquidez alta; De esta forma el índice corresponde a los cambios que se dan en el mercado y al mismo tiempo mantiene consistencia.

MÉTODO DE CÁLCULO Y AJUSTE DEL ÍNDICE NIKKEI

El promedio de acciones Nikkei es el promedio de precios de 225 acciones negociadas en la primera sección del mercado de valores de Tokyo, pero es diferente de un simple promedio, ya que el divisor es ajustado para mantener continuidad y reducir el efecto de factores externos que no están directamente relacionados con el mercado.

$$PROMEDIO_Nikkei = \frac{\text{Suma_de_los_Precios_de_Mercado de las 225 empresas constituyentes}}{\text{Divisor}}$$

Ecuación 2.2 Cálculo del promedio índice Nikkei

Las acciones que no tienen un valor igual a 50 yenes son convertidas a 50 yenes por valor, los números son redondeados a dos dígitos después del punto decimal, o centésimas para calcular el promedio.

AJUSTE DE DIVISORES

Cuando los componentes cambian o son afectados por cambios ajenos al mercado, el divisor es ajustado para conservar el nivel de consistencia del índice.

FÓRMULA DE AJUSTE

$$\text{Nuevo_Divisor} = \frac{\text{Viejo_Divisor} * (\text{Suma_de_los_Precios_de_Mercado} - \text{Suma_de_los_precios_de_derechos})}{\text{Suma_de_los_precios_derechos_de_mercado}}$$

Ecuación 2.1 Obtención del nuevo divisor índice Nikkei

$$\text{Precios_de_Derechos} = \text{Precio_de_Mercado_Acumulado_Anterior} - \text{Valor_teórico_de_exderechos}$$

Ecuación 2.2 Obtención precios de derechos índice Nikkei

$$\text{Valor_Teórico_de_Exderechos} = \frac{\text{Precio_de_mercado_acumulado_anterior} + \text{Cantidad_pagada} * \text{Cociente_de_Asignación_de_lo_pagado}}{\text{Suma_de_Precios_de_derechos_de_mercado}}$$

Ecuación 2.3 Obtención valor de precio exderechos índice Nikkei

Cuando el valor de exderechos no sea divisible, o no exista la división inversa, la asignación del cociente divisor deberá ser uno

EN CASO DE DISMINUCIÓN DEL CAPITAL

$$\text{Valor_Teórico_de_Exderechos} = \frac{\text{Precio_de_mercado_acumulado_anterior}}{1 - \text{Cociente_de_dismución_de_capital}}$$

Ecuación 2.4 Obtención valor de precio exderechos disminución de capital Nikkei

REEMPLAZO DE ALGUN COMPONENTE DEL PROMEDIO

$$\text{Derechos_de_precio} = \text{Precio_de_componentes_reemplazados} - \text{Precio_de_componentes_agregados}$$

Ecuación 2.5 Obtención del precio al reemplazar algún componente de promedio

COMPONENTES DEL PROMEDIO NIKKEI (VER ANEXO A)

EL ÍNDICE NASDAQ

El índice NASDAQ nace en 1971, después de obtener una autorización de la Security and Exchange Commission (SEC), órgano regulador financiero bursátil de los EE.UU; y representa el mercado más grande por volumen de dólares que maneja, y repetidamente rompe los récords de acciones y monetarios, después de una reestructuración, en el año 2000 Nasdaq se convirtió en una empresa con fines de lucro y totalmente regida por accionistas, entre 1997 y 2000, impulsó a 1649 empresas públicas y en el proceso generó \$316.5 billones de dólares; Actualmente en 2005 continúa incrementando su capacidad en el volumen de transacciones, siendo capaz de operar entre 6 y 10 billones de acciones en un día, su visión de trabajo es facilitar la formación de capital tanto en el sector público como privado desarrollando, operando y regulando el más líquido, eficiente y confiable mercado de valores existente, su objetivo principal es construir el primer mercado global de valores del mundo, un mercado mundial de mercados dentro de una red de redes, enlazando polos de liquidez y conectando a los inversionistas de todo el mundo, asegurando el mejor precio posible para los valores que ahí se negocian, por ello es el mercado electrónico más grande del mundo; Este índice no está limitado a un solo lugar, se trabaja a través de una sofisticada red de computadoras y telecomunicaciones (VER ANEXO A), que transmiten en tiempo real los precios de acciones y los datos de negociación a más de 1.3 millones de usuarios en más de 83 países, sin límites ni fronteras, la "arquitectura abierta" del mercado de Nasdaq, permite que un número ilimitado de participantes tengan acceso al proceso de transacción diariamente; Nasdaq lista los valores de más de 4100 empresas líderes, y cada año ayuda a muchas otras a entrar en el mercado accionario.

OTRO ÍNDICES NASDAQ

● El Nasdaq Composite, En un índice de capitalización bursátil, que a diferencia del Dow Jones, mide la actividad de todos los títulos comunes, tanto domésticos como internacionales, que están enlistados en el mercado electrónico del Nasdaq, el Composite también representa una proporción, basada en la relación que existe entre el valor total de mercado de todas las acciones que conforman el índice hoy, y el valor total de las mismas el día que el índice empezó a funcionar, para calcular el valor del índice, se divide el valor de mercado actual (la suma de los precios por el total de acciones en circulación de cada valor que cotiza en el índice) entre el valor de mercado del primer día del índice, su precio cambia en cada acción como efecto de una subida o caída en el índice, en proporción con el valor comercial de la acción.

● El Nasdaq 100 INDEX; Este índice incluye 100 de las empresas más grandes, locales e internacionales, que cotizan en el Nasdaq y que no pertenecen al sector financiero, refleja el desempeño de empresas pertenecientes al sector de las computadoras, telecomunicaciones, minoristas / mayoristas y biotecnología; El Nasdaq 100 se calcula por medio de una

metodología basada en el peso por capitalización, la composición del índice se actualiza trimestralmente; Este índice es comúnmente utilizado como patrón comparativo por los inversionistas posicionados fuertemente en empresas de alta tecnología, este índice responde a una fórmula de calculo en base ponderada con el valor de capitalización de las empresas que lo conforman.

QUIÉNES NEGOCIAN EN NASDAQ (VER ANEXO A)

La negociación en Nasdaq no está limitada a un número fijo de participantes, esto permite que un gran número de firmas con amplios modelos de negocios y tecnologías, se conecten a la red dispuesta por Nasdaq y compitan en igualdad de condiciones; Más que forzar a los inversionistas a adquirir o vender valores a través de una firma financiera, Nasdaq enlaza a una gran variedad de competidores y participantes, para que se pueda escoger con quien se negociará; Todas las firmas en Nasdaq deben estar autorizadas por la Securities and Exchange Commission (SEC) y estar registradas tanto en Nasdaq como en Nasdaq Regulation.

OTROS ASPECTOS QUE TIENEN RELACIÓN CON EL ÍNDICE NASDAQ:

- ESTRUCTURA BENÉFICA DE NASDAQ,
- EI MERCADO DE ACCIONES NASDAQ SE DIVIDE EN DOS TIPOS,
- REGLAS PARA CADA MERCADO,
- LA EVOLUCIÓN DE NASDAQ,
- ÍNDICES ESPECÍFICOS POR INDUSTRIA,
- LA TECNOLOGÍA CENTRAL DE OPERACIONES NASDAQ.

SE PUEDEN CONSULTAR EN EL ANEXO "A", PÁGINA 68

CAPÍTULO III

EL CAOS Y LOS MERCADOS FINANCIEROS

El tercer capítulo explica sobre los mercados financieros y la teoría del caos[1], este último como el tema de referencia que se relaciona estrechamente con los problemas de estabilidad y equilibrio de los sistemas dinámicos, algunas definiciones¹ y enfoques de la teoría del caos, se introduce el concepto espacio de fase y su importancia, así como el concepto de atractor, sus tipos y la utilidad de ellos en la reconstrucción de la dinámica del sistema representado por la serie de datos de cada uno de los índices financieros mencionados en la introducción.

ORIGEN DEL CONCEPTO: CAOS

El término caos fue utilizado por primera vez por Tien-Yien Li y James Yorke en 1975 en un artículo que llevaba por título 'Period three implies chaos[4]'. Para ellos el caos era una dinámica difícil de diferenciar de un proceso puramente estocástico².

Existe consenso en situar el nacimiento de los estudios del caos en un trabajo³ del meteorólogo perteneciente al Departamento de Meteorología del afamado Massachusetts Institute of Technology: Edward N. Lorenz[5], y que en 1963 se refirió al caos como "los procesos que parecen comportarse de acuerdo con el azar aunque, de hecho, su desarrollo esté determinado por leyes muy precisas⁴"

OTRAS DEFINICIONES DE CAOS :

"Fenómenos que son ligeramente aleatorios, siempre que su mayor aleatoriedad aparente no sea un subproducto de su leve y auténtica aleatoriedad "

"El caos es un comportamiento estocástico que ocurre en un sistema determinista ⁵"

En 1977, se celebró el primer congreso especializado en la materia en Como, Italia, congreso que fue organizado por los físicos Joseph Ford y Giulio Casati. Por lo que, hace que la ciencia del caos tome consistencia dentro de disciplinas como la física y la matemática.

Actualmente existen centros alrededor del mundo, dedicados al estudio del caos, principalmente en los Estados Unidos, por ejemplo:

1 "Comportamiento recurrente y, en apariencia, debido al azar en un sistema determinista simple." (Bruce Stewart) . "El comportamiento irregular, imprevisible, de sistemas dinámicos deterministas no lineales." (Roderick V. Jensen)

2 Se denomina estocástico a aquel sistema que funciona, sobre todo, por el azar.

3 Un trabajo sobre un curioso modelo climático que posteriormente fascinaría a muchos físicos por su extraño comportamiento

4 Edward Lorenz, 1993, pág. 2.

5 Stewart, 1989, pág. 22

- el Institute of Nonlinear Science de la Universidad de California en Santa Cruz.
- el Center for Nonlinear Dynamics de la Universidad de Texas en Austin.
- el Institute of Nonlinear Science de la Universidad de California en San Diego.
- el Nonlinear Physics Group del Institute Angewandte Physics en Alemania.
- el Control of Complex Systems Lab. de la Russian Academy of Sciences.
- el Grupo de Sistemas Complejos de la Universidad Politécnica de Cataluña.

Son numerosas las disciplinas que se han interesado por el caos; Comenzó en la matemática y en la física, rápidamente traspasó a la química, y le siguieron la biología, la ecología, la geología; En los últimos tiempos, han sido disciplinas como la medicina, la economía y otras ciencias sociales quienes han mostrado su interés en el estudio del caos.

ENFOQUE CLÁSICO DEL CAOS, SUS ATRACTORES EXTRAÑOS E ENTROPÍA

En general, se mantienen dos enfoques ya clásicos en los estudios del caos, Hayles, 1990 [6]; El primero de ellos se centra en el orden oculto que existe dentro de los sistemas con dinámicas caóticas (sistemas caóticos); Estos sistemas contienen lo que se denominan atractores extraños⁶, extraños patrones de orden que manifiestan una alta y rica organización

Entre los máximos representantes de este enfoque se encuentran :

- Edward Lorenz⁷
- Mitchell Feigenbaum⁸
- Benoît Mandelbrot⁹
- Los miembros del conocido grupo de Santa Cruz en Estados Unidos: Doyne Farmer, James Crutchfield, Norman Packard y Robert S. Shaw¹⁰

El segundo enfoque centra su atención en el surgimiento espontáneo de orden, de autoorganización en las estructuras que surgen en condiciones de alejamiento del

6 Un atractor extraño es una imagen o gráfico en el espacio de fases de algún concreto sistema caótico. Viene a representar el comportamiento a largo plazo de dicho sistema. El primer atractor extraño fue el de Lorenz

7 Edward Norton Lorenz (Nació el 23 de mayo de 1917) Es un matemático y meteorólogo americano, es el primer y principal contribuidor a la teoría del caos. Acuñó el término del término “efecto mariposa” e inventor del concepto de atractor extraño.

8 Mitchell Jay Feigenbaum (Nació el 19 de diciembre de 1944 en Filadelfia, estados Unidos) Es un físico matemático, es uno de los pioneros en el estudio de la teoría del caos, descubridor de la llamada constante de Feigenbaum.

9 Benoît B. Mandelbrot (Nació el 20 de noviembre de 1924) Es un matemático polaco-Francés y es uno de los autores principales de la geometría fractal. Es profesor honorario de ciencias matemáticas en la universidad de Yale, Miembro honorario de la IBM e investigador del laboratorio nacional del noroeste del pacífico.

10 Artículo llamado “Caos” , publicado en 1986 en una revista científica americana. Autores: Farmer, J. doyne; Packard, Norman H.;Crutchfield, James P.;Shaw, Robert S. Los Alamos National Laboratory.

equilibrio de los sistemas, cuando la producción¹¹ de entropía[7] es elevada; Finalmente el Caos es una teoría del "proceso" más que del "estado", del "devenir" más que del "ser"; trata de estudiar el peculiar comportamiento de ciertos sistemas dinámicos, bien entendido que este concepto (el de sistema dinámico) trasciende el marco de la física en el que normalmente se enmarca.

UTILIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DINÁMICOS EN LA TEORÍA DEL CAOS

Dentro de la Teoría del Caos, un sistema dinámico puede ser:

- Para un economista, en el estudio de la bolsa.
- Para un médico, en el estudio de un corazón humano.
- Para un ingeniero eléctrico, en el estudio de una compleja red de distribución eléctrica.

ATRACTORES EXTRAÑOS, OCULTOS EN SISTEMAS CAÓTICOS

Un concepto fundamental de esta teoría es el de "atractor"¹², que aparece al representar la evolución del sistema dinámico en el denominado espacio de fases¹³; Este tipo de representación es conocida desde hace tiempo; el matemático Henri Poincaré[8,9]; los utilizó en esta teoría, y los represento como atractores de: "punto fijo" y "ciclos límite", como soluciones permanentes de ciertas ecuaciones diferenciales correspondientes a ciertos sistemas dinámicos; Tanto los punto fijos como los ciclos límite son atractores, pero la dinámica caótica se caracteriza por un tercer tipo de atractor, que F. Takens y D. Ruelle en 1971 denominaron con el nombre de "atractor extraño"[10], cuya peculiaridad es el de poseer una dimensión fractal.

EJEMPLOS CLÁSICOS DE ATRACTORES DINÁMICOS:

- Puntos fijos,
- Ciclos límite (denotan periodicidad),
- Superficie toroidal asociada a movimientos cuasiperiódicos,
- Atractores extraños.

11 El concepto de entropía apareció en la Física, lo introduce Clausius Rudolf durante el siglo XIX, es una medición de la cantidad de restricciones que existen para que un proceso se lleve a cabo, determina la dirección del mismo proceso.

12 David Ruelle y Floris Takens: Zona delimitada del espacio de fases en la que las líneas de la trayectoria del sistema nunca se cortan. Líneas de longitud infinita confinadas en área finita, describiendo órbitas no periódicas.

13 Se parte de la idea de que una serie temporal finita X_t puede ser representada en un espacio de fase de acuerdo a la "dimensión de inserción" (embedding dimension) m , dando lugar a un número determinado de vectores de m componentes o "m-historias".

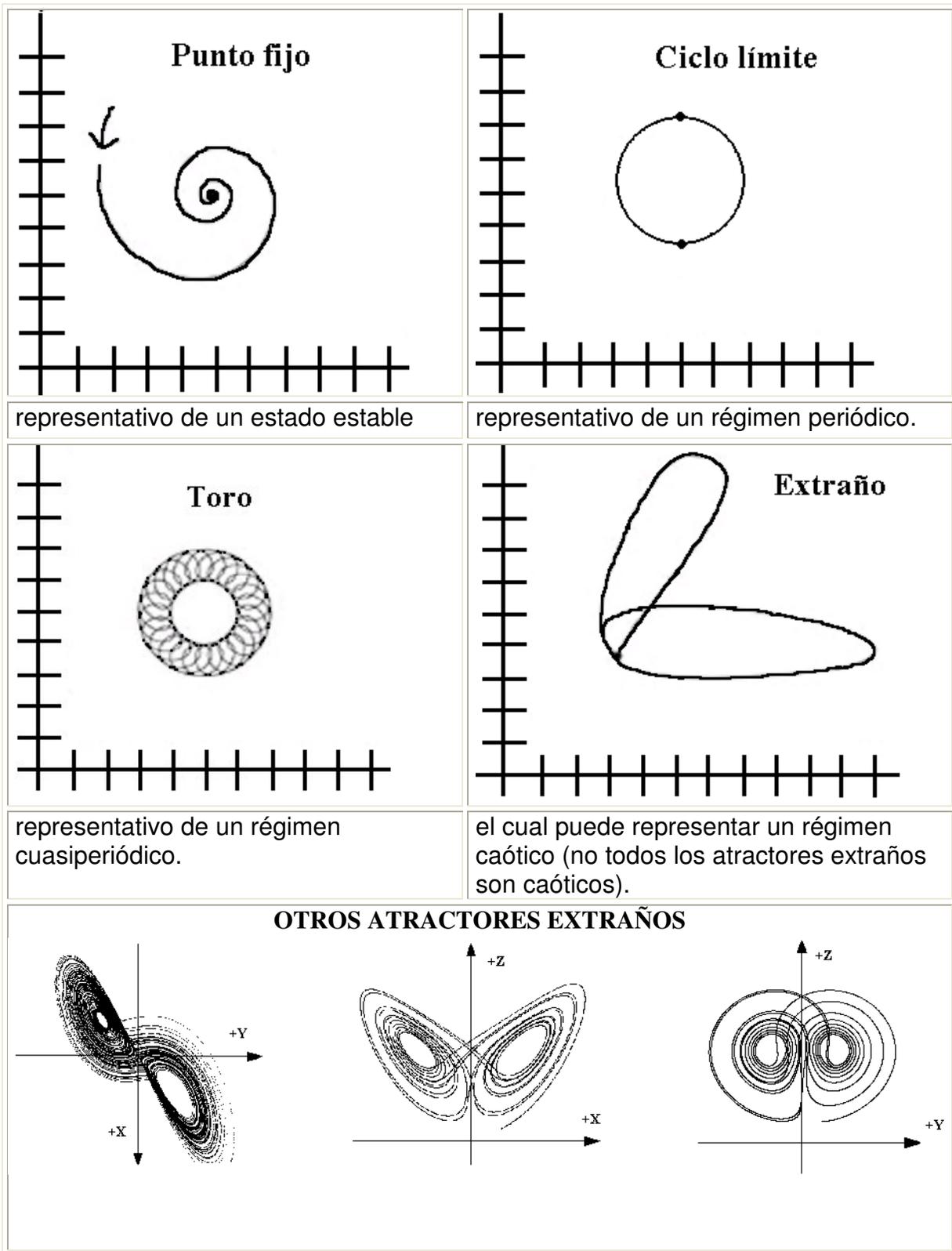


Figura 3.1 Tipos clásicos de atractores

Un concepto importante en la teoría del caos es el de espacio de fase: nace como una herramienta en la física actual, considerado como un espacio hipotético que posee tantas dimensiones como el número de variables necesarias para especificar un estado de un sistema dinámico dado; Las coordenadas de un punto en el espacio de fase son un conjunto de valores simultáneos de las variables, de esta manera, cualquier estado del sistema parado durante un instante vendrá representado como un punto en el espacio de fase; Cuando el sistema cambia, el punto se moverá a otra posición del espacio de fase, y si el sistema se modifica continuamente, el punto determinará una trayectoria a la que denominamos órbita; Un ejemplo sencillo para ilustrar este concepto de espacio de fase, lo constituye un péndulo que oscila sin fricción, una variable sería la posición y otra la velocidad; las dos cambian continuamente; Podemos considerar como espacio de fase un sistema cartesiano en el que cada eje representa a cada una de las variables, la gráfica que obtendríamos será de una curva más o menos cerrada, la cual se repite una y otra vez.

Un resultado cardinal en la teoría del caos se obtuvo mediante la demostración del teorema de Takens[11], que permite obtener una versión topológicamente equivalente del retrato de fase a partir del comportamiento de una sola de las variables del sistema, en ese caso no es necesario observar todas las variables y las ecuaciones del sistema dinámico, las que pueden ser desconocidas.

Es materia de amplia discusión si el caos es meramente una curiosidad matemática o si está presente en la naturaleza, aparentemente algunos tipos de epidemias, el número de manchas solares, y algunas condiciones de la ritmicidad cardíaca por mencionar algunos ejemplos, pueden describirse como sistemas caóticos, discernir si la irregularidad de una serie de tiempo se debe al caos determinista o a la presencia de influencias aleatorias es una tarea extremadamente compleja en el análisis de series de tiempo.

CAOS Y SU CONEXIÓN CON LOS MERCADOS FINANCIEROS

En los últimos estudios sobre la teoría del caos, los mercados financieros han sido motivo de estudio[12], y sus investigaciones han llevado a la determinación de 3 tipos principales de atractores relacionados al mercado bursátil:

- El atractor puntual: se establece según las fuerzas de la oferta y de la demanda en un punto matemáticamente equidistante entre ambos, este punto es un atractor lineal, que constituye el punto de equilibrio entre la oferta y la demanda en cada operación.
- El atractor cíclico: responde a la naturaleza cíclica de los mercados financieros; La teoría de las ondas de Elliot[13], que se expresa a través de pautas, es una aproximación elemental en este sentido, siendo el primer paso de los mercados financieros hacia el atractor cíclico.

● Finalmente, el atractor extraño: es el caos propiamente dicho, pues es la suma de factores pequeños, diversos y variables que en última instancia determina el sentimiento de los inversores sobre los precios de las acciones, este atractor se estudia en economía dentro del campo de las expectativas racionales, que es una nueva modalidad de análisis bursátil, olvida las empresas (análisis fundamental) y las cotizaciones (análisis técnico) y se concentra en el único agente activo del mercado: los inversores; Actualmente algunas teorías identifican el atractor extraño con los modernos medios de comunicación, los cuales a través de sus informaciones objetivas o sesgadas, atraen el movimiento de los precios hacia el punto determinado.

CAPITULO IV

TEORÍA DE LAS CATÁSTROFES : COMPLEJIDAD Y TURBULENCIA EN LOS MERCADOS FINANCIEROS

En el cuarto capítulo hablamos del nexo de la teoría de las catástrofes, los mercados financieros y el caos; La teoría de las catástrofes del matemático francés René Thom, busca investigar y resolver problemas mediante métodos algorítmicos, al estar estudiando ecuaciones diferenciales no lineales (caóticas), el matemático René Thom encuentra siete tipos de irregularidades (posteriormente llamadas catástrofes), que poco después el Doctor Christopher Zeeman¹ relacionó con lugares topológicos en el espacio de fases donde ocurre un cambio abrupto e impredecible; Se habla sobre los diferentes tipos de catástrofes de esta teoría, su aplicación y relación dentro del mercado bursátil mundial; esta teoría aborda el análisis en los cambios imprevistos que suelen ocurrir en los indicadores económicos mundiales, y todos estos procesos de cambio en donde al final tenemos una modificación total de lo que había antes.

TEORÍA DE LAS CATÁSTROFES

Dentro de la teoría de las catástrofes, enunciada por el matemático René Thom[14], al estudiar sistemas dinámicos descriptibles por una función de potencial $F \in C^\infty(U, \mathbb{R})$ (dinámica de gradiente), donde U es un abierto de \mathbb{R}^{n+r} con $n, r \in \mathbb{N}$, y las primeras n variables corresponden a variables internas o de estado, mientras que las r últimas juegan el papel de parámetros de control o externos, se procede clásicamente a determinar los puntos críticos de F y su naturaleza en función de los r parámetros de control, la variación continua de dichos parámetros puede generar, para ciertos valores, cambios abruptos en la naturaleza de los puntos críticos o determinar el surgimiento de puntos críticos adicionales que representan variaciones discontinuas en las características cualitativas del sistema y en su comportamiento en general; La teoría de catástrofes del matemático René Thom aparece como una herramienta novedosa y efectiva para la clasificación de funciones en vecindades de sus puntos críticos y su comportamiento bajo perturbación (equivalente al cambio de los parámetros de control), asumiendo ciertas características de F dadas en esta teoría por la codimensión de F , se llega al primer resultado importante del matemático René Thom: Su teorema de clasificación de gérmenes² de codimensión menor o igual a cuatro, se representa en siete catástrofes elementales, la así llamada estabilidad estructural es una medida para su comportamiento bajo perturbación, la cual está completamente

¹ The Cusp of Catastrophe: René Thom, Christopher Zeeman and Denis Postle <http://www.tranquileye.com/everything/cusp.html>

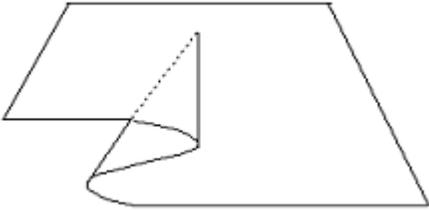
² "En física los conceptos pueden expresarse matemáticamente a partir de los datos de espacio y tiempo, de datos espacio-temporales. Conceptos que no admitan ese género de reducción estarán siempre bajo sospecha, y la esperanza de la teoría de las catástrofes precisamente es que, existe en el universo conceptual especies de gérmenes de análisis local, alrededor de los cuales se puede hacer un tipo de teorización matemática."

determinada por su correspondiente despliegue o deformación universal (cuya existencia se muestra en el segundo teorema fundamental de la teoría) [45].

TIPOS DE CATÁSTROFES

Según el matemático René Thom, al estar estudiando ecuaciones diferenciales no lineales -caóticas- encontró siete tipos de singularidades (posteriormente llamadas catástrofes) que más adelante el Doctor Christopher Zeeman³, relacionó con lugares topológicos en el espacio de fases donde ocurre un cambio abrupto e impredecible; La más sencilla de estas catástrofes es un simple pliegue a lo largo del espacio de fases, que llamó precisamente catástrofe en pliegue.

TIPOS DE CATÁSTROFES			
Nombre	Clases	Gérmenes	Despliegues
Pliegue	A_2	x^3	$X^3 + ax$
Cúspide	$A_{\pm 3}$	$\pm x^4$	$X^4 + ax^2 + bx$
Cola de Milano	A_4	x^5	$X^5 + ax^3 + bx^2 + cx$
Mariposa	$A_{\pm 5}$	$\pm x^6$	$X^6 + ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx$
Hiperbólica	D_{+4}	$x^2 y + y^3$	$X^2 y + y^3 + a(y^2 - x^2) + bx + cy$
Elíptica	D_{-4}	$x^2 y - y^3$	$X^2 y - y^3 + a(y^2 + x^2) + bx + cy$
Parabólica	D_5	$x^2 y + y^4$	$X^2 y + y^4 + ax + by + cx^2 + dy^2$



Catástrofe tipo pliegue

Tabla 4.1 Tipos de Catástrofes y el ejemplo gráfico de una catástrofe en pliegue

CONCEPTO DE CATÁSTROFE ⁴

El matemático René Thom; Define que: “Una catástrofe es cualquier transición discontinua que ocurre cuando un sistema puede tener más de un estado estable o cuando puede seguir más de un curso estable de cambio”. La catástrofe es el “salto” de un estado o curso a otro. Se trata de un modelo matemático que interpreta los cambios bruscos que se producen, de modo que los anticipe y evalúe; Dicha interpretación es topológica o cartográfica, como un mapa de un proceso, en el cual se puedan reflejar los cambios, como ejemplos: los cambios en el humor de una persona, cambios en la meteorología, cambios socio-políticos,

³ A quien, por cierto, se le debe el nombre de Teoría de las Catástrofes, un título que procede por analogía de la “catástrofe ultravioleta” tratada por los físicos.

⁴ Según el matemático René Thom

cambios en la bolsa de valores; Es decir acontecimientos no-sistemáticos pero no infrecuentes; La teoría de las catástrofes no es cuantitativa, porque no versa sobre el control y la medición de un proceso, sino que trata de “dibujar” la estabilidad de los cambios que se producen, a un nivel de regularidad local.

Esta teoría no solo incursiona en el campo de las matemáticas, sino también en el de la filosofía, la lingüística, la poesía, etc; El intento de controlar las catástrofes, lo continuo, no sin polémica el Doctor Christopher Zeeman, su empeño no resultó infructuoso, porque favoreció el desarrollo de nuevas ideas en matemáticas y contribuyó significativamente a la formulación de la teoría del caos, de la cual, al matemático René Thom se le considera uno de sus precursores; No faltaron críticos a esta teoría, sin embargo, hasta el año 2004 nadie sugirió cursos o acciones diferentes que faciliten otras perspectivas y enfoques, para representar las variaciones discontinuas del comportamiento de un sistema.

APROXIMACIÓN A LA TEORÍA DE CATÁSTROFES

La teoría de Catástrofes es una disciplina científica que se desarrolla en el campo de la Analítica; La Analítica es una metateoría⁵ que agrupa una serie de teorías que buscan resolver problemas e investigar temas y objetos mediante métodos algorítmicos; La teoría de Catástrofes se origina con un enfoque analítico clásico y no clásico de los espacios singulares; Por espacio singular se entiende como aquel que no es abstracto y regular; Por ejemplo una montaña o un colmillo son espacios singulares, mientras que un cono, es un espacio regular, puede sustentarse que una montaña y un colmillo al reducirse, guardan proporción con un cono, porque tienen formas cónicas, pero ni un colmillo ni una montaña son propiamente un cono, por lo tanto si se desea estudiarlos de modo exacto y sin que pierdan su singularidad, se tendrán que emplear otros métodos: Cálculo integral y el análisis topológico.

La aplicación de los métodos anteriores permitieron el cálculo y diseño de espacios abstractos que podían resolverse en múltiples espacios singulares, y así establecer sus reglas de formación, estructuras y cálculos de espacios singulares, se comprobó que estos espacios singulares abstractos podían servir para estudiar la problemática de los sistemas inestables y hasta descubrir que sistemas considerados estables presentan fases y eventualidades de inestabilidad⁶, esto permitió introducirse en el estudio de hechos catastróficos y apreciar que había analogías entre ellos que podían ser reducidas a estos espacios abstractos singulares, de este modo podemos citar que: un terremoto y un infarto son catástrofes que se dan en distintos campos y escalas, pero que pueden reducirse analógicamente a ciertos patrones comunes.

⁵ metateoría es un conjunto de asunciones (exaltaciones) más amplias y menos específicas que la teoría.

⁶ . Un ejemplo del sistema estable es una montaña, uno inestable un volcán.

La Teoría de Catástrofes trata desde un espacio abstracto comprender el tema del cambio y de los procesos de cambio, los efectos del proceso de cambio pueden darse de tres maneras: graduales; en paralelo, y todo a la vez.

En el proceso gradual, las fases sucesivas del mismo van configurando el cambio, pero cada una de ellas resulta imperceptible, solamente cuando se acumulan muchas fases imperceptibles es que puede apreciarse un cambio, e incluso hay casos en que el cambio se aprecia solamente cuando se llegó al fin del proceso.

En los procesos en paralelo hay partes que no cambian o lo hacen lentamente, frente a otras que pueden modificarse lenta o aceleradamente.

En los procesos de todo de una vez, la fase de cambio sigue a una estática aparente, y sin previo aviso lo trunca por completo, en estos procesos es que se aprecian las catástrofes porque implican un proceso que se da todo de una vez; Sin embargo un proceso gradual puede ser catastrófico, pero de modo imperceptible hasta que se llega al final en donde se aprecia la catástrofe, lo propio puede acontecer con los procesos en paralelo.

La teoría de catástrofes se relaciona con procesos de cambio en donde al final tenemos una modificación total de lo que había antes, y los procesos graduales pueden ser tan catastróficos y engañosos como los que se dan todo de una vez; la teoría matemática y la teoría lógica de catástrofes tienen puntos en común, uno de ellos es que pretenden diseñar espacios de catástrofe.

LA TEORÍA DE LAS CATÁSTROFES EN OTRAS ÁREAS

La teoría de las catástrofes forma parte de las matemáticas y explica abstractamente la discontinuidad de los procesos, por ejemplo: cuando el agua se congela o hierve (cambia su estado), cuando un edificio se derrumba, cuando una gota derrama el vaso, o cuando un terremoto sacude la tierra, se produce lo que el matemático René Thom denominó una catástrofe, porque interrumpe los procesos normales de las cosas; Estos fenómenos son formas que simbolizan los procesos evolutivos que generan interrupciones, este concepto no significa tragedia, sino discontinuidad; Otras áreas donde se ha relacionado a esta teoría son:

- En la Biología Molecular, la Biología Topológica realiza investigaciones sobre los atractores estables del cuerpo humano, están en la búsqueda de la estabilidad estructural fundamental que se transmite a todas las células sexuales dependiente de su medio natural, es un estudio que se lleva a cabo desde la embriogénesis, y que va más allá que la estructura del ADN.
- En Lingüística, la topología comienza a considerarse como un instrumento muy potente para investigaciones en la semántica y en la traducción; Desde que doctor Bernard Pottier iniciara su interpretación de la teoría de René Thom, otros grandes investigadores se han acercado a la teoría morfogénica: Doctor Jean Petitot en Francia, Doctor Wolfgang Wildgen en Alemania; Entre

otros, destacan los trabajos de Enrique Bernárdez, catedrático de Inglés en Madrid y Ángel López García, catedrático de Lingüística en Valencia.

● En matemáticas, su contribución se resume, por un lado, en la elaboración de conceptos y herramientas que ayudaron a comprender mejor la geometría de los objetos matemáticos y, por otro lado, en sus estudios sobre las singularidades de los objetos, en un intento de explicar por qué los objetos son como son y no de otra forma. Thom estableció una relación directa entre estas singularidades y el nacimiento de las formas, lo que posteriormente se denominaría morfogénesis.

● En filosofía es un personaje asociado al impulso humano por comprender los fenómenos en sus más profundos significados y a la crítica de la modernidad tecnológica, que da prioridad a las aplicaciones científicas, en detrimento de la comprensión de la naturaleza.

● La teoría de las catástrofes ha encontrado interesantes aplicaciones en la hidrodinámica y la economía, entre otros campos, y el mismo matemático René Thom efectuó insistentes incursiones en la lingüística.

● El doctor Erik Christopher Zeeman⁷ ha hecho de esta teoría, que en principio es descriptiva, una teoría predictiva y en este sentido la ha aplicado a la comprensión de comportamientos sociales, tanto en animales como humanos, desde la agresión en el perro, los motines en las cárceles y las reacciones de la bolsa de valores, hasta los conflictos internacionales.

● A nivel psicosocial, la teoría de las catástrofes podría contribuir a un esclarecimiento de procesos como la toma de decisiones o los cambios bruscos de opinión, y parece especialmente aplicable al proceso de socialización, entendido éste como una sucesión de crisis cuyas alternativas van desarrollando socialmente al sujeto, esto es, forman su personalidad en el doble aspecto individual y social.

Un ejemplo más dónde ingresa la teoría del matemático René Thom, para entender el comportamiento de un sistema, es el ejemplo del péndulo; Sí desde el punto de unión se deja caer un hilo con una bolita de acero; se balancea el hilo a partir de un ángulo dado, que puede medirse con un cartabón⁸, y empieza a moverse con una velocidad, que, a su vez, puede medirse con un cronómetro, como el péndulo al llegar a un punto cambia de sentido, el camino recorrido en cada vuelta se puede contabilizar positivamente en el viaje de ida, y negativamente en el viaje de vuelta, esto puede simbolizarse con una curva que se arquea un poco tanto al ir a la derecha como al venir hacia la izquierda del péndulo, la figura arqueada de cierta forma se dibuja en el plano sobre el que se soporta el péndulo, cuando no hay rozamiento la trayectoria marcada se repetiría

⁷ Zeeman, E. Christopher, 1974 "On the unstable behavior of the stock exchanges," Journal of mathematical economics I, 39-44.

⁸ Instrumento formado por dos reglas ortogonales que se utiliza en carpintería para marcar ángulos rectos.

una y otra vez formando una trayectoria cerrada o ciclo límite; y cuando hay rozamiento la trayectoria se hace cada vez más pequeña, y llegará un momento que se reduzca a un atractor⁹ de punto fijo, si lo anterior se dibujara sobre el soporte de nuestro péndulo, tendríamos un conjunto de curvas que expresan el ángulo y la velocidad del péndulo; A ese conjunto se le denomina espacio de las fases¹⁰; Si en vez de poner en marcha el péndulo suavemente le damos un impulso con más fuerza, de tal manera que la frecuencia del péndulo sea diferente a la de la fuerza impulsora, esta última atraerá al péndulo, y si se mantiene esta fuerza, el atractor, tras unos momentos de trayectorias caóticas, vuelve a la posición del “ciclo límite”, si ahora se imprime al péndulo una fuerza no lineal, por ejemplo, acercando un imán, el péndulo da breves sacudidas que forman pequeños ciclos en el circuito, si se le administra un poco de fricción, el periodo se duplica y el circuito también, si se incorporan más fuerzas no lineales, el espacio de fases se hace superior a dos, y estos circuitos comienzan a trazar figuras cada vez más complejas, a esos ciclos se han denominado atractores extraños, con los cuales se ha logrado modelar la conducta de sistemas hasta ahora prácticamente inaccesibles, como los sistemas meteorológicos, los sistemas de fluidos, los sistemas de turbulencias, etc.,

CONCEPTOS CLAVE EN LA TEORÍA DE LAS CATÁSTROFES

La teoría de las catástrofes define dos conceptos: Uno es el de estabilidad o equilibrio, que se refiere a un sistema que permanece estable aunque registre un cambio; El segundo concepto es el cambio cualitativo o discontinuidad, que aparece cuando lo que son simples cambios cuantitativos pasan a ser otra cosa diferente, en ese momento el sistema se transforma internamente de modo radical en una nueva realidad, lo que modifica su situación de equilibrio interno y se crea una situación nueva.

MERCADOS FINANCIEROS : PREVINIENDO LA COMPLEJIDAD Y TURBULENCIA

A lo largo del tiempo, los movimientos dentro del mercado de valores, han sido objeto de numerosos análisis, a fin de poder controlarlos, se han puesto a la venta diversos productos que aseguran saber como anticiparse a las complejidades de la bolsa de valores: Se publicaron varios libros[15] que argumentaban a detalle como ganar dinero comprando y vendiendo acciones, programas como Tradestation o Excel; Algunos autores decían tener la fórmula precisa acerca de como “meterse” dentro de la especulación de la bolsa, y salir sin mayores daños, aun así, se dieron casos como el de marzo del año 2000 donde más de 4 billones

⁹ David Ruelle y Floris Takens: una zona bien delimitada del espacio de fases en la que las líneas de la trayectoria del sistema nunca se cortan. Líneas de longitud infinita confinadas en área finita, describiendo órbitas no periódicas

¹⁰ Espacio de fases: sistema cartesiano bidimensional (plano de referencia) donde los ejes mutuamente perpendiculares representarán las magnitudes referidas.

de dólares se perdieron¹¹, repercutiendo a muchos países del mundo, y no hubo ni manual ni programa de computación que ayudara a contener este fenómeno.

Otros economistas e ingenieros utilizan teorías o modelos como los siguientes:

- La teoría de las ondas de Elliot[13], la cual asume que la sociología de las masas lleva a los mercados hacia patrones identificables y repetitivos bastantes parecidos a las auto-similaridades de los fractales¹²[16],
- Algunos econofísicos optan por probar la teoría del juego de la minoría¹³; donde se deben tomar decisiones inmediatas, conforme los índices financieros van cambiando constantemente.
- Los investigadores de la Universidad de Oxford, y los estudios del ingeniero Ricardo Mansilla[17] de la UNAM de México, han utilizado herramientas de la termodinámica y la física estadística para hacer predicciones,
- Los estudios del doctor Didier Sornette[18] de la Universidad de California de Los Angeles, que sugieren que los eventos externos están precedidos por oscilaciones aparentes cuando se ve al tiempo en una escala logarítmica,
- Los modelos de la complejidad e entendimiento sobre el riesgo, brindan interesantes y llamativas evidencias sobre el tema del riesgo al invertir, se trata del criterio que asumen los inversionistas al invertir, ya que gran parte de las transacciones se hacen con bases intangibles, tales como la experiencia, la intuición y sobretodo las corazonadas del inversionista.
- El doctor Neil Jonson y sus colegas del Clarendon Laboratory[20], en colaboración con miembros del Oxford Centre para las matemáticas industriales y aplicadas (OCIAM), están convencidos de que existe una profunda y hasta ahora invisible e impensada relación entre la actividad financiera y el comportamiento de las partículas, las fuerzas y las moléculas; este grupo, creó y acercó un mercado simulado o artificial a los comisionistas de un importante banco, para someterlo a prueba, el juego consistía en que los operadores jugaran contra el mercado artificial, tratando de ganar dinero y vencerse entre si; Uno de los resultados llamativos que se obtuvo en el experimento fue una enorme valoración del tiempo, consideran muy importante que los valores de un día, pueden cambiar totalmente al siguiente.

11 La fecha del 10 de marzo es recordada como la del inicio del fin. Dos días después dijo adiós a ese índice histórico en una caída que arrastró a todos los mercados financieros

12 Se llama Fractal a un ente geométrico que tiene una dimensión por semejanza, dimensión fractal, estrictamente mayor que su dimensión topológica.

13 En este juego los jugadores tienen una memoria muy limitada, tal como el cambio diario en un índice de mercados y deben elegir una alternativa a cada momento, por ejemplo comprar o vender con esa mínima información. Los que están del lado de la minoría son los que ganan, los compradores de commodities (artículos, mercancías) obtienen un mejor precio si hay más vendedores que compradores

CAPÍTULO V

APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS DEL ANÁLISIS DE RECURRENCIA VISUAL A LAS SERIES DE TIEMPO DEL: IPC, DOWJONES, NIKKEI y NASDAQ

INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE RECURRENCIA VISUAL

En este capítulo, se da el marco de referencia de las diferentes técnicas usadas para el análisis de series de tiempo, sus alcances y limitaciones que éstas tienen hasta el día de hoy, se introduce la metodología del Análisis de Recurrencia visual (VRA), la cual sobresale por su metodología de exploración, representa una técnica útil para detectar no estacionariedad¹, y conductas caóticas en series de tiempo²; Esta metodología a través de los Plots de Recurrencia visual (RP) y del Análisis de Cuantificación de Recurrencia (RQA) permiten revelar la correlación en los datos, imposibles de detectar en las series de tiempo originales; No requieren ningún supuesto en el aspecto estacionario, ni cualquier suposición con respecto a las ecuaciones subyacentes de movimientos de las series de tiempo; Esto es especialmente útil para los casos, en los cuales lo modesto de los datos, permite que se puedan hacer con ellos los análisis clásicos para detectar datos caóticos, pero especialmente tienen la capacidad para detectar la desviación dentro de la serie de datos; Es importante mencionar que en este capítulo, solamente se indican las series de datos de los cuatro índices financieros, que son tema de este trabajo, los cuales se tratarán a través de las funciones de : Información Mutua y Método de los Falsos Vecinos, y la obtención de la Entropía Espacio-Temporal; Y finalmente, solo se habla, de los diferentes aspectos que se toman en cuenta para interpretar tanto los RP's como los RQA's de cada serie de datos; La obtención de los Plots, y, la comparación y análisis entre cada uno de los RP's y los RQA's se desarrollarán en el siguiente capítulo.

Casi todas las técnicas lineales y no lineales usadas para el análisis de la serie de tiempo presuponían una cierta clase de estacionariedad en ellas, razón por la cual algunas veces se obtenían resultados engañosos, y el comportamiento irregular de algunos sistemas deterministas no lineales no se apreciaba, y cuando tal comportamiento se manifestaba se presumía típicamente como de comportamiento estocástico; Aunque estas técnicas ya son ampliamente dominadas y aplicadas dentro de las matemáticas, las ciencias naturales y económicas, resultaron poco adecuadas ante fenómenos hoy llamados caóticos, cuando se tomó conciencia de que un fenómeno económico, natural o de cualquier otro tipo fuera en gran parte complejo, trajo como consecuencia la necesidad de crear modelos más realistas que nos condujeron a nuevos conceptos de mayor alcance y herramientas que permitieran detectar, analizar y

¹ características del sistema que no se pueden observar el usar de otros enfoques lineales y no lineales, y esta técnica es especialmente útil para el análisis de sistemas no estacionarios con alta dimensionalidad o dinámicas ruidosas

² Zbilut, Webber, Giuliani, Trulla 2000; J. S. Iwanski 1988.

hacer frente a fenómenos no estacionarios, aparentemente aleatorios, y quizá en el fondo caóticos.

El análisis de recurrencia representa una metodología útil para detectar no estacionariedad³, y conductas caóticas en series de tiempo[21], de los primeros usos en que se aplicó este análisis fueron para mostrar los patrones de recurrencia y no estacionariedad en series de tiempo. Pero también ya el análisis de recurrencia ha sido aplicado al estudio de sistemas caóticos porque los patrones que se repiten están entre las características más importantes de sistemas caóticos; Esta metodología a través de los plots de recurrencia[22], [23] permite revelar la correlación en los datos que no son posibles detectar en las series de tiempo originales; No requiere ningún supuesto en lo estacionario, ni cualquier suposición con respecto a las ecuaciones subyacentes de movimientos de las series de tiempo; Esto es especialmente útil para los casos en los cuales lo modesto de los datos, permite que se puedan hacer con ellos los análisis clásicos para detectar datos caóticos, pero especialmente tiene la capacidad para detectar la bifurcación de un sistema.

PLOT DE RECURRENCIA

En sistemas dinámicos no lineales la relación entre la proximidad en tiempo y en espacio de fases, es la manifestación más relevante de que un sistema no es estacionario; La herramienta gráfica que evalúa la distancia del espacio de la fase, es el diagrama o plot de recurrencia[24], que se basa en la reconstrucción del espacio de estado; Pachard y Takens en 1981 [25] señalaron cómo poder recobrar la información de las series de tiempo, destacaron que un estado del espacio de fase del sistema se podía reconstruir a partir del derivado del tiempo formado de los datos; El plan de tal reconstrucción es capturar los estados originales del sistema cada vez que se tenga una observación de esa salida del sistema, además, la idea es ampliar una señal unidimensional en un espacio M-dimensional de la fase, sustituyendo cada observación en la señal original $X(t)$ con el vector $Y(i) = \{x(i), x(i-d), x(i-2d), \dots, x(i-(m-1)d)\}$ ⁵, como resultado tenemos una serie de vectores: $Y = \{y(1), y(2), y(3), \dots, y(N - (m-1)d)\}$

La respuesta en la reconstrucción del espacio de fase es la correcta elección de los parámetros de inserción[26]⁴ (El retardo y dimensión), se ha notado en la práctica que diferentes parámetros de inserción afectan el resultado de la predicción y por supuesto la calidad de la reconstrucción; Aunque no hay acuerdo general sobre el procedimiento que los calcula.

En el VRA la técnica usada para determinar los parámetros de inserción es la Función de Información Mutua(FIM)[29] y la función de Falsos Vecinos Cercanos (FVC)[27]; La FIM

³ características del sistema que no se pueden observar el usar de otros enfoques lineares y no lineares, y esta técnica es especialmente útil para el análisis de sistemas no estacionarios con alta dimensionalidad o dinámicas ruidosas

⁴ La determinación de los parámetros de inserción es un punto crucial para obtener una reconstrucción del espacio de fase. Existen otros puntos de vista a lo que proponen los investigadores como Giuliani y Zbilut, que han establecido que un buen valor para el análisis de datos debe tener un valor de tiempo de retardo de 1, mientras que para datos continuos el valor podría estar sobre 1. Al respecto existe el comentario de que en economía esta regla está limitada, ya que el valor de un indicador económico depende del valor variable del día anterior.

proporciona información importante y razonable sobre los tiempos de retardo, mientras que los FVC pueden guiarnos a encontrar la dimensión mas apropiada.

El RP es una representación de dos dimensiones de una sola trayectoria, esta formado por una matriz $M \times M$ de 2 dimensiones donde M es el número de vectores de inserción $Y(i)$ obtenido de las coordenadas de retardo de la señal de entrada; En la matriz el valor del punto de las coordenadas (i, j) son las distancias euclidianas entre los valores $Y(i)$ y $Y(j)$, en esta matriz el eje horizontal representa el índice del tiempo $Y(i)$ mientras que el vertical representa el del cambio $Y(j)$, se coloca un punto en el arreglo (i, j) si $Y(i)$ está lo suficientemente cerca de $Y(j)$; Se tienen dos tipos de RP, el de limite (Conocido como matriz de recurrencia) y sin limite⁵, los limites de los RPs son simétricos alrededor de la diagonal principal.[30]

MATERIALES Y METODOS A USAR EN LAS SERIES DE TIEMPO

Todos los análisis de este trabajo principalmente se llevaron a cabo mediante el programa Visual Recurrence Análisis[31], así como en el Chaos Data Analyser; Como datos se van a utilizar los valores de cierre diario, de cuatro índices financieros[32] de países diferentes, las series de tiempo se componen por datos diarios, registrados oficialmente desde 1990 hasta 2005, estas son:

INDICES A USAR DENTRO DEL VRA	
ÍNDICES PARA ANÁLISIS	NUMERO DE REGISTROS POR ÍNDICE (RANGO: 19-Abril-1990 A 15-Julio-2005)
Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) de México	3822 registros
Dow Jones (DJIA) de Estados Unidos	3844 registros
Nikkei (NIKKEI) de Japón	3754 registros
Nasdaq (NASDAQ) de Estados Unidos	3844 registros

Tabla 5.1 Índices a usar en las series de tiempo

FUNCIÓN DE INFORMACIÓN MUTUA

Primeramente obtendremos a través del programa VRA, el valor más adecuado para obtener la FIM de cada una de las series de datos mencionadas; La información mutua estima el valor óptimo del tiempo de retardo (T) para la reconstrucción del espacio de fases; Los detalles de esta técnica se pueden encontrar entre otros[33], la idea general es que un buen tiempo de retardo T es aquel que dado un estado del sistema $X(t)$ provea una información nueva máxima acerca del estado $X(t+T)$ la diferencia entre el estado real y el predicho para $X(t+T)$ da una medida de esta información. Muchos bits de información

⁵ Iwanski J. S. and Bradley E. 1988

pueden ser predichos para T pequeña (los estados se encuentran cerca), pero esta cantidad de bits debe ir disminuyendo a medida que T aumenta, de esta manera se toma como T óptimo aquel donde se encuentre el primer mínimo local de la función de información; Procedemos a insertar por separado, cada una de las series de datos de los cuatro índices tema de este trabajo, y se fue incrementando progresivamente el valor del retardo entre 1 – 20, y una vez que realizamos el cálculo de la FIM por cada índice, obtenemos los siguientes resultados, el valor obtenido en cada retardo probado, fue el mismo por lo tanto se toma como el óptimo.

RESULTADOS: FUNCIÓN DE INFORMACIÓN MUTUA POR CADA ÍNDICE				
TIEMPO DE DEMORA	IPC	DJIA	NIKKEI	NASDAQ
1	58	59	56	33
2	58	59	56	33
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
19	58	59	56	33
20	58	59	56	33

Tabla 5.2 Datos obtenidos en la información mutua de los 4 Índices

MÉTODO DE LOS FALSOS VECINOS CERCANOS

Ya señalamos que los FVC también pueden guiarnos a encontrar la dimensión más óptima, la base teórica del método es que para los sistemas determinísticos, los puntos que son cercanos en el espacio de fases reconstruido, permanecen de esta forma bajo iteraciones posteriores en espacios de mayor dimensión; esto es cierto si la dimensión de inmersión es suficientemente elevada como para resolver el determinismo[34], basado en esto el algoritmo funciona de la siguiente manera:

Dado un punto X_n en m dimensiones, se buscan sus puntos vecinos más cercanos X_i .. Dejando que la distancia entre X_n y X_i sea \mathcal{E}_i ; si la distancia entre estos puntos en el espacio de dimensión m .1 es mayor que $s * \mathcal{E}$ (s es un determinado factor) entonces el punto X_i se marca como un falso vecino cercano; La fracción de falsos vecinos cercanos indica entonces, sí el proceso es determinístico en m dimensiones o no; Si m es mayor que el número de grados de libertad activos, esta fracción debe ser cero o al menos muy pequeña, y no debe ser cero en cualquier otro caso, procedemos a insertar por separado, las series de cada índice de este trabajo, y una vez que realizamos el cálculo de la FIM obtenemos los siguientes resultados:

RESULTADOS: FALSOS VECINOS CERCANOS POR CADA ÍNDICE

SERIE DE TIEMPO	TIEMPO DE RETARDO	DIMENSIÓN DE INSERCIÓN OPTIMA	PORCENTAJE DE FALSOS VECINOS
IPC	58	8	32.46
DJIA	59	10	28.92
NIKKEI	56	8	31.16
NASDAQ	33	10	28.17

Tabla 5.3 Datos obtenidos para falsos vecinos cercanos de los 4 índices

GENERACIÓN DE LOS GRÁFICOS DE RECURRENCIA VISUAL

En el análisis de recurrencia visual[35] una serie de tiempo unidimensional de un archivo de datos es expandida en un espacio de alta dimensión, en el cual ocurre la dinámica que genera al proceso; Esto se hace utilizando una técnica llamada inmersión en coordenadas de retraso, la cual crea literalmente, un retrato del espacio de fases del sistema dinámico bajo estudio, que es topológicamente equivalente al sistema original[36]; Para expandir una señal unidimensional en un espacio de fases m-dimensional se sustituye cada observación en la señal original $X(t)$ con el vector: $Y(t) = \{X(t), X(t-T), X(t-2T), \dots, X(t-(m-1)T)\}$

Donde T = tiempo de retardo, y m = dimensión de inmersión, un gráfico de recurrencia visual se realiza calculando todas las distancias euclidianas entre cada par de vectores en este espacio m-dimensional, a la matriz obtenida se le asigna un código de colores y se representa en dos dimensiones; Por tanto procederemos en el siguiente capítulo a obtener el gráfico de recurrencia visual para cada una de las series de tiempo tratadas en este trabajo: IPC, DJIA, NIKKEI y NASDAQ. (ver capítulo siguiente)

OBTENCIÓN DE LA ENTROPÍA ESPACIO-TEMPORAL

La entropía espacio-temporal es un estimador de la 'cantidad de estructura' de una imagen, tanto en el dominio del tiempo como en el dominio del espacio, esencialmente, esta medida compara la distribución global de los colores sobre todo el gráfico de recurrencia (RP), con la distribución de colores sobre cada línea diagonal de este mismo gráfico, en términos físicos, esta cantidad compara la distribución de las distancias entre todos los pares de vectores en el espacio de fases reconstruido, con la distribución de las distancias entre diferentes órbitas que evolucionan en el tiempo, el resultado es normalizado y presentado como por ciento de 'máxima' entropía; Por lo tanto procedemos a insertar por separado, las series de cada índice de este trabajo, y una vez que realizamos el cálculo de entropía, obtenemos los siguientes resultados:

RESULTADOS: ENTROPÍA ESPACIO TEMPORAL (%) POR ÍNDICE	
SERIE DE TIEMPO	PORCENTAJE
IPC	0
DJIA	4
NIKKEI	25
NASDAQ	23

Tabla 5.4 Datos de entropía espacio temporal 4 índices

EL ANÁLISIS DE RECURRENCIA VISUAL

Esta sección explica como se obtendrán los resultados por cada índice: se dividirá en una interpretación o análisis visual del plot de recurrencia de cada una de las series tratadas, y por otra parte se analizan los mismos plots mencionados con las medidas (datos) que se obtienen a través del método de Análisis de Cuantificación de Recurrencia (Recurrence Quantification Análisis), con objeto de afianzar más los resultados visuales de cada plot de recurrencia inicial.

ANÁLISIS VISUAL

En este trabajo el aspecto del plot de recurrencia visual (RP) es importante, ya que nos indicará visualmente el comportamiento del sistema (serie de datos), esto lo hace a través de las distancia entre puntos o, a través de líneas diagonales largas o cortas, que se pueden apreciar visualmente; por lo tanto veremos qué dentro del RP, a un conjunto de puntos en un arreglo, se colorean de acuerdo a la distancia entre los vectores $i - j$; Normalmente el color oscuro muestra las distancias largas o de mayor longitud, y el color claro las distancias cortas; Además si la textura del patrón (conjunto de puntos), dentro de un bloque específico del RP, es homogénea, se asume que en esa posición o lugar existe estacionariedad para esa señal, dentro del tiempo correspondiente[37]; Los sistemas no estacionarios, crean cambios en la distribución de los puntos de recurrencia en el plot, lo cual se refleja a través de las áreas más claras dentro del RP; Las estructuras diagonales muestran el rango, en el cual una parte de la trayectoria puede estar cercanamente, a otra parte de trayectoria en un tiempo diferente; La longitud de la línea diagonal es el tiempo a través del cual se mide la cantidad de tiempo, en que dos trayectorias estarán cerca una de la otra[38], la aparición de las líneas paralelas a la diagonal del plot de recurrencia pueden ser vistas como las trayectorias más rápidas y cercanas que divergen en el espacio de fase, los segmentos de líneas paralelas a la diagonal principal son puntos que se acercan unos a otros sucesivamente en el tiempo, lo cual no puede ocurrir en comparación entre un proceso aleatorio y uno determinístico, por otra parte un comportamiento caótico genera diagonales muy cortas, mientras que un comportamiento determinístico genera diagonales más largas; Por lo tanto, la longitud media de estas líneas es una medida recíproca del exponente positivo más grande de Lyapunov[39]

ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN DE RECURRENCIA (RQA)

La propuesta sobre el uso de los Plots de Recurrencia Visual para muchos no es totalmente útil y practica ya que su presentación gráfica no es fácil de interpretar, como una consecuencia a esto, el doctor Joseph Zbilut propuso la cuantificación estadística de los RPs, mejor conocida como el Análisis de Cuantificación de Recurrencia (Recurrence Quantification Analysis R.Q.A.)[40]

La metodología RQA es independiente de limitar restricciones tales como el tamaño de los datos, la estacionariedad de los mismo, y cualquier condición respecto de la distribución estadística de los datos, se cree que su aparición fue idealmente creada para los sistemas dinámicos caracterizados por cambio de estados, no lineales, no estacionarios o caóticos[41]; Internamente el análisis de Cuantificación de Recurrencia, al evaluar cualquier serie de datos, lo divide en un determinado número de épocas, las cuales agrupan a cierto rango de datos; y cada época recibe un valor, estos valores por época nos permitirán interpretar cada una de las medidas o aspectos para los segmentos diagonales en un RP.

El RQA define las medidas para los segmentos diagonales en un plot de recurrencia, esas medidas se explican en seguida, y son:

MEDIDAS OBTENIDAS A TRAVES DE RECURRENCE QUANTIFICATION ANÁLISYS, Y SUS SIGLAS DENTRO DEL PROGRAMA V.R.A.	
● Porcentaje de Recurrencia	REC
● Determinismo	DET
● Longitud promedio de la estructura diagonal	MAXLINE
● Entropía	ENT
● Tendencia	TREND

Tabla 1.5 Datos que se pueden obtener del Análisis de Cuantificación de Recurrencia

● Porcentaje de recurrencia

Es el porcentaje de todos los estados recurrentes (Es el porcentaje de los puntos de recurrencia) para todos los estados posibles y es la probabilidad de repetición de un estado en especial, este valor se utiliza para calcular la dimensión de correlación de datos.

● Determinismo

Es el porcentaje de los puntos recurrentes que forman las estructuras diagonales para todos los puntos de recurrencia, el determinismo[42] mide el porcentaje de los puntos recurrentes que forman los segmentos de línea que son paralelos a la diagonal principal, un segmento de línea es una secuencia

de puntos igual o más larga que un límite predeterminado, estos segmentos de línea muestran la existencia de una estructura determinística, la ausencia en cambio muestra aleatoriedad.

● Maxline

Representa la longitud promedio de la estructura diagonal e indica los segmentos de línea más largos que son paralelos a la diagonal principal, los cuales deben ser proporcionales al inverso del exponente positivo más grande de Lyapunov, una señal periódica produce segmentos de línea largos, mientras que el ruido no produce ningún segmento, los segmentos cortos indican caos.

● Entropía

La entropía mide la distribución de esos segmentos de línea que son paralelos a la diagonal principal y refleja la complejidad de la estructura determinística en el sistema, este porcentaje indica la estructuración de la serie de tiempo, por tanto un valor alto de entropía refleja típicos comportamientos periódicos, mientras que valores bajos representan comportamientos caóticos, los valores grandes de la entropía significan diversidad en las longitudes de las líneas diagonales[43], y pequeños valores dan una pequeña diversidad en las longitudes de las líneas diagonales, por lo tanto los valores máximos de línea corta son indicadores de comportamientos caóticos[44].

● Tendencia

La tendencia mide la palidez de los patrones del RP alejados de la diagonal principal, se usa para detectar la dirección y no estacionariedad en las series de tiempo.

CAPÍTULO VI

RESULTADOS: OBTENCIÓN VISUAL DE PATRONES DE RECONOCIMIENTO Y ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN DE RECURRENCIA DE LAS SERIES DE TIEMPO DE : IPC, DOWJONES, NIKKEI y NASDAQ

Esta parte recupera del capítulo anterior, los diferentes datos de cada una de las series financieras que se han estado trabajando (IPC, DOWJONES, NIKKEI y NASDAQ), tomándolos como datos base del VRA, para la generación por cada índice de: El Plot de Recurrencia Visual, y de su respectiva gráfica de serie de tiempo, El análisis e interpretación gráfica del RP y Gráfica, La obtención del atractor en 2 y 3 planos, La comparación entre cada RP y su RQA, interpretando las siguientes medidas o aspectos: La tendencia, Recurrencia y Determinismo, La longitud máxima de la línea diagonal en cada RP, se analizan las mezclas de: Recurrencia, Determinismo, Longitud de Línea y entropía; Determinismo con Recurrencia contra Longitud de Línea y Entropía; Internamente el análisis de Cuantificación de Recurrencia, al evaluar cualquier serie de datos, la divide en un determinado número de épocas, las cuales agrupan a cierto rango de datos; y cada época recibe un valor, estos valores por época nos permitirán interpretar cada uno de los aspectos¹ mencionados líneas arriba; Con lo anterior obtendremos los resultados, que permitirán caracterizar principalmente, el grado de determinismo o caoticidad particulares a cada uno de los índices, se podrá entender la relación, entre su comportamiento y susceptibilidad a fenómenos externos.

¹ Porcentaje de Recurrencia, Determinismo, Longitud promedio de la estructura diagonal, Entropía, Tendencia

ÍNDICE IPC

OBTENCIÓN DEL PLOT DE RECURRENCIA IPC

Con la series de datos del índice IPC, trabajados en el capítulo V, y a través del programa VRA procedemos desde este momento, a la obtención del RP y gráfica del IPC, y, una vez obtenido, determinamos su situación a través del análisis de recurrencia visual, con objeto de identificar y señalar sus niveles de fluctuación y posibles catástrofes del RP, y enseguida reflejarlas en su gráfica correspondiente, con la misma serie y el programa Chaos Data Analyzer obtener el atractor correspondiente, y encontrar sus similitudes con los dos anteriores (RP y Gráfica); Todo con el fin de que faciliten su caracterización de una manera más sencilla.

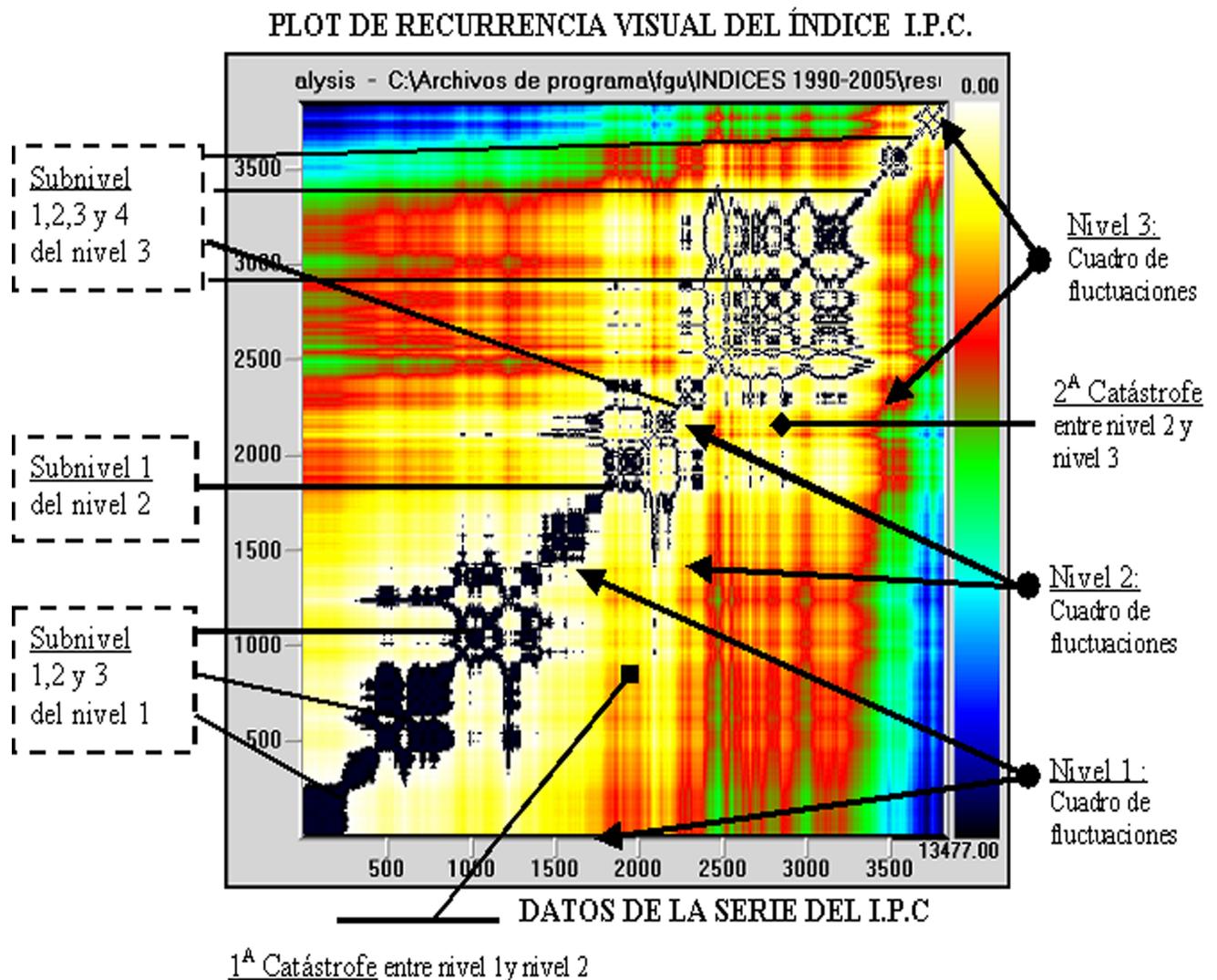


Figura 6.1 Índice IPC, RP donde ya se señalan sus niveles de fluctuación y catástrofes encontradas

GRÁFICA DE LA SERIE DE TIEMPO DEL I.P.C.

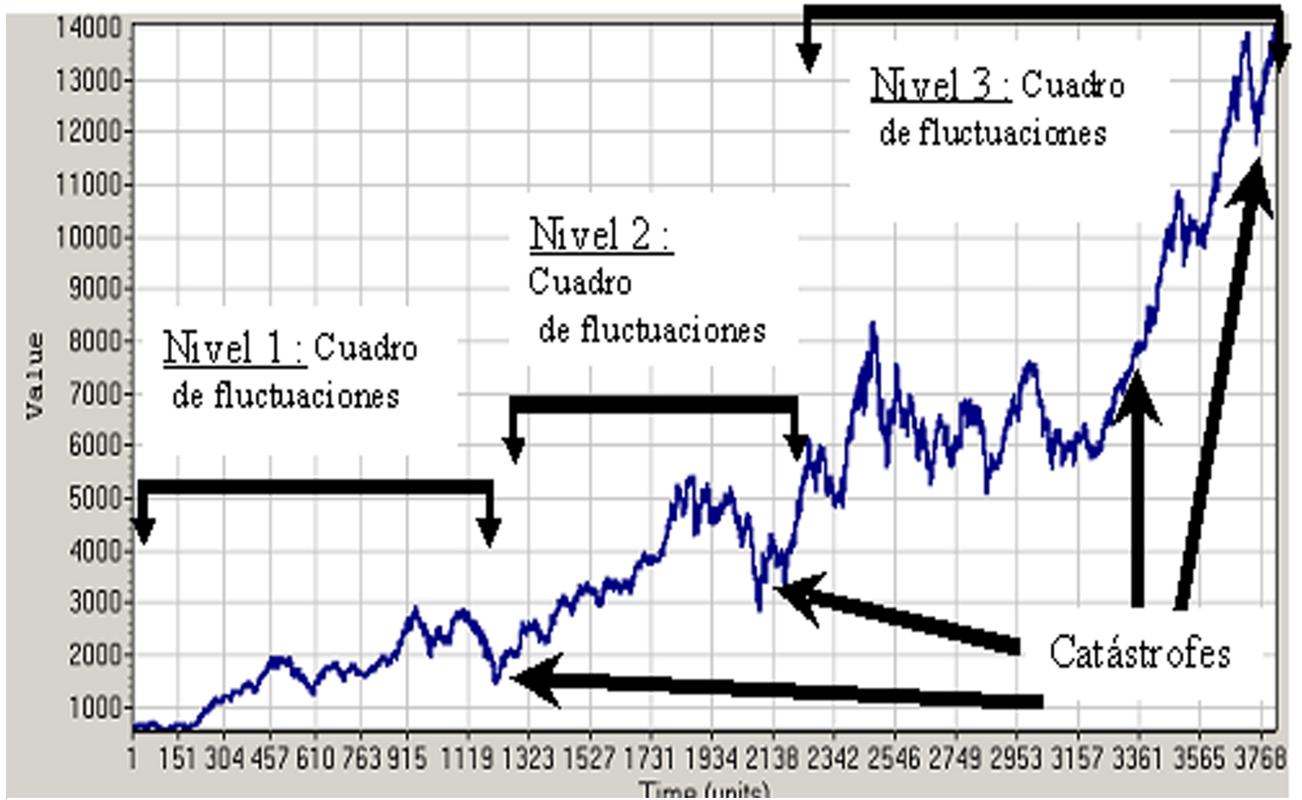


Figura 6.2 Gráfica de la serie de tiempo del índice IPC, reflejando los subniveles de fluctuación y catástrofes encontradas.

OBTENCIÓN DEL ATRACTOR DEL ÍNDICE IPC

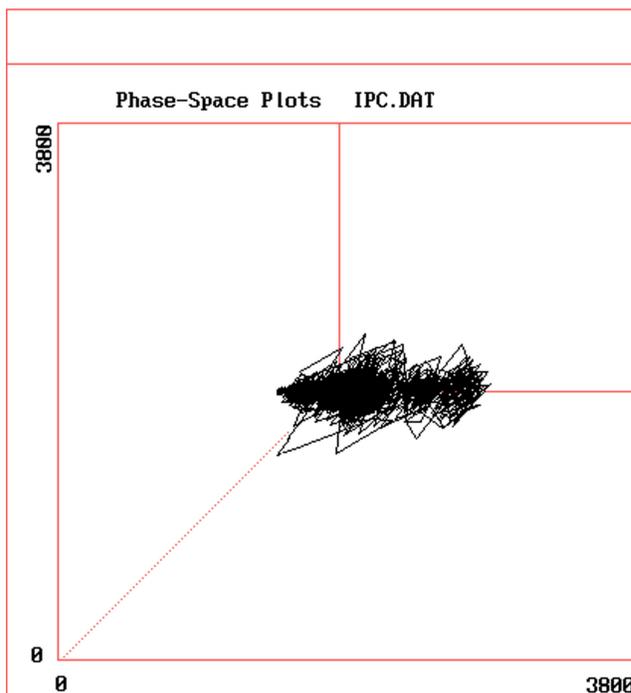


Figura 6.3 Atractor en tres planos IPC

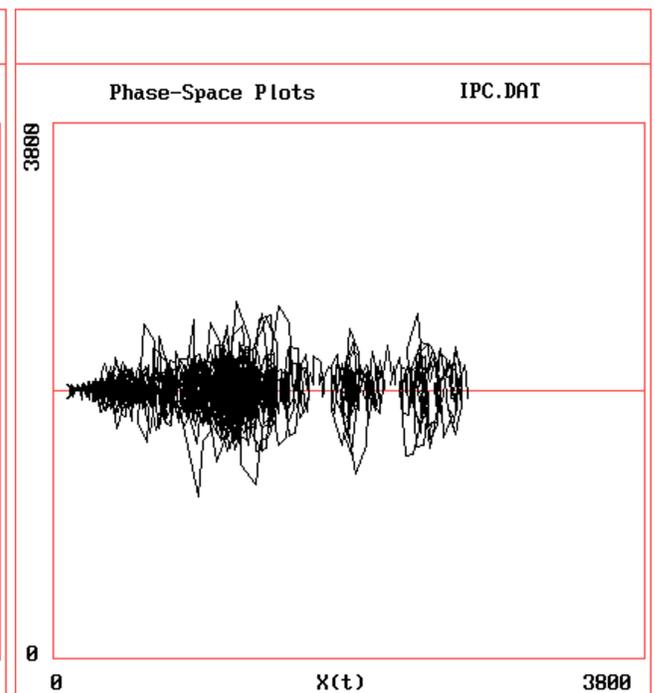


Figura 6.4 Atractor en dos planos IPC

ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN DE RECURRENCIA POR ÍNDICE

ASPECTOS MEDIDOS POR ÉPOCAS Y ANALIZADOS EN CADA UNA DE LAS SERIES
TREND (TENDENCIA) diferente entre cada época significa que no es estacionario
REC y DET (RECURRENCIA Y DETERMINISMO) si son igual a cero, son aleatorios
MAXLINE (LONGITUD MÁXIMA DE LA LÍNEA DIAGONAL) si es igual a -1 destaca la ausencia de estructura determinística
REC, DET, MAXLINE y ENT (ENTROPÍA) sí son significativos en una época en común, tiene estructura determinística
Altos valores de DET y REC , y pequeños valores en MAXLINE y ENT representan conducta caótica
Tabla 6.1 Aspectos medidos en el análisis de cuantificación de recurrencia

Después de la interpretación gráfica, y desde este momento realizaremos el procedimiento de RQA en cada serie, para obtener los resultados por cada uno de los aspectos de la tabla anterior (Tabla 6.1) de cada Plot, los cuales manifestaran el comportamiento de cada serie a través de sus valores por época, y con ello apoyar la interpretación visual hecha previamente, de los RPs por cada índice.

ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN DE RECURRENCIA PARA IPC

RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE CUANTIFICACION DE RECURRENCIA PARA LA SERIE DE DATOS DEL IPC

TREND. Encontramos que en los valores de trend (tendencia) los porcentajes son diferentes para cada época, por lo tanto no es estacionaria, se puede decir que prácticamente al 100%. (sin embargo en las épocas 14 y 15 existen valores casi iguales, así pasa con los siguientes pares de épocas: 19 y 20, 81 y 82, 115 y 116, 122 y 123, 208 y 209, 241 y 242, 263, 264, 290 y 291.). Lo estacionario podría representar solo el 0.001 % de estacionario (son 16 épocas de 331 en total, que casi tienen el mismo valor); Por lo tanto se asume como no estacionario.

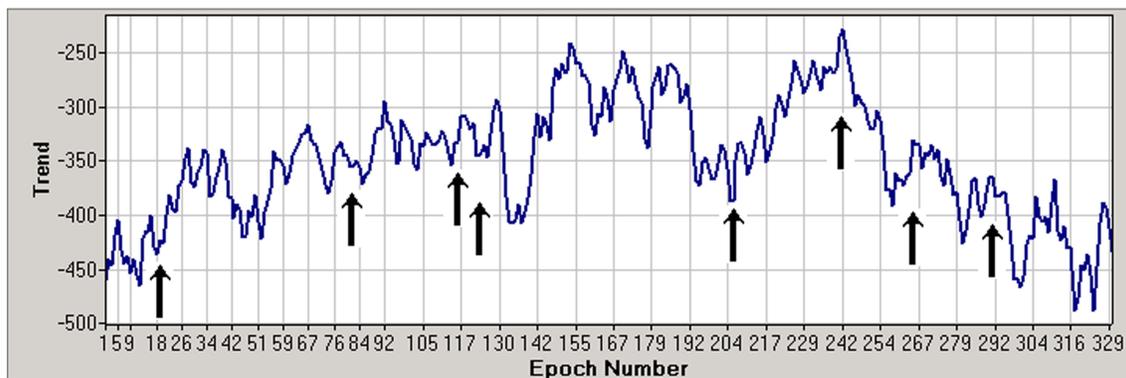


figura 6.5 Gráfica de la tendencia por época con valores similares IPC

REC y DET. En ninguna de las épocas coinciden en cero valor de recurrencia y determinismo, y mucho menos se encontró valor de cero, por ello no es aleatorio.

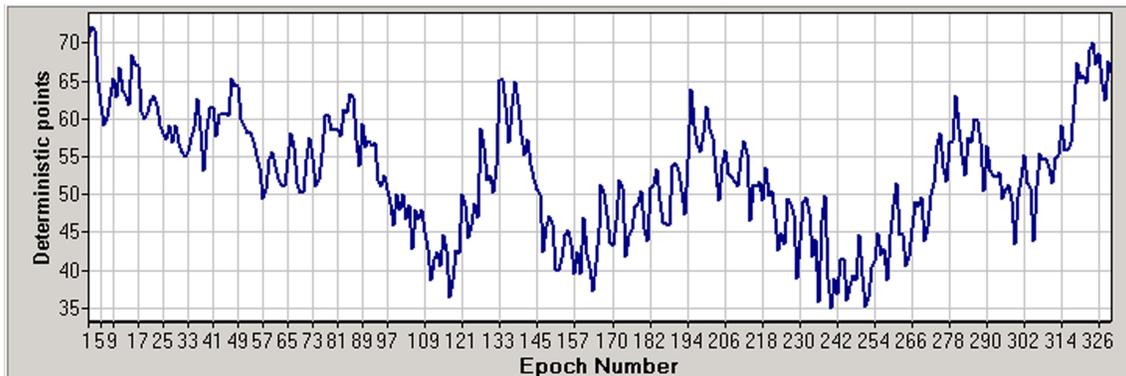


figura 6.6 Gráfica donde se valora el determinismo IPC

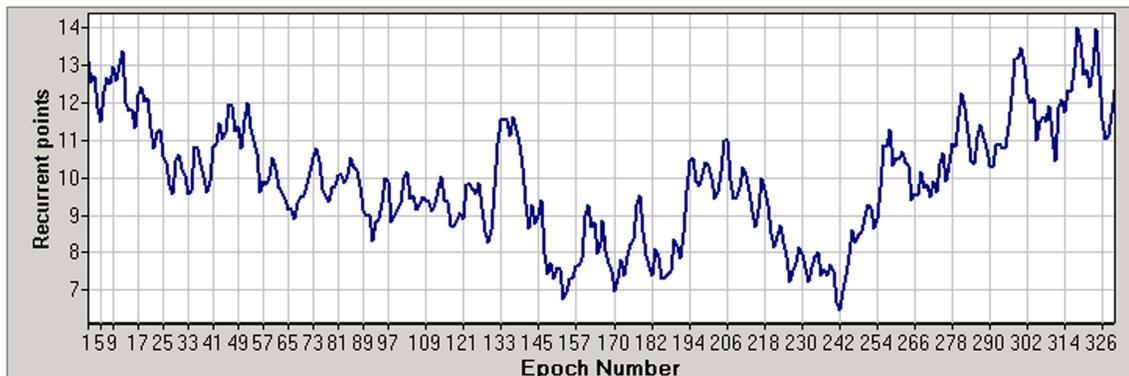


figura 6.7 Gráfica donde se valora la recurrencia IPC

MAXLINE. En los resultados de maxline no se encontró ningún valor de -1, todos son positivos en un rango de 45 a 99 por ello esta serie tiene una estructura parcialmente determinística.

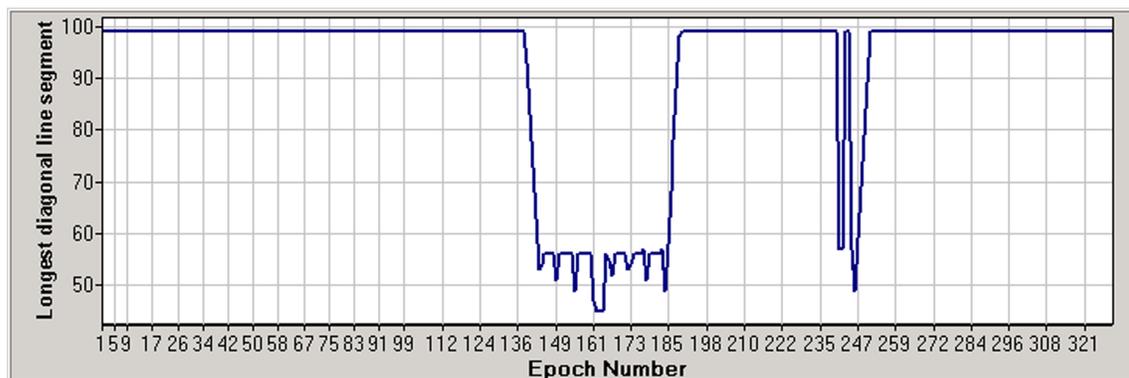


figura 6.8 Gráfica donde se valora la longitud de la línea diagonal IPC

REC, DET, MAXLINE y ENT. (sí son significativos en una época en común, tiene estructura determinística) Los valores comienzan a ser más significativos en las épocas: 43-53 (421-521), 133-138 (1321-1371), 280-297 (2791-2961) por tanto existe una estructura periódicamente determinística.

Epoch	Start	Mean	StDev	MeanDist	Recurrence	Determinism	Ratio	Entropy	MaxLine	Trend
43	421	1740.924	134.727	100	11.354	58.007	5.109	3.459	99	-398.982
45	441	1798.695	82.48	100	11.03	61.538	5.579	3.547	99	-388.868
46	451	1798.51	83.332	100	11.859	60.988	5.143	2.914	99	-416.714
47	461	1786.562	96.635	100	11.798	64.384	5.457	3.182	99	-414.224
48	471	1760.108	115.087	100	11.091	64.845	5.847	3.093	99	-390.346
49	481	1734.481	131.894	100	11.293	64.937	5.75	3.182	99	-397.239
51	501	1645.487	174.57	100	11.495	59.402	5.168	3.236	99	-403.417
52	511	1588.851	188.693	100	11.919	58.644	4.92	3.273	99	-417.771
53	521	1546.723	179.288	100	11.253	58.528	5.201	3.252	99	-395.1
133	1321	2472.726	153.087	100	11.414	65.841	5.768	3.293	99	-401.079
134	1331	2512.435	204.118	100	11.515	63.158	5.485	3.107	99	-404.423
135	1341	2562.82	248.984	100	11.313	62.5	5.525	3.625	99	-396.951
137	1361	2654.372	306.446	100	11.475	57.746	5.032	3.252	99	-401.992
138	1371	2710.737	294.454	100	11.172	63.472	5.681	3.24	99	-392.739
280	2791	6100.617	516.397	100	11.495	63.796	5.55	3.057	99	-400.769
281	2801	6013.53	508.093	100	12.04	59.564	4.947	2.906	99	-418.825
282	2811	5926.567	450.843	100	11.717	56.034	4.782	2.873	99	-409.019
283	2821	5903.091	430.769	100	11.111	52.909	4.762	3.278	99	-390.257
287	2861	6086.42	493.883	100	11.273	60.573	5.373	3.507	99	-396.501
296	2951	7087.899	371.917	100	11.152	50.543	4.532	2.725	99	-391.06
297	2961	7057.903	412.783	100	12	52.02	4.335	2.845	99	-419.71

figura 6.9 Épocas que tienen estructura determinística según:REC,DET,MAXLINE y ENT

DET, REC vs MAXLINE, ENT Altos valores de DET y REC, y pequeños valores en MAXLINE y ENT representan conducta caótica. Se puede decir a través de los resultados presentados en la siguiente figura.

Epoch	Start	Mean	StDev	MeanDist	Recurrence	Determinism	Ratio	Entropy	MaxLine	Trend
150	1491	3188.892	114.513	100	7.253	46.518	6.414	1.922	56	-258.045
187	1861	4887.094	288.771	100	7.394	46.448	6.282	1.922	78	-263.597
241	2401	7226.296	531.565	100	6.606	39.144	5.925	2	57	-233.698
242	2411	7252.835	492.238	100	6.303	37.821	6	2	57	-223.088

figura 6.10 Épocas que tienen estructura o conducta caótica según : REC,DET,MAXLINE y ENT

**RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE
CUANTIFICACIÓN DE RECURRENCIA, ÍNDICE IPC**

ÍNDICE IPC: RESUMEN DE RESULTADOS DEL RQA				
TENDENCIA (TREND)	RECURRENCIA (REC) DETERMINISMO (DET)	LONGITUD PROMEDIO DE LA ESTRUCTURA DIAGONAL (MAXLINE)	RECURRENCIA (REC) DETERMINISMO (DET) MAXLINE ENTROPÍA (ENT)	RECURRENCIA (REC) DETERMINISMO (DET) MAXLINE ENTROPÍA (ENT)
TREND diferente entre cada época	REC y DET (sí son igual a cero, son aleatorios)	MAXLINE Si es igual a -1 destaca la ausencia de estructura determinística	REC, DET, MAXLINE y ENT (Sí son significativos en una época en común, tiene estructura determinística)	Altos valores de DET y REC , y pequeños valores en MAXLINE y ENT representan conducta caótica
El valor de cada una de las 331 épocas son diferentes, por lo tanto es no estacionario. Sin embargo existen 16 épocas que tiene valores muy parecidos y es ahí el lugar donde existe un mínimo porcentaje de estacionariedad	No se encontraron épocas con valores iguales	En los resultados de maxline no se encontró ningún valor de -1, todos son positivos en un rango de 45 a 99 por ello esta serie tiene una estructura parcialmente determinística	Los valores comienzan a ser más significativos en las épocas: 43-53 (421-521), 133-138 (1321-1371), 280-297 (2791-2961) por tanto existe una estructura periódicamente determinística	Se puede decir a través de los resultados que en las épocas 187 (dato 1861) y 242 (dato 2411) existe una conducta caótica

Tabla 1.2 Resumen de resultados de RQA en IPC

ÍNDICE DJIA

OBTENCIÓN DEL PLOT DE RECURRENCIA DJIA

Con la series de datos trabajados del índice DJIA, trabajados en el capítulo V, y a través del VRA procedemos desde este momento a la obtención del RP y gráfica del DJIA, y, una vez obtenido determinamos su situación a través del análisis de recurrencia visual, con objeto de identificar y señalar sus niveles de fluctuación y posibles catástrofes del RP, y enseguida reflejarlas en su gráfica correspondiente; Con la misma serie y el programa Chaos Data Analyzer obtener el atractor correspondiente, y encontrar sus similitudes con los dos anteriores (RP y Gráfica); Todo con el fin de que faciliten su caracterización de una manera más sencilla.

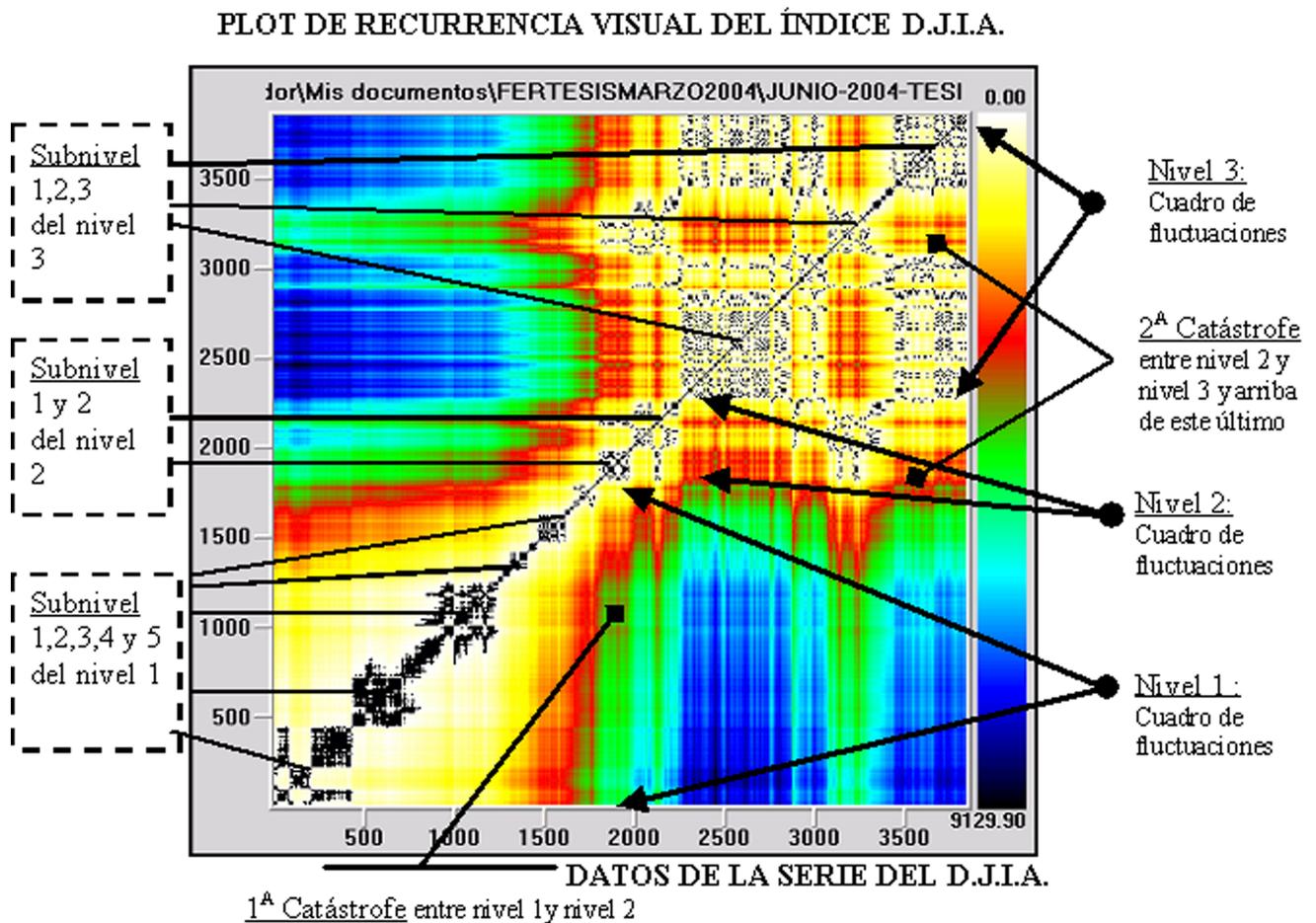


Figura 6.11 Índice DJIA, RP donde ya se señalan sus niveles de fluctuación y catástrofes

GRÁFICA DE LA SERIE DE TIEMPO DEL D.J.I.A.



Figura 6.12 Gráfica de la serie de tiempo del índice DJIA, reflejando los subniveles de fluctuación y catástrofes

OBTENCIÓN DEL ATRACTOR DEL ÍNDICE DJIA

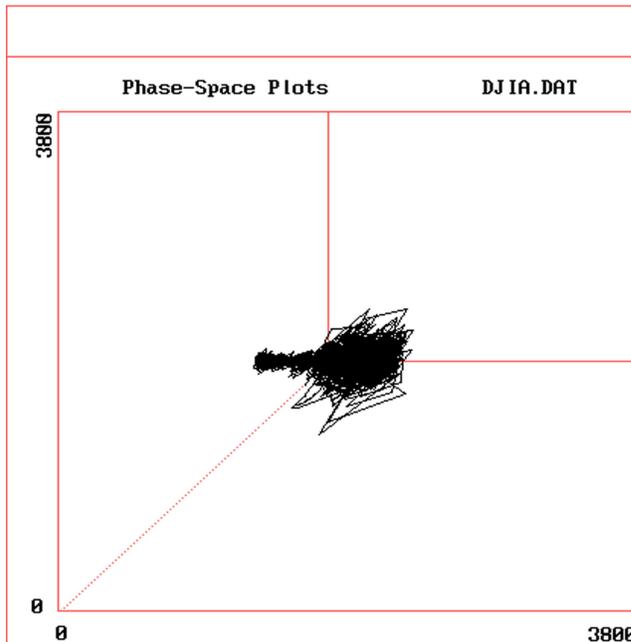


Figura 6.13 Atractor en tres planos DJIA

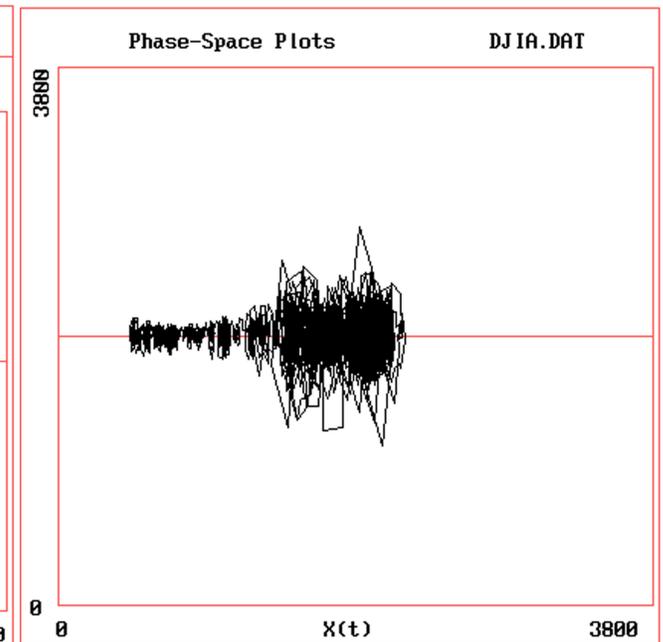


Figura 6.14 Atractor en dos planos DJIA

ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN DE RECURRENCIA PARA DJIA

RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE CUANTIFICACION DE RECURRENCIA PARA LA SERIE DE DATOS DEL DJIA

TREND Encontramos que en los valores de trend (tendencia) los porcentajes son diferentes para cada época por lo tanto no es estacionaria en general en un 99.37 %, aunque en el restante 0.62% se aprecia tendencia estacionaria para las épocas: 184,185,213,214,294 y 295. Lo estacionario podría representar solo el 0.062 % de estacionario (son 6 épocas de 321 en total)

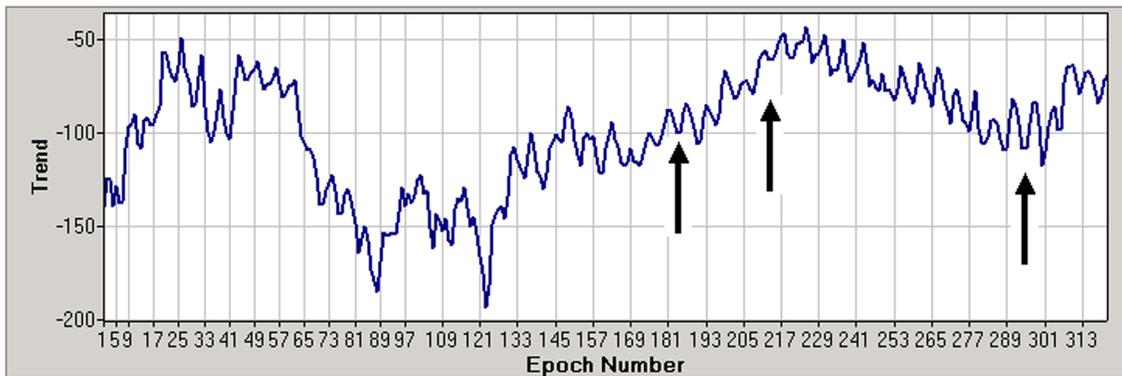


figura 6.15 Gráfica de la tendencia por época con valores similares DJIA

REC y DET. En 309 de 321 épocas los valores de REC y DET no son cero por tanto no es aleatorio en un 96.26% el resto (12 épocas) cuyo valor en DET sí es cero, pero el valor en REC no lo es. Por lo anterior se verifica contra la gráfica y se encuentra coincidencias de igualdad en estructura y por ello se puede decir que existe un poco de aleatoriedad en las épocas 26,216,27,218,222,223,224,225,226,231,237,243



figura 6.16 Gráfica donde se valora el determinismo DJIA



figura 6.17 Gráfica donde se valora la recurrencia DJIA

MAXLINE. Se encontraron 102 épocas con valor de -1 en maxline por lo tanto se determina que existe ausencia de estructura determinística en las épocas que van como sigue: 191-431, 441-501, 511-611, 1971-2091, 2251-2371, 2501-2711. En comparación contra el ipc está serie (djia) es más carente de estructura determinística. Esta serie tiene 68.22 % de estructura determinística y en el resto la carece. Por lo tanto tiene estructura determinística en comparación al IPC



figura 6.18 Gráfica donde se valora la longitud de la línea diagonal DJIA

REC, DET, MAXLINE y ENT. Encontramos que existe una estructura determinística evidente en las épocas 109-124 donde los valores de REC, DET, MAXLINE y ENT son muy significativos, por lo tanto tiene estructura determinística.

Epoch	Start	Mean	StDev	MeanDist	Recurrence	Determinism	Ratio	Entropy	MaxLine	Trend
109	1081	3819.141	69.647	100	4.222	52.632	12.465	2	54	-152.9
111	1101	3835.321	65.501	100	4.364	56.944	13.05	2	63	-158.141
122	1211	4212.999	204.739	100	4.869	55.602	11.42	2.252	62	-175.288
123	1221	4280.828	206.661	100	5.394	47.94	8.888	2	63	-193.625
124	1231	4351.268	213.631	100	5.071	46.614	9.193	2	53	-182.296

figura 6.19 Épocas que tienen estructura determinística según:REC,DET,MAXLINE y ENT

DET, REC vs MAXLINE, ENT. Se toman como épocas con conducta caótica solo las marcadas (épocas 101 y 106) se ve un cuadro negro con uno que otro espacio pequeño en blanco. El resto de los valores se podrían confundir ya que están dentro del rango que indica existe estructura determinística. Su caoticidad es inferior a la de IPC.

Epoch	Start	Mean	StDev	MeanDist	Recurrence	Determinism	Ratio	Entropy	MaxLine	Trend
101	1001	3717.199	51.964	100	3.455	54.386	15.743	2	28	-125.198
106	1051	3804.826	81.869	100	4.485	58.559	13.057	2.807	29	-161.874

figura 6.20 Épocas que tienen estructura o conducta caótica según : REC,DET,MAXLINE y ENT

RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN DE RECURRENCIA, ÍNDICE DJIA

ÍNDICE DJIA: RESUMEN DE RESULTADOS DEL RQA				
TENDENCIA (TREND)	RECURRENCIA (REC) DETERMINISMO (DET)	DIAGONAL PROMEDIO DE LA ESTRUCTURA DIAGONAL (MAXLINE)	RECURRENCIA (REC) DETERMINISMO (DET) MAXLINE ENTROPIA (ENT)	RECURRENCIA (REC) DETERMINISMO (DET) MAXLINE ENTROPIA (ENT)
TREND diferente entre cada época	REC y DET (sí son igual a cero, son aleatorios)	MAXLINE Si es igual a -1 destaca la ausencia de estructura determinística	REC, DET, MAXLINE y ENT (Sí son significativos en una época en común, tiene estructura determinística)	Altos valores de DET y REC, y pequeños valores en MAXLINE y ENT representan conducta caótica
Encontramos que en los valores de trend (tendencia) los porcentajes son diferentes para cada época por lo tanto no es estacionaria en general en un 99.37 %, aunque en el restante 0.62% se aprecia tendencia estacionaria para las épocas: 184,185,213,214,294 y 295. Lo estacionario podría representar solo el 0.062 % de estacionario (son 6 épocas de 321 en total	En 309 de 321 épocas los valores de rec y det no son cero por tanto no es aleatorio en un 96.26% el resto (12 épocas) cuyo valor en det sí es cero, pero el valor en rec no lo es. Por lo anterior se verifica contra la gráfica y se encuentra coincidencias de igualdad en estructura y por ello se puede decir que existe un poco de aleatoriedad en las épocas 26,216,27,218,222,223, 224,225,226,231,237,243	Se encontraron 102 épocas con valor de -1 en maxline por lo tanto se determina que existe ausencia de estructura determinística en las épocas que van como sigue: 191-431, 441-501, 511-611, 1971-2091, 2251-2371, 2501-2711. En comparación contra el ipc está serie (djia) es más carente de estructura determinística. Esta serie tiene 68.22 % de estructura determinística y en el resto la carece.	Encontramos que existe una estructura determinística evidente en las épocas 109-124 donde los valores de rec, det, maxline y ent son muy significativos	Se toman como épocas con conducta caótica solo las marcadas (épocas 101 y 106) se ve un cuadro negro con uno que otro espacio pequeño en blanco. El resto de los valores se podrían confundir ya que están dentro del rango que indica existe estructura determinística. Su caoticidad es inferior a la de ipc

Tabla 2.3 Resumen de resultados de RQA en DJIA

ÍNDICE NIKKEI

OBTENCIÓN DEL PLOT DE RECURRENCIA NIKKEI

Con la series de datos trabajados del índice NIKKEI, trabajados en el capítulo V, y a través del VRA procedemos desde este momento a la obtención del RP y gráfica del NIKKEI, y, una vez obtenido determinamos su situación a través del análisis de recurrencia visual, con objeto de identificar y señalar sus niveles de fluctuación y posibles catástrofes del RP, y enseguida reflejarlas en su gráfica correspondiente; Con la misma serie y el programa Chaos Data Analyzer obtener el atractor correspondiente, y encontrar sus similitudes con los dos anteriores (RP y Gráfica); Todo con el fin de que faciliten su caracterización de una manera más sencilla.

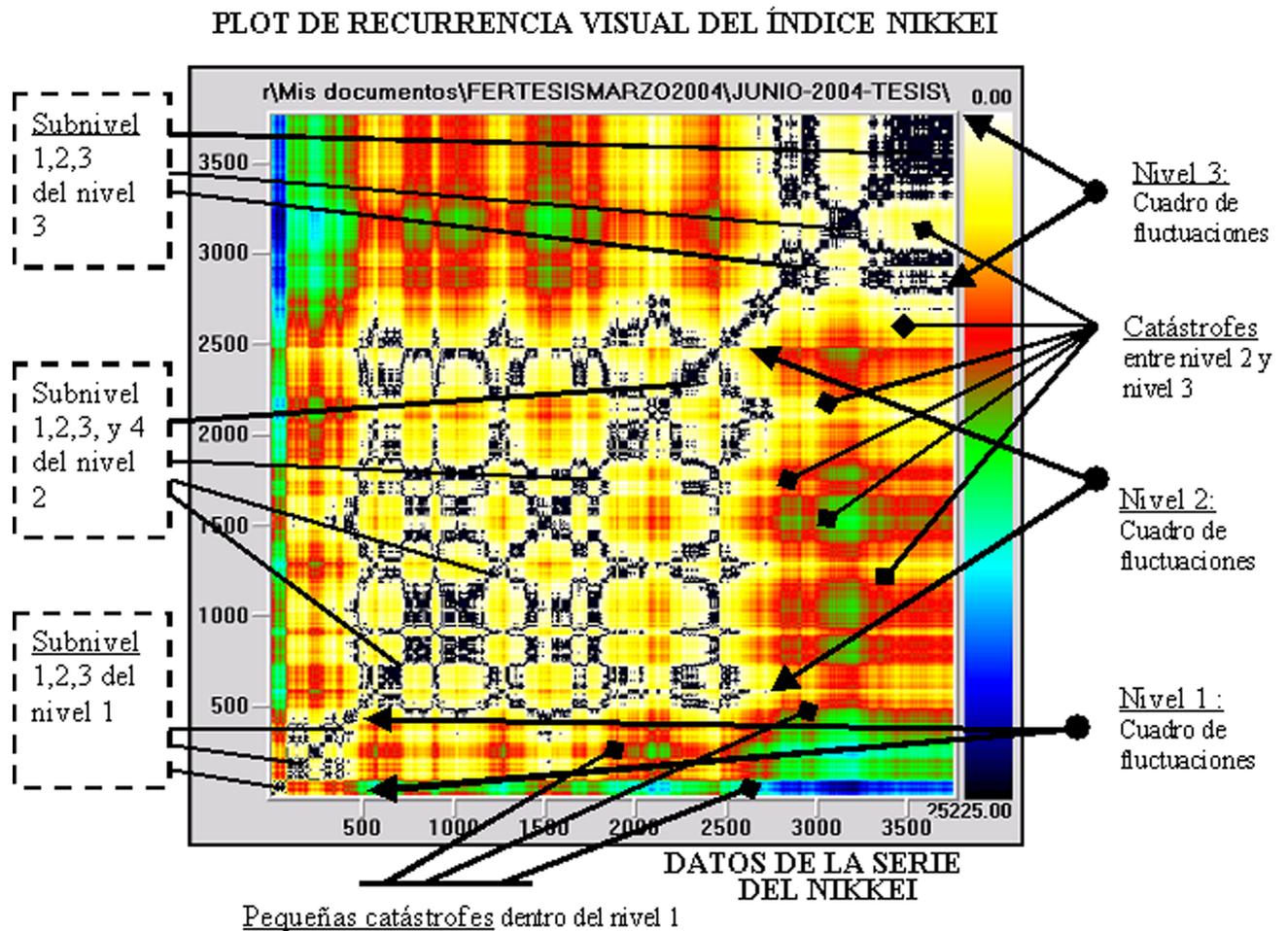


Figura 6..21 Índice NIKKEI , RP donde va se señalan sus niveles de fluctuación y catástrofes

Nivel 1 : Cuadro de fluctuaciones **GRÁFICA DE LA SERIE DE TIEMPO DEL NIKKEI**

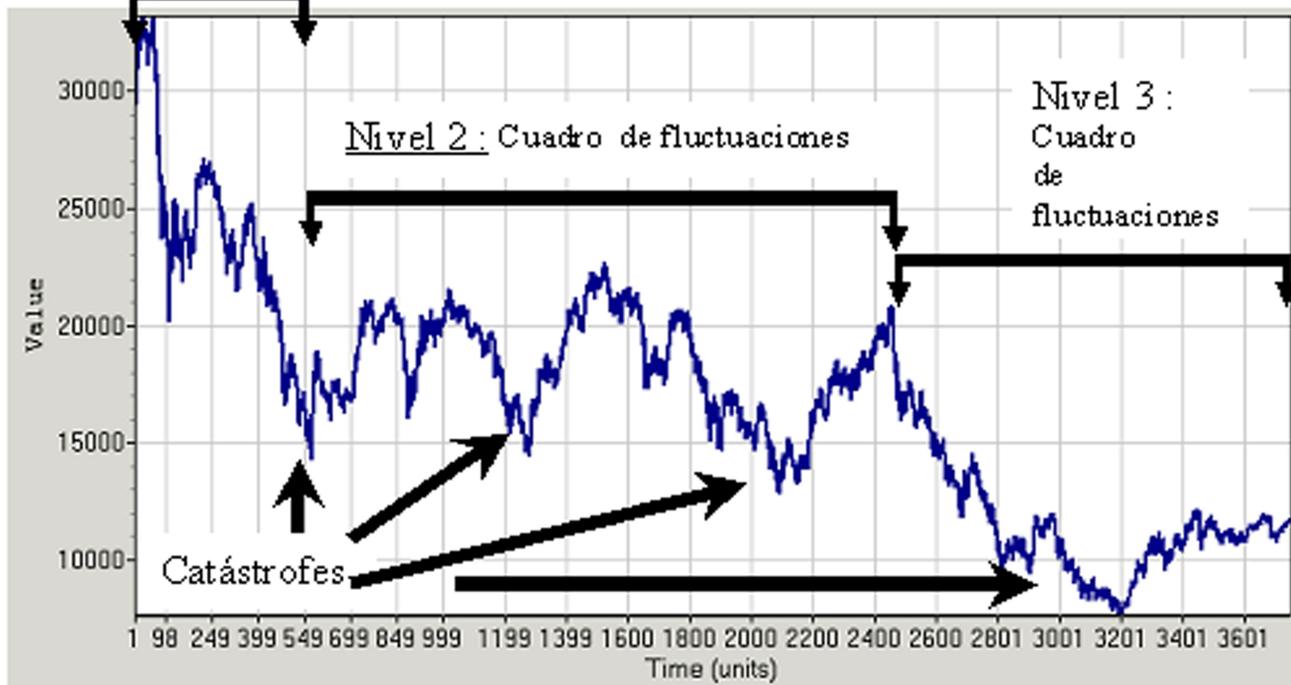


Figura 6.22 Gráfica de la serie de tiempo del índice NIKKEI, reflejando los subniveles de fluctuación y catástrofes

OBTENCIÓN DEL ATRACTOR DEL ÍNDICE NIKKEI

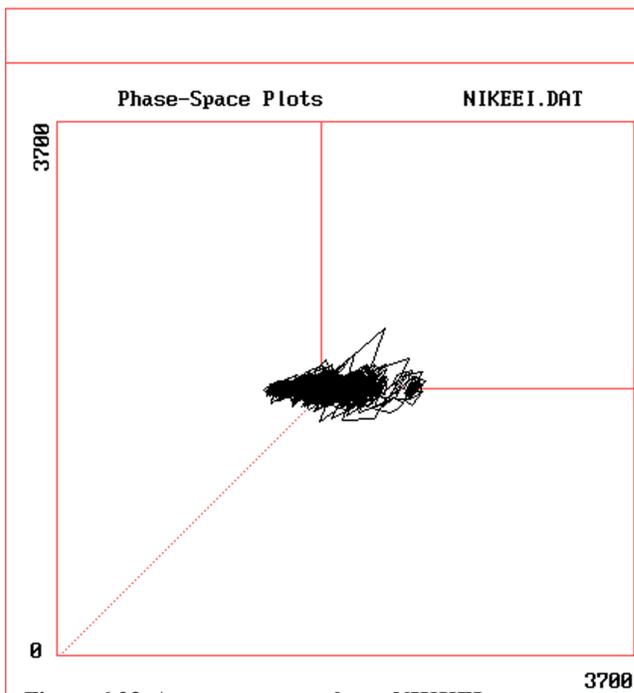


Figura 6.23 Atractor en tres planos NIKKEI

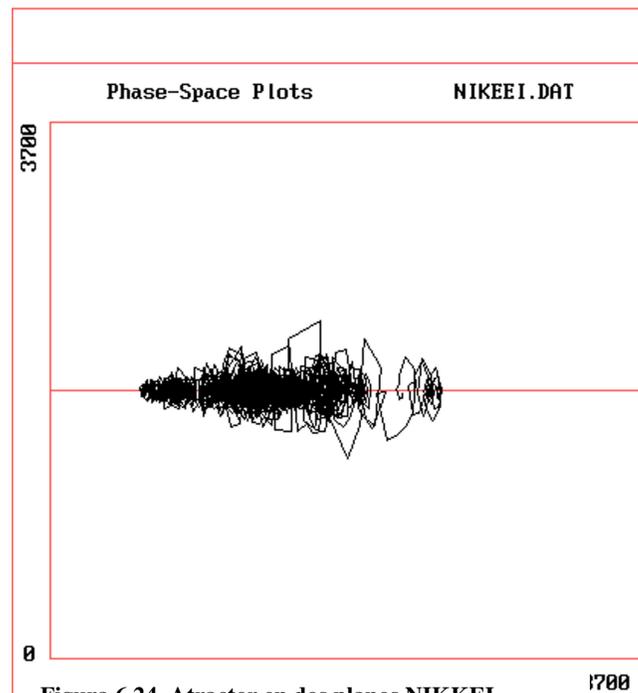


Figura 6.24 Atractor en dos planos NIKKEI

ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN DE RECURRENCIA PARA NIKKEI

RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE CUANTIFICACION DE RECURRENCIA PARA LA SERIE DE DATOS DEL NIKKEI

TREND. En este caso el porcentaje para trend en cada época es diferente, por ello se declara como no estacionario prácticamente al 100%, aunque existen algunas épocas que casi tienen el mismo valor, estas son: 16, 17, 22, 23, 54, 55, 71, 72, 75, 76, 208, 209, 243, 244, 305 y 306.



figura 6.25 Gráfica de la tendencia por época con valores similares NIKKEI

REC y DET. En ninguna de las épocas el valor de recurrence y determinismo fue cero y mucho menos se encontró valor de cero, por ello no es aleatorio



figura 6.26 Gráfica donde se valora el determinismo NIKKEI



figura 6.27 Gráfica donde se valora la recurrencia NIKKEI

MAXLINE. En los resultados de maxline no se encontró ningún valor de -1, todos son positivos en un rango de 15 a 99 por ello esta serie tiene una estructura determinística. Cabe señalar que comparándolos con los resultados de IPC, NIKKEI tiene un valor inicial menor.



figura 6.28 Gráfica donde se valora la longitud de la línea diagonal NIKKEI

REC, DET, MAXLINE y ENT. Encontramos que en esta serie existen épocas con valores significativos en REC, DET, MAXLINE y ENT, las épocas son 18-42 (171-411), 124-131(1231-1301), 139-235(1381-2341). Se comparo contra la gráfica y se encontró que tiene la misma forma que las del IPC, pero tiene una estructura determinística mayor al IPC y DJIA

Epoch	Start	Mean	StDev	MeanDist	Recurrence	Determinism	Ratio	Entropy	MaxLine	Trend
18	171	25432.381	1327.922	100	6.545	47.84	7.309	2.322	99	-234.148
42	411	20261.961	1858.462	100	6.525	47.368	7.259	2.252	55	-232.305
124	1231	16330.5	1013.326	100	6.566	47.077	7.17	2.585	55	-235.141
130	1291	17708.789	684.633	100	6.747	48.503	7.188	2.252	55	-242.054
131	1301	17982.561	703.826	100	6.788	47.024	6.928	2.522	55	-243.507
139	1381	20258.699	896.543	100	7.03	45.977	6.54	2.252	55	-251.859
235	2341	18783.686	758.48	100	7.03	45.977	6.54	2.807	55	-249.392

figura 6.29 Épocas que tienen estructura determinística según:REC,DET,MAXLINE y ENT

DET, REC vs MAXLINE, ENT. Se puede decir a través de los resultados que en las épocas 90-98 (datos 891-971) existe una conducta caótica, pero hay que señalar que es una caoticidad menor al DJIA y en mayor medida si se compara con IPC.

Epoch	Start	Mean	StDev	MeanDist	Recurrence	Determinism	Ratio	Entropy	MaxLine	Trend
90	891	19003.25	1201.295	100	6.384	23.734	3.718	1.5	21	-226.445
98	971	20434.641	529.259	100	6.424	25.472	3.965	0.918	30	-229.299

figura 6.30 Épocas que tienen estructura o conducta caótica según : REC,DET,MAXLINE y ENT

RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN DE RECURRENCIA, ÍNDICE NIKKEI

ÍNDICE NIKKEI: RESUMEN DE RESULTADOS DEL RQA				
TENDENCIA (TREND)	RECURRENCIA (REC) DETERMINISMO (DET)	LONGITUD PROMEDIO DE LA ESTRUCTURA DIAGONAL (MAXLINE)	RECURRENCIA (REC) DETERMINISMO (DET) MAXLINE ENTROPÍA (ENT)	RECURRENCIA (REC) DETERMINISMO (DET) MAXLINE ENTROPÍA (ENT)
TREND diferente entre cada época	REC y DET (sí son igual a cero, son aleatorios)	MAXLINE Si es igual a -1 destaca la ausencia de estructura determinística	REC, DET, MAXLINE y ENT (Sí son significativos en una época en común, tiene estructura determinística)	Altos valores de DET y REC , y pequeños valores en MAXLINE y ENT representan conducta caótica
En este caso el porcentaje para trend en cada época es diferente por ello se declara como no estacionario al 100%, aunque existen algunas épocas que casi tiene el mismo valor estas son:16,17,22,23,54,55,71,72,75,76,208,209,243,244, 305 y 306.	En <u>ninguna de las épocas</u> el valor de recurren y determinismo fue cero y mucho menos se encontró valor de cero, por ello no es aleatorio	En los resultados de maxline no se encontró ningún valor de -1, todos son positivos en un rango de 15 a 99 por ello esta serie tiene una estructura determinística. Cabe señalar que comparándolos con los resultados de ipc, nikkei tiene un valor inicial menor.	Encontramos que en esta serie existen épocas con valores significativos en red, det, maxline y ent, las épocas son 18-42 (171-411), 124-131(1231-1301), 139-235(1381-2341) se contrastaron contra la gráfica y se encontró que tiene la misma forma que las del ipc, pero tiene una estructura determinística mayor al ipc y djia	Se puede decir a través de los resultados que en las épocas 90-98 (datos 891-971) existe una conducta caótica, pero hay que señalar que en una caoticidad menor al djia y en mayor medida si se compara con ipc.

Tabla 3.4 Resumen de resultados de RQA en NIKKEI

ÍNDICE NASDAQ

OBTENCIÓN DEL PLOT DE RECURRENCIA NASDAQ

Con la series de datos trabajados del índice NASDAQ, trabajados en el capítulo V, y a través del VRA procedemos desde este momento a la obtención del RP y gráfica del NASDAQ, y, una vez obtenido determinamos su situación a través del análisis de recurrencia visual, con objeto de identificar y señalar sus niveles de fluctuación y posibles catástrofes del RP, y enseguida reflejarlas en su gráfica correspondiente; Con la misma serie y el programa Chaos Data Analyzer obtener el atractor correspondiente, y encontrar sus similitudes con los dos anteriores (RP y Gráfica); Todo con el fin de que faciliten su caracterización de una manera más sencilla.

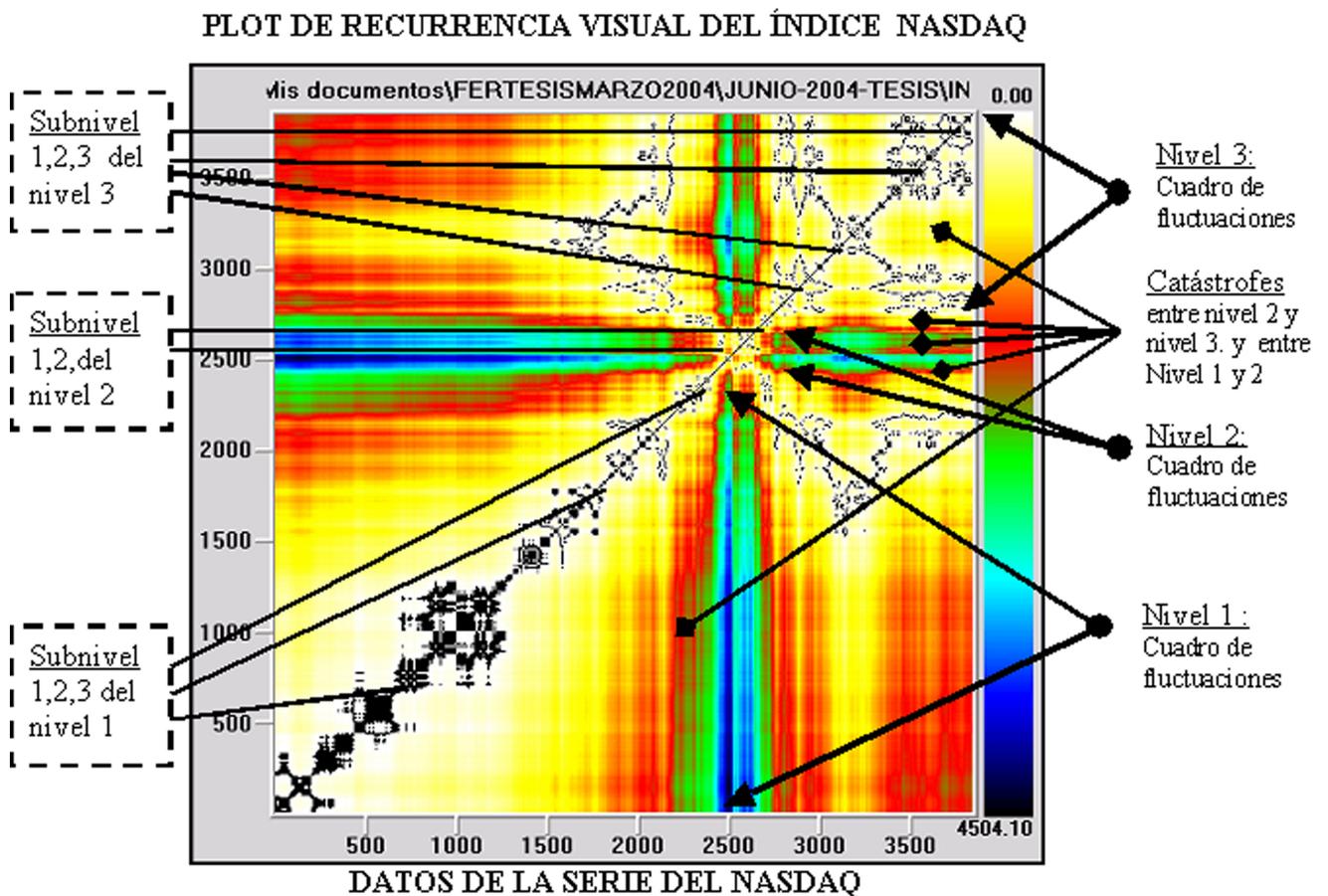


Figura 6. 31 Índice NASDAQ, RP donde ya se señalan sus niveles de fluctuación y catástrofes

GRÁFICA DE LA SERIE DE TIEMPO DEL NASDAQ



Figura 6.32 Gráfica de la serie de tiempo del índice NASDAQ, reflejando los subniveles de fluctuación y catástrofes

OBTENCIÓN DEL ATRACTOR DEL ÍNDICE NASDAQ

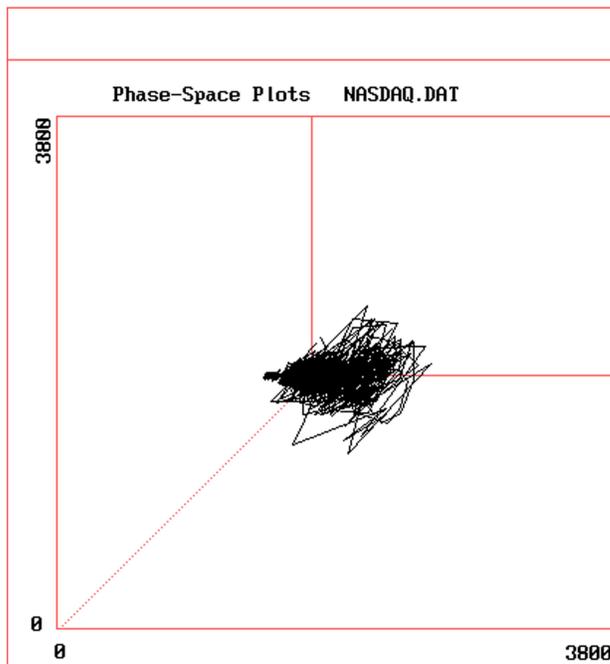


Figura 6.33 Atractor en tres planos NASDAQ

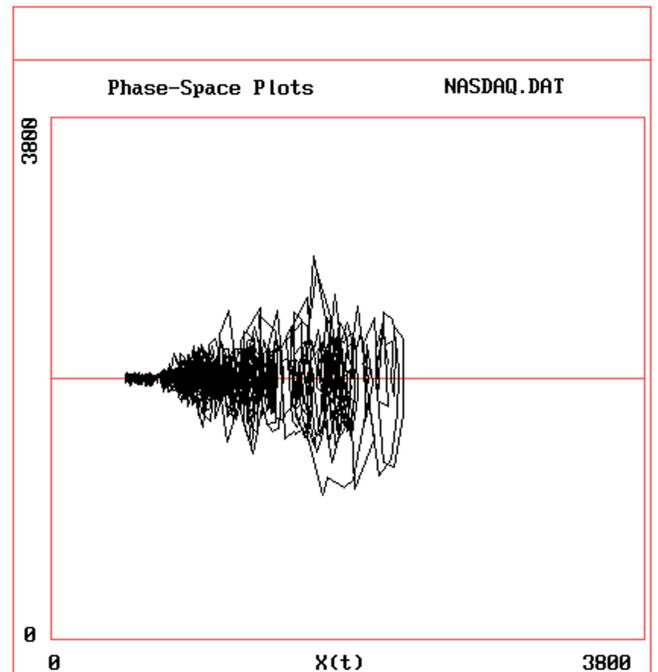


Figura 6.34 Atractor en dos planos NASDAQ

ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN DE RECURRENCIA PARA NASDAQ

RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE CUANTIFICACION DE RECURRENCIA PARA LA SERIE DE DATOS DEL NASDAQ

TREND. En este caso el porcentaje para trend en cada época es diferente por ello se declara como no estacionario prácticamente al 100%, pero haciendo mención que en las épocas 116-117, 164-166 , 298 -299 y 331-333 contienen como pareja valores casi iguales



figura 6.35 Gráfica de la tendencia por época con valores similares NASDAQ

REC y DET. En este caso no se encontró ninguna época con valor de cero por lo tanto no es aleatorio.



figura 6.36 Gráfica donde se valora el determinismo NASDAQ



figura 6.37 Gráfica donde se valora la recurrencia NASDAQ

MAXLINE. En este caso no se encontró ningún MAXLINE con valor de -1. Existen solo valores positivos entre 18-99, y por ello se considera que existe una estructura determinística.



figura 6.38 Gráfica donde se valora la longitud de la línea diagonal NASDAQ

REC, DET, MAXLINE Y ENT. LOS VALORES COMIENZAN A SER MÁS SIGNIFICATIVOS EN LAS ÉPOCAS: 2-15(11-141), 96-102 (951-1011), 186-211(1851-2101)EXISTE UNA ESTRUCTURA SIMILAR A UNA M IGUAL A LOS DEMÁS GRÁFICOS.

Epoch	Start	Mean	StDev	MeanDist	Recurrence	Determinism	Ratio	Entropy	MaxLine	Trend
2	11	429.004	35.852	100	10.04	79.477	7.916	3.027	99	-357.044
3	21	420.523	42.906	100	10.283	80.943	7.872	3.14	99	-365.363
4	31	408.271	48.639	100	10.182	73.81	7.249	3.189	99	-360.949
5	41	395.339	49.11	100	9.818	78.601	8.006	3.189	99	-348.454
6	51	384.104	45.816	100	10.061	76.104	7.565	3.418	99	-356.789
7	61	373.269	38.027	100	10.545	66.475	6.304	2.845	99	-372.09
8	71	364.986	26.988	100	9.879	66.258	6.707	2.922	99	-349
9	81	360.256	19.849	100	10.828	64.366	5.944	2.846	99	-381.384
10	91	357.508	16.469	100	11.798	61.13	5.181	2.845	99	-413.636
12	111	365.24	30.152	100	12.465	60.454	4.85	2.752	99	-434.236
13	121	375.253	38.835	100	12.303	59.278	4.818	2.855	99	-429.179
15	141	402.574	47.272	100	13.071	58.733	4.493	2.792	99	-452.814
96	951	759.99	30.738	100	9.859	61.885	6.277	3.122	99	-348.619
97	961	752.434	31.336	100	10.485	62.428	5.954	3.278	99	-369.576
98	971	744.339	31.915	100	10.949	63.838	5.83	3.459	99	-385.02
99	981	737.355	29.077	100	10.747	62.782	5.842	3.252	99	-378.906
102	1011	727.389	16.236	100	9.616	59.244	6.161	2.922	99	-340.402
186	1851	1622.98	60.339	100	8.566	67.453	7.875	2.922	99	-305.379
211	2101	1800.006	185.093	100	10.606	59.81	5.639	2.948	99	-374.923

figura 6.39 Épocas que tienen estructura determinística según:REC,DET,MAXLINE y ENT

DET, REC vs MAXLINE, ENT. Se puede decir a través de los resultados que en las épocas 159-168(1581-1671) existe una conducta caótica.

Epoch	Start	Mean	StDev	MeanDist	Recurrence	Determinism	Ratio	Entropy	MaxLine	Trend
59	581	602.469	34.852	100	7.515	44.086	5.866	1.906	32	-267.887
65	641	667.278	27.721	100	4.97	40.244	8.098	1.5	32	-178.646
159	1581	1194.89	66.939	100	8.364	42.754	5.112	1.95	32	-297.951
161	1601	1233.464	55.335	100	8.384	45.06	5.375	1.842	32	-298.177
162	1611	1253.867	54.144	100	8.404	52.163	6.207	2	32	-299.006
164	1631	1290.693	50.667	100	8.929	42.081	4.713	1.379	32	-316.196
168	1671	1303.682	47.235	100	8.626	53.63	6.217	2.059	32	-306.158
180	1791	1543.237	107.913	100	6.141	55.263	8.998	2.085	18	-220.025
181	1801	1577.087	104.57	100	6.222	55.519	8.923	2.085	18	-222.838

figura 6.40 Épocas que tienen estructura o conducta caótica según : REC,DET,MAXLINE y ENT

RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN DE RECURRENCIA, ÍNDICE NASDAQ

ÍNDICE NASDAQ: RESUMEN DE RESULTADOS DEL RQA				
TENDENCIA (TREND)	RECURRENCIA (REC) DETERMINISMO (DET)	LONGITUD PROMEDIO DE LA ESTRUCTURA DIAGONAL (MAXLINE)	RECURRENCIA (REC) DETERMINISMO (DET) MAXLINE ENTROPÍA (ENT)	RECURRENCIA (REC) DETERMINISMO (DET) MAXLINE ENTROPÍA (ENT)
TREND diferente entre cada época	REC y DET (sí son igual a cero, son aleatorios)	MAXLINE Si es igual a -1 destaca la ausencia de estructura determinística	REC, MAXLINE y ENT (Sí son significativos en una época en común, estructura determinística)	Altos valores de DET y REC, y pequeños valores en MAXLINE y ENT representan conducta caótica
En este caso el porcentaje para trend en cada época es diferente por ello se declara como no estacionario al 100%, pero haciendo mención que en las épocas 155,156 y 228 - 229 contienen como pareja valores casi iguales	En este caso no se encontró ninguna época con valor de cero por lo tanto no es aleatorio.	En este caso no se encontró ningún maxline con valor de -1. Existen solo valores positivos entre 18-99, y por ello se considera que existe una estructura determinística	Los valores comienzan a ser más significativos en las épocas: 2-15(11-141), 96-102 (951-1011), 186-211(1851-2101) existe una estructura similar a una m igual a los demás gráficos.	Se puede decir a través de los resultados que en las épocas 159-168(1581-1671) existe una conducta caótica

Tabla 4.5 Resumen de resultados de RQA en NASDAQ

RESULTADOS

OBJETIVOS E HIPÓTESIS, Y SUS RESULTADOS

RESULTADOS DE LOS OBJETIVOS PRINCIPALES:

OBJETIVO. Obtener los gráficos de recurrencia visual de cada uno de los índices y en cada uno identificar y señalar sus patrones de reconocimiento visual, y que sirvan para distinguir y entender el tipo de comportamiento que sufren los mercados financieros, tomándolos como sistemas sensibles a las condiciones iniciales.

RESULTADOS. Al identificar y señalar en cada GRV los patrones de reconocimiento de cada índice en estudio, como resultado se pudo distinguir¹, que en general los cuatro índices económicos presentan tres niveles principales y tres subniveles secundarios de fluctuaciones diferentes en cada uno, también tienen la presencia de entre dos y cuatro catástrofes cada uno, por lo tanto puedo decir que los cuatro índices son en gran porcentaje no estacionarios y lo compruebo tomando como base los resultados obtenidos a través del análisis de cuantificación de recurrencia por cada índice, los cuales muestran en el valor de la tendencia (trend) que el valor en cada una de las épocas de cada índice son diferentes (no existe estacionariedad) y esto coincide con los patrones marcados en la gráfica de cada índice, los cuales muestran a vista general que existe la influencia del libre mercado, sin embargo las catástrofes que se muestran en cada GRV y que son señaladas a su vez en las gráficas de cada índice, demuestran que fenómenos ajenos al control humano pueden ocasionar un cambio repentino y catastrófico en los mercados financieros²

OBJETIVO. Graficar las series de tiempo y obtener el GRV por cada uno de los índices y señalar en cada uno los patrones de reconocimiento visual.

RESULTADOS. Los GRV³ de cada índice se pudieron obtener fácilmente, pero no así la identificación de los patrones de reconocimiento, hubo que examinar parte por parte para encontrar los niveles y subniveles principales de fluctuaciones de cada uno y al final su señalización a través de flechas y letreros.

OBJETIVO. Realizar la interpretación cuantitativa de datos a través del análisis de cuantificación de recurrencia en cada uno de los índices, para corroborar la caracterización visual que exhiben cada uno de los gráficos de recurrencia visual anteriores.

¹ Según figuras: 6.1, 6.11, 6.21 y 6.31

² Fenómeno bautizado como "Efecto Mariposa". Por el matemático Edward Lorenz, su conclusión revolucionó la ciencia: "Un aleteo de mariposa bastaría para desencadenar un ciclón." Sobre esta base se inicia la Teoría del Caos: "Los mínimos detalles influyen los grandes cambios. Un sistema determinista hecho obsoleto por uno dinámico, que aunque adquiere patrones deterministas evoluciona con patrones aleatorios"

³ Según figuras: 6.2, 6.12, 6.22 y 6.32

RESULTADOS. De los resultados obtenidos en el análisis de cuantificación de recurrencia por cada índice, solo se abordaron los siguientes valores: Porcentaje de recurrencia, Determinismo, Longitud promedio de la estructura diagonal, Entropía y Tendencia., con los cuales se confirmaron los patrones señalados en cada GRV, y se obtuvieron los siguientes resultados: (Ver tablas de resumen de resultados⁴)

OBJETIVO. Utilizar el Chaos Data Analyzer para obtener los atractores extraños de cada uno de los índices que muestren en mayor o menor grado la existencia de caos en cada una de las series de tiempo financieras.

RESULTADOS. Se obtuvo el atractor extraño por cada uno de los índices, y al compararlos se puede observar que de los cuatro índices sobresalen los atractores de IPC, NIKKEI y NASDAQ, en donde éste último presenta un grado mayor de caoticidad en comparación con los restantes, solamente el que presenta prácticamente nula caoticidad es DJIA.

RESULTADOS A OBJETIVOS SECUNDARIOS

OBJETIVO. A través del análisis no lineal general obtener los valores de información mutua de cada uno de los índices

RESULTADOS. La información mutua estima el valor óptimo del tiempo de retardo para la reconstrucción del espacio de fases, y derivado del análisis realizado en el capítulo V, se obtuvieron los siguientes valores de información mutua para cada índice como sigue: (Del capítulo V, se reproduce la Tabla 5.2)

RESULTADOS: FUNCIÓN DE INFORMACIÓN MUTUA				
TIEMPO DE DEMORA	IPC	DJIA	NIKKEI	NASDAQ
1	58	59	56	33
2	58	59	56	33
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
19	58	59	56	33
20	58	59	56	33

Tabla 5.2 Datos obtenidos en la información mutua de los 4 Índices

Con los valores anteriores se puede tener mayor certeza de los valores que se generen en la reconstrucción del espacio de fase.

⁴ Ver las tablas: 6.2, 6.3, 6.4 y 6.5

OBJETIVO. A través del análisis no lineal general obtener los valores de los falsos vecinos cercanos de cada uno de los índices

RESULTADOS.- Los valores de los falsos vecinos cercanos nos permiten encontrar la dimensión mas apropiada, se encontraron los siguientes valores: (Del capítulo V, se reproduce la Tabla 5.3)

RESULTADOS: FALSOS VECINOS CERCANOS			
SERIE DE TIEMPO	TIEMPO DE RETARDO	DIMENSIÓN DE INSERCIÓN OPTIMA	PORCENTAJE DE FALSOS VECINOS
IPC	58	8	32.46
DJIA	59	10	28.92
NIKKEI	56	8	31.16
NASDAQ	33	10	28.17

Tabla 5.3 Datos obtenidos para falsos vecinos cercanos de los 4 índices

OBJETIVO. A través del gráfico de recurrencia obtener los valores de la entropía espacio – temporal de cada uno de los índices

RESULTADOS. Este valor compara la distribución de las distancias entre todos los pares de vectores en el espacio de fases reconstruido con la distribución de las distancias entre diferentes órbitas que evolucionan en el tiempo, se obtuvieron los siguientes valores como sigue: (Del capítulo V, se reproduce la Tabla 5.4)

RESULTADOS: ENTROPÍA ESPACIO TEMPORAL (%)	
SERIE DE TIEMPO	PORCENTAJE
IPC	0
DJIA	4
NIKKEI	25
NASDAQ	23

Tabla 5.4 Datos de entropía espacio temporal 4 índices

CONCLUSIÓN DE LA HIPÓTESIS

El reconocimiento de patrones visuales dentro de los GRV, así como su afirmación con el análisis de cuantificación de recurrencia, permite distinguir y entender el posible comportamiento que sufren los mercados financieros, Tomando como punto de partida la teoría del caos y la teoría de las catástrofes, así como la utilidad de análisis de recurrencia visual como la herramienta mas adecuada para el reconocimiento de patrones ocultos en las series de tiempo.

ANEXO “A”

HISTORIA MÉXICO: BOLSA MEXICANA DE VALORES

HISTORIA DE LA BOLSA MEXICANA DE VALORES	
AÑO	ANTECEDENTE
1850	Negociación de primeros títulos accionarios de empresas mineras
1867	Se promulga la Ley Reglamentaria del Corretaje (negociación) de Valores
1880-1900.-	Las calles de Plateros y Cadena, en el centro de la Ciudad de México, atestiguan reuniones en las que corredores y empresarios buscaban realizar compraventas de todo tipo de bienes y valores en la vía pública, posteriormente se van conformando grupos cerrados de accionistas y emisores, que se reúnen a negociar a puerta cerrada, en diferentes puntos de la ciudad.
1886	Se constituye la Bolsa Mercantil de México.
1895	Se inaugura en la calle de Plateros (hoy Madero) el centro de operaciones bursátiles: Bolsa de México, S.A.
1908	Se inaugura la Bolsa de Valores de México, SCL, en el Callejón de la calle 5 de Mayo
1920	La Bolsa de Valores de México, S.C.L. adquiere un predio en Uruguay 68, en el cual se operará como sede bursátil hasta 1957.
1933	Comienza la vida bursátil del México moderno. Se promulga la Ley Reglamentaria de Bolsas y se constituye la Bolsa de Valores de México, S.A., supervisada por la Comisión Nacional de Valores (hoy Comisión Nacional Bancaria y de Valores).
1975	Entra en vigor la Ley del Mercado de Valores, y la Bolsa cambia su denominación a Bolsa Mexicana de Valores, e incorpora en su seno a las bolsas que operaban en Guadalajara y Monterrey
1995	Introducción del BMV-SENTRA Títulos de Deuda, la totalidad de este mercado es operado por este medio electrónico.
1996	Inicio de operaciones de BMV_SENTRA Capitales.
1998	Constitución de la empresa Servicios de Integración Financiera (SIF), para la operación del sistema de negociación de instrumentos del mercado de títulos de deuda BMV-SENTRA Títulos de Deuda.
1999	El 11 de Enero, la totalidad de la negociación accionaria se incorporó al sistema electrónico, a partir de entonces, el mercado de capitales de la bolsa opera completamente a través del sistema electrónico de negociación (BMV-SENTRA Capitales); En este año también se listaron los contratos de futuros sobre el IPC en MexDer y el principal indicador alcanzó un máximo histórico de 7,129.88 puntos el 30 de diciembre.
2001	El día 17 de Mayo del 2001 se registró la jornada más activa en la historia de la Bolsa Mexicana de Valores, estableciendo niveles récord de operatividad, el número de operaciones ascendió a 11,031, cifra superior en 516 operaciones (+4.91%) respecto al nivel máximo anterior registrado el día 3 de Marzo del 2000.
2002	El 1° de Enero del 2002 se constituye la empresa de servicios Corporativo Mexicano del Mercado de Valores, S.A. de C.V. para la contratación, administración y control del personal de la Bolsa y de las demás instituciones financieras del Centro Bursátil que se sumaron a este proceso.

Tabla A.1 Historia de la bolsa mexicana de valores

CRITERIOS DE SELECCIÓN QUE INTEGRAN LA MUESTRA DEL IPC

Los criterios utilizados para la selección de las series que integran la muestra del IPC son los siguientes:

- En primer término se seleccionarán las 35 series de mayor bursatilidad, medidas por medio del índice de bursatilidad que la BMV genera y publica en forma mensual, y que se hayan mantenido dentro de éste grupo los tres últimos meses, si existen dos o más series que presenten el mismo nivel de bursatilidad en el último lugar disponible de la muestra, se discriminarán, tomando en cuenta la frecuencia en que incurren en este nivel dichas series, además se considera su valor de capitalización.
- Sí con el criterio anterior, no se alcanzan a obtener 35 series, se llevará a cabo una segunda selección para los lugares disponibles considerando el valor de capitalización y la frecuencia, para las siguientes series.
- Posteriormente se establecen restricciones Adicionales y Eventos Especiales, con el objeto de asegurar la continuidad y buscar la mayor replicabilidad posible del IPC.
- Se Analiza la evolución bursátil de las series.

Para aquellas series que tengan algún movimiento corporativo durante su permanencia en la muestra, se hará lo siguiente:

Al momento de realizarse dicho movimiento se buscará la mayor replicabilidad posible para afectar en forma mínima los productos financieros indexados; Al finalizar la vigencia de la muestra se normaliza la aplicación de los criterios establecidos para la selección de series en su revisión y selección para el nuevo periodo, no serán consideradas para la muestra, aquellas series que se encuentren en las siguientes situaciones:

Series que por alguna causa se suspendan o exista la posibilidad concreta de ser suspendidas, se mantendrán dentro del indicador hasta la próxima revisión al último precio registrado en el mercado, si existen dos o más series de una emisora, y el acumulado de éstas está entre 14 y 16 % del total del valor del IPC, entrarán en alarma de salida, si al momento de la siguiente revisión el porcentaje acumulado excede o iguala el 16% permanecerá(n) sólo la(s) serie(s) más representativa(s); Y en el caso de que en la muestra se ubiquen series de emisoras subsidiarias de una compañía controladora, y en ambas se cubran los requisitos de selección, serán eliminadas las primeras en caso de representar más del 75% de los activos del grupo controlador.

● Revisión y permanencia de la Muestra

La revisión de entrada y salida de series de la muestra del IPC será una vez al año, siempre y cuando no se presente alguna situación irregular, ya que de ser así se harían las modificaciones necesarias de acuerdo al evento que lo propicie, en la revisión se evaluarán los criterios de selección antes mencionados, en caso de que existan series que dejen de calificar en dichos criterios serán eliminadas y reemplazadas por aquellas que si calificuen, el reemplazo de series será comunicado por medios electrónicos e impresos a todo el medio financiero un mes antes de su implementación, si por alguna razón una emisora cancela su inscripción en bolsa, será reemplazada por otra serie que cumpla con los requerimientos antes expuestos, de tal suerte que la muestra mantenga siempre su representatividad, la sustitución o reemplazo se comunicará con la mayor antelación que permita el evento que lo genere.

LOS INTEGRANTES DEL DOW JONES INDUSTRIAL, SON:

Alcoa	American Express	AT&T	Boeing	Caterpillar
Citigroup	Cocacola	Disney	Dupont	Eastman Kodak
Exxon Mobil	General Electric	General Motors	Hewlett-Packard	Home Depot
HoneyWell	Intel Corp	IBM	International Paper	Johnson&Johnson
JP Morgan Chase	McDonald 's Corp	Merk & Co	Microsoft Corp	Minnesota mining
Philips Morris Co	Procter&Gamble	SBC	United	Wall-mart Stores
		Communications	Technologies	

Figura A.1 Compañías integrantes de DJIA

Dow Jones Company, creó además una serie de índices sectoriales con la intención de reflejar la marcha y la especialización de las compañías estadounidenses con mayor capitalización por sectores, estos son:

DOW JONES TRANSPORTES, Compuesto por 20 compañías.

Airbone Inc	Alexander & Bald	AMR Corp/del	Burlington North	CNF Inc
CSX Corp	Delta Air Lines	FedEx Corporation	Gatx Corp	UQ Hunt Transpot.
Norfolk Southern	Northwest airlines	Roadway Corp	Ryder System Inc	Southwest Airlines
UAL Corp.	Union Pacific Co.	US Airways Group	Usfreightways Co	Yellow Corp.

Figura A.2 Compañías integrantes sección transportes DJIA

DOW JONES UTILITIES, Compuesto por 15 compañías.

AES Corp.	american Electric.	Consolidated Edi.	Dominion Resources.	Duke Energy Corp.
Edison International	Enron Corp	Exelon Corp	Nisource Inc	PG&E Corp
Public Service E.	Reliant energy I.	Southern co/The	TXU Corporation	Willians Cos Inc.

Figura A.3 Compañías integrantes utilities DJIA

Con el fin de adecuarse a los cambios y a las nuevas tecnologías, el índice creado más recientemente ha sido el compuesto por empresas que desarrollan su actividad en el campo de Internet.

DOW JONES INTERNET.

El Dow Jones Internet (DJII) utiliza un patrón comparativo de 40 acciones para medir el rendimiento de los títulos estadounidenses en Internet, sólo incluye compañías que generen un mínimo de un 50% de sus ingresos desde Internet. El DJII está conformado por dos subíndices: "Internet Commerce", e "Internet Services"; Estas 40 acciones representan el 80% de la capitalización del mercado de las acciones de Internet; El índice de "Internet Commerce" consiste en 15 acciones de empresas que obtienen al menos un 50% de sus ingresos a través de la entrega de bienes y servicios sobre una red abierta como es la World Wide Web; El Chicago Board Options Exchange lanzó, el 26 de febrero de 1998, una opción de índice basado en el DJII, su símbolo es "ECM"; El índice de "Internet Service" incluye a 25 compañías que generan al menos el 50% de sus Ingresos vía el negocio de proveer acceso a Internet, o mediante la oferta de servicios habilitadores para usuarios de Internet; Las acciones de Internet rápidamente se han transformado en uno de los mercados más populares y volátiles, esto ha generado la necesidad de contar con un patrón de acciones Internet que se transforme en la herramienta de medida estándar para todos los inversores en la Red, para entrar a formar parte del índice, las compañías necesitan un mínimo de tres meses de operación accionaria, y dicha operación debe haber comenzado con una IPO (Initial Public Offering), también deben cumplir con un promedio de tres meses de capital de mercado de al menos \$ 100 millones de dólares; un promedio durante tres meses de precio de cierre sobre los \$ 10 dólares, y suficiente actividad de intercambio para pasar la prueba de liquidez; Y debido a que el desempeño de esta industria tiene cambios muy rápidos, Dow Jones Indexes señaló que el índice será actualizado cada tres meses.

EL ÍNDICE "INTERNET COMMERCE" Está compuesto por las siguientes empresas.

Amazon.com	Beyond.com	Broadcast.com	CDNOW	Cyberian Outpost
E*TRADE Group	e-Bay	Egghead.com	Excite	GeoCities
Infoseek	Lycos	Onsale	Ticketmaster	Yahoo
			Online-CitySearch	

Figura A.4 Compañías internet comercio DJIA

EL ÍNDICE "INTERNET SERVICE" Está compuesto por las siguientes empresas.

America Online	AtHome	AXTENT Technologies	BroadVision	Check Point Software Technologies
CheckFree Holdings	CMGI	CNET	Cybercash	DoubleClick
EarthLink Network	Exodus Communications	IDT	Inktomi	Mindspring Enterprises
Spyglass	Sterling Commerce	USWeb/CKS	Verio	VeriSign
Netscape Communications	Network Solutions	Open Market	PSINet	Realnetworks

Figura A.1 Compañías internet servicios DJIA

HISTORIA DEL INDICE NIKKEI

HISTORIA DE LA BOLSA DE VALORES JAPONESA, ÍNDICE NIKKEI	
En septiembre de 1950	La bolsa de valores de Tokio, Japón, inicia el cálculo de un promedio de precios de mercado, ajustándose al método del modelo Dow Jones. El índice se calculó retroactivamente al mes de mayo de 1949.
En noviembre 12 de 1968	El presidente de la bolsa de valores de Tokio anuncia la interrupción del promedio de precio común y en su lugar un nuevo índice de precio común ajustado.
En julio 1 de 1969	La bolsa de valores de Tokio comienza a anunciar el índice de existencias con valor agregado, limitando el precio común ajustado a los precios de cierre diario.
En julio 1 de 1970	Se comisiona a la compañía Nihon Keizai Shimbun para que realice el cálculo de un índice de existencias.
En julio 1 de 1971	Una empresa subsidiaria de Nihon Keizai Shimbun comienza a calcular y anunciar un índice de precio ajustado conocido como NSB 225.
En mayo de 1975	Los Estados Unidos propietarios del Dow Jones, conceden los derechos exclusivos para el uso del nombre Nikkei y del método de cálculo Dow Jones.
En enero 4 de 1982	Se comienza y anuncia el cálculo del promedio Nikkei Dow Jones 500 que cubre el promedio de acciones seleccionadas en enero 4 de 1972.

En abril 1 de 1985	Nikkei comienza a calcular y anunciar el promedio común de mercado.
En mayo 1 de 1985	En un cambio convenido entre Nikkei y Dow Jones el promedio anunciado en 1982 se convierte simplemente en el promedio común Nikkei 500.
En septiembre 6 de 1986	En el mercado de intercambio monetario de Singapur se comienzan a negociar los futuros de Nikkei.
En septiembre 3 de 1988	En Osaka se comienza a negociar en base al promedio común de Nikkei.
En septiembre 25 de 1990	El intercambio mercantil de Chicago comienza a negociar con los futuros de Nikkei.
En diciembre 14 de 1990	Nikkei anuncia el método para adicionar o eliminar acciones de su promedio.
En octubre 1 de 1991	Nikkei da a conocer los componentes de su promedio de mercado.
En septiembre 1 de 1991	Nikkei comienza a calcular y anunciar su índice de mercado, con un valor cargado para todos los índices de acciones existentes en las ocho bolsas de valores de Japón, su calculo será retroactivo al 4 de enero de 1980, y le es asignado el valor de 100 a partir de esta fecha.
En octubre 1 de 1991	Se realizan los primeros cambios al promedio Nikkei, bajo nuevas reglas de adición o eliminación de acciones.
En octubre 8 de 1993	Nikkei comienza a calcular y anuncia un nuevo índice compuesto por las 300 acciones de mercado de mayor liquidez de todo Japón, y su promedio se calculó retroactivamente al 1 de octubre de 1982, asignándosele un valor de 100 a esa fecha.
En febrero 14 de 1994	El mercado de cambio de Osaka comienza con índices Nikkei 300.
En julio 29 de 1994	La bolsa de Chicago comienza con los índices Nikkei 300.
En febrero 3 de 1995	El mercado de valores de Singapur inicia con acciones Nikkei 300.

Tabla A.2 Historia de la bolsa de valores de Japón: Nikkei

COMPONENTES DEL PROMEDIO NIKKEI

Los componentes del promedio común Nikkei han sido revisados desde octubre 1 de 1991 de acuerdo con las siguientes reglas:

● COMPONENTES DEL PROMEDIO

El promedio común Nikkei, es el cálculo de los precios de las 225 empresas principales, las cuales son seleccionadas por representar el funcionamiento total del mercado.

● EL GRUPO DE ALTA LIQUIDEZ

Las acciones con relativa alta liquidez del mercado son seleccionadas de la primera sección del mercado de valores de Tokyo y son acomodadas dentro de un grupo llamado de "alta liquidez". la liquidez de cada acción en el mercado se mide por el volumen de negociación y su fluctuación de precios en los últimos diez años, estas dos características son las que determinan el pertenecer o no a este grupo.

● REGLAS PARA LA CANCELACIÓN.

Cualquier acción podrá ser cancelada por las siguientes razones:

Bancarrota

Fusión o adquisición de otra compañía

Cambio de categoría por exceso de deuda.

Moverse a una segunda sección de cambio (de baja liquidez).

● REGLAS PARA AGREGAR

Si una o más acciones son eliminadas para calcular el promedio, los espacios pueden ser llenados por un número igual de acciones que se seleccionarán de acuerdo con el siguiente procedimiento:

Selección de industrias de prioridad., la(s) acción(es) de cada industria en el grupo de alta liquidez es identificada, y el número ideal de componentes de cada industria es determinado en proporción al número de acciones que la industria tiene en el grupo de alta liquidez, entonces se calcula un cociente de escasez basado en el número ideal y el actual número de componentes de cada industria; La clasificación de la industria para este propósito es definida por Nikkei, usando 36 sectores.

$$\text{Número_ideal_de_empresas_de_la_industria_}(A) = \frac{B}{C/2} * 225$$

Ecuación A.1 Obtención ideal de industrias índice Nikkei

$$\text{Cociente_de_escasez} = \frac{A - D}{D} * 110$$

Ecuación A.2 Obtención del cociente de escasez índice Nikkei

TIPOS DE ACCIONES DE EL ÍNDICE NIKKEI

Donde:

B es el número de acciones que la industria tiene en el grupo de alta liquidez.

C es el número total de acciones listadas en la primera sección de la bolsa de valores de Tokyo

D es el número actual de componentes de la industria en el promedio Nikkei

Tabla A.3 Tipos de acciones índice nikkei

Los candidatos a agregar son seleccionados de la prioridad industrial, son en si los que tienen un gran cociente de escasez, selección para agregar candidatos de la prioridad industrial, una vez que una prioridad industrial es identificada, los candidatos son seleccionados basándose en su liquidez de mercado, sin embargo, las acciones en principio pueden no ser consideradas como candidatos a agregar si en el tiempo de selección a cualquiera de ellas le aplicara lo siguiente, que hayan sido listadas en la primera sección de la bolsa de valores de Tokyo por lo menos 3 años atrás.

● EXCEPCIONES.

Si nuevamente una acción es listada en la primera sección de la bolsa de valores de Tokyo, esta puede ser agregada al promedio.

● DETERMINACIÓN Y AVISO DE LOS CAMBIOS

Quitar o agregar alguna acción es determinado y anunciado por la compañía Nihon Keizai Shimbun, después de consultar con varios expertos sobre el mercado.

QUIÉNES NEGOCIAN EN NASDAQ Y CÓMO SE INTEGRA

Nasdaq es un generador de mercados: Es una estructura de firmas, compuesta por más de 500 empresas que negocian en la bolsa, estas actúan como distribuidores para los valores, también son conocidos como dealers, son únicos para el mercado, ya que comprometen su propio capital a los valores negociados, después, redistribuyen las acciones a como son necesitadas, se les pide que en todo momento anuncien su precio de subasta y precios pedidos por la propia red de Nasdaq, donde pueden ser vistos y accesados por todos los participantes, los cuales están dispuestos a comprar y vender acciones usando sus propios fondos, Nasdaq añade liquidez y confianza al mercado, asegurando que siempre hayan compradores y vendedores, habilitando negocios que sean llevados a cabo de manera rápida y eficiente.

Redes de comunicación electrónica: La red de Nasdaq conecta sistemas de negociación alternativos en el mercado, son conocidos como Electronic Communication Systems (ECNs). Los ECNs proveen facilidades electrónicas que los inversionistas pueden usar directamente con otros participantes del mercado, los ECNs muestran las órdenes actuales de acciones; Adicionalmente, proveen a los inversionistas una manera para introducir anónimamente valores al mercado, a diferencia de los generadores de mercado, los ECNs operan simplemente como mecanismos de aceptación de órdenes y no mantienen inventarios propios.

ESTRUCTURA DE NASDAQ

Liquidez: La liquidez es definida como la facilidad con la que las acciones pueden ser compradas y vendidas en el mercado Nasdaq, genera el ambiente necesario para una gran liquidez.

Profundidad de mercado: Se refiere al monto total de dinero que los generadores de mercado han invertido en un valor sencillo, y está relacionado al número de participantes que negocian con ese valor, sin embargo, incluso un pequeño grupo de participantes del mercado puede proveer de buenas oportunidades de compra – venta, al comprometerse a comprar o vender grandes cantidades de un valor; Saber que hay profundidad de mercado, puede asegurarle a los inversionistas la productividad de las acciones, especialmente durante altos niveles de transacción.

Transparencia: Es la habilidad que tiene el inversionista para comprar y vender a diferentes niveles de precios, es crucial en el proceso de toma de decisiones, el nivel de transparencia de Nasdaq no tiene comparación, ya que todos los precios son transmitidos por la red; así que, todos los participantes de mercado pueden ver la misma información.

Eficiencia en el precio: En la transacción de valores, como en muchas otras industrias, la competencia es uno de los factores más importantes, la competencia agresiva promovida a través de Nasdaq por los participantes del mercado, ayudan a asegurar que el inversionista reciba los mejores precios por los valores que negocia.

NASDAQ E INTERNET

Debido a su carácter en línea, Nasdaq es uno de los sitios financieros más importantes en la Internet, con un promedio de más de 7 millones de visitas por día, el sitio provee visibilidad completa de las compañías; Así, los inversionistas pueden ver cual es el comportamiento de Nasdaq, Dow Jones y S&P 500, etc; y acceder a las últimas noticias bursátiles, la información referente a las acciones, fondos mutuos y opciones en los mayores mercados de EUA; Además, Nasdaq cuenta con el MarketSite, el cual está localizado en el Times Square de Nueva York, proveyendo un sistema con la pantalla más grande del mundo, transmite en vivo toda la información necesaria para millones de inversionistas, inclusive por Internet; Para asegurar la regulación se creó el MarketWatch, el cual monitorea las noticias y la diseminación de información por las redes de datos; También está el StockWatch el cual provee de vigilancia en tiempo real de las actividades bursátiles, para que de esta manera, se proteja a los inversionistas y a las compañías con el fin de mantener el orden en el mercado.

EL MERCADO DE ACCIONES NASDAQ SE DIVIDE EN DOS TIPOS.

EL MERCADO NACIONAL NASDAQ

El mercado nacional nasdaq incluye algunas de las grandes compañías conocidas en el ámbito mundial, cada una debe de satisfacer su demanda financiera y tener reglas que gobiernen su corporación para poder ser listadas en este mercado. El mercado nacional actualmente lista mas de 4,100 empresas.

EL MERCADO SMALLCAP

El mercado SmallCap de Nasdaq es una "grada" de pequeña capitalización de Nasdaq y actualmente el número está sobre 1400 compañías, y el criterio financiero para listarlas no es tan riguroso como en el mercado nacional de Nasdaq, sin embargo, son las misma ya que cuando una empresa SmallCap crece normalmente se mueve un nivel, es decir hacia el mercado nacional de nasdaq.

REGLAS PARA CADA MERCADO

Cada mercado en el mercado de acciones Nasdaq tiene que tener su propio conjunto de requerimientos financieros, que una compañía debe satisfacer para listar su seguridad, a cualquier mercado también se le requerirán ciertas reglas para gobernar la corporación.

Las más prominentes son:

- Distribución de reportes anuales; teniendo disponibles reportes interinos
- Tener como mínimo dos directores que sean independientes.
- Tener un comité de auditoria con autoridad mayor que los directores independientes
- Una reunión anual de accionistas
- Un mínimo de Quórum
- Solicitud de poderes
- Revisión de conflictos de interés
- Aprobación de accionistas para ciertas acciones corporativas
- Derechos de votación

LA EVOLUCIÓN DE NASDAQ

El congreso autoriza a la comisión de seguridad e intercambio (SEC) para que conduzca un estudio especial sobre la seguridad en los mercados, enfocándose en esto la SEC propone La automatización como una solución posible a la fragmentación encontrada en el mercado OTC; La NASD se hizo cargo de esta implementación.

HISTORIA DE L ÍNDICE NASDAQ	
1968	Construcción de lo que fue entonces conocido como Asociación Nacional de Seguridad Distribuidores Automatizados de citas o el naciente sistema NASDAQ.
1968	Nasdaq comienza a negociar con las cotizaciones medianas para 2500 acciones de seguridad de OTC, ligando las terminales de datos de mas de 500 fabricantes de todo estados unidos, hacia el centro de datos de Connecticut; Nasdaq automatiza el mercado de seguridades de OTC.
1976	NASD ejercita su opción para adquirir el sistema Nasdaq que manejaba y operaba la corporación en el ramo del carbón.
1976	NASD combina la corporación nacional de claridad (Una subsidiaria enteramente poseída por NASD) con las corporaciones de claridad de las bolsas de acciones de Nueva York y las bolsas de acciones Americana, formando una sola entidad.
1980	El sistema Nasdaq comienza con una mejora importante \$ 22 Millones de dólares.
1980	Nasdaq introduce el sistema de mercado nacional (NMS), predecesor del Mercado Nacional Nasdaq; las 40 seguridades de mayor volumen en Nasdaq tuvieron un alza al primer minuto de reportar su negociación, de manera similar sucedió al intercambio de acciones, donde se determina publicar a través de

	Nasdaq el precio de las acciones en su última venta.
1980	El sistema de ejecución asistido por computadora es utilizado por primera vez para ejecutar las transacciones que se realizan en el sistema de mercado nacional (NMS), durante ese año también es lanzado el servicio de reconciliación y aceptación.
1980	El sistema de ejecución de pequeñas ordenes se alista para usarse, este sistema ejecuta gran volumen de citas al tiempo que su eficiencia permite una mejor negociación, el centro de operaciones NASD abre en Maryland con \$ 17.3 millones de dólares, conteniendo un respaldo completo de la computadora central.
1987	La estación de trabajo de Nasdaq se introduce mediante una plataforma de PC, dando a los comerciantes una mayor rapidez y flexibilidad para operaciones particulares
1987	Se introduce un sistema avanzado de cómputo que permite a los fabricantes del mercado ejecutar muchas ordenes automáticamente.
1988	Se introduce un nuevo servicio automatizado de confirmación, que reduce el riesgo que se daba en comparaciones de negociaciones hechas por teléfono el mismo día.
1989	Se crea el servicio del tablero electrónico para OTC de nasdaq, proporcionando al inversionista la información sobre el acceso a las acciones no enumeradas en cualquier mercado de acciones.
1990	SelectNetSM es un servicio en línea para la negociación y ejecución, debuta proporcionando la oportunidad de encontrar y ejecutar transacciones a los mejores precios por volumen.
1997	La introducción del servicio internacional de Nasdaq, permite a todas las firmas e inversionistas alrededor del mundo poder participar en la red Nasdaq transatlántica durante las horas de negociación de Europa.
1994	El volumen de Nasdaq sobrepasa al de la bolsa de valores de Nueva York.
1995	Se revela la dirección del sitio de trabajo de Nasdaq, al mismo tiempo se introduce el sistema avanzado de seguridad llamado RADAR.
1997	Se expide una nueva orden por el SEC, la cual comienza angostando las extensiones (Límite de ordenes) y realzando las operaciones del mercado.
1998	Se juntan las compañías de la familia NASD
1990	El nasdaq se convierte en el mercado de acciones más grande de EE.UU. por el volumen de dólares y repetidamente rebasa los volúmenes registrados
2000	La calidad de miembro de NASD vota de forma aplastante para reestructurar la organización, esta reestructuración hace girar a Nasdaq a una posición de accionista poseedor, para beneficio de la compañía; Como parte de la reestructuración se nombra a Robert R. Glaubert para la CEO y para presidente de NASD a Richard G Ketchum y a alfred R. Berkeley para vicepresidente de la junta directiva del Nasdaq.

Tabla A.4 Historia del índice Nasdaq

ÍNDICES ESPECÍFICOS NASDAQ POR INDUSTRIA

Todas las acciones comunes listadas en Nasdaq son parte de uno de ocho índices específicos por industria.

● ÍNDICE BANCARIO

Más de 300 instituciones financieras, incluyendo las compañías de confianza no contratadas a actividades bancarias de depósito, y las firmas la ejecución de funciones relacionadas con las actividades bancarias, por ejemplo: Agencias que comprueban el cobro, cambio de divisas y compañías de depósito seguro y corporaciones bancarias en alta mar.

● ÍNDICE EN BIOTECNOLOGÍA

Incluye cerca de 150 compañías contratadas en la investigación biomédica para desarrollar nuevos tratamientos y curas para el amplio rango de enfermedades del ser humano.

● ÍNDICE EN COMPUTACIÓN

Uno de los índices premier de Nasdaq, está representado por 675 fabricantes de: hardware, software, procesamiento de datos, equipo de oficina, componentes y accesorios electrónicos.

● ÍNDICE FINANCIERO

Este índice incluye 670 agencias de crédito (excepto bancos), ahorros y asociaciones de préstamo, seguridad y corredores de materia, cambio de divisas y distribuidores, propiedades inmobiliarias, y compañías de inversión.

● ÍNDICE INDUSTRIAL

Es un índice que engloba a toda la industria, incluye más de 3500 empresas de: agricultura, minería, construcción, manufactura (componentes electrónicos), servicios y administración pública.

● ÍNDICE DEL SEGURO

Incluye compañías de seguros, salud y vida

● ÍNDICE DE TELECOMUNICACIONES

Este índice cubre 114 ferrocarriles, las compañías de transportes, las líneas aéreas, las compañías de la tubería (excepto el gas natural), y los servicios de almacenamiento y de viajes.

LA TECNOLOGÍA CENTRAL DE OPERACIONES NASDAQ

Como resultado de las ampliaciones al sistema de en red de Nasdaq, terminada a finales de 1995, el mercado es capaz de negociar hasta un billón de operaciones por día. Con un costo de \$ 170 millones, esta modernización llegó sobre la base del volumen diario de negociaciones que sobrepasaba al medio billón de marcas, el sistema de computación primario de Nasdaq esta basado en el centro de datos en Connecticut, con una facilidad de respaldo paralela al centro de datos de Maryland. (En este año del 2005, el sistema actual puede procesar 560 transacciones por segundo)

ESTACIÓN DE TRABAJO DE NASDAQ

Implementada como parte de la actualización total de tecnología en preparación, esperando el momento en que se negociaran el billón de negociaciones al día, implica terminales que seguirán el estado de la negociación, la capacidad ampliada del sitio de trabajo de Nasdaq también introdujo la capacidad para que los usuarios tengan acceso a la historia que negocia la acción individual rápidamente, esta fase se completo en 1995, la segunda estación de trabajo de Nasdaq ampliará su capacidad de trabajo para permitir el acceso rápido a la historia de negociación de una acción individual.

OATS

La organización hermana de Nasdaq, la compañía reguladora NSAD, está desarrollando el sistema de rastreo e intervención de ordenes(negociaciones), las cotizaciones y la información comercial para las acciones y vigilancia del mercado Nasdaq, el sistema puede recibir mensajes de transmisión de firmas miembros del mercado, para crear una base de datos integrada, que proveerá a los analistas del departamento, la regulación de las pantallas e informes.

RADAR (Research And Data Análisis Repository)

La investigación y depósito de análisis de datos, es la nueva herramienta del departamento de vigilancia de nasdaq, se dibuja en el tablero desde finales de 1995, el sistema RADAR con costo de \$ 4.5 millones de dólares entró en línea en octubre de 1998, el sistema provee de acceso inmediato a los datos del mercado e información relacionada, aumentando dramáticamente la velocidad y la flexibilidad con la cual las cantidades de datos grandes se analizan, da seguimiento siempre que el sistema detecta precios inusuales o movimiento de cierto volumen de acciones comunes, avisa a analistas encargados de la vigilancia, los cuales confirman rápidamente la identidad de las firmas responsables de la negociación, el momento exacto en el cual se hizo la negociación, cuánto fue comprado o vendido, y con que número(s) de cuenta se negoció.

SWAT

El sistema de monitoreo automatizado de acciones, le sigue la pista al precio y volumen de cada acción nasdaq, es una tecnología avanzada y fue desarrollada

por dos profesores de la universidad del estado de Pennsylvania, este sistema crea un perfil individual para cada acción listada en el mercado Nasdaq, se basa en la información del precio y volumen histórico de la acción, las tendencias a nivel industrial de esa acción y la publicación de la información nueva sobre esa compañía; Cuando el sistema descubre una actividad anormal o desviación según el perfil de la acción, este notifica de inmediato a los analistas vigilantes a través de su estación de trabajo, con el uso de este sistema de detección temprana, Nasdaq puede supervisar y regular de cerca operaciones del mercado.

WEB Technology

El sitio web de Nasdaq tiene la siguiente dirección WEB www.nasdaq.com, ofrece un amplio compendio de datos actuales sobre el mercado de valores, seguido de un amplio glosario de la información financiera.

El sitio Nasdaq NewroomSM fue creado especialmente para resolver las necesidades de periodista de negocios y financieros que cubren el mercado Nasdaq, el sitio cuenta con informes de mercado, estadística actual y profundizan en todo lo que se refiere al mercado de Nasdaq, con este sitio los periodistas acceden de forma interactiva con los portavoces oficiales; Además Nasdaq en línea es un servicio web que provee servicios a ejecutivos de empresas únicas en su ramo, los servicios de este sitio se desarrollaron en sociedad con los servicios de consulta de Microsoft.

NASDAQ ON LINE

Nasdaq on line, ofrece al ejecutivo la herramienta estratégica de la toma de decisión que proporciona de tipo: comparativa, de funcionamiento común y los mercados, datos en tiempo real exclusivos sobre la actividad que negocia en su acción, la información institucional de propiedades, información sobre inversionistas, medidas de funcionamiento de compañías, pronósticos; Así como de los analistas que le ayudan a manejar sus relaciones con la información del análisis financiero.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Solé, Ricard V. y Manrubia, Susanna C., Orden y Caos en Sistemas Complejos. Ediciones U.P.C., Barcelona 1995.
Briggs, J. y Peat, F.D., Espejo y reflejo: del caos al orden, Gedisa, Barcelona 1990.
Gleick, James, Caos., Seix-Barral, Barcelona 1988.
PEAT, David y BRIGGS, John "Las siete leyes del caos. Las ventajas de vivir una vida caótica" Madrid, España 2001 Editorial Grijalbo 2001
SMITH, Peter "El caos" Madrid, España 2001 Cambridge University
- [2] Antecedentes de la bolsa:
<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/fin1/bolsvalsal.htm>
<http://www.bcr.com.ar/pagcentrales/publicaciones/images/pdf/historia%20de%20los%20mercados2.pdf>
<http://www.eumed.net/tesis/ags/G.pdf>
- [3] Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero NUEVA EDICIÓN
Keynes, John Maynard; Prólogo de Manuel Fernández López Ed. 2001
- [4] "Period three Implies chaos", Li, T. Y.; Yorke, J.A., 1975.
Am. Math. Monthly, Volume 82, p. 985-992
- [5] Lorenz, Edward N. (1995), La esencia del caos. Madrid. Debate. 248 pàgs.
- [6] Hayles, N.K. La evolución del caos. El orden dentro del desorden en las ciencias contemporáneas. Ed. Gedisa. (1990)
- [7] Entropy and Information Theory, Robert M. Gray. Information Systems Laboratory Electrical Engineering Department Stanford University Springer-Verlag New York
- [8] Nonlinear Differential Equations and Dynamical Systems. F. Verhulst, Springer-Verlag, 1.990
- [9] Chaotic Dynamics of non linear systems. S. Neil Rasband, John Wiley & Sons, 1990
- [10] "On the Nature of Turbulence" de 1971, D. Ruelle y F. Takens utilizaron la noción de sensibilidad a las condiciones iniciales para describir los sistemas caóticos
- [11] Takens, F. (1986): Detecting strange attractors in turbulence en D.A. Rand y L.-S. Young (eds.):
Lecture Notes in Mathematics: Dynamical Systems and Turbulence.
Springer-Verlag, pp. 366-381
- [12] Artificial Intelligence in Finance & Investing: State-Of-The-Art Technologies for Securities Selection and Portfolio Management (Hardcover). Robert R. Trippi and Jae K. Lee.
Neural, Genetic, and Fuzzy Systems for Chaotic Financial Markets. Guido J. Deboeck
Chaos theory in the financial markets, Market Chaos and Volatility. Dimitris N. Chorafas
Neural Networks in the Capital Markets. Paul Refenes
Neural Network Time Series: Forecasting of Financial Markets. E. Michael Azoff
- [13] ELLIOTT WAVE PRINCIPLE. Robert Prechter and A.J. Frost. 249 págs
Elliott Wave principle : Key to Market Behavior, Charles J. Collins, A.J. Frost, and Robert R. jr. Prechter, 2001
- [14] René Thom, Paraboles et catastrophes, Flammarion, París, 1983.
Traducido al castellano por
Manuel Escrivá de Romaní, Tusquets, Barcelona, 2000.
Teoría de las Catástrofes José Musse Publicado - Published: 01/06/2002
<http://www.desastres.org/articulos.asp?id=06012002-2>
- [15] Encyclopedia of Chart Patterns de Thomas N. Bulkowski
(Wiley Trading Advantage, 2000) o de
Tradings Systems That Work: Building and Evaluating Effective

- Trading Systems de Thomas Stridsman, (McGraw Hill Text, 2000)
- [16] La Geometría Fractal de la Naturaleza Benoit B. Mandelbrot Tusquets Editores, 1997
- [17] Ricardo Mansilla: <http://www.ilhn.com/filosofitis/ensayitis/archives/000498.php>
<http://scifunam.ifisicacu.unam.mx/index.html>
- [18] A Complex System View of Why Stock Markets Crash - 16 July 2003
http://www.gold-eagle.com/editorials_03/sornette071603.html
- [19] BRANDOUY (2005) "Stock Markets as Minority Games: Cognitive Heterogeneity and Equilibrium Emergence",
 Physica A, Statistical Physics and its Applications, 2005.
 F. F. Ferreira, G. Francisco, B. S. Machado, P. Muruganandam: Time series analysis for minority game simulations of financial markets, Physica A, 321(3-4), 619–632 (2003).
[DOI:10.1016/S0378-4371\(02\)01733-8](https://doi.org/10.1016/S0378-4371(02)01733-8) » [Abstract](#)
 F. F. Ferreira, G. Francisco, B. S. Machado, P. Muruganandam:
 Time series analysis for minority
 game simulations of financial markets, Physica A, 321(3-4), 619–632 (2003).
[DOI:10.1016/S0378-4371\(02\)01733-8](https://doi.org/10.1016/S0378-4371(02)01733-8) » [Abstract](#)
- [20] [Oxford University Gazette, 8 May 2003: Lectures](#), 3 June, Seminar Room A:
 Pros and cons of networks in complex multi-agent systems.
www.ox.ac.uk/gazette/2002-3/weekly/080503/lecs.htm
- [21] Zbilut, Webber, Giuliani, Trulla 2000; J. S. Iwanski 1998
- [22] M. Thiel, M. C. Romano, J. Kurths: How much information is contained in a recurrence plot?,
 Physics Letters A, 330(5), 343-349 (2004).
[DOI:10.1016/j.physleta.2004.07.050](https://doi.org/10.1016/j.physleta.2004.07.050) » [Abstract](#)
- [23] Fabretti, M. Ausloos: Recurrence plot and recurrence quantification analysis techniques for detecting a critical regime. Examples from financial market indices, International Journal of Modern Physics C, 16(5), 671–706 (2005).
[DOI:10.1142/S0129183105007492](https://doi.org/10.1142/S0129183105007492) » [Abstract](#)
- [24] Marisa Faggini: Recurrence Análisis for Detecting Non-stationary and chaos in Economic times Series. Working Paper 3. 137 September 2003. Salerno University
- [25] N. H. Packard, J. P. Crutchfield, J. D. Farmer, and R. S. Shaw, Phys. Rev. Lett. 45, 712.; F. Takens, in Dynamical Systems and Turbulence, Lecture Notes in Mathematics Vol. 898. 1980
- [26] J. S. Iwanski, E. Bradley: Recurrence plots of experimental data: To embed or not to embed?,
 Chaos, 8(4), 861–871 (1998). [DOI:10.1063/1.166372](https://doi.org/10.1063/1.166372) » [Abstract](#)
 T. K. March, S. C. Chapman,
 R. O. Dendy: Recurrence plot statistics and the effect of embedding,
 Physica D, 200(1–2), 171–184 (2005). [DOI:10.1016/j.physd.2004.11.002](https://doi.org/10.1016/j.physd.2004.11.002) » [Abstract](#)
 J. P. Zbilut, C. L. Webber Jr.: Embeddings and delays as derived from quantification of recurrence plots, Physics Letters A, 171(3–4), 199–203 (1992).
[DOI:10.1016/0375-9601\(92\)90426-M](https://doi.org/10.1016/0375-9601(92)90426-M) » [Abstract](#)
- [27] N. Marwan: Encounters With Neighbours – Current Developments Of Concepts Based On Recurrence Plots And Their Applications, PhD Thesis, University of Potsdam, ISBN: 3-00-012347-4 (2003). [URN:nbn:de:kobv:517-0000856](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:kobv:517-0000856) » [Abstract](#)
- [28] M. Thiel, M. C. Romano, J. Kurths: Analytical Description of Recurrence Plots of white noise and chaotic processes, Izvestija vyssich ucebnych zavedenij/

Prikladnaja nelinejnaja dinamika –
Applied Nonlinear Dynamics, 11(3), 20–30 (2003). » [Abstract](#)

- M. Thiel, M. C. Romano, J. Kurths, R. Meucci, E. Allaria, F. T. Arecchi: Influence of observational noise on the recurrence quantification analysis, *Physica D*, 171(3), 138–152 (2002). [DOI:10.1016/S0167-2789\(02\)00586-9](https://doi.org/10.1016/S0167-2789(02)00586-9) » [Abstract](#)
- [29] J. P. Zbilut, A. Giuliani, C. L. Webber Jr.: Recurrence quantification analysis and principal components in the detection of short complex signals, *Physics Letters A*, 237(3), 131–135 (1998). [DOI:10.1016/S0375-9601\(97\)00843-8](https://doi.org/10.1016/S0375-9601(97)00843-8) » [Abstract](#)
- [30] N. Marwan, J. Kurths: Line structures in recurrence plots, *Physics Letters A*, 336(4–5), 349–357 (2005). [DOI:10.1016/j.physleta.2004.12.056](https://doi.org/10.1016/j.physleta.2004.12.056) » [Abstract](#)
J. B. Gao, H. Q. Cai: On the structures and quantification of recurrence plots, *Physics Letters A*, 270(1–2), 75–87 (2000). [DOI:10.1016/S0375-9601\(00\)00304-2](https://doi.org/10.1016/S0375-9601(00)00304-2) » [Abstract](#)
- [31] E. Kononov: Visual Recurrence Analysis 4.9, (2005).
<http://home.netcom.com/~eugenek>
- [32] Cotizaciones Históricas diarias (19-Abril-1990 A 15-Julio-2005)
Indice Nikkei de Japón <http://es.table.finance.yahoo.com/k?s=%5E%5En225&q=d>
Indice Dow Jones IA de E.U.
<http://es.table.finance.yahoo.com/d?b=30&a=11&c=1980&e=1&d=3&f=2004&q=d&s=%5Edji>
Indice Nasdaq de E.U. <http://es.table.finance.yahoo.com/k?s=%5E%5Eixic&q=d>
Indice IPC de México <http://www.banxico.org.mx>
- [33] J. P. Zbilut, C. L. Webber Jr.: Embeddings and delays as derived from quantification of recurrence plots, *Physics Letters A*, 171(3–4), 199–203 (1992).
[DOI:10.1016/0375-9601\(92\)90426-M](https://doi.org/10.1016/0375-9601(92)90426-M) » [Abstract](#)
- [34] Kennel M.B., Brown R., Abarbanel H.D.I., “Determinando la dimensión de inserción para la reconstrucción del espacio de fase usando una construcción geométrica” *Phys. Rev. A* 45, 3403, 1992
- [35] J.P. Eckmann, S. Oliffson Kamphorst and D. Ruelle Recurrence plots of dynamical systems.1987,*Europhys. Lett.*, Vol. 4, No. 9, pp. 973-977
- [36] G. M. Mindlin, R. Gilmore: Topological analysis and synthesis of chaotic time series, *Physica D*, 58(1–4), 229–242 (1992). [DOI:10.1016/0167-2789\(92\)90111-Y](https://doi.org/10.1016/0167-2789(92)90111-Y) » [Abstract](#)
- [37] J. P. Zbilut, A. Giuliani, C. L. Webber Jr.: Recurrence quantification analysis and principal components in the detection of short complex signals, *Physics Letters A*, 237(3), 131–135 (1998). [DOI:10.1016/S0375-9601\(97\)00843-8](https://doi.org/10.1016/S0375-9601(97)00843-8) » [Abstract](#)
Antoniou, C. Vorlow: Recurrence plots and financial time series analysis, *Neural Network World*, 10(1/2), 131–145 (2000). » [Abstract](#)
- [38] N. Marwan, J. Kurths: Line structures in recurrence plots, *Physics Letters A*, 336(4–5), 349–357 (2005).
[DOI:10.1016/j.physleta.2004.12.056](https://doi.org/10.1016/j.physleta.2004.12.056) » [Abstract](#)
Facchini, H. Kantz, E. Tiezzi: Recurrence plot analysis of nonstationary data: The understanding of curved patterns, *Physical Review E*, 72, 021915 (2005). [DOI:10.1103/PhysRevE.72.021915](https://doi.org/10.1103/PhysRevE.72.021915) » [Abstract](#)
- [39] Eckmann, J.-P. and Ruelle, D. (1985). Ergodic theory of chaos and strange attractors. *Rev. Mod. Phys.*, 57(3):617.
- [40] C. L. Webber Jr.: RQA Software 9.1, (2005). <http://homepages.luc.edu/~cwebber>

- [41] Use of Recurrence Plots in the Analysis of Time Series Data-Koebbe, Mayer-Kress, Zbilut. 1994
- [42] Giuliani, C. Manetti: Hidden peculiarities in the potential energy time series of a tripeptide highlighted by a recurrence plot analysis: A molecular dynamics simulation, *Physical Review E* 53(6), 6336-6340 (1996).
[DOI:10.1103/PhysRevE.53.6336](https://doi.org/10.1103/PhysRevE.53.6336) » [Abstract](#)
- [43] Trulla L. Et al. 1996 y Iwanski J. S. and Bradley E. 1988.
- [44] Atay, F.M., And Altintas, Y. (1999) Recovering Smooth Dynamics From Time Series With The Aid Of Recurrence Plots. *Physical Review E* 59, 6593-6598. y Iwanski 1998
- [45] Domenico P. L. Castrigiano, Sandra A. Hayes, *Catastrophe Theory*, Adisson-Wesley, (1993).