

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE ECONOMÍA Y NEGOCIOS

ESCUELA DE POSTGRADO, ECONOMÍA Y NEGOCIOS

**“TECNICAS AVANZADAS APLICADAS EN LA
PREDICCIÓN DE LAS VARIACIONES DE PRECIO DE
LAS ACCIONES DE MICROSOFT”**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE
MAGISTER EN FINANZAS**

Profesor: Dr. Antonino Parisi Fernández.

Alumnos: Rossana Leal Alvarado.

Luis Méndez Rivera.

Antofagasta, Diciembre 2006



Índice

1.- Introducción	4
2.- Marco Teórico	6
2.1.- Microsoft	6
2.2. Historia	7
2.2.1.-Orígenes	7
2.2.2.-MS-DOS y Windows de 16 Bits	7
2.2.3.-Windows 9x	8
2.2.4.- Internet	9
2.2.5.- Steve Ballmer	9
2.2.6.- Otros Productos	10
2.2.7.- Problemas Legales	12
2.2.8.- Características de la empresa	12
2.2.9.- Productos más conocidos	14
2.3.- Descripción de las técnicas empleadas	16
2.3.1.- Algoritmo Genéticos	16
2.3.1.1.-Mutación	17
2.3.2.-Red Neuronal	18
2.3.3.-Lógica Borrosa	21
2.4.- Investigaciones Previas	22
3.- Datos y Metodología	23
3.1.- Datos	23
3.1.1.- Oracle	23
3.1.2.- IBM	25
3.1.3.- Intel	26
3.1.4.- Adobe System Incorporated	28
3.1.5.- Hewlett-Packard	29
3.1.6.- Indice Bursátil Dow Jones	31
3.1.7.- Standard and Poor´s 500	32
3.1.8.- Nasdaq	34
3.2.- Metodología	35
3.2.1.- Algoritmo Genético	35
3.2.2.- Redes Neuronales	36
3.2.3.- Lógica Borrosa	37
3.2.3.1.-Criterios de Decisión	37



3.3.- Evaluación del Desempeño	41
3.3.1.- PPS	41
3.3.2.- Rentabilidad de las técnicas utilizadas	42
3.3.3.- Test de Pessaran y Timmerman	42
4. Resultados y Conclusiones	43
Bibliografía	50
Índice de Gráficos, Cuadros, Figuras y Tablas	
Gráficos:	
⇒ N° 1 Evolución de precios de las acción de Microsoft	15
Cuadros:	
⇒ N° 1 Empresa Microsoft	6
⇒ N° 2 Empresas seleccionadas	36
⇒ N° 3 Criterios para reglas de decisión	37
⇒ N° 4 Resultados de modelos R. N.	46
⇒ N° 5 Resultados de modelos L. B.	47
⇒ N° 6 Comparación de resultados de los modelos	48
Figuras:	
⇒ N° 1 Operador de cruce	17
⇒ N° 2 Operador de Mutación	18
⇒ N° 3 Cruzamiento y Mutación	18
⇒ N° 4 Gráfica red neuronal	19
⇒ N° 5 Red Neuronal	20
⇒ N° 6 Función de Pertenencia	22
Tablas:	
⇒ N° 1 Empresas elegidas	23
⇒ N° 2 Empresa Intel	26
⇒ N° 3 Empresa Hewlett-Packard	29
⇒ N° 4 Datos utilizados	35
⇒ N° 5 Resultados Generaciones sin error	43 -44
⇒ N° 6 Resultados Generaciones con error	45



1. INTRODUCCIÓN

Con éste compendio se pretende alcanzar una formación de alto nivel que permita efectuar análisis coherentes y con capacidad predictiva sobre problemas cotidianos planteados en los mercados financieros del área tecnológica, utilizando técnicas aplicables al área de estudio de las finanzas, tales como algoritmo genético, redes neuronales y lógica borrosa, métodos que serán utilizados para analizar las variaciones en los precios de las acciones de Microsoft respecto a otras empresas del área tecnológica como Oracle, Intel, Adobe, Hewlett Packard, entre otras.

Sabemos que no existe un modelo matemático para la predicción en los mercados financieros. Además existen correlaciones complejas entre los distintos valores y su comportamiento puede estar influenciado por sucesos que no están contemplados o de los que no se dispone información suficiente. Es en estos entornos donde el problema es altamente complejo al existir influencia mutua entre los distintos valores y sucesos, la información es borrosa o incluso inexistente en algunos casos, y las relaciones son altamente no lineales, las redes neuronales sobrepasan ampliamente las técnicas convencionales.

Para conseguir los datos se utilizó un sistema de descarga online automático, el cual baja los datos históricos directamente desde la página YAHOO.FINANCE.COM. El sistema online se ocupa no sólo de la descarga de datos, sino que además introduce los datos en el sistema.

El estudio tiene por objetivo:

- ✓ Analizar de variación de precios de Microsoft y de las empresas del sector.
- ✓ Introducir los datos en planillas Excell, para poder analizarlos a través de los métodos predictivos algoritmo genético, redes neuronales y lógica borrosa.
- ✓ Evaluar la robustez de los resultados obtenidos.



- ✓ Comparar la rentabilidad de estas estrategias de inversión con la de una estrategia pasiva, comprar mantener o “buy and hold” en los distintos escenarios (elegidos aleatoriamente) a fin de medir la significancia económica de los resultados y el cumplimiento o no de la hipótesis de mercados eficientes (Fama 1970), donde la eficiencia significa que el mercado refleja completa y correctamente toda la información relevante para la determinación de los precios de los activos.



2: MARCO TEÓRICO

2.1.-MICROSOFT (MSFT)



Tipo	Empresa privada
Fundación	1975
Sede	Redmond, Washington (EE.UU.)
Gerentes	Bill Gates, Fundador
	Paul Allen, Fundador
	Steve Ballmer, Principal Oficial Ejecutivo
Industria	Programas de Computadoras
	Videojuegos
Productos	Microsoft Office
	Microsoft Windows
	Xbox
	Xbox 360
Ingresos	\$44,28 billones de dólares (Acumulados al 2006)
Empleados	71,553 (2006)
Sitio web	www.microsoft.com

Cuadro N° 1 Empresa Microsoft



Microsoft (acrónimo de Microcomputer Software), es una empresa de Estados Unidos, fundada por Bill Gates y Paul Allen, que siguen siendo sus principales accionistas. Dueña y productora de los sistemas operativos: Microsoft DOS y Microsoft Windows, que se utilizan en la mayoría de las computadoras del mundo.

2.2. Historia

2.2.1. Orígenes

Bill Gates y Paul Allen crearon la empresa en 1975. Se establecieron en Albuquerque (Nuevo México) y cuatro años más tarde se trasladaron a Seattle.

Sus primeros productos fueron intérpretes de BASIC, más tarde hicieron compiladores de Fortran y COBOL. La primera versión del compilador BASIC de Microsoft fue inspirada por Bill Gates a partir de un artículo en una revista sobre el Altair 8800.

2.2.2 MS-DOS y Windows de 16 bits

Microsoft llegó a su actual posición de dominio del mercado merced a un primer acuerdo con la empresa IBM para proporcionarle un sistema operativo para computadoras. Faltándoles tiempo, Gates compró el Q-DOS (Quick and Dirty Operating System) a sus creadores por US\$50.000 para cubrir el encargo, rebautizándolo MS-DOS (MicroSoft - Disk Operating System). En 1981 salió a la venta la primera computadora personal de IBM con el sistema operativo MS-DOS. Microsoft lanzó al mercado diversas versiones de su sistema operativo durante la década de 1980. En 1986, la empresa comenzó a cotizar en Bolsa. Ese año, se trasladó a Redmond, en el estado de Washington, y comenzó a funcionar en un complejo de edificios bautizado "El Campus", a pesar de no ser un campus universitario (fue bautizado así para mantener el espíritu de trabajo duro que se vive en las universidades norteamericanas). A medida que aparecían nuevas versiones, el sistema se volvía más accesible para los usuarios, especialmente a partir de la aparición de las



primeras versiones de Microsoft Windows, que aportaban al DOS una interfaz gráfica de usuario; aunque las primeras fueron un relativo fracaso, la versión 3 fue un tremendo éxito en las oficinas.

En esta época salieron las primeras versiones de la "suite" de oficina Microsoft Office, que poco a poco se abría paso en un mercado dominado por el Wordperfect y otros paquetes equivalentes.

En marzo de 1995 salió Microsoft Bob, una extensión de Windows 3.1 destinada al mercado doméstico que pretendía hacer más amigable el uso del ordenador, cambiando el interfaz por otro basado en objetos cotidianos (cajones, mesas, cuadros) y personajes a modo de asistentes (un perro, una pelota roja, etc.). A pesar de ser un rotundo fracaso, muchos de sus conceptos fueron trasladados a otros programas de la compañía como, por ejemplo, los asistentes de ayuda del Office o las búsquedas de Windows XP.

2.2.3. Windows 9x

A finales de los 80, Microsoft e IBM colaboraron con el fin de crear un nuevo sistema operativo de 32 bits (el OS/2), mucho más avanzado que el DOS.

En 1990, Microsoft era la empresa con mayor facturación en el negocio del software. En 1991 Microsoft renuncia a la colaboración con IBM, decidiendo crear su propio sistema operativo de 32 bits, al que llamaría Windows NT, y que comercializó en 1992, destinándolo al mercado corporativo. Finalmente, el 24 de agosto de 1995, y poco después del lanzamiento del OS/2 Warp de IBM, de prestaciones muy similares, lanzó el sistema Windows 95, cuya interfaz era más amigable que la de sus predecesores, y aportaba multitarea simulada (la multitarea real se implementó en Windows 98, y todavía parcialmente), además de aportar amplias capacidades multimedia y para videojuegos. Fue el producto de mayor éxito de la firma y el que consolidó su dominio del mercado. Era preinstalado en los ordenadores personales por casi todos los fabricantes, gracias a acuerdos



con Microsoft que les disuadía de ofrecer alternativas. La situación fue aprovechada para sacar al poco tiempo Microsoft Office 95, la primera suite ofimática creada para Windows 95, mucho antes que sus competidores, haciéndose con la práctica de la totalidad de ese segmento del mercado. También fue entonces cuando desbancó a Borland como principal fabricante de compiladores, por razones similares.

Poco después, en 1998, Microsoft sacó una nueva versión de Windows: Windows 98. Esta versión tuvo serios problemas de rendimiento, por lo que Microsoft se vio obligado a crear una segunda edición de Windows 98, llamada Windows 98 SE. También en este año apareció una nueva versión de Encarta (disponible desde 1992), que pronto se convirtió en una de las más "exitosas" enciclopedias multimedia gracias, de nuevo, a la posición dominante de Microsoft en el mercado.

2.2.4. Internet

Originalmente, Microsoft menospreció Internet, considerándola como una red más. Por ello, creó MSN (Microsoft Network), una red propiedad suya que pretendía ser una alternativa a Internet; para reforzarlo, adquirió el servicio de correo web más popular, Hotmail, y lo promocionó a través de Windows 95 y Windows 98. Tras comprobar el fracaso de MSN, frente al enorme éxito de su competidora, Microsoft cambió radicalmente su estrategia, volcándose en el mercado de Internet y transformando MSN en un portal más de Internet. Así, creó y ofreció gratuitamente Internet Explorer (partiendo del navegador Mosaic), integrándolo además con Windows a partir de la versión 98, enfrentándose así al exitoso Netscape Navigator en la primera guerra de navegadores, de la que saldría vencedor absoluto.

2.2.5. Steve Ballmer

Al mes siguiente de la salida de Windows 98, Bill Gates nombró presidente de la compañía a Steve Ballmer, hasta entonces vicepresidente ejecutivo, y éste se hizo cargo de la



supervisión de las actividades empresariales cotidianas de Microsoft. En enero de 2000, Bill Gates, con el fin de poder centrarse en el desarrollo de nuevos productos y tecnologías, dejó de ser de presidente ejecutivo (CEO) en favor de Ballmer, que pasó a ser el segundo en ocupar el cargo.

2.2.6. Otros productos

Después de Windows 98, Microsoft ha sacado a la venta, cada dos o tres años aproximadamente nuevas versiones de Windows para distintos usuarios: Windows ME (2000) (usuarios domésticos), Windows 2000 (2000) (usuarios profesionales), Windows XP (2001) (versión Home para usuarios domésticos y Profesional para empresas con mayor soporte para redes); aparte de otros sistemas operativos orientados a servidores: Windows 2000 Server (con tres ediciones orientadas a diferentes tamaños de empresa) y Windows 2003 Server. A partir de Windows XP, se integra con el sistema operativo Windows Messenger, convirtiendo así a MSN Messenger (del que era una versión simplificada) en el protocolo de mensajería electrónica más utilizado, a pesar de ser sus capacidades muy similares a la competencia, destronando al popular ICQ. Ahora este se llama Windows Live Messenger.

Aunque ya antes había producido periféricos (ratones, teclados, joysticks...), Microsoft se introdujo finalmente en la producción de hardware en 2001, con el lanzamiento de su consola Xbox (basada principalmente en tecnologías propias de un Ordenador), que fue un gran éxito de ventas. También es importante su penetración en el mercado de los sistemas operativos PDAs y otros dispositivos móviles con Windows Mobile.

Microsoft ha realizado en los últimos años convenios con distintas empresas para proveer servicios de telecomunicaciones cada vez más sofisticados y ha entrado en el negocio de los satélites de comunicación.



Se prevé que a comienzos de 2007 Microsoft lance al mercado la nueva versión de Windows: Windows Vista (denominado provisionalmente durante su desarrollo Windows Longhorn). Actualmente se encuentra en periodo de prueba la RC2 que está siendo probada por unos 10.000 testadores. Se ha anunciado que saldrán a la venta en enero de 2007 y serán al final 8 versiones, y en Europa se comercializarán otras dos sin Windows Media Player. *Estas son todas las versiones:*

- **Windows Starter 2007** - Vista sin Aero. Será para países en desarrollo.
- **Windows Vista Home Basic** - La versión más sencilla de Windows Vista. Análogo a XP Home.
- **Windows Vista Home Basic N** - Versión Europea de la anterior, pero sin Media Player (por el juicio antimonopolio).
- **Windows Vista Home Premium** - Esta versión será la más común. Vendrá con funcionalidad Multimedia y soporte para Cable Card.
- **Windows Vista Business** - Similar a XP Pro, pero en Vista.
- **Windows Vista Business N** - Similar a XP Pro, pero en Vista, para Europa.
- **Windows Vista Enterprise** - Versión de Vista para empresas, con opciones como Virtual PC, encriptación, etc.
- **Windows Vista Ultimate** - Esta es la versión que lo tiene todo, y más.

Además de Windows, Microsoft cuenta con una amplia gama de software:

- Biztalk Server: automatización y gestión de procesos empresariales.
- Exchange: servidor de correo.
- Internet Security and Acceleration Server: servidor firewall, proxy, vpn...
- Operations Manager: monitorización de sistemas.
- Sharepoint Portal Server: CMS.
- SQL Server: servidor de base de datos.
- Systems Management Server: gestión de sistemas (inventarios, control remoto, distribución de software...).



2.2.7. Problemas legales

A principios de 1998, Microsoft llegó a un acuerdo temporal con el Departamento de Justicia que permitía a los fabricantes de PC ofrecer una versión de Windows 95 sin acceso a Internet Explorer, para permitir la opción por otros exploradores. No obstante, en mayo del mismo año el Departamento de Justicia y veinte estados de Estados Unidos presentaron demandas contra Microsoft por supuestas prácticas monopolísticas y por abusar de su posición dominante para hundir a la competencia. Estas demandas obligaron a Microsoft a vender Windows sin Internet Explorer o a incluir Netscape Navigator, el navegador web de Netscape Communications Corporation, la competencia. Las demandas también obligaron a modificar algunos contratos y la política de precios.

En 1999 Microsoft pagó 5.000 millones de dólares a la compañía de telecomunicaciones AT&T Corp para utilizar su sistema operativo Windows CE en dispositivos diseñados para ofrecer a los consumidores servicios integrados de televisión por cable, teléfono y acceso rápido a Internet. Además, ese mismo año, la compañía lanzó Windows 2000, la versión más actualizada del sistema operativo Windows NT.

En marzo de 2004, la empresa fue denunciada por utilizar su importancia en el mercado con fines monopolísticos por la Unión Europea, siendo condenados a pagar unos 600 millones de euros, divulgar ciertos protocolos a la competencia, y producir una versión de Windows que no incluyera Windows Media Player ni Internet Explorer de serie.

2.2.8. Características de la empresa

Microsoft es proveedora del 50 por ciento de las aplicaciones de software que se usan en el mundo, desde las hojas de cálculo hasta bases de datos, pasando por los procesadores de texto. Su dominio del mercado es tan grande, que en algunos países el dominio de algunos



de sus programas es requerido en oposiciones, y son muchos los empresarios que sólo admiten sus productos, sin preocuparse de evaluar las alternativas.

Hay una serie de objetivos que ha buscado siempre Microsoft en su desarrollo (aunque no siempre lo haya conseguido):

- Compatibilidad del software con versiones anteriores; en concreto, se procura que las nuevas versiones de los sistemas operativos sean lo más compatibles posibles con las anteriores.
- Abundancia de asistentes y otros mecanismos para facilitar el trabajo de gente con escasos conocimientos de informática.
- Dar más importancia a la capacidad de los programas de hacer más cosas que a su estabilidad o su seguridad. Recientemente, se ha anunciado la intención de revertir esto.
- Dar prioridad a la interoperabilidad entre los productos propios, por encima de la que haya con los ajenos.

Tradicionalmente, se han distinguido 3 líneas de productos:

- Sistemas operativos: MS-DOS, Windows.
- Aplicaciones para la oficina (ofimática): MS Works, MS Office (Word, Excel, Access, Powerpoint, InfoPath, FrontPage, Outlook y Publisher)
- Compiladores: MS Visual C++, MS Visual Basic
- Herramientas de desarrollo: .NET

Más recientemente:

- Internet: MS Internet Explorer o MS Internet Information Server. MyIE2 es un navegador basado en el motor de Microsoft Internet Explorer pero no desarrollado por Microsoft.



- Videojuegos: Estrategia, como la famosa saga Age of Empires, simuladores de vuelo (Flight Simulator) y otros como Fable.
- Videoconsolas: Xbox y Xbox 360

Alguna de las tácticas empresariales más frecuentes:

- Comprar pequeños programas o servicios de otras empresas, e integrarlos en sus productos con otro nombre: MS-DOS, scandisk, defrag, MS Antivirus, Hotmail...
- Integrar reproductores o visualizadores propios en el sistema operativo, convirtiendo así los formatos de los que es propietaria en estándares "de facto": Windows Media Player, Internet Explorer, Windows Messenger

Sus principales fuentes de ingresos son:

- Venta de licencias de software.
- Venta de servicio técnico.
- Cursos acreditados: MCSE, etc.
- Venta de hardware (principalmente, consolas y periféricos)

2.2.9 Productos más conocidos

- Microsoft Windows
- Microsoft Office, que incluye MS Word, MS Excel, MS Powerpoint, MS Access, MS Outlook...
- Microsoft Encarta
- Microsoft Picture It!
- Microsoft Visual Studio, que incluye Visual Basic, Visual C++, Visual C#, Visual J++.
- Microsoft Internet Explorer



- Microsoft Xbox
- Microsoft SQL Server
- Windows Live

El siguiente gráfico muestra el comportamiento del precio de Microsoft desde Enero de 2006 hasta Diciembre de 2006, el cual permite hacer un análisis de la situación que enfrenta la empresa.

Gráfico N°1: Evolución de precios de las acciones Microsoft, periodo 01/2006-11/2006





2.3. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNICAS EMPLEADAS

2.3.1. ALGORITMO GENÉTICO

Los algoritmos genéticos son una de las nuevas técnicas que más apoyo han recibido y más futuro promete. Es interesante mencionar, que se basan completamente y son modelados a partir de procesos naturales de selección que se han identificado en organismos vivos. Así como en la naturaleza, las especies mutan de acuerdo a las características del medio ambiente, del tiempo o de otros factores externos, los sistemas que manejan este concepto tienen la capacidad de poder adaptar las respuestas a problemas cambiantes de acuerdo al tiempo. Esto es que el comportamiento de estos sistemas es mutado de acuerdo a las características del medio y del problema.

Una definición bastante completa de un Algoritmo Genético es la propuesta por Jhon Kosa [Coello 95]: Es un Algoritmo matemático altamente paralelo que transforma un conjunto de objetos matemáticos con respecto al tiempo, usando operaciones modeladas de acuerdo al principio Darwiniano de reproducción y supervivencia del más apto, y tras haberse presentado de forma natural una serie de operaciones genéticas de entre las que destaca la recombinación sexual. Cada uno de estos objetos matemáticos suele ser una cadena de caracteres (letras o números) de longitud fija que se ajusta al modelo de las cadenas de cromosomas, y se asocian con una cierta función matemática que refleja su aptitud.

Estos tipos de algoritmos tienen una ventaja enorme con respecto a los tradicionales sistemas, ya que estos últimos son demasiado estáticos y no están preparados para soportar cambios súbitos en las condiciones de los problemas. Usualmente, los sistemas simbólicos son desarrollados para solucionar un solo tipo de problemas. Si este problema cambia en alguna condición, no se tiene la oportunidad de cambiar para tratar de solucionarlo. Por esta razón, los sistemas que operan con algoritmos genéticos tienen más futuro en este campo.

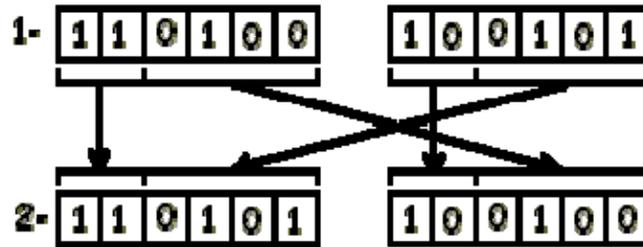


Figura N°1: Operador de Cruce

Los operadores genéticos son los diferentes métodos u operaciones que se pueden ejercer sobre una población y que nos permite obtener poblaciones nuevas. Una vez que se ha evaluado cada individuo sobre una función, se aplican los operadores genéticos.

2.3.1.1. MUTACIÓN.

El operador de mutación consiste en la alteración aleatoria de cada uno de los genes del individuo con una probabilidad de mutación.

El objetivo de la mutación es producir diversidad en la población. Si al generar aleatoriamente la población inicial o después de varias generaciones, en la misma posición de todos los cromosomas sólo aparece un único elemento del alfabeto utilizado, esto supondrá que con los operadores de reproducción y cruce, nunca cambiara dicho elemento, por lo que puede ocurrir que jamás se alcance la solución más óptima a nuestro problema. La probabilidad de aparición del operador de mutación no debe ser grande para no perjudicar la correcta construcción de bloques. El operador de mutación origina variaciones elementales en la población y garantiza que cualquier punto del espacio de búsqueda pueda ser alcanzado.

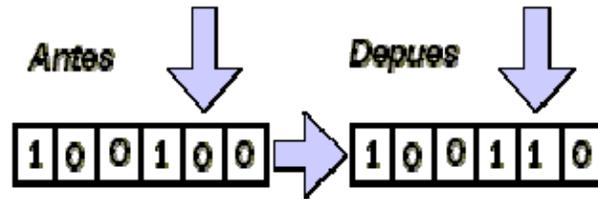


Figura N°2: Operador de Mutación

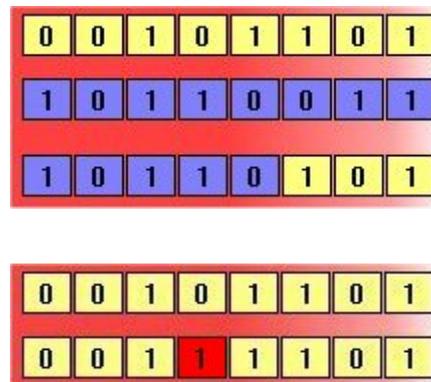


Figura N° 3 Cruzamiento y Mutación

La Figura N°3 muestra el cruzamiento y la mutación. Este diagrama ilustra el efecto de estos dos operadores genéticos en los individuos de una población de cadenas de 8 bits. El diagrama superior muestra a dos individuos llevando a cabo un cruzamiento de un punto; el punto de intercambio se establece entre las posiciones quinta y sexta del genoma, produciendo un nuevo individuo que es híbrido de sus progenitores. El segundo diagrama muestra a un individuo sufriendo una mutación en la posición 4, cambiando el 0 de esa posición de su genoma por un 1.

2.3.2 RED NEURONAL

Debido a su constitución y a sus fundamentos, las redes neuronales artificiales presentan un gran número de características semejantes a las del cerebro. Por ejemplo, son capaces de aprender de la experiencia, de generalizar de casos anteriores a nuevos casos, de abstraer características esenciales a partir de entradas que representan información irrelevante, etc.



Esto hace que ofrezcan numerosas ventajas y que este tipo de tecnología se esté aplicando en múltiples áreas.

La capacidad de aprendizaje adaptativo es una de las características más atractivas de redes neuronales. Esto es, aprenden a llevar a cabo ciertas tareas mediante un entrenamiento con ejemplos ilustrativos. Como las redes neuronales pueden aprender a diferenciar patrones mediante ejemplos y entrenamientos, no es necesario elaborar modelos a priori ni necesidad de especificar funciones de distribución de probabilidad.

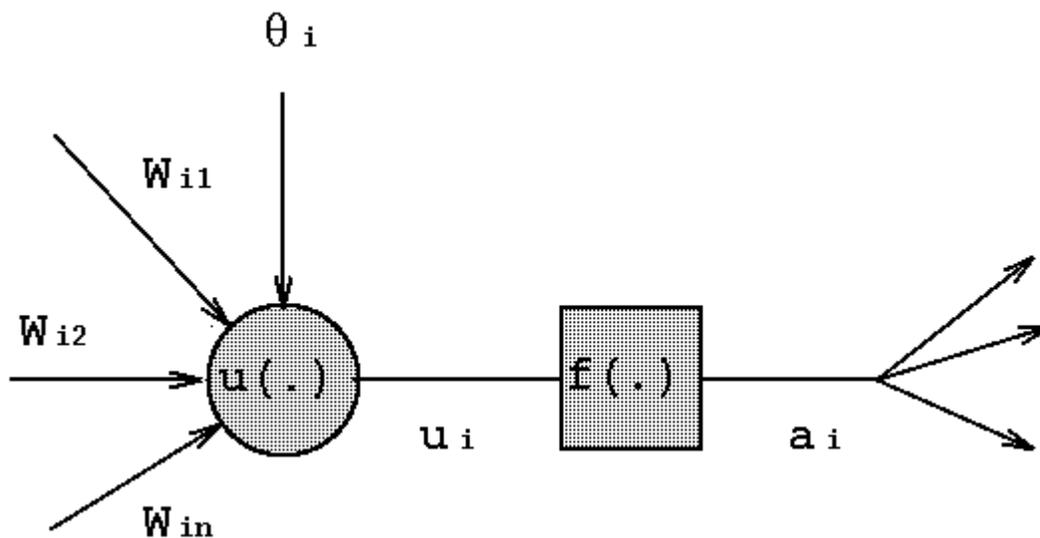


Figura N°4: Gráfica Red neuronal

Una red neuronal es un procesador masivamente paralelo distribuido que es propenso por naturaleza a almacenar conocimiento experimental y hacerlo disponible para su uso. Este mecanismo se parece al cerebro en dos aspectos:

- El conocimiento es adquirido por la red a través de un proceso que se denomina aprendizaje.
- El conocimiento se almacena mediante la modificación de la fuerza o peso sináptico de las distintas uniones entre neuronas.



Una red neuronal es un **modelo computacional** con un conjunto de propiedades específicas, como son la habilidad de adaptarse o aprender, generalizar u organizar la información, todo ello basado en un procesamiento eminentemente paralelo.

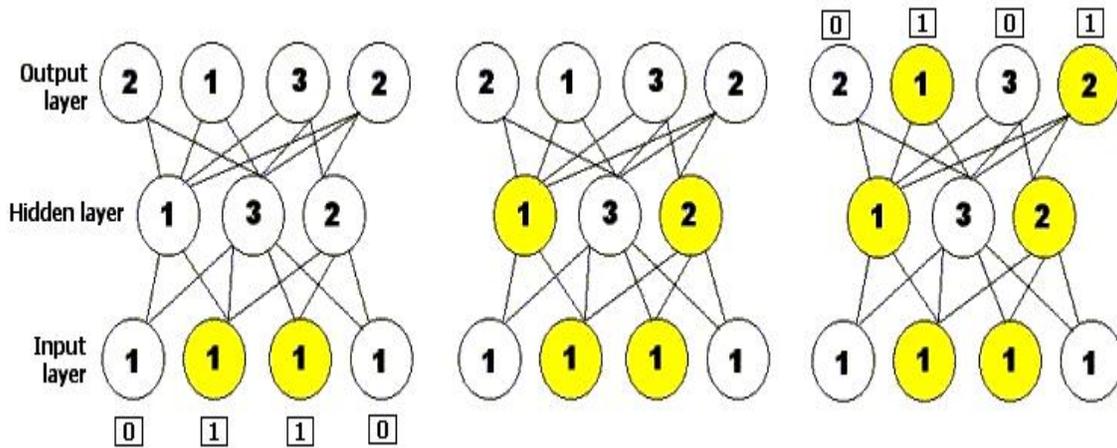


Figura N° 5 Red Neuronal

La Figura N°5 muestra una sencilla red neuronal, con una capa consistente en cuatro neuronas, una capa oculta consistente en tres neuronas y una capa de salida consistente en cuatro neuronas. El número de cada neurona representa su umbral de activación: sólo se excitará si recibe al menos esa cantidad de entrada y cómo la activación se extiende por la red hasta producir una salida.

Las redes neuronales permiten utilizar información borrosa y/o subjetiva. Por ello las variables que se utilizaron para la predicción de un determinado índice financiero, pueden ser este mismo índice u otros índices financieros y/o transformadas de los mismos, pero también cualquier otra serie de la que disponga datos históricos y que crea puede ser relevante para la predicción



2.3.3. LOGICA BORROSA

En la lógica clásica una proposición sólo admite dos valores: verdadero o falso. Por ello se dice que la lógica usual es bivalente o binaria. Existen otras lógicas que admiten además un tercer valor posible (lógica trivaluada) e incluso múltiple valores de verdad (lógica multivaluada).

La lógica multivaluada incluye sistemas lógicos que admiten varios valores de verdad posibles. La lógica difusa (o borrosa, en inglés fuzzy logic) es una de ellas, que se caracteriza por querer cuantificar esta incertidumbre: Si P es una proposición, se le puede asociar un número $v(P)$ en el intervalo $[0,1]$ tal que:

Si $v(P) = 0$, P es falso.

Si $v(P) = 1$, P es verdadero.

La veracidad de P aumenta con $v(P)$.

La lógica borrosa o difusa se basa en el principio de "Todo es cuestión de grado". Así, por ejemplo, una persona que mida 2 metros es claramente una persona alta (es alta con grado 1) y una persona que mida 1 metro no es una persona alta en absoluto (es alta con grado 0). De forma intermedia podemos decir que una persona que mida 1,82 m es alta con grado 0,75 indicando que es "bastante alta", teniendo en cuenta que la persona en cuestión sea masculina. De este ejemplo puede extraerse fácilmente que la lógica y la teoría de conjuntos son isomorfismos matemáticos. Por el contrario, la lógica clásica sólo definiría si la persona es alta o no, definiendo la diferencia entre pertenecer a un grupo u otro un simple centímetro.

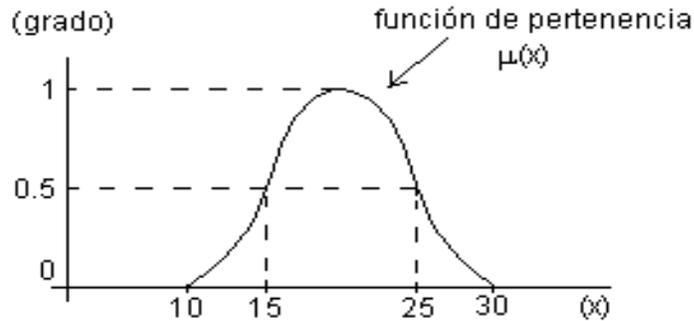


Figura N° 6: Función de Pertenencia

2.4.- INVESTIGACIONES PREVIAS

Fama (1970) estudia la literatura desarrollada en el modelo de mercados eficientes. De acuerdo a Fama, “un mercado en el cual los precios reflejan completamente la información disponible es llamado eficiente. El da definiciones de distintos niveles de eficiencia del mercado, dependiendo de tres subsets de información: Precios históricos, información públicamente disponible y finalmente, toda la información incluyendo aquella información privilegiada que no está disponible al público.

De acuerdo a Fama, la hipótesis de los mercados eficientes históricamente se subdividió en tres categorías. “Tests de eficiencia Débil, analizan si la información contenida en precios históricos es completamente reflejada en los precios corrientes. Los tests de eficiencia Semi-fuerte, analizan si la información disponible para el público está completamente reflejada en los precios de las acciones. Finalmente, los tests a la forma fuerte de eficiencia de los mercados, analizan si toda la información, tanto pública como privada está completamente reflejada en los precios de los activos y si algún inversor puede realizar un retorno anormal”.



3.- DATOS Y METODOLOGÍA

3.1.- DATOS

Se analizaron las variaciones de los precios de 8 empresas elegidas aleatoriamente desde el área industrial tecnológica, (^GSPC, ^IXIC, ^DJI, HPQ, ADBE, ORCL, INTC, IBM) y se obtuvieron los datos correspondientes al periodo comprendido entre 04 de abril de 2002 hasta el 01 de Diciembre de 2006.

Y	MSFT	Microsoft
X	^GSPC	S&P 500 INDEX
X	^IXIC	Nasdaq
X	^DJI	Dow Jones
X	HPQ	Hewlet Packard
X	ADBE	Adobe
X	ORCL	Oracle
X	INTC	Intel
X	IBM	IBM

Tabla N°1 Empresas elegidas aleatoriamente para el análisis de las variaciones de precios.

3.1.1 ORACLE (ORCL)

Oracle es un sistema de administración de base de datos (o RDBMS por el acrónimo en inglés de Relational Data Base Management System), fabricado por Oracle Corporation.

Se considera a Oracle como uno de los sistemas de bases de datos más completos, destacando su:

- Soporte de transacciones.
- Estabilidad.
- Escalabilidad.
- Es multiplataforma.



Su mayor defecto es su enorme precio, que es de varios miles de euros (según versiones y licencias). Otro aspecto que ha sido criticado por algunos especialistas es la seguridad de la plataforma, y las políticas de suministro de parches de seguridad, modificadas a comienzos de 2005 y que incrementan el nivel de exposición de los usuarios. En los parches de actualización provistos durante el primer semestre de 2005 fueron corregidas 22 vulnerabilidades públicamente conocidas, algunas de ellas con una antigüedad de más de 2 años.

Aunque su dominio en el mercado de servidores empresariales ha sido casi total hasta hace poco, recientemente sufre la competencia del Microsoft SQL Server de Microsoft y de la oferta de otros RDBMS con licencia libre como PostgreSQL, MySQL o Firebird. Las últimas versiones de Oracle han sido certificadas para poder trabajar bajo Linux.

Oracle surge a finales de los 70 bajo el nombre de Relational Software a partir de un estudio sobre SGBD (Sistemas Gestores de Base de Datos) de George Koch. Computer World definió este estudio como uno de los más completos jamás escritos sobre bases de datos. Este artículo incluía una comparativa de productos que elegía a Relational Software como el más completo desde el punto de vista técnico. Esto se debía a que usaba la filosofía de las bases de datos relacionales, algo que por aquella época era todavía desconocido.

En la actualidad, Oracle (Nasdaq: ORCL) todavía encabeza la lista. La tecnología Oracle se encuentra prácticamente en todas las industrias alrededor del mundo y en las oficinas de 98 de las 100 empresas Fortune 100. Oracle es la primera compañía de software que desarrolla e implementa software para empresas 100 por ciento activado por Internet a través de toda su línea de productos: base de datos, aplicaciones comerciales y herramientas de desarrollo de aplicaciones y soporte de decisiones. Oracle es el proveedor mundial líder de software para administración de información, y la segunda empresa de software independiente más grande del mundo.



3.1.2 IBM (IBM)

IBM se creó el 15 de junio de 1911 en Binghamton (Estados Unidos) como resultado de la fusión de tres empresas: **Tabulating Machine Corporation**, **Computing Scale Corporation** e **International Time Recording Company**. La empresa formada de la fusión fue llamada **Computing Tabulating Recording Corporation (CTR)**, pero el 14 de febrero de 1924 CTR cambió su nombre a **International Business Machines Corporation (IBM)**.

International Business Machines o **IBM**, conocida coloquialmente como **el Gigante Azul**, es una empresa que fabrica y comercializa hardware, software y servicios relacionados con la informática. Tiene su sede en Armonk (Estados Unidos) y está constituida como tal desde el 15 de junio de 1911, pero lleva operando desde 1888.

Con alrededor de 329.000 empleados repartidos en unos 161 países y unos ingresos de 88.000 millones de dólares en 2005, IBM es la mayor empresa relacionada con la informática del mundo y una de las pocas que lleva operando desde el siglo XIX hasta la actualidad.

En España cuenta con 6.900 empleados y opera desde 1926.

Tiene una presencia principal en prácticamente todos los segmentos relacionados con las tecnologías de la información, de hecho en los años recientes más de la mitad de sus ingresos vienen de sus ramas de consultoría y servicios, y no de la fabricación de equipos. Además es una firme patrocinadora del software libre.



3.1.3 INTEL

Intel Corporation	
Tipo	Privada
Fundación	1968
Sede	Santa Clara, California, EEUU
Gerentes	Paul Otellini (CEO)
	Craig Barrett(Chairman)
Industria	Semiconductores
Productos	Microprocesadores
Memoria	
Ingresos	\$34.200 millones USD
Empleados	91000
Sitio web	www.intel.com

Tabla N° 2 Empresa Intel

Intel es una empresa multinacional que fabrica microprocesadores, circuitos integrados especializados tales como circuitos integrados auxiliares para placas base de ordenador y otros dispositivos electrónicos.

Intel fue fundada por Gordon E. Moore y Robert Noyce en 1968, quienes inicialmente quisieron llamar a la empresa *Moore Noyce*, pero sonaba mal, por lo que eligieron como nombre las siglas de *Integrated Electronics*, en español *Electrónica Integrada*. Este nombre estaba registrado por una cadena hotelera, por lo que tuvieron que comprar los derechos para poder utilizarlo.

La compañía comenzó fabricando memorias antes de dar el salto a los microprocesadores. El primer microprocesador de Intel, el Intel 4004, fue creado en 1971 para facilitar el diseño de una calculadora. En lugar de tener que diseñar varios circuitos integrados para



cada parte de la calculadora, diseñaron uno que según un programa almacenado en memoria podía hacer unas acciones u otras, es decir, un microprocesador. Hoy en día se discute si el primer microprocesador de la historia de la informática fue creado por Intel o por Texas Instruments.

Durante los años 90, Intel fue responsable de muchas de las innovaciones del hardware de los ordenadores personales, incluyendo los buses PCI, AGP y USB, además del nuevo PCI-Express. Aunque, sin embargo, no hay que olvidar muchos otros lanzamientos e intentos de estandarización fallidos, que la empresa tiene a su espalda.

Intel domina el mercado de los microprocesadores: Actualmente, el principal competidor de Intel en el mercado es Advanced Micro Devices (AMD), empresa con la que Intel tuvo acuerdos de compartición de tecnología: cada socio podía utilizar las innovaciones tecnológicas patentadas de la otra parte sin ningún costo.

Últimamente destaca por la tecnología de doble núcleo implementada en los procesadores Pentium D, la tecnología móvil Centrino, que desarrolló para el mercado de ordenadores móviles y la tecnología HyperThreading integrada en los procesadores Intel Pentium 4.

El 6 de junio de 2005 Intel realizó un acuerdo con Apple Computer, por el que Intel proveerá procesadores para los ordenadores Apple, realizándose entre 2006 y 2007 la transición desde los tradicionales IBM.

En enero de 2006 entra al mercado las primeras computadoras de Apple, una portátil y otra de escritorio, con procesadores Intel Core Duo de doble núcleo.



3.1.4 ADOBE SYSTEMS INCORPORATED (ADBE)

Adobe Systems Incorporated es una empresa de software con sede en San José (California, USA) fundada en Diciembre de 1982 por John Warnock y Charles Geschke. Destaca en el mundo del software por sus programas de edición de páginas web, video e imagen digital. Adobe jugó un rol significativo en comenzar la revolución de la autoedición cuando Apple Computer comenzó a utilizar PostScript para su línea de impresoras LaserWriter en 1985.

A finales de los años 80, luego de que el Postscript comenzara a popularizarse, Adobe lanzó al mercado Adobe Illustrator, que pronto se convirtió en uno de los programas indispensables para los profesionales gráficos. A principios de los 90, salió la primera versión de Photoshop que eventualmente sería uno de los programas insignia de la empresa y uno de sus productos más vendidos. Acrobat y el formato PDF tardaron en encontrar su lugar en el mercado, pero a medida que las aplicaciones iban integrándose más las ventajas del PDF se fueron haciendo más evidentes y actualmente es el standard en lo que a intercambio de documentos digitales respecta.

Adobe no había conseguido desarrollar una aplicación DTP, y por lo tanto adquirió Aldus en 1994, que producía Pagemaker, para competir con QuarkXPress, pero esto no fue suficiente y en 1999 fue presentado InDesign, que progresivamente ha ido ocupando lugares antes exclusivos de Quark, aunque aun no supera su market share.

El año 2005 Adobe compró Macromedia, conocida empresa de software distribuidora de los programas Flash, Dreamweaver, Director, Fireworks, y Freehand entre otros.



3.1.5 HEWLETT-PACKARD (HP)

Hewlett-Packard Company	
Tipo	Multinacional
Fundación	Palo Alto, California (1939)
Sede	Cupertino, California, EE.UU.
Gerentes	Mark V. Hurd
Industria	Informática, Hardware, Software, Consultoría y Servicios IT
Productos	Monitores, Camaras Digitales, Adquisición de Imágenes Digitales, Ordenadores, Impresoras
Ingresos	91,7 mil millones de dólares (2006)
Empleados	150.000 (2006)
Sitio web	www.hp.com

Tabla N° 3 Empresa Hewlett-Packard

Hewlett-Packard o **HP** es la mayor empresa de tecnologías de la información del mundo, fabrica y comercializa hardware y software además de brindar servicios de asistencia relacionados con la informática. Tiene su sede en Palo Alto, California y la compañía data de 1939. Originalmente se dedicaba a la fabricación de instrumentos de medida electrónica y de laboratorio.

Bill Hewlett y Dave Packard eran compañeros en la universidad de Stanford. En el garaje de su casa construyeron un oscilador de audio, un instrumento de prueba electrónico utilizado por los ingenieros de sonido. Walt Disney fue uno de los primeros clientes de HP. Este cliente compró ocho osciladores para desarrollar y probar un sistema de sonido innovador para la película "Fantasía".



Inició una carrera en equipos electrónicos de prueba y testeo para laboratorios. Más tarde, en 1968 entraron en el negocio de las calculadoras electrónicas con gran éxito.

HP entró al campo de las computadoras en 1966 con la 2116A, la primera de la serie HP 1000 diseñada para reunir y analizar los datos producidos por instrumentos de HP. Las computadoras HP 1000 son utilizadas para aplicaciones CIM, tales como supervisión y control de procesos, administración de alarmas y supervisión de máquinas.

Inició una carrera en equipos electrónicos de prueba y testeo para laboratorios. Más tarde, en 1968 entraron en el negocio de las calculadoras electrónicas con gran éxito. • La HP 9100A de 1968 fue la primera calculadora manufacturada por HP. • La HP-35 de 1972 fue la primera calculadora electrónica de mano. • La HP-65 de 1975 fue la primera calculadora programable de mano. • La HP-41C de 1979 fue la primera calculadora alfanumérica y expandible de mano. • La HP-28C de 1987 fue la primera calculadora que resuelve problemas algebraicos simbólicamente.

En 1972, HP se ramificó, entrando en la informática comercial con la serie 3000, un sistema multiusuario que se hizo muy conocido por su extremadamente alta fiabilidad, especialmente para esa época. La serie 3000, de gran éxito, ha continuado siendo la principal serie de computadoras de HP y ha evolucionado hacia una familia completa de computadoras desde micro hasta macrocomputadoras. También en 1972, presentó la primera calculadora de mano científica, la HP-35, reemplazando la regla de cálculo e iniciando una nueva era de calculadoras de bolsillo. En 1982, fue presentada la primera estación de trabajo HP 9000.

En 1989, HP adquirió Apollo Computer, que combinada con su propia línea hizo de HP el líder del mercado en estaciones de trabajo. Hewlett-Packard vende por encima de 10.000 productos diferentes en el campo de la electrónica y la computación y ha ganado una reputación en todo el mundo por su ingeniería robusta y fiable.



En el año 2002 compra Compaq en medio de luchas de poder internas en la empresa y una línea de negocio caótica.

3.1.6 ÍNDICE BURSÁTIL DOW JONES

El **Índice bursátil Dow Jones** es un índice bursátil creado en 1883 por la empresa Dow Jones & Company

Dow Jones Average esta compuesto por tres índices y es dinámico ya que en él pueden entrar y salir empresas según se cumplan ciertos criterios. Estos promedios son revisados por editores del diario The Wall Street Journal y se dividen en:

- Promedio Industrial Dow Jones (DJIA) (por sus siglas en inglés)
- Promedio de Transportes Dow Jones (DJTA)
- Promedio de Utilidades Dow Jones (DJUA).

El Dow Jones Industrial (DJIA) es un índice que refleja el comportamiento del precio de la acción de las 30 compañías industriales más importantes y reconocidas de Estados Unidos.

El Dow Jones Utilidades (DJUA) donde se reflejan los títulos valores de las corporaciones de mercados como el gas o la energía eléctrica y el Dow Jones Transportes (DJTA) que incluye las empresas de transporte y distribución.

El llamado promedio industrial Dow Jones es quizás el más famoso de los índices o indicadores (en inglés se conocen como indexes) de Estados Unidos. Se trata de una compilación estadística que refleja el desempeño de las 30 mayores acciones industriales de este país. Originalmente reflejaba sólo 12 acciones en 1896. Y son 30 desde 1928. Aquí están incluidas compañías como IBM, General Electric, General Motors, AT&T y otras. Este índice es el más conocido del mercado de la industria de Estados Unidos. Pero como



incluye sólo las denominadas 30 blue chips no es representativo de los millones de acciones objeto de transacciones diarias en el país. En razón a que son pocas, cualquier gran variación de precio en sólo una o dos de estas acciones es capaz de distorsionar el promedio general.

3.1.7 STANDARD & POOR'S 500 (^GSPC)

En los últimos años este índice ha cobrado gran popularidad. Lo componen 400 acciones industriales, 20 del sector del transporte, 40 de servicios públicos (los llamados utilities), y 40 financieras. Es representativo aproximadamente de las tres cuartas partes del mercado accionario estadounidense. Todas las compañías que comprende son grandes. Muchos analistas coinciden en que este índice es un mejor indicador de conjunto de todo el mercado bursátil que el Dow Jones. A diferencia de éste, en el S&P 500 el cambio de precio de cualquier título resulta proporcional al valor total de mercado de sus acciones.

Standard & Poor's (S&P) es una división de la empresa McGraw-Hill dedicada a la elaboración y publicación periódica de análisis financieros de acciones y bonos, fijando la posición de solvencia de los mismos. Es una de las tres empresas más importantes del sector de la agencias de análisis económicos internacionales.

Los estándares utilizados para establecer la solvencia y estabilidad son:

- Para **Operaciones a largo plazo**
- *Inversiones estables*

AAA: La más alta calificación de una compañía, fiable y estable.

AA: Compañías de gran calidad, muy estables y de bajo riesgo.

A: Compañías a las que la situación económica puede afectar a la financiación.



BBB: Compañías de nivel medio que se encuentran en buena situación en el momento de ser calificadas.

- *Inversiones de riesgo o especulativas*

BB: Muy propensas a los cambios económicos

B: La situación financiera sufre variaciones notables.

CCC: Vulnerable en el momento y muy dependiente de la situación económica

CC: Muy vulnerable, alto nivel especulativo.

C: extremadamente vulnerable con riesgo de impagos

- Para **Operaciones a corto plazo**

A-1: El obligado tiene plena capacidad para responder del débito.

A-2: El obligado tiene capacidad para responder del débito aunque el bono es susceptible de variar frente a situaciones económicas adversas.

A-3: Las situaciones económicas adversas pueden condicionar la capacidad de respuesta del obligado.

B: Importante nivel especulativo.

C: Muy especulativo y de dudosa capacidad de respuesta del obligado.

D: De imposible cobro.

En todos los casos la adición de [+] tras la calificación (hasta un máximo de tres símbolos, por ejemplo BBB++), sirve para evaluar las situaciones intermedias, entendiendo que a más símbolos positivos, más cerca se encuentra del nivel superior siguiente.

Standard & Poor's introdujo un índice bursátil en la bolsa estadounidense que hoy en día es uno de los más importantes del mundo denominado Standard & Poor's 500 Index.



3.1.8 NASDAQ

NASDAQ, acrónimo de *National Association of Securities Dealer Automated Quotation*. Corresponde a un mercado electrónico de acciones en Estados Unidos. Fue fundado por la *National Association of Securities Dealers* (NASD) y privatizado en una serie de ventas en el 2000 y el 2001. Su dueño y operador es la compañía **Nasdaq Stock Market, Inc.** **NASDAQ: NDAQ** la cual fue listada en su propio sistema de intercambio accionario en el 2002. NASDAQ es la bolsa de comercio electrónica más grande de los E.E.U.U. Con aproximadamente 3.300 compañías, intercambia en promedio más acciones por día que cualquier otro mercado estadounidense. El actual Jefe ejecutivo es Robert Greifeld.

El NASDAQ es una bolsa de valores electrónica y automatizada cuya oficina principal está en Nueva York. El NASDAQ Stock Market fue fundado en la década de los setenta. NASDAQ lista a más de 7.000 acciones de pequeña y mediana capitalización. Se caracteriza por comprender las empresas de alta tecnología en electrónica, informática, telecomunicaciones, biotecnología, etc.

Sus índices más representativos son el Nasdaq 100 y el Nasdaq Composite.

NASDAQ tiene su raíz en la petición del Congreso de los Estados Unidos a la comisión que regula la bolsa (Securities and Exchange Commission) de que realizara un estudio sobre la seguridad de los mercados. La elaboración de este informe detectó que los mercados no regulados eran poco transparentes. El SEC propuso su automatización y de ahí surgió el NASDAQ Stock Market, cuya primera sesión fue el 8 de febrero de 1971.

Entre 1997 y 2000, impulsó a 1649 empresas públicas y en el proceso generó 316,5 miles de millones de dólares. Después de una profunda reestructuración en el 2000, NASDAQ se convirtió en una empresa con fines de lucro y totalmente regida por accionistas. Actualmente continúa incrementando su capacidad en el volumen de transacciones, siendo capaz de transar 6 billones de acciones en un día. Hoy día, la sede de NASDAQ está



alojada en un edificio del Times Square en Nueva York y se ha convertido curiosamente en una atracción turística para los visitantes que acuden a la ciudad.

3.2. METODOLOGÍA

3.2.1. ALGORITMO GENÉTICO

Para aplicar la teoría de Algoritmos Genéticos en la predicción de las variaciones de los precios de las acciones de Microsoft fue necesario bajar los precios de las acciones desde Internet del periodo comprendido entre el 04 de Abril de 2002 hasta 01 de Diciembre de 2006, considerando todos los datos semanales (viernes), ya es en éste día donde se obtiene los mejores PPS. Respecto al tamaño de la muestra ésta fue de 245 datos.

		Intramuestral	
MSFT	Microsoft	Valores de fin de semana (Viernes)	04 Abril de 2002 al 01 Diciembre de 2006
^GSPC	S&P 500 INDEX		
^IXIC	Nasdaq		
^DJI	Dow Jones		
HPQ	Hewlet Packard		
ADBE	Adobe		
ORCL	Oracle		
INTC	INTEL		
IBM	IBM		

Tabla N° 4 Datos utilizados para predecir las variaciones de los precios de las acciones de Microsoft.

Se hizo correr el modelo de Algoritmo Genético, ubicando los datos o variaciones de los precios de las variables explicativas contra la variable explicada (Microsoft) una planilla Excel, de cada una de las generaciones se obtuvieron los PPS máximos y mínimos.



Se generaron los modelos Aleatorios, para poder estimar los betas y PPS. Una vez obtenidos los PPS de los 30 modelos, se seleccionan los 10 mejores los que se reproducen y generan otros 20. La reproducción en este caso ocurre en forma aleatoria, de manera que la primera parte de cada uno de ellos se une con la segunda parte del otro. Luego se obtiene la nueva generación de modelos, que son los mejores modelos más los 20 de descendencia. Finalmente se MUTA la nueva generación, para obtener la “nueva generación final”.

3.2.2. RED NEURONAL

Para aplicar el método predictivo basado en Redes Neuronales, fue necesario identificar los datos de entrada, las cuales fueron elegidas de acuerdo al código binario entregado por la planilla de cálculo de Algoritmo Genético, estas fueron las siguientes empresas:

^DJI	HPQ	ADBE	ORCL
------	-----	------	------

Cuadro N° 2 Empresas Seleccionadas

El modelo de redes neuronales multicapas con aprendizaje supervisado, permite una predicción más flexible cuando las variables son poco claras.

Respecto de los datos utilizados para hacer correr este modelo, se consideraron las variaciones porcentuales de los precios de las acciones, para el periodo comprendido entre el 04 de Abril de 2002 y el 01 de Diciembre de 2006.

Se utilizó el modelo de Red War, considerando su mejor rendimiento y su capacidad predictiva extramuestral, la que ha demostrado ser mejor a otras técnicas de predicción (parisi, parisi y guerrero, 2001), el cual utiliza el algoritmo de aprendizaje supervisado de propagación hacia atrás, para predecir el signo de la rentabilidad de la variación de los precios.



En este modelo, el resultado es conocido y la red se entrena a si misma hasta que es capaz de predecir aquel resultado asociado con los datos de entrada. (Dasgupta, Dispensa & Ghose, 1994)

Las funciones de la red neuronal ward utilizadas fueron:

- Función Tangente Hiperbólica, como capa de escalamiento.
- Función Gaussiana, como capa de activación oculta.
- Función Gaussiana Complemento, como capa oculta de activación.
- Función Tangente Hiperbólica, como capa de salida.

3.2.3. LÓGICA BORROSA

El modelo fue ejecutado con distintos instrumentos financieros, como variable explicativa a fin de encontrar aquella que entregara la mejor predicción, el mejor PPS y la mayor estabilidad. De los instrumentos utilizados se considero finalmente el NASDAQ COMPOSITE, como variable explicativa, dado que los resultados que este entrego fueron superiores a los mostrados por otros instrumentos de acuerdo a los parámetros establecidos para adoptar una decisión respecto a la variable explicativa..

Para el desarrollo del modelo se consideraron un total de 245 observaciones, correspondientes al periodo 04 de Abril de 2002 y el 01 de Diciembre de 2006. Considerando valores de cierre semanales.

3.2.3.1 CRITERIOS DE DECISIÓN (Etiquetas Lingüísticas)

Los criterios de decisión utilizados para establecer las reglas de decisión son los siguientes:

E	F	G	H	I	J	K	L
Altísima	Muy Alta	Alta	Más o menos alta	Más o menos baja	Baja	Muy baja	Bajísima

Cuadro N° 3 Criterios para Reglas de Decisión



REGLAS DE DECISIÓN: A partir de los criterios de decisión se construyeron las siguientes reglas de decisión para comprar y para vender. Generando con ellos ocho modelos que aplican cada uno una regla de decisión de compra y venta, los cuales se especifican a continuación.

Modelo 1:

Compramos:

Si se da que:

La variación actual es altísima o muy alta o alta,

La variación de primer rezago es baja y alta,

La variación del primer rezago es más o menos baja o más o menos alta o bajísima.

El resultado de estas reglas se promedió, lo que se considero como el OUTPUT de la decisión COMPRAR.

Vendemos:

Si se da que:

La variación actual es más o menos baja o baja o muy baja o bajísima,

La variación del primer rezago es más o menos baja o baja o muy baja o bajísima.

El resultado de estas reglas se promedió, lo que se considero como OUTPUT de la decisión VENDER.

Modelo 2:

Compramos:

Si se da que:

La variación actual es altísima o muy alta o alta,

La variación actual es baja y alta,

La variación actual es más o menos baja o más o menos alta o bajísima.

El resultado de estas reglas se promedió, lo que se considero como OUTPUT de la decisión COMPRAR.

Vendemos:

Si se da que:

La variación del primer rezago es más o menos baja o baja o muy baja o bajísima,

La variación actual es más o menos baja y baja y muy baja y bajísima.

El resultado de estas reglas se promedió, lo que se considero como OUTPUT de la decisión VENDER.

Modelo 3



Compramos:

Si se da que:

La variación actual es altísima o alta o el primer rezago es muy alta,
La variación del primer rezago es baja y la variación actual es alta,
La variación del primer rezago es más o menos baja o bajísima o la
variación actual es más o menos alta.

El resultado de estas reglas se promedió, lo que se considero como OUTPUT de la decisión COMPRAR.

Vendemos:

Si se da que:

La variación del primer rezago es más o menos baja o muy baja o la
variación actual es baja o bajísima,
La variación actual es más o menos baja y muy baja y la variación
del primer rezago es baja y bajísima,

El resultado de estas reglas se promedió, lo que se considero como OUTPUT de la decisión VENDER.

Modelo 4:

Compramos:

Si se da que:

La variación del primer rezago es altísima o alta o la variación actual
es muy buena,

La variación actual es baja y la variación del primer rezago es alta,
La variación actual es más o menos baja o bajísima o la variación del
primer rezago es más o menos alta.

El resultado de estas reglas se promedió, lo que se considero como OUTPUT de la decisión COMPRAR.

Vendemos:

Si se da que:

La variación actual es más o menos baja o muy baja o la variación
del primer rezago es baja o bajísima,

La variación del primer rezago es más o menos baja y muy baja y la
variación actual es baja y bajísima.

El resultado de estas reglas se promedió, lo que se considero como OUTPUT de la decisión VENDER.

Modelo 5:

Compramos:

Si se da que:

La variación actual es altísima o muy alta o alta,

La variación actual es baja y alta,

La variación actual es más o menos baja o más o menos alta o
bajísima.

Se tomo el máximo valor de verdad de las reglas, el que se constituyo en el OUTPUT para COMPRAR.



Vendemos:

Si se da que:

La variación actual es más o menos baja o baja o muy baja o bajísima,

La variación del primer rezago es más o menos y baja y muy baja y bajísima.

Se tomo el máximo valor de verdad de las reglas, el que se constituyo en el OUTPUT para VENDER.

Modelo 6:

Compramos:

Si se da que:

La variación actual es altísima o alta o la variación del primer rezago es muy alta,

La variación del primer rezago es baja y la variación actual es alta,

La variación del primer rezago es más o menos baja o bajísima o la variación actual es más o menos alta.

Se tomo el máximo valor de verdad de las reglas, el que se constituyo en el OUTPUT para COMPRAR.

Vendemos:

Si se da que:

La variación del primer rezago es más o menos baja o muy baja o la variación actual es baja o bajísima,

La variación actual es más o menos baja y muy baja y la variación del primer rezago es baja y bajísima.

Se tomo el máximo valor de verdad de las reglas, el que se constituyo en el OUTPUT para VENDER.

Modelo 7:

Compramos:

Si se da que:

La variación actual es altísima o alta o la variación del primer rezago es muy alta,

La variación del primer rezago es baja y la variación actual es alta,

La variación del primer rezago es más o menos baja o bajísima o la variación actual es más o menos alta.

Se tomo el máximo valor de verdad de las reglas, el que se constituyo en el OUTPUT para COMPRAR.



Vendemos:

Si se da que:

La variación del primer rezago es más o menos baja o muy baja o la variación actual es más o menos baja o bajísima,

La variación actual es más o menos baja y muy baja y la variación del primer rezago es baja y bajísima.

Se tomo el máximo valor de verdad de las reglas, el que se constituyo en el OUTPUT para VENDER.

Modelo 8:

Compramos:

Si se da que:

La variación del primer rezago es altísima o muy alta o alta,

La variación del primer rezago es baja y alta,

La variación del primer rezago es más o menos baja o más o menos alta o bajísima.

Se tomo el máximo valor de verdad de las reglas, el que se constituyo en el OUTPUT para COMPRAR.

Vendemos:

Si se da que:

La variación del primer rezago es más o menos baja o baja o muy baja o bajísima,

La variación actual es más o menos baja y baja y muy baja y bajísima.

Se tomo el máximo valor de verdad de las reglas, el que se constituyo en el OUTPUT para VENDER.

3.3 EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO

3.3.1 PPS (Porcentaje de Predicción de Signo)

El objetivo del algoritmo genético es encontrar un modelo multivariado dinámico que maximice el porcentaje de predicción de signo (PPS) de las variaciones semanales de los índices bursátiles en estudio. Los modelos multivariados dinámicos utilizados son modelos de series de tiempo que expresan el comportamiento de una variable en función de sus valores rezagados, de rezagos de variables exógenas y de rezagos de los residuos del



modelo. Los modelos se basan en un algoritmo genético simple que trabaja con cadenas binarias de largo fijo en representación de las posibles soluciones al problema.

3.3.2. Rentabilidad de las Técnicas Utilizadas

La estimación de las rentabilidades permitirá identificar si la capacidad predictiva de las tres técnicas utilizadas generan o no beneficios económicos. Se calculó la rentabilidad acumulada que se hubiese logrado de haber seguido las recomendaciones de trading, compra o venta de los modelos. Se considero como una señal de compra cuando el valor proyectado del modelo indicara un alza en el precio y una recomendación de venta en caso contrario.

Además las Rentabilidades obtenidas con las tres técnicas utilizadas fueron comparadas con una estrategia Buy and Hold para cada una de ellas.

3.3.3. Test de Acierto Direccional de “Pesaran y Timmerman”

Se utilizó el test de acierto direccional de Pesaran & Timmerman (1992), para medir la capacidad predictiva y la significancia estadística de los modelos utilizados. El test de acierto direccional prueba la hipótesis nula de que las variaciones observadas están independientemente distribuidas de las variaciones proyectadas. Por ello, si se rechaza la hipótesis nula, se dice que existe evidencia estadística de que el modelo tiene capacidad para predecir la evolución futura de la variable observada.

El test compara el signo de la proyección, \hat{y}_{n+i} , con el del valor observado, y_{n+i} , para cada i -ésima observación del conjunto extramuestral ($i=1,2, \dots, m$), donde el signo indica la dirección en que se moverá el mercado accionario: al alza, si es positivo, o a la baja, si es



La tabla anterior permite apreciar que a partir de la tercera generación, las generaciones posteriores comienzan a ser mejores, es decir, las últimas generaciones que se obtienen con la mutación de los mejores cromosomas se acercan cada vez más a las proyecciones del óptimo.

Modelo de ALGORITMO GENETICO Sin Error

Código Binario

^GSPC	^IXIC	^DJI	HPQ	ADBE	ORCL	INTC	IBM
0	0	1	1	1	0	0	0

Betas

Beta 0	^GSPC	^IXIC	^DJI	HPQ	ADBE	ORCL	INTC	IBM
-0.00088	-0.16599	-0.24367	-0.14806	0.146174	0	0	-0.16379	-0.07934

PPS extra muestral	PPS intra muestral	Rentabilidad	Buy & Hold	D. A.	Z Critico
54%	56%	44.07%	11.57%	1.19	1.96

Respecto al análisis realizado, se puede observar que el PPS Extramuestral entrega una proyección de baja calidad lo que genera un alto nivel de riesgo en la predicción, que no se compensa con la rentabilidad que ofrece. De acuerdo al DA, la proyección basada en el modelo y el retorno observado son independientes, es decir, no existe una relación directa que explique una la relación de la otra, señalando con esto que el modelo con las variables que incorpora no tiene una capacidad predictiva, lo que lleva a no rechazar nuestra hipótesis nula, de acuerdo el modelo no tendría capacidad predictiva, a un nivel de confianza del 95%.



Tabla N° 6 Resultado de Generaciones, estas series consideran el error estadístico.

									PPS Prom	Varianza		
^GSPC	^IXIC	^DJI	HPQ	ADBE	error	INTC	IBM					
1	1	1	1	1	0	0	0	1 generación	PPS Max	52%	47%	0,001867509
1	0	0	0	0	1	0	1		PPS Min	39%		
1	0	0	1	0	1	0	1	2 generación	PPS Max	52%	47%	0,001755163
1	1	1	0	0	1	0	1		PPS Min	35%		
1	0	1	0	0	1	1	0	3 generación	PPS Max	44%	47%	0,001561141
1	0	0	1	0	1	1	0		PPS Min	50%		
0	1	1	1	1	0	0	1	4 generación	PPS Max	52%	46%	0,002662457
1	1	1	0	1	0	0	1		PPS Min	35%		
0	0	1	1	0	1	0	0	5 generación	PPS Max	54%	47%	0,00212779
1	1	1	0	1	1	0	1		PPS Min	35%		
0	0	1	1	0	1	0	1	6 generación	PPS Max	52%	46%	0,001702899
1	1	1	0	1	0	0	1		PPS Min	35%		
1	0	0	1	1	1	0	0	7 generación	PPS Max	52%	47%	0,001488977
1	1	0	0	1	1	0	0		PPS Min	40%		
0	0	1	1	1	1	0	1	8 generación	PPS Max	52%	47%	0,002104993
1	1	1	0	1	0	0	0		PPS Min	38%		
0	0	1	1	0	1	0	0	9 generación	PPS Max	54%	46%	0,001873468
1	0	0	0	0	1	1	1		PPS Min	39%		
0	0	1	1	0	0	0	0	10 generación	PPS Max	54%	47%	0,002088154
1	1	1	0	0	0	0	1		PPS Min	35%		

Modelo de ALGORITMO GENETICO Con Error

Código Binario

^GSPC	^IXIC	^DJI	HPQ	ADBE	ORCL	INTC	IBM
0	0	1	1	0	0	0	0

Betas

Beta 0	^GSPC	^IXIC	^DJI	HPQ	ADBE	ORCL	INTC	IBM
-0.00088	0	0	-0.14806	0.146174	0	0	0	0

PPS extra muestral	PPS intra muestral	Rentabilidad	Buy & Hold	D. A.	Z Critico
54%	56%	45.45%	11.57%	-0.89	1.96



Respecto al análisis realizado, se puede observar que el PPS Extramuestral entrega una proyección de baja calidad lo que genera un alto nivel de riesgo en la predicción, que no se compensa con la rentabilidad que ofrece. De acuerdo al DA, la proyección basada en el modelo y el retorno observado son independientes, es decir, no existe una relación directa que explique una la relación de la otra, señalando con esto que el modelo con las variables que incorpora no tiene una capacidad predictiva, lo que lleva a no rechazar nuestra hipótesis nula, de acuerdo el modelo no tendría capacidad predictiva, a un nivel de confianza del 95%.

4.2. RED NEURONAL

Este modelo se corrió 3 veces con 1.000, 5.000 y 10.000 iteraciones respectivamente y los resultados obtenidos son dicotómicos De acuerdo al análisis realizado a la variable explicada (Microsoft), respecto a las variables explicativas: ^DJI, HPQ, ADBE Y ORCL, es posible concluir lo siguiente:

Apoyándonos en el modelo de redes neuronales, se consideraron las variaciones porcentuales de los precios de las acciones estudiadas, para el periodo comprendido entre el 04 de abril de 2002 y el 01 de Diciembre de 2006.

Las variables de entrada se referirán a las variaciones porcentuales de las variables explicativas optimizadas por el modelo algorítmico genético estándar.

	Iteraciones	1.000	5.000	10.000
PPS	Objetivo	55%	55%	55%
	Intramuestral	58,50%	58,20%	61,80%
	Extramuestral	58,20%	59,80%	61,50%
	Test DA	-2,51	-3,24	-3,56
	Rentabilidad	37,78%	62,08%	34,00%
	Buy and Hold	11,57%	11,57%	11,57%
	Z CRÍTICO	1,96%	1,96%	1,96%

Cuadro N° 4 Resultados de los modelos de redes neuronales



Significancia Estadística:

Los resultados obtenidos por los modelos, señala que para los tres niveles de iteraciones la capacidad predictiva, es estadísticamente significativa para un nivel de confianza del 5%.

Rentabilidad de los modelos:

La rentabilidad que se obtiene aplicando los tres modelos nos entregan una rentabilidad superior que la estrategia Buy & Hold, la cual alcanzó un 11,57%, siendo el modelo de 5000 iteraciones la que logra una mejor rentabilidad con un 62,08%, superior incluso a los otros dos modelos.

4.3. LÓGICA BORROSA

Los resultados obtenidos al aplicar Lógica Borrosa, se muestran en el siguiente cuadro, el que analizaremos a continuación.

Modelos trabajados con Lógica Borrosa

Modelo	PPS EXT	PPS INT	RENT.	B y H	D. A.	Z Crit.
1	53.79%	56.00%	-63.39%	11.57%	-0.71	1.96
2	55.17%	51.00%	-10.02%	11.57%	-0.86	1.96
3	51.03%	57.00%	-67.15%	11.57%	-0.76	1.96
4	55.86%	54.00%	-3.02%	11.57%	-0.17	1.96
5	52.41%	53.00%	-60.31%	11.57%	-2.38	1.96
6	52.41%	54.00%	-54.22%	11.57%	-2.32	1.96
7	52.41%	54.00%	-54.22%	11.57%	-2.32	1.96
8	55.86%	57.00%	17.46%	11.57%	-0.62	1.96

Cuadro N° 5 Resultados de los modelos de Lógica Borrosa

De los modelos establecidos, el mejor resultado mostrado por esta técnica corresponde al modelo 8, el que arroja el mejor PPS extra muestral (de 55.86%), junto con el modelo 4, pero además el modelo 8 entrega una mejor rentabilidad (de 17.46%) superior a la que entregan los restantes modelos y que a su vez es mayor a la que entrega la estrategia Buy & Hold (de 11.57%), no presentando una buena capacidad predictiva según el test de Acierto Direccional, no obstante es la que nos entrega los mejores resultados en conjunto.



Ahora bien, se considera que el hecho que los PPS intra y extra muestral no muestran una diferencia sustancial, esto podría estar señalando que existe una cierta tendencia a la estabilidad.

A continuación se muestran los cuadros resúmenes de los resultados obtenidos por cada técnica empleada, es decir, Algoritmo Genético, Redes Neuronales y Lógica Borrosa, los cual permiten establecer las conclusiones que se detallan después de los cuadros..

Cuadro comparativo de resultados por modelos

Modelos trabajados con Algoritmo Genético

Modelo	PPS EXT.	PPS INT.	RENT.	B y H	D. A.	Z Crit.
Con Error	54.00%	56.00%	45,45%	11,57%	0.89	1.96
Sin Error	54.00%	56.00%	44.07%	11,57%	1.19	1.96

Modelos trabajados con Redes Neuronales

Modelo	PPS EXT.	PPS INT.	RENT.	B y H	D. A.	Z Crit.
1000 It.	58.20%	58.50%	37.78%	11,57%	-2.51	1.96
5000 It.	59.80%	58.20%	62.08%	11,57%	-3.24	1.96
10000 It.	61.50%	61.80%	34.00%	11,57%	-3.56	1.96

Modelos trabajados con Lógica Borrosa

Modelo	PPS EXT	PPS INT	RENT.	B y H	D. A.	Z Crit.
1	53.79%	56.00%	-63.39%	11.57%	-0.71	1.96
2	55.17%	51.00%	-10.02%	11.57%	-0.86	1.96
3	51.03%	57.00%	-67.15%	11.57%	-0.76	1.96
4	55.86%	54.00%	-3.02%	11.57%	-0.17	1.96
5	52.41%	53.00%	-60.31%	11.57%	-2.38	1.96
6	52.41%	54.00%	-54.22%	11.57%	-2.32	1.96
7	52.41%	54.00%	-54.22%	11.57%	-2.32	1.96
8	55.86%	57.00%	17.46%	11.57%	-0.62	1.96

Cuadros N° 6 Comparación de Modelos



- ✓ Respecto de la Hipótesis Nula (H_0) en el test D.A, las variaciones observadas están independientemente distribuidas de las variaciones proyectadas, por lo tanto son estadísticamente no significativas.
- ✓ La técnica de redes neuronales fue la que alcanzó mayor precisión en la predicción, ya que muestra un PPS más alto.
- ✓ El mejor resultado en cuanto a rentabilidad se obtuvo a través de la Técnica Redes Neuronales, ya que mostró una rentabilidad más alta.
- ✓ El grado de validez de las técnicas dependerá del objetivo y de la propensión al riesgo del inversionista.

Los resultados obtenidos nos permiten concluir que, los tres modelos de Redes Neuronales son mejores a los que arrojan las otras dos técnicas, estableciendo con ellos que para el caso de Microsoft, si se desea predecir el comportamiento de la diferencia y su dirección, considerando las variables explicativas definidas en este trabajo, se debe realizar a través de Redes Neuronales, recomendándose el modelo de 5000 iteraciones, cuyas características son: PPS extra muestral 59,80%, PPS intra muestral 58,20%, rentabilidad de 62,08%, superior al de la estrategia Buy & Hold de 11,57%, con un D.A. de -3,24.



BIBLIOGRAFÍA

- Parisi, Parisi y Guerrero, 2001 “Evaluación de Modelos de Redes Neuronales de Predicción del signo de la Variación del IPSA”
- www.parisinet.com
- [www.es . wikipedia.org/wiki/algoritmo_genético](http://www.es.wikipedia.org/wiki/algoritmo_genético)
- www.tierradelazaro.com/mates/alggen.htm
- <http://finance.yahoo.com>
- [Categorías: Wikipedia:Artículos destacados en w:he](#) | [Wikipedia:Artículos destacados en w:en](#) | [Microsoft](#) | [Empresas multinacionales](#)
- <http://www.monografias.com/trabajos12/redneuro/redneuro.shtml#ventajas>
- www.the-geek.org/docs/algen
- www.gc.ssr.upm.es/inves/anns/anntutorial.html
- www.monografías.com/trabajos12/redneuro/redneuro.shtml
- www.wlwctronica.com.mx/neural/
- www.dsic.upv.es/asignaturas/facultad/iarf/rf/rna/.html
- www.uta.cl/revistas/charlas/volumen16/indice/ch-csaavedra.pdf
- www.geofisica.cl/english/pics3/FUM6.html
- www.fortunecity.com/akyscraper/chaos/279/articulos/redesneuronales.html
- www.puntolog.com/actual/ESPECIAL_LOGICA_BORROSA
- www.cps.unizar.es/~te/Docencia_archivos/mlb_archivos/teruel98.pdf
- www.esi2.us.es/~bordons/trans_borroso.pdf
- www.unizar.es/euitiz/areas/aretecel/investigacion/rna/links_rna_y_fuzzy.htm
- www.unileon.es/temario.php
- www.cps.unizar.es/~te/libros/mlb2sitios.HTM
- [www.campusvirtual.unex.es/cala/commonpedia/index.php/introducción a la logic a borrosa](http://www.campusvirtual.unex.es/cala/commonpedia/index.php/introducción_a_la_logic_a_borrosa)
- www.ctrl.poly.edu/visitors/pjcarbon/pdf/TRADUC96.pdf
- www.es.wikipedia.org/wiki/microsoft