



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE ECONOMIA Y NEGOCIOS

ESCUELA DE ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN

Modelo de Redes Neuronales para la Predicción de la Variación del Valor de la Acción de First Solar

Seminario de Título Ingeniero Comercial,
Mención Administración

AUTORES

LUIS AYALA JIMÉNEZ

SEBASTIÁN LETELIER GONZÁLEZ

PABLO ZAGAL MORGADO

PROFESOR GUÍA:

Ph.D. ANTONINO PARISI FERNÁNDEZ

ALDO BOMBARDIERE ROSAS

Santiago, Otoño 2009

Agradecemos al profesor Aldo Bombardiere Rosas
por su tiempo y buena disposición ante cualquier consulta.

Agradecemos al profesor Antonino Parisi Fernández
por aceptar ser nuestro profesor guía.

Índice

Resumen Ejecutivo	5
I. Introducción	6
<i>La crisis Subprime</i>	7
<i>Plan energético Obama – Biden</i>	8
<i>Motivación</i>	9
II. First Solar, Inc.	10
III. Hipótesis de Trabajo	13
IV. Marco Teórico	15
<i>¿Por qué predecir? El cuestionamiento a los modelos clásicos</i>	16
<i>Las redes neuronales</i>	17
<i>Ayudando a predecir, el comportamiento de las acciones</i>	20
<i>Bandas de Bollinger</i>	24
<i>Teoría de las Ondas de Elliott</i>	24
<i>Método Recursivo, Método Aleatorio y PPS</i>	24
<i>Evaluación de la capacidad de predicción (Pesaran & Timmermann)</i>	24
<i>Nasdaq</i>	25

V. Datos	27
VI. Metodología	29
<i>La Red Ward y su arquitectura</i>	30
<i>Las capas: De entrada, oculta y de salida</i>	31
<i>Método Recursivo y Aleatorio</i>	32
<i>Evaluación de la capacidad predictiva y Significancia estadística</i>	33
<i>Rentabilidad de la Red Neuronal</i>	33
VII. Análisis de Resultados	34
VIII. Conclusiones	36
IX. Bibliografía y Referencias	38
X. Anexos	41

Resumen Ejecutivo

En el siguiente trabajo se busca demostrar que las Redes Neuronales pueden ser usadas para predecir la variación en el precio de una acción. Los resultados obtenidos nos ayudan a creer que estos métodos de inteligencia artificial están muy prontos a ser las herramientas esenciales para trabajar y desenvolverse en los mercados financieros.

Una de nuestras motivaciones para hacer este trabajo tenía que ver con la efectividad de esta herramienta, y si dicha efectividad motiva a que ya estén siendo usadas en grandes compañías financieras y mesas de “trading” en otros países. Una característica a destacar es que a diferencia de estudios anteriores, éste se realiza con datos diarios. Al probar que el modelo funciona y es efectivo, concluimos que es posible obtener rentabilidades diarias, rápidas y a corto plazo.

La aplicación se efectúa en una acción del mercado estadounidense, a pesar de la inestabilidad actual de dicho mercado afectado por la crisis financiera. La razón es porque la empresa estudiada se beneficia del gran plan de energía renovable implantado por el presidente Obama. Dicho plan, creado para la reactivación económica del país, otorga beneficios y solidez financiera a empresas como First Solar, dedicada a la producción de paneles solares.

Si bien la metodología de este trabajo se basa en una red neuronal, se ocupan otras herramientas que ayudan al modelo, como las Bandas de Bollinger, la teoría de ondas de Elliott y el test de Perasan & Timmermann, entre otros. Todo esto en conjunto nos ayuda a demostrar que el modelo funciona con una significancia estadística, lo cual demostraremos más adelante.

Conclusiones hay varias, pero creemos que la más importante es que los modelos financieros y las formas de predecir se están actualizando. Los modelos econométricos clásicos están obsoletos y los operadores, brokers y gente desenvuelta en éste ámbito no pueden quedar ausente ante estos cambios.

UNIVERSIDAD DE CHILE

Introducción

Redes Neuronales



I. Introducción

El último tiempo ha estado caracterizado por constantes cambios y reformas en términos financieros. La globalización junto al impacto que ha tenido el área financiera en la situación económica de los hogares ha aumentado el interés de las personas en tener mayor involucramiento dentro de esta área. Como causa de lo anterior, podemos ver que las personas dedicadas al mundo de las finanzas, están en busca de nuevos modelos más eficientes y exactos para predecir variaciones en los precios de los distintos instrumentos financieros acorde a las nuevas exigencias que presenta el mercado. En el último tiempo se han quebrado algunos paradigmas de la economía clásica, siendo reemplazados por modelos físicos aplicados a ciencias sociales como la economía. La idea entonces ha sido encontrar nuevas herramientas y nuevas formas de predecir y anticipar los movimientos del mercado.

Los modelos de esta naturaleza no son nuevos, sus orígenes vienen de las ciencias tales como la física en su rama de mecánica cuántica¹ (conocida también como mecánica ondulatoria) y la informática en su rama de inteligencia artificial². Algunos modelos como los Autómatas Celulares, Algoritmos Genéticos, Lógica Borrosa y Redes Neuronales, ya están siendo aplicados en las finanzas. Nuestra investigación estará desarrollada mediante un modelo de redes neuronales.

Las Redes Neuronales aparecieron en los sesenta como un modelo para el funcionamiento del cerebro humano. Intentaban resolver problemas simples y complejos de aprendizaje usando una serie de estructuras matemáticas organizadas llamadas neuronas. Dichas neuronas se organizaban y formaban una estructura más compleja llamada Red Neuronal. Esta es una súper estructura capaz de resolver problemas de distintas áreas de conocimiento como los cálculos matemáticos, ingeniería, comunicaciones, y por supuesto problemas financieros.

Crisis Sub-Prime

La crisis sub-prime tiene su origen en EE.UU., más específicamente en el sector inmobiliario. Las instituciones financieras aprovechando la baja tasa de interés, la liquidez del mercado, el boom inmobiliario, etc. otorgaron créditos hipotecarios a individuos con baja o mala calificación crediticia. Esto mirado positivamente fue bueno, ya que permitió el acceso a la vivienda propia a muchas personas que bajo otras circunstancias hubiera sido imposible de obtenerla. El mercado hipotecario de los Estados Unidos es altamente sofisticado, y dentro de este contexto, las instituciones financieras forman “paquetes de hipotecas”, pudiendo ser objeto de venta y transacción mediante compra de bonos o títulos de créditos. Estos instrumentos financieros obtuvieron buena clasificación, por parte de las clasificadoras de riesgos. Gracias a una ingeniosa

¹ Mecánica Cuántica: Es una de las ramas principales de la física que explica el comportamiento de la materia.

² Inteligencia Artificial: Es una de las ramas de la informática dedicada al desarrollo de agentes racionales no vivos.

“ingeniería financiera” crearon instrumentos financieros como mortgage-backed security (MBS), collateralized debt obligations (CDO), credit default swaps (CDS), Synthetic CDO.

La FED³, al observar que se estaba formando una “burbuja” de manera artificial, comenzó a subir la tasa de interés, provocando entre otros efectos, que los deudores hipotecarios no pudieran solventar las cuotas mensuales originadas por los créditos, cayendo en morosidad o con embargo de sus propiedades. Esta grave situación de insolvencia de los deudores provocó una iliquidez en el mercado, afectando, en definitiva, la cadena de pagos.

Las dos más grandes agencias hipotecarias de EE.UU. Fannie Mae y Freddie Mac, garantizan o son dueñas de cerca de la mitad del mercado hipotecario de EE.UU., que en total asciende a US \$12 billones aprox. Las dos agencias, que se dedican a comprar hipotecas a los bancos para posteriormente venderlas a inversores mediante emisiones de deuda y liberar así un capital para conceder nuevos préstamos fueron rescatadas por la FED.

El 9 de Agosto de 2007, la burbuja ligada a los activos inmobiliarios de los Estados Unidos no aguantó más y explotó, desatando la primera crisis del siglo 21 y de magnitudes proporcionales a la crisis del 29. Dicho fenómeno sigue hasta ahora y es mejor conocido como la crisis Sub-Prime. Algunas de las consecuencias provocadas por esta crisis son: la quiebra de grandes bancos y entidades financieras como Lehman Brothers, la intervención estatal para evitar la desaparición de otras como Citigroup o General Motors, caídas en precios de acciones y de fondos financieros tanto en Wall Street como en el resto de las principales bolsas mundiales, pérdidas por millones de dólares, aumento del desempleo, estancamiento económico, incertidumbre, volatilidad y falta de confianza en los planes y modelos económicos que hasta hace unos años, se creía que eran los más eficientes y seguros.

Plan Energético Obama - Biden

Para salir de este tormentoso y negativo escenario de la manera más rápida y eficiente, el Presidente de los Estados Unidos, Barack Obama ha propuesto un plan de reactivación económica para el país, basado en la invención e investigación de nuevas tecnologías y de energías renovables. De esta manera, las empresas están siendo incentivadas por el estado para que dediquen tiempo y recursos a investigar sobre este tipo de energías.

Para los Estados Unidos hay un gran problema en la actualidad que es la gran dependencia que tienen del petróleo. Esto es una amenaza para la seguridad nacional y economía del país, como también para nuestro planeta. Durante décadas, Washington no ha podido resolver estos problemas debido al partidismo, la influencia indebida de los intereses particulares, los políticos que proponen trucos para así ganar elecciones más que proponer soluciones que sean a largo

³ FED: Sistema de Reserva Federal, EE.UU.

plazo; todo esto se hace que haya una dependencia todavía de los Estados Unidos en el plano energético.

La independencia económica es la meta propuesta por los Estados Unidos, es lo que propone el presidente Barack Obama, con el plan energético que busca desarrollar. Para esto el presidente Barack Obama y el vicepresidente Joe Biden elaboraron un plan energético que busca tanto como ayudar a las familias que luchan contra altos costos del petróleo como también a la ya comentada dependencia del petróleo extranjero. A continuación nombraremos ciertos puntos a tener en consideración del plan energético que se propone.

- Ofrecer asistencia al corto plazo a las familias que se han visto afectadas por el alto precio de la gasolina.
- Crear cinco millones de trabajos “verdes” invirtiendo US\$150 billones en los próximos 10 años.
- En 10 años ahorrar el equivalente de las importaciones anuales de hidrocarburos provenientes de Oriente Medio y Venezuela.
- Un millón de autos híbridos en las carreteras para el año 2015 fabricados en los Estados Unidos.
- Autogenerar un 10% de la electricidad utilizando recursos renovables para el 2012, y 25% para el 2025.
- Implementar un programa de “cap-and-trade” para reducir las emisiones un 80 por ciento para el 2050.

Motivación

Mediante nuestra investigación queremos determinar el impacto y utilidad de los modelos de inteligencia artificial en el uso de finanzas aplicadas, más específicamente, medir el apoyo de este tipo de modelos para la predicción en base a identificación de patrones conductuales en los precios de los instrumentos financieros.

Como ya hemos mencionado, los modelos físicos han estado reemplazando los clásicos modelos econométricos. Es por esto que creemos que mediante modelos de inteligencia artificial es posible entregar parámetros de predicción que la econometría clásica no es capaz de lograr dado que esta se sustenta en un supuesto muy fuerte y lejano a la realidad financiera, el cual dice que los errores a priori tienen una distribución normal.

En base a lo anterior definimos la motivación principal de nuestra investigación, *“Entregar un acercamiento al uso de modelos de inteligencia artificial (redes neuronales), aplicados a las finanzas, para probar la utilidad que prestan como modelos de predicción de instrumentos financieros. Así mismo, desarrollar un modelo innovador de predicción diaria, que permita tener información a corto plazo.”*

UNIVERSIDAD DE CHILE

First Solar

Redes Neuronales



II. First Solar

First Solar, Inc. (www.firstsolar.com) es una empresa Norteamericana, más específicamente de los Estados Unidos, que se dedica a la fabricación de módulos solares fotovoltaicos. Fue fundada por Harold McMaster bajo el nombre de Solar Cells Incorporated, pero en el año 1999 fue comprada por la empresa True North Partners LLC, la cual renombró la compañía con el nombre que se conoce actualmente, First Solar, Inc.

Los módulos de First Solar son fabricados a través de un avanzado proceso de deposición del material semiconductor, que permite una importante reducción de los costos de materia prima y fabricación comparados con los módulos fotovoltaicos convencionales de silicio cristalino. First Solar es el mayor fabricante de módulos solares en el mundo. La empresa en los últimos años se ha enfocado principalmente en bajar el costo promedio de fabricación, llegando a estar bajo la barrera de US\$1 por watt en el primer cuarto de este año⁴.

La misión corporativa de First Solar es:

“Crear valor duradero a través de un mundo impulsado por las asequibles y limpias como la electricidad solar”

First Solar se compromete a la mejora del medioambiente así como a mejorar la salud y la seguridad de sus empleados, clientes y de toda la sociedad; por esto propone una política medioambiental que es consecuente con la misión corporativa. Sus Políticas Medioambientales de First Solar son:

1. Transformar residuos y subproductos de la minería en energía limpia y renovable.
2. Fabricar, utilizar y reciclar los módulos fotovoltaicos en un ciclo cerrado, de forma segura y respetuosa con el medio ambiente.
3. Reducir de emisión de gases de efecto invernadero sustituyendo combustibles fósiles por energía solar fotovoltaica.

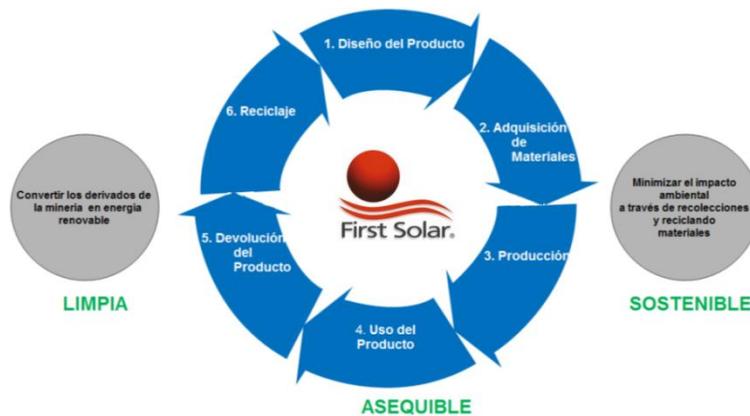


Figura 2.1: Responsabilidad Medio Ambiental

⁴ Ver anexo X.III.I

La IPO de First Solar se llevó a cabo el día 17 de Noviembre del 2006, cotiza en el mercado bursátil NASDAQ bajo la denominación FSLR logrando en su primer día de transacción una rentabilidad de 23,7%. Desde su apertura First Solar ha mostrado una rentabilidad muy superior a la rentabilidad mostrada por el índice Nasdaq⁵. El precio de apertura fue de US\$20 por acción y este llegó a cotizarse en US\$317 por acción generando una rentabilidad de 1157% con respecto al precio de apertura, el 14 de Mayo de 2008. En esta fecha se asignaron nuevas personas a cargos de alto mando, siendo el principal de estos John Carrington quién asumió el puesto de vicepresidente ejecutivo de Global Marketing and Business Development.

La filosofía del modelo de negocio de First Solar en el largo plazo se resume en los siguientes puntos:

- Crecimiento de los ingresos y volúmenes en el largo plazo, medidos a través de \$ vs margen %.
- Precios y soluciones que permitan una competencia de igual a igual con la electricidad convencional.
- Maximizar las ganancias y el flujo de efectivo a largo plazo.
- Ganar por sobre el 5% WACC o un 20% mayor de RONA⁶; ser superiores en 25% en comparación al Russell 3000⁷.
- Mantener una hoja de balances sólida y desplegar de manera eficiente el capital.
- Lograr escalas de costos y de gastos.
- Reducir el riesgo asociado a la industria.

First Solar ha tenido un crecimiento sostenido en las ventas netas, las cuales han crecido desde el primer cuarto del 2007 (US\$66,9) al primer cuarto del año 2009 (US\$418,2) aproximadamente en un 625%⁸.

En la siguiente tabla podemos ver los objetivos que se tienen para el año 2009 y se comparan con los que se han obtenido en los años anteriores.

	2005	2006	2007	2008	Objetivo 2009
Margen Bruto	34,50 %	40,20 %	49,90 %	54,40 %	35 – 40 %
Costo de Operaciones	37,90 %	29,40 %	19,40 %	16,70 %	8 – 12 %
Inicio de Producción	6,60 %	8,70 %	3,80 %	2,60 %	2 – 3 %
Margen Operativo	-10,00 %	2,10 %	27,20 %	35,20 %	25 %
Acción Basada en Compensación	10,20 %	8,80 %	7,80 %	4,70 %	2 – 4 %

⁵ Ver anexo X.III.II

⁶ RONA: Rentabilidad sobre las ganancias netas.

⁷ Russell 3000 (^RUA): Este índice mide el desempeño de 3.000 empresas públicas EE.UU. sobre la base de la capitalización total del mercado, lo que representa aproximadamente el 98% del mercado de EE.UU. de inversión.

⁸ Ver anexo X.III.III

UNIVERSIDAD DE CHILE

Hipótesis de Trabajo

Redes Neuronales



III. Hipótesis de Trabajo

Planteamiento del Problema

- Determinar un modelo de redes neuronales para predecir diariamente variaciones en el precio de una acción de la empresa First Solar, empresa perteneciente al sector de energías renovables, sector de la economía que busca ser potenciado en momentos de incertidumbre y crisis financiera como vía de escape para esta situación.
- Analizar el comportamiento del precio de la acción de First Solar en el período previo a la crisis y en el período de crisis, analizar el impacto de esta en el rendimiento de la empresa. Y por otro lado realizar una comparación entre el desempeño del precio de la acción y el NASDAQ, representado por el Nasdaq Composite (^IXIC), su principal índice.
- Determinar la incidencia de la protección a las empresas dedicadas a la producción de energías renovables, potenciadas por el desarrollo del plan “New Energy for America” de Obama-Biden, en su comportamiento en el mercado de acciones tecnológicas de Norteamérica.

Hipótesis

Es posible obtener rendimientos superiores al mercado, transando con acciones volátiles de manera diaria y con un modelo de predicción basado en redes neuronales. Este supuesto se basa en la idea de que el modelo de redes es capaz de captar patrones conductuales que otorga el mercado al realizar transacciones con dichos instrumentos.

UNIVERSIDAD DE CHILE

Marco Teórico

Redes Neuronales



IV. Marco Teórico

IV.1 ¿Por qué predecir? El cuestionamiento a los modelos clásicos

La hipótesis de los mercados eficientes (Fama 1970) plantea que el mercado refleja completamente toda la información que existe para determinar los precios de los activos. El origen de dicha información es aleatoria, por lo tanto cualquier cambio en los precios debido a dicha información también lo serían. De ahí viene el concepto de *random walk*: las fluctuaciones de los precios accionarios son aleatorios y no tienen una tendencia o patrón común.

Más adelante, se hicieron varios estudios que comprobaron con evidencia significativa de que los precios accionarios no siguen un camino aleatorio y si pueden llegar a ser predecibles en algún grado. Estudios como el de Lo y MacKinlay (1988), comprobaron con datos de EEUU, Europa y Japón, entre 1962 y 1985, que existía una correlación positiva entre los retornos semanales para una variedad de índices y portafolios de tamaño medio. Conrad y Kaul (1988), mediante un proceso autorregresivo de primer orden, encontraron evidencia de poder predecir los retornos en el corto plazo usando datos semanales y para el mismo periodo estudiado por los autores anteriores. Más adelante, otros estudios como Bondt & Thaler (1985), Fama & French (1988), Poterba & Summers (1988) y Chopra (1992), encontraron una correlación serial negativa en los retornos de los activos individuales y varios portafolios sobre intervalos de tres a diez años.

Para explicar la probabilidad de predecir las variaciones de los retornos accionarios se postulan dos argumentos alternativos:

- (a) Los mercados son ineficientes y los precios de los activos se mueven alrededor de su valor fundamental.
- (b) Los mercados son eficientes y la capacidad de predecir las variaciones puede explicarse por un equilibrio en los retornos de tiempo variable.

Ferson & Harbey (1991) mostraron que la predictibilidad de los retornos de las acciones no se debe a ineficiencias del mercado o a una sobre reacción de los inversionistas irracionales, sino que a la predictibilidad que presentan algunas variables agregadas que son parte del set de información que explica la rentabilidad de los activos. Sin embargo, hay estudios más importantes, que apuntan a evaluar la significancia económica de predecir la dirección de los cambios en los precios de los activos y no a su nivel. Wu y Zhang (1997) por ejemplo, han sugerido que las estrategias de transacción basadas en estimar la dirección del cambio en el nivel de precios son más efectivas y generan mayores beneficios que las basadas una predicción puntual del nivel de precios.

De aquí podemos concluir entonces que es más relevante para los analistas de mercado, traders e inversionistas, el hecho de saber si va a subir o bajar el precio del activo, no necesariamente saber el precio exacto. Es más probable tener éxito si se centran los esfuerzos en predecir la dirección de los movimientos en vez de minimizar la desviación de las estimaciones de los valores observados.

IV.II Las Redes Neuronales

Como concepto, puede ser explicada como un poderoso sistema computacional paralelo, capaz de resolver problemas altamente complejos. Esta organizada de manera de que su funcionamiento es una representación de cómo funciona el cerebro humano, varias neuronas interconectadas entre sí formando una compleja red.

1. El modelo matemático de las Redes Neuronales

Las redes neuronales artificiales son modelos matemáticos simples que implementan una función matemática f tal que:

$$f: X \rightarrow Y$$

Siendo X lo que ingresa de dato e Y la respuesta que se requiere.

La naturaleza de la red viene del hecho de que la función f es la composición de otras funciones g que además pueden ser una composición de otras funciones estableciendo una cadena de funciones interconectadas que a la larga forman una red matemática.

2. El modelo neuronal

La neurona es la unidad de proceso de información de la red. La figura 4.1 muestra el modelo de una neurona. Existen tres elementos que se pueden identificar:

1. Un set de sinapsis: Estos son links interconectados en el que cada uno aplica una cantidad de fuerza a la señal que recibe. Siendo x_j la señal que ingresa (input) a la sinapsis j de la neurona k , w_{kj} el peso que la neurona aplica en el input de esa sinapsis. Si el estímulo es positivo la sinapsis será excitadora, si el estímulo es negativo, la sinapsis asociada será inhibidora.

2. Un sumador: Suma al input pesado señales de las sinapsis combinándolas en un modo lineal.

3. Una función de activación: Este elemento limita la amplitud del output de la neurona. Este límite acota la neurona output en el intervalo de valores de 0 a 1 o en el intervalo de -1 a 1.

Una característica principal de la red es reconocida controlando el nivel de conectividad entre las neuronas. Este control se hace cambiando las cargas en las sinapsis.

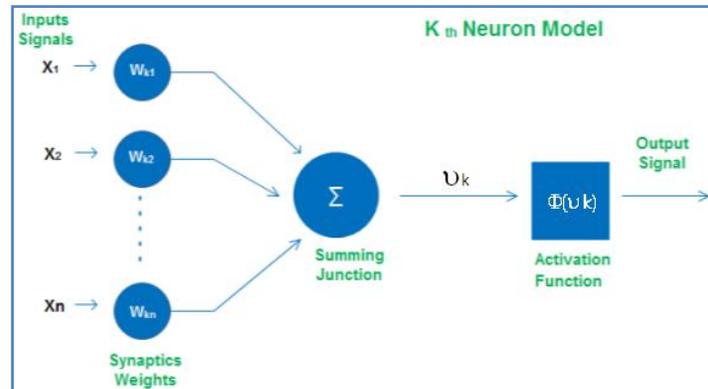


Figura 4.1: El modelo neuronal

3. La estructura neuronal

La estructura neuronal puede ser caracterizada como un set finito de neuronas interconectadas. Estas neuronas siguen procesos elementales (PE) que realizan una función matemática definida. Los PE son identificados con números de 1 a N. Cada PE recibe outputs de otras neuronas y las adopta como inputs para la función que implementa. Los PE procesan dicho input en su función y luego derivan un output como resultado único al próximo PE interconectado a él, dando lugar a un régimen de proceso de alimentación hacia adelante.

Los PE están organizados en capas. Cada capa es un set de neuronas que comparten los mismos inputs y derivan su output al mismo destino (próxima neurona o capa de PE). Existen tres tipos de capas en una red. Cada tipo de capa define un nivel y cada nivel a su vez, realiza una función distinta (figura 4.2).

(a) Capa de ingreso o input: Este es el primer nivel de la red. La capa de input recibe la información desde fuentes externas (fuera de la red) y las lleva al próximo nivel. Esta capa no procesa la información.

(b) Capas ocultas: Son identificadas por todos los PE que procesan la información mandada por las capas de input. La información procesada es hecha por los PE gracias a una función matemática que trabaja sobre los datos ingresados. Un PE implementa solo una función matemática previamente definida como la función de activación de la neurona. La red puede tener más de una capa oculta. El número de capas puede variar de una a un gran número de ellas. Las capas ocultas pueden estar interconectadas entre ellas de diferentes maneras, secuencialmente o paralelamente.

(c) Capas de salida u output: Esta capa recibe las salidas de las capas ocultas y las deriva la respuesta de la red al receptor externo.

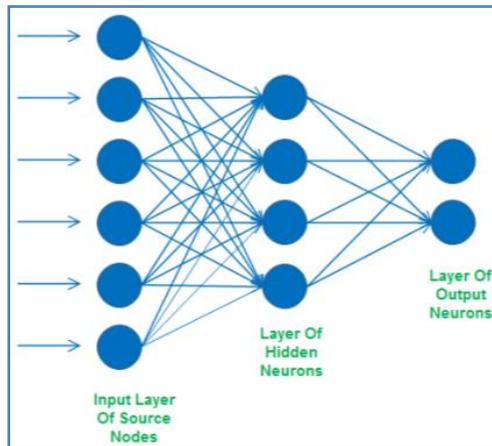


Figura 4.2: Una red conectada completamente y de alimentación hacia adelante.

Las redes tienen tres características y cualidades importantes:

- Son sistemas paralelos de procesamiento distribuido.
- Son sistemas que se adaptan.
- Tienen capacidad de aprendizaje.

Estas tres cualidades le dan amplia ventaja sobre los clásicos modelos como los econométricos.

4. Funciones matemáticas de la Red Neuronal

Las redes como dijimos anteriormente, trabajan mediante procesos elementales, cada PE tiene una función matemática llamada función de activación. Las funciones de activación de los PE son diversas, las principales son:

1) Función de Propagación: Esta función se aplica en la capa input. Cada input x_j es multiplicado por la intensidad de la sinapsis o el peso w_{kj} de la neurona k . Luego, son todos sumados sobre j para producir el output en la neurona k . El resultado es positivo para una salida de excitación o negativa para un output de inhibición.

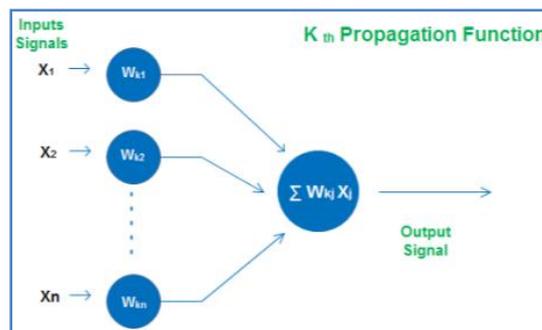


Figura 4.3: Función de propagación en una red PE.

Como se ve no hay una función de activación implementada.

2) Función de Activación: También llamada función de transferencia. Esta es la función más relevante ya que es la responsable del complejo poder de computar y la detección de patrones de la red neuronal.

La función de activación es una función matemática sobre las entradas así como los rangos de salida desde 0 a 1 o desde -1 a +1. El valor de salida establece el nivel de actividad de la neurona. Un valor de 0 (o -1) quiere decir inactividad y el valor 1 (+1) es para actividad plena. Las neuronas son identificadas por la función que implementan.

Las funciones (de transferencia) más usadas son⁹:

- Función Step
- Función Lineal
- Función de logística
- Función Tangente
- Función de Gauss

IV.III Ayudando a predecir. Comportamiento de las Acciones

Análisis de Comportamiento de Acciones

Para estudiar el comportamiento de las acciones y en base a esto poder tratar de predecir su cotización bursátil futura, se utilizan dos tipos de análisis:

- Análisis Fundamental
- Análisis Técnico

Análisis Fundamental

Este análisis es realizado en base al estudio de la información económica y financiera disponible para la empresa, sus expectativas de inversión y su capacidad de generación de beneficios. Todo lo anterior es complementado con el estudio del sector, industria e índices de coyuntura económica. A través de esta información es posible estudiar la evolución de la empresa y compararla con el rendimiento del sector, utilizando el rendimiento del sector como una referencia que sirva para evaluar el rendimiento obtenido por la empresa. Estudiar estas áreas tiene por objetivo determinar los puntos fuertes y débiles de la empresa en relación a su solvencia, liquidez, rentabilidad y nivel de deuda, lo cual servirá para estimar el comportamiento de los beneficios que tendrá la empresa y así intentar predecir el comportamiento futuro de la acción de esta.

⁹ Mayor información Anexo X.IV

Análisis Técnico

Este análisis es realizado en base al estudio del mercado mismo, principalmente enfocado en el estudio de una acción del mercado ya que se considera que en él se encuentra la mejor información posible sobre el comportamiento de éstas, estudiando el comportamiento que la acción ha tenido en el pasado para proyectarlo en el comportamiento futuro.

El análisis técnico se basa en tres principios:

- La cotización evoluciona siguiendo unos determinados movimientos o pautas: lograr identificar las tendencias en su etapa temprana es clave para el análisis técnico, para así poder establecer operaciones en dirección de esa tendencia. Lo anterior se debe a un corolario que hay sobre este principio, que es más probable que una tendencia vigente continúe a que se revierta.
- El mercado facilita la información necesaria para poder predecir los posibles cambios de tendencia: la cotización de una acción es el factor más importante del análisis técnico y se supone que todos los elementos que afectan al mercado, entre ellos políticos, económicos, sociales, especulativos o de cualquier otra índole están insertados en el precio de una acción, por lo que al analizar el precio se están analizando indirectamente todos estos factores fundamentalistas.
El precio refleja los desbalances entre oferta y demanda, si el precio aumenta entonces la oferta supera a la demanda y si el precio cae, la oferta supera a la demanda.
- Lo que ocurrió en el pasado volverá a repetirse en el futuro: el análisis técnico tiene un enfoque sustentado en la psicología humana, y los seres humanos tendemos a reaccionar de igual manera ante circunstancias que tienden a ser iguales. La clave para entender el futuro es estudiar el pasado.

El análisis técnico busca anticiparse a los cambios de tendencia. Si la acción va en alza buscará determinar hasta qué momento seguirá subiendo para luego tocar techo y comenzar a bajar, mientras que, si la acción va en baja buscará determinar en qué momento esta tocará fondo y empezará a subir.

Para realizar análisis técnico existen dos fuentes principales de información, precio o cotización de la acción y volumen de transacciones.

Dentro del análisis técnico nos enfocaremos principalmente en tres herramientas:

- Bandas de Bollinger
- Teorías de Ondas de Elliott

Bandas de Bollinger

Las Bandas de Bollinger son una herramienta de análisis técnico similar a los promedios móviles, pero la diferencia es que estas se fijan por debajo y por encima de los promedios móviles. Estas bandas reflejan la volatilidad del precio en los últimos n períodos, delimitan el rango de seguridad en el que debiera moverse el precio de una acción. La banda superior corresponde al promedio móvil simple de los últimos n períodos más la desviación estándar del precio en esos mismos n períodos, mientras que la banda inferior corresponde al promedio móvil simple de los últimos n períodos menos la desviación estándar del precio en esos mismos n períodos.

Las fórmulas para calcular las bandas son:

- Middle-Band

$$\frac{\sum_{i=1}^n Close_i}{n}$$

- Upper-Band

$$Middle\ Band + 2 * \left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Close_i - Middle\ Band)^2}{n}} \right)$$

- Lower-Band

$$Middle\ Band - 2 * \left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Close_i - Middle\ Band)^2}{n}} \right)$$

Por convención se utiliza la media móvil simple de 20 períodos para la middle band.

El espacio entre estas bandas varía de acuerdo a la volatilidad que presenta el instrumento, a mayor volatilidad las bandas serán más amplias y viceversa. Los precios tienden a permanecer en la zona delimitada por las bandas, los precios exactos generalmente ocurren cuando las bandas son estrechas y ha bajado la volatilidad; cuando el precio se sale de las bandas indica que el mercado está sobrecomprado (por arriba) o sobrevendido (por abajo), además indica que habrá una continuación de la tendencia actual. Por otro lado si los máximos y mínimos de una cotización fuera de las bandas son seguidos por máximos y mínimos dentro de las bandas indica un cambio de tendencia.

El objetivo principal de las Bandas de Bollinger es fijar objetivos de compra y venta en cualquier momento independiente de la tendencia actual en la que se encuentre el valor (alcista o bajista). Las señales de compra se generarán cuando los precios de cierre traspasen la banda inferior y las señales de venta cuando los precios de cierre traspasen la banda superior.

Teoría de las Ondas de Elliott

Ralph Elliott descubrió que los mercados de valores no se comportan de manera caótica sino en ciclos repetitivos, como reflejo de las acciones de los humanos debidas principalmente a la psicología de masas a la que considera principal culpable. Basado en la teoría del Dow (Los índices reflejan todo; Los mercados se mueven por tendencias; Principio de confirmación; Volumen concordante; Utilización de cotizaciones de cierre para las medias; Tendencia vigente hasta su sustitución por otra opuesta), Elliott descubrió la naturaleza fractal de los mercados de capitales, es decir, la repetición de pautas de comportamiento a menor y mayor escala, y luego de analizarla fue capaz de identificar patrones adecuados para hacer predicciones.

Su teoría consiste en que el mercado tiene un ciclo en una primera parte de alza y luego una segunda etapa de baja. La etapa alcista está formada por 5 ondas denominadas 1, 2, 3, 4 y 5 donde la onda 3 tiende a ser la más grande de todas y siempre supera en valor a la onda 1, mientras que la etapa bajista está compuesta por 3 ondas denominadas a, b y c.

Cada etapa contiene *ondas de impulso* y *ondas correctivas*, las ondas de impulso van a favor de la tendencia al contrario de las ondas correctivas que van en contra de la tendencia. En la primera etapa del ciclo las ondas alcistas están representadas por la 1, 3 y 5 ya que van en el sentido de la tendencia, por otro lado las ondas correctivas de este ciclo son la 2 y 4 que van en contra de la tendencia alcista. La segunda etapa, que es de característica a la baja, tendrá dos ondas de impulso, a y c, y una sola onda correctiva representada por la onda b. Esto es lo que se conoce como el modelo 5-3, dependiendo del comportamiento del mercado el ciclo se puede comportar de otra manera (6-3, 7-3, etc.), pero el más común es el modelo 5-3 (Figura 4.4).

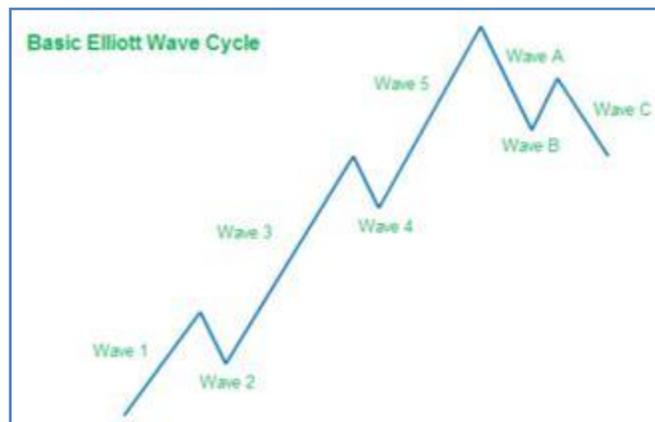


Figura 4.4: Ciclo de las Ondas de Elliott

IV.IV Método Recursivo

El método recursivo consiste en realizar predicciones considerando períodos fijos para los datos del set de información disponible. El objetivo de este método es determinar en qué serie de datos, definida con anterioridad, se logra determinar patrones de conducta que contribuyan a predecir en mayor forma el movimiento de la variación del precio de un instrumento.

IV.V Método Aleatorio

Esta metodología se apoya básicamente en la programación de una macro en Visual Basic, la cual consiste en encontrar un grupo de números aleatorios que hagan las veces de los ponderadores en el modelo econométrico ARIMA, de manera que se cumplan ciertas restricciones dadas tales como, valor de PPS intramuestral o extramuestral, rentabilidad mínima exigida, entre otras. Se da un número determinado de iteraciones que el programa deberá realizar con el fin de hallar el grupo de ponderadores óptimo que cumple con las restricciones dadas.

IV.VI PPS

Porcentaje de Predicción de Signo, como su nombre lo indica, este indicador señalará el porcentaje de acierto en el signo, considerando como un acierto si los signos de la variación de la predicción y del valor real son iguales, ya que esto es lo relevante en los modelos predictivos.

IV.VII Evaluación de la capacidad de predicción.

Test de Pesaran y Timmermann

Este test permite medir la capacidad predictiva de un modelo, esta prueba la exactitud de una predicción cuando el objetivo de análisis es la predicción correcta del signo de la variación con respecto al día anterior. Este test busca medir la significancia estadística de la capacidad predictiva del modelo.

La hipótesis nula del test es:

***H_0 : Si \hat{y}_{n+1}, y_{n+1} están independientemente distribuidas,
entonces el test sigue una distribución normal.***

Sea $x_t = \hat{E}(y_t / \Omega_{t-1})$ el predictor de y_t formado con respecto a la información disponible en $t-1$, Ω_{t-1} y n observaciones en $(y_t$ y $x_t)$. Este test está basado en la proporción de veces que la

dirección del cambio de signo en y_t es correctamente predicha en la muestra y , además, no requiere información cuantitativa de las variables usando solo información de los signos de y_t y x_t . Si los signos entre estas dos variables coinciden aumenta el poder de la red, en caso contrario, aumenta el error de la predicción.

Introduciendo las variables $y_t = 1$ si $y_t > 0$; $y_t = 0$ si $y_t < 0$. Lo mismo aplica a la variable x_t . Además, se define $z_t = 1$, si $y_t, x_t > 0$, o cero en caso contrario.

Sea $p_y = \Pr(y_t > 0)$ y $P_y = \Pr(x_t > 0)$ y expresemos \hat{P} como la proporción de veces que el signo de y_t es predicho correctamente; luego $\hat{P} = n^{-1} \sum_{t=1}^n Z_t = \bar{Z}$. Asumiendo que y_t y x_t son independientemente distribuidas (por ejemplo x_t no tiene poder de predicción en y_t), $n\hat{P}$ tiene una distribución binomial con media nP_* , donde:

$$P_* = \Pr(Z_t = 1) = P_y P_x + (1 - P_y)(1 - P_x)$$

En el caso general, este test no paramétrico puede ser basado en un estadístico estandarizado

$$S_n = \frac{\hat{P} - \hat{P}_*}{\sqrt{(\widehat{Var}(\hat{P}) - \widehat{Var}(\hat{P}_*))}} \sim N(0,1)$$

Donde $\widehat{Var}(\hat{P}) = n^{-1} \hat{P}_*(1 - \hat{P}_*)$ y;

$$\widehat{Var}(\hat{P}_*) = n^{-1}(2\hat{P}_y - 1)^2 \hat{P}_x(1 - \hat{P}_x) + n^{-1}(2\hat{P}_x - 1)^2 \hat{P}_y(1 - \hat{P}_y) + 4n^{-2} \hat{P}_x \hat{P}_y (1 - \hat{P}_y)(1 - \hat{P}_x)$$

El último término en la expresión $\widehat{Var}(\hat{P}_*)$ es insignificante asintóticamente.

IV.VIII Nasdaq. Bolsa de Valores Electrónica Automatizada.

El Nasdaq (*National Association of Securities Dealers Automated Quotation*), fue fundado en 1971, convirtiéndose de esta forma en el primer mercado de acciones tecnológicas del mundo. El propósito de esta organización, fue regular el mercado de productos electrónicos, puesto que, por aquel tiempo, se empezaba a masificar lo que hoy en día conocemos como Hi-Tech (Tecnología de punta), pero sin embargo, aún se comercializaba en el mercado OTC (Over the Counter, es decir, las transacciones efectuadas en mercados no regulados). Su primer día de actividad fue el 8 de febrero de 1971, jornada en la cual se empezaron a cotizar más de 2.500 acciones de productos electrónicos.

Hacia 1980 la expansión del mercado de empresas tecnológicas era tal que el Nasdaq se convirtió en el Dow Jones de ese segmento. Durante la década del 90 el Nasdaq se convirtió en la competencia para el NYSE¹⁰, superando su masa en acciones, pero el capital de las compañías listadas en el NYSE es 5 veces mayor que en el Nasdaq.

Así, en 1998, el Nasdaq se fusionó con la Amex (American Stock Exchange, bolsa de acciones norteamericanas) para formar Grupo de Mercado Nasdaq-Amex. Hoy en día el Nasdaq es el primer mercado electrónico y el más grande del mundo. Sus negociaciones no están limitadas por espacios físicos, ya que se estas se realizan en forma electrónica.

El Nasdaq Stock Market cubre dos tipos de mercado:

- El Nasdaq National Market, en el cual cotizan acciones de empresas con una mayor capitalización.
- El Nasdaq Smallcap Market, en el cual cotizan los títulos de pequeñas empresas con capacidad de crecimiento.

En la actualidad el Nasdaq enlista los títulos de alrededor de 4.100 empresas. La mayoría de estos títulos pertenecen al sector tecnológico, de las telecomunicaciones, banca, minoristas y otras industrias en crecimiento.

El Nasdaq Composite (^IXIC) es un índice de capitalización bursátil, lo cual lo diferencia del Dow Jones, que es un promedio de precios. Este índice mide la actividad todos los títulos comunes, tanto domésticos como internacionales, que están listados en el mercado electrónico del Nasdaq.

¹⁰ NYSE: Bolsa de Valores de New York, es el mayor mercado de valores del mundo en volumen monetario y el primero en número de empresas adscritas.

UNIVERSIDAD DE CHILE

Datos

Redes Neuronales



V. Datos

Los datos utilizados en el modelo corresponden a datos diarios sobre el precio de cierre de la acción de First Solar y las bandas Bollinger asociadas a estos precios. El período para la obtención de datos fue considerado desde la fecha de su apertura al mercado, el día 17 de Noviembre de 2006, hasta la fecha actual¹¹.

Además el modelo cuenta con datos (precios de cierre) de los principales índices del mercado norteamericano, Dow Jones (^DJI) y Nasdaq Composite (^IXIC). Finalmente consideramos el precio de cierre de la acción de la empresa Exxon Mobil Corporation (XOM). El periodo considerado para estos datos es mismo señalado anteriormente.

Los datos utilizados en el estudio fueron seleccionados con el objetivo de medir el comportamiento del valor de la acción de First Solar considerando su relación con el mercado y con un sustituto directo (energía).

Las variables a utilizar en el modelo fueron definidas en base a un estudio previo realizado a la empresa, considerando cuales son los factores que tienen mayor impacto en el comportamiento del valor de la acción de First Solar.

¹¹ 2 de Julio de 2009

UNIVERSIDAD DE CHILE

Metodología

Redes Neuronales



VI. Metodología

La metodología de nuestra investigación estará centrada en determinar los signos de las variaciones que experimente el valor la acción de First Solar. Para poder predecir la variación utilizaremos modelos de Redes Neuronales Artificiales (RNA) con metodología multivariable recursiva considerando series con un número definido de datos, para encontrar el mejor modelo de predicción.

Para cada modelo se calculará el porcentaje de predicción de signo (PPS), su rentabilidad y se entregarán recomendaciones sobre una estrategia pasiva de inversión.

Una vez hecho esto se medirá la capacidad predictiva del modelo aplicando el test de certeza direccional de Pesaran y Timmermann. Esta prueba nos permite medir el desempeño relativo de los modelos medido por el número de veces en que se logró predecir correctamente la variación del signo de los índices.

VI.I Red Neuronal Artificial Utilizada: La Red Ward

Existen varios tipos de Redes Neuronales, están clasificados según características de aprendizaje, y también según la topología de la red. La topología de la red es determinada por la organización de los procesos elementales (PE) que tenga la red. Los parámetros que determinan el nivel de organización son: El número de capas, el número de neuronas en cada capa, el grado de conectividad y el tipo de conexión entre las neuronas. Uno de estos tipos, el cual será utilizado en nuestra investigación es la Red Ward.

La Red Ward es una red con muchas capas. Tiene más de un set de neuronas (llamadas *slabs*¹²). Este modelo de red neuronal usa el algoritmo de aprendizaje supervisado de propagación hacia atrás. El modelo de aprendizaje supervisado indica que la variación observada del índice bursátil es usada para supervisar el proceso de entrenamiento. Además, se caracteriza porque pueden aplicarse diferentes funciones de activación a los grupos de neuronas (*slabs*) de la capa oculta, para detectar características distintas en los patrones procesados a través de la red. De esta manera, la capa de salida tendrá diferentes puntos de vista de los datos, lo cual puede conducir a una mejor predicción. Mientras más *slabs* ocultas hay, mayor poder de análisis tendrá la red.

VI.I.I La arquitectura de la Red Ward

La estructura de la red aplicada en nuestra investigación, puede ser escrita como una función de n (número de neuronas de la capa oculta) variables explicativas x_j ($j=1,\dots,4$) definidas en x , con las siguientes funciones de activación: Tangente Hiperbólica, Gaussiana, Gaussiana Complementaria y Función de Salida Hipertangente. A continuación se muestra la arquitectura y un cuadro con el número de neuronas en cada *slab*.

¹² Slabs: Capa

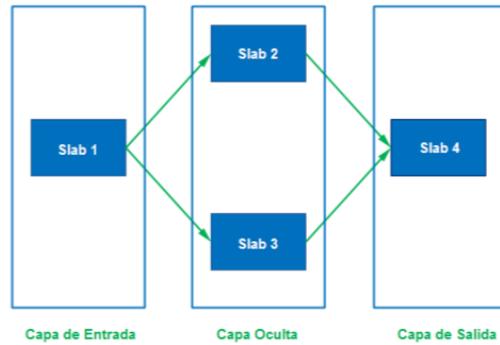


Figura 6.1: Arquitectura de la Red Ward

Arquitectura de la Red Ward

Columna1	Slab 1	Slab 2	Slab 3	Slab 4	Total
Función de Activación	Tangente Hiperbólica	Gauss	Gauss Complementaria	Tangente Hiperbólica	
Número de Neuronas	4	6	6	1	17

La capa de entrada tiene el mismo número de neuronas que variables explicativas, dado que en esa capa se lleva a cabo el preprocesamiento o escalamiento de la red. En las siguientes capas el número utilizado de neuronas es el mínimo posible para garantizar una convergencia rápida del algoritmo de retropropagación hacia atrás. La capa 4 o de salida posee una neurona, debido a que buscamos proyectar sólo una variable independiente.

VI.II Capa de Entrada

Las variables utilizadas en nuestra investigación como input para la capa de entrada fueron: Nasdaq Composite (^IXIC), Dow Jones (^DJI), Exxon Mobil Corporation (XOM), First Solar (FSLR) y las Bandas Bollinger Upper, Middle y Lower para el precio de la acción de esta empresa, todas estas expresadas como variaciones porcentuales.

Con estas variables realizamos diversos modelos para poder predecir la variación del precio de la acción de First Solar. Algunos modelos desarrollados fueron:

- FLSR(-1); ^IXIC(-1); ^DJI(-1); XOM(-1)
- FLSR(-1); Middle; Upper; Lower
- ^IXIC(-1); Middle; Upper; Lower
- FLSR(-2); FLSR(-1); Upper; Lower
- ^IXIC(-2); ^IXIC(-1); Upper; Lower
- FSLR(-1); ^IXIC(-1); Upper; Lower

En la primera slab nuestros datos serán sometidos a un proceso de escalamiento. Este proceso consiste en realizar una transformación lineal a las variables de entrada, a través de la función tangente hiperbólica, la cual considera el primer rezago del índice en análisis, la media y la desviación estándar de todos los primeros rezagos. El objetivo de aplicar esta función es escalar los datos para transformarlos en información comparable, lo cual permitirá a la RNA trabajar con datos en una misma unidad de medida.

Debemos mencionar que el set total de datos fue subdividido en grupos de cerca de 200 datos, este número ha sido utilizado frecuentemente en el estudio de series financieras con redes neuronales y ha demostrado ser un número con el cual se obtienen predicciones relativamente adecuadas.

VI.III Capa Oculta

Nuestro modelo cuenta con dos slabs de activación como parte de su capa oculta. La primera slab corresponde a la función gaussiana donde los datos resultantes de la capa de entrada serán transformados para luego pasar por la función gaussiana complementaria, la cual entregará un set de datos listos para ingresar a la capa de salida.

La función gaussiana es utilizada, ya que asigna mayor importancia a los datos no extremos permitiéndole a la red tomar en cuenta datos frecuentes para su aprendizaje. La forma de la función de salida es similar a una campana. Sus output van en un intervalo desde 0 al 1. Una vez utilizada esta función se aplica la función gaussiana complementaria, la cual asigna mayor importancia a valores más extremos, para ambos valores extremos bajos y altos. Asigna un valor de salida cercano a 1 mientras los datos de entrada son más extremos. El objetivo de pasar por las dos funciones es definir el énfasis a concederle al slab dependiendo de la naturaleza de los datos.

Es importante señalar que estudios anteriores comprobaron que la aplicación de estas funciones de activación probaron su efectividad en modelos de predicción.¹³

VI.IV Capa de Salida

En la última slab del modelo los datos resultantes de las funciones de activación gaussiana y gaussiana complementaria, pasarán por un proceso de transformación dado por la función inversa a la tangente hiperbólica que fue aplicada en la slab 1. El objetivo de aplicar esta función en la capa de salida es desescalar el set de datos para volverlos a su unidad de medida original.

VI.V Método Recursivo

En nuestra investigación utilizamos el método recursivo, el cual consiste en realizar predicciones considerando períodos fijos para los datos del set de información disponible. Consideraremos un

¹³ Parisi, Parisi y Guerrero 2003, Marcelo Gutierrez 2004, Arancibia, Soto y Loehnert 2008.

set de cerca de 200 datos, el cual abarca aproximadamente un 1 año real de información. El set de información a considerar será estático, porque una vez fijado será utilizado para toda la muestra.

VI.VI Método Aleatorio

Consideramos utilizar el método aleatorio para evitar el sesgo en la partida de la red, es decir, evitar en cierto modo el encuentro sistemático de soluciones locales en lugar de soluciones globales. Mediante este método la red generará de forma aleatoria, matrices de variables (Var_{ij} y N_{ij}), que cumplen con ciertas condiciones dadas, iterando una cantidad determinada de veces.

Nuestra investigación consideró 1000 iteraciones para cada modelo utilizado, buscando matrices que cumplieran las siguientes condiciones:

- PPS Objetivo: 55%
- Resultado del test DA (Pesaran & Timmermann) mayor al valor crítico de 1,96. Buscando aceptar la capacidad predictiva del modelo.

VI.VII Evaluación de la Capacidad Predictiva y Significancia Estadística

La evaluación empírica se hizo sobre la base de datos del conjunto extramuestral. En esta fase, el desempeño y éxito de los modelos fue considerado en base al número de aciertos correctos en el signo de la variación del índice. Luego se aplicó el test de predicción de Pesaran & Timmermann para saber si la capacidad predictiva del modelo tenía o no significancia estadística. Este test nos muestra que, bajo la hipótesis nula las variaciones del precio de la acción de First Solar y las variaciones de la proyección están dependientemente distribuidas, este test sigue una distribución normal estándar. Si esta hipótesis es rechazada, se muestra que los resultados obtenidos no son al azar. Para que los resultados obtenidos tuviesen peso y relevancia de acuerdo a la hipótesis, se buscó que tuviesen un DA mayor a 1,96 y que además el p-value fuese menor a 0,05. De esta manera los resultados tendrían significancia estadística suficiente para rechazar o no la hipótesis nula.

VI.VIII Rentabilidad de la Red Neuronal

Se buscó también ver la rentabilidad que se obtendría si se siguen las recomendaciones del modelo de comprar o vender la acción estudiada, según las predicciones del movimiento del valor. El cálculo de la rentabilidad, considero un monto de diez mil dólares como referencia. Se valoró la estrategia como la suma del valor de la acción más el dinero en efectivo con el que se contaba. Las señales de compra fueron ejecutadas en la medida que la cartera contaba con el dinero en efectivo al momento de la señal, las recomendaciones de ventas fueron ejecutadas en la medida que se contaba con los precios.

UNIVERSIDAD DE CHILE

Análisis de Resultados

Redes Neuronales



VII. Análisis de Resultados

Luego de realizar 100 procesos iterativos (compuestos cada uno de 1.000 iteraciones mediante técnica aleatoria) para cada uno de los distintos modelos señalados anteriormente¹⁴, obtuvimos dos que quisimos destacar por sobre el resto. Los dos modelos a destacar son los siguientes:

- Modelo (1): ^IXIC(-2); ^IXIC(-1); Upper; Lower.
- Modelo (2): ^IXIC(-1); Middle; Upper; Lower.

Es importante señalar que ambos modelos se enfocaron en dos de las variables de nuestro set de información, como son el Nasdaq Composite (^IXIC) y las Bandas Bollinger para el precio de la acción de First Solar. Esto indica que en estas variables contienen mayor información que permite a la RNA realizar una predicción más efectiva de las variaciones en el precio de la acción de la empresa.

A continuación mostraremos la información de los dos mejores modelos¹⁵.

Modelo	Intramensual	Extramensual	Rentabilidad	Buy & Hold	Test DA
(1)	57,95 %	63,00 %	22,22 %	12,65 %	2,07
(2)	39,77 %	37,00 %	15,74 %	12,65 %	-2,00

Como podemos apreciar en el modelo (1) se obtuvo un PPS intramensual del 57,95% y un PPS extramensual del 63,00%. El acierto asociado al PPS fue de 2,07 con una significancia estadística de un 5%. La rentabilidad acumulada fue de un 22,22% siendo considerablemente superior a la rentabilidad derivada de seguir las recomendaciones de una estrategia Buy & Hold la cual alcanzó una rentabilidad de 12,65%.

Para el segundo modelo se obtuvo un PPS intramensual del 39,77% y un PPS extramensual del 37%. El acierto asociado al PPS fue de -2,00 con una significancia estadística de un 5%. La rentabilidad acumulada fue de un 15,74% siendo relativamente superior a la rentabilidad derivada de seguir las recomendaciones de una estrategia pasiva Buy & Hold la cual alcanzó una rentabilidad de 12,65%.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente ambos modelos están compuestos por variables que son muy similares por cual era de esperar que su comportamiento fuera en cierto grado equivalente. Decidimos optar por el primer modelo dado ya que nos entrega una mejor rentabilidad acumulada.

¹⁴ Capitulo VII.II, Capa de Entrada.

¹⁵ Ver Anexo X.VI

UNIVERSIDAD DE CHILE

Conclusiones

Redes Neuronales



VIII. Conclusiones

Los resultados obtenidos comprobaron la hipótesis de nuestra investigación, la cual postulaba que es posible obtener rendimientos superiores al mercado, transando con acciones volátiles de manera diaria mediante herramientas que utilicen técnicas de inteligencia artificial. Realizar un estudio de predicción de forma diaria, es algo nuevo en este campo y puede sentar precedente para nuevos y mejorados estudios en esta área.

Además es posible afirmar mediante este experimento que no se cumple la hipótesis de *random walk*, es decir, existe evidencia significativa que para las series financieras hay capacidad predictiva. El hecho que los precios no sigan un camino aleatorio da espacio para realizar predicciones.

Debemos señalar que no cabe duda que este resultado podría mejorarse aún más, con la selección de variables diferentes y que sean atingentes a las particularidades de las variaciones del precio de la acción de First Solar.

Además quisiéramos destacar que la tecnología actual de software de trading ha cambiado su rumbo y está utilizando a los algoritmos genéticos como optimizadores en la búsqueda de estas variables más relevantes.

De lo anteriormente expuesto surge una pregunta: ¿por qué nos fue bien? La respuesta está enfocada en el hecho que un instrumento de inteligencia artificial aparentemente es capaz de capturar o materializar esta capacidad predictiva, sin embargo, esto aún no responde la pregunta, la cual puede formularse de otra manera, ¿por qué el instrumento fue capaz de captar capacidad predictiva en esta serie? Nuestra respuesta es que la RNA es capaz de comprender las reglas internas que están implícitas en las Bandas de Bollinger, reglas que nunca fueron descritas y que a pesar de ello las pudo capturar, a diferencia de los expertos en análisis técnico para los cuales estas reglas no son apreciables. Esto solamente muestra un acercamiento a la capacidad de la integración de inteligencia artificial en el trading.

Finalmente como conclusión global de nuestra investigación, diremos que los expertos en inversiones, operadores de mesa de trading o analistas técnicos no pueden estar ausentes del uso de estas herramientas de inteligencia artificial dentro de los mercados financieros.

UNIVERSIDAD DE CHILE

Bibliografía y Referencias

Redes Neuronales



IX. Bibliografía y Referencias

Arancibia Franco, Loehnert Francisco, Soto Gerardo, (2008). "Predicción de Signo Semanales de las acciones de Falabella, Ripley, Cencosud y D&S con Redes Neuronales". Tesis Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile.

Ball Phillip, (2006). "Econophysics: Culture Crash". Nature 441: 686-688.

Artículo "Conozca el NYSE, Dow Jones y Nasdaq". Wikipedia.

Artículo "Crisis Sub-Prime" Essay Op. Papers.

Bombardiere Aldo, (2006). "La teoría de Autómatas Celulares con reglas de Influencia Continua para predecir la dirección del movimiento del precio de los ADR Asiáticos". Tesis Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile.

Castaño Nora, Pozo Lina, Concha Danilo, (2007). "Metodología 'Te perdono tus errores', una aplicación en Índices Bursátiles". Tesis Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile.

Cepeda Álvaro, González Gastón, (2009). "Predicción de variaciones de precio de mercado inmobiliario mediante Autómatas Celulares". Tesis Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile.

Deboeck Guido, "Trading on the Edge. Neural, Genetic, and Fuzzy Systems for chaotic Financial Markets"

Diario el Mercurio, sección Economía y Negocios. Especial Crisis Subprime.

Díaz David, (2005). "Prediciendo el Cambio de Signo del Precio del Oro: Modelos de Redes Neuronales Rolling y Recursivos". Tesis Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile.

Fama Eugene, (1970). "Efficient Capital Markets: A review of theory and empirical work". Journal of Finance 25, 383-417.

Fama, E. & French K. R. (1988). Permanent and temporary components of stock prices. Journal of Political Economy 98, 247-273

Farjoun Emmanuel, Machover Moshe, "Laws of Chaos: A probabilistic approach to Political Economy." London, Verso (1983).

Friz R. (2005). "Determinación de Óptimo de Rolling, en modelos Arimax". Tesis Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile.

González I, Jiménez J, (2003). "Redes Neuronales aplicadas a la predicción del precio del tipo de cambio. Rolling vs. Recursivo". Tesis Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile.

Mantegna Rosario, Stanley Eugene, (1999). "An Introduction to Econophysics: Correlations and Complexity in Finance" Cambridge University Press.

Lo A, MacKinley A.C, (1988). "Stock market price so not follow random walk: Evidence from a simple specification test". Review of Financial Studies 1, 41-66.

Obama Barack, Biden Joe, "New Energy for America".

Parisi Antonino, Parisi Franco, Díaz David, (2006). "Modelos de Algoritmos Genéticos y Redes Neuronales en la predicción de Índices Bursátiles Asiáticos". Tesis Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile.

Parisi Antonino, Parisi Franco, Bombardiere Aldo, Espinoza Ignacio, (2009). "Artificial Neural Networks" Chapter 22.

Parisi Antonino, (2002). "Evaluación de modelos de redes neuronales de predicción del signo de las variaciones del IPSA". Estudios de Administración, Vol. 9. N°1, p.p. 67- 103.

Parisi Antonino, Bombardiere Aldo, (2009). "¿Existe el precio?"

Pesaran & Timmermann (1992). "A simple no parametric test of predictive performance." Journal of Business and Economic Statics, 10, 4, 461-465.

Rodríguez Arturo, (2009). "La perspectiva de las finanzas conductuales". Artículo revista Economía y Negocios de la Universidad de Chile.

Scalas Enrico, (2006). "The application of continuous time random walks in finance and economics". Physica A 362: 225-239.

Sitio Oficial: First Solar.

Sitio Oficial: Bloomberg.

Taleb Nassim Nicholas, "The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable".

UNIVERSIDAD DE CHILE

Anexos

Redes Neuronales



X. Anexos

X.I Crisis Sub – Prime

El Acuerdo de Basilea I sobre el Capital de 1988 estableció normas de capitalización mínima para los bancos. Las pautas recogidas en este acuerdo sobre la adecuación de capital para la banca son de suma importancia. Su regla principal es la de que los bancos deben mantener un volumen de capital que, por lo mínimo, sea del 8% del valor total de sus activos, ponderado por su nivel de riesgo. Pero tenía una gran limitación, que es insensible a las variaciones de riesgo y que ignora una dimensión esencial: la de la calidad crediticia, y por lo tanto, la diversa probabilidad de incumplimiento de los distintos prestatarios. En otras palabras, se consideraba que todos los créditos tenían la misma probabilidad de incumplimiento.

En el año 1999, durante el gobierno de William Clinton obligó por ley que los impulsores de los créditos hipotecarios relajaran sus reglas para permitir que personas de bajos ingresos pudieran tener acceso a un financiamiento de este tipo (Para una mejor regulación nacería el Acuerdo de Basilea II).

Para graficar un poco más lo que estaba sucediendo vemos a continuación un artículo publicado en el New York Times titulado “Fannie Mae Flexibiliza crédito para estimular el préstamos hipotecario”

“...Con el fin de ayudar a que las minorías y la población de menores ingresos se hagan de una casa Fannie Mae Corporation planea reducir los requerimientos crediticios que le pide a la banca al momento de comprarle su cartera hipotecaria...”

“...Este plan piloto, en que en un comienzo participaran 24 bancos en 15 ciudades, busca incentivar a los bancos a que concedan préstamos hipotecarios a personas a las que su historial crediticio no les permite obtener préstamos convencionales.

“Fannie Mae, el suscriptor de préstamos hipotecarios más grande del país, se encuentra presionado en gran forma, por un lado, por la Administración de Clinton, que insiste en que aumente su cartera de colocaciones hipotecarias entre el grupo de menores ingresos y, por otro, por sus accionistas, que buscan que mantenga su alto nivel de rentabilidad”

William Clinton, presidente de los Estados Unidos en ese entonces, hizo una estrategia populista, relajó los créditos para conceder créditos a gente que antes no podía acceder a ellos, preparando así una bomba de tiempo que estallaría años más tarde.

Para una mejor regulación de los bancos, se buscó una mejora del Acuerdo de Basilea que se firmó en el año 1988, con esto nace el Acuerdo de Basilea II. Este incluye una serie de novedades, tiene en cuenta la calidad crediticia de los prestatarios y añade requisitos de capital por el riesgo operacional. Con esto lograron que muchos Bancos examinaran con más atención la adecuación de capital de sus clientes y a mostrarse más reacios a conceder préstamos. Esto significó que

muchas empresas tuvieron que buscar formas alternativas de financiamiento. Este Acuerdo se apoya en tres pilares fundamentales:

1. Las ponderaciones de riesgo asignadas a los diferentes tipos de activos de riesgo. Se incluye aquí, los riesgos operacionales.
2. Supervisión corriente por parte de las Superintendencias.
3. La disciplina del mercado a través de más transparencia.

La pregunta que uno tendría que hacerse, es si este acuerdo hubiera estado antes, se podría haber evitado lo que viene a continuación.

Con el cambio de siglo se produjo en los Estados Unidos un descenso espectacular del precio del dinero, propiciado por la Reserva Federal. Durante casi una década, los tipos de intereses fueron excepcionalmente bajos y el precio real de las viviendas prácticamente se duplicó. Se vivía un boom inmobiliario, potenciado con los nuevos créditos a gente que no tenía acceso a ellos anteriormente.

Este boom inmobiliario se produjo tras la huida de capitales de inversión institucionales como familiares desde el sector tecnológico en dirección a los bienes inmuebles. Los atentados del 11 de septiembre de 2001 supusieron un clima de inestabilidad internacional que obligó a los principales Bancos Centrales a bajar los tipos de interés a niveles inusualmente bajos, con el objetivo de reactivar el consumo y la producción a través del crédito. La combinación de ambos factores dio lugar a la aparición de una “burbuja” inmobiliaria fundamentada en una enorme liquidez.

Estas nuevas hipotecas de alto riesgo, conocidas en los Estados como sub - prime, eran un tipo especial de hipoteca, preferentemente utilizado para la adquisición de vivienda, y estaba orientada a cliente con escasa solvencia, y por lo tanto con un nivel de riesgo de impago superior a la media del resto de créditos. Estos clientes fueron llamados “ninja” (no income, no job, no assets), lo cual significa que son personas sin ingresos fijos, sin empleo y sin propiedades. Su tipo de interés era más elevado que en los préstamos personales y las comisiones bancarias resultaban más gravosos.

Pero el escenario cambio, a partir del año 2004 la Reserva Federal de los Estados Unidos comienza a subir los tipos de interés para así controlar la inflación. Esto llevó que el crecimiento del precio de la vivienda que había sido muy bueno, se convirtiera en un descenso sostenido para los años siguientes. Las ejecuciones hipotecarias debido al impago de la deuda crecieron de forma espectacular, y numerosas entidades comenzaron a tener problemas de liquidez para devolver el dinero a los inversores o recibir financiamiento por parte de prestamistas.

La deuda hipotecaria sub - prime se transmitió a los mercados financieros por que estas hipotecas sub - prime podían ser retiradas del activo del balance de la entidad concesionaria siendo transferida a fondos de inversión o planes de pensiones. Esto es porque la deuda puede ser objeto de venta y transacción económica mediante compra de bonos o titularizaciones de crédito. Estas inversiones en algunos casos se hacían mediante el llamado carry trade. El problema surge cuando

el inversor, que puede ser una entidad financiera, un banco o un particular, desconoce el verdadero riesgo asumido.

La crisis hipotecaria, crisis sub - prime, se desató en el momento en que los inversores percibieron señales de alarma. La elevación progresiva de los tipos de interés por parte de la Reserva Federal, así como el incremento natural de las cuotas de esta clase de créditos hicieron aumentar la tasa de morosidad y el nivel de ejecuciones, y no sólo en las hipotecas de alto riesgo.

X.II Plan Energético Obama – Biden

Para los Estados Unidos hay un gran problema en la actualidad que es la gran dependencia que tienen del petróleo. Esto es una amenaza para la seguridad nacional del país, para la economía del país y también para nuestro planeta. Durante décadas, Washington no ha podido resolver estos problemas debido al partidismo, la influencia indebida de los intereses particulares, los políticos que proponen trucos para así ganar elecciones más que proponer soluciones que sean a largo plazo; todo esto se hace que haya una dependencia todavía de los Estados Unidos en el plano energético.

La independencia económica es la meta propuesta por los Estados Unidos, es lo que propone el nuevo presidente Barack Obama, con el plan energético que busca desarrollar. Tienen más que claro que no es un objetivo fácil de lograr, que las cosas se tienen que hacer de manera distinta de cómo se han estado haciendo, que es algo costoso, que se requiere un esfuerzo sostenido, tanto del gobierno, las empresas y del pueblo estadounidense. Con todo esperan lograr una nueva economía que se vea alimentada por energía limpia y segura.

Para esto el presidente Barack Obama y el vicepresidente Joe Biden elaboraron un plan energético que busca tanto como ayudar a las familias que luchan contra altos costos del petróleo como también a la ya comentada dependencia del petróleo extranjero. A continuación nombraremos ciertos puntos a tener en consideración del plan energético que se propone.

- **Las Soluciones a Corto Plazo:** Ofrecer asistencia al corto plazo a las familias, especialmente las de clase media, que han tenido que hacer frente a aumentos en el petróleo, alimentos y otras necesidades básicas. Para esto es importante que las compañías tomen parte activa del problema. Otro punto a tener en consideración es la especulación en materia de energía, la cual ha contribuido a la subida del petróleo en el mercado mundial. Y por último tenemos la liberación de petróleo de la reserva especial que se tiene para así rebajar el costo de los combustibles.
- **Medio y Largo Plazo (las nuevas soluciones de energía para los Estados Unidos):** Se enfrentan dos grandes desafíos hoy en día – la dependencia del petróleo extranjero y el cambio climático global, por esto se proponen diversas medidas a mediano y largo plazo.

1. Se busca implementar un programa “cap – and – trade” para reducir las emisiones, se espera reducir el 80 por ciento por debajo de los niveles de 1990 para el año 2050. En los Estados Unidos saben que para que haya cambios climáticos significativos se tiene que lograr que las otras naciones del mundo se unan por la misma causa, en esta materia es donde busca ser líder.
2. Se buscará invertir en la energía del futuro, se utilizaría una porción de los ingresos que serían generados por la “cap – and – trade” para realizar inversiones que reducirán la dependencia del petróleo extranjero y a acelerar el despliegue de tecnologías de baja emisión de carbono. Las inversiones se centrarán en tres áreas críticas: 1) Investigación básica, 2) Tecnología de las manifestaciones (demostraciones) y 3) Despliegue comercial agresivo y la creación de un mercado “limpio”.

La idea es invertir en una economía de energía limpia y así contribuir a la creación de 5 millones de nuevos empleos “verdes”. Se invertirían \$150 billones en los próximos 10 años para acelerar la comercialización de híbridos de “enchufe”, promover el desarrollo de las energías renovables a escala comercial, fomentar la eficiencia energética, invertir en plantas de bajas emisiones de carbono y promover la próxima generación de biocombustibles y combustibles de infraestructura.

Otro punto a tener en cuenta en la inversión que se hace en nuevas tecnologías es la de centros de fabricación en tecnología limpia. En los Estados Unidos las empresas y los trabajadores deben construir la alta demanda de tecnologías del futuro, la idea es ayudar a la modernización de los centros de fabricación y a ayudar a modernizar los centros de fabricación y ayudar a los estadounidenses a aprender nuevas habilidades para producir productos “verdes”.

3. Aplicar una estrategia en la que dentro de los 10 próximos años permita que los Estados Unidos reduzca el consumo de petróleo en una cantidad mayor a la que importa actualmente del Medio Oriente y Venezuela juntos. Para lograr esto se propone lo siguiente: 1) Elevar los estándares de eficiencia de los autos nuevos, 2) Invertir en el desarrollo de vehículos más avanzados y poner en las carreteras 1 millón de autos híbridos – eléctricos para el 2015, junto con esto un crédito fiscal de 7,000 dólares por la compra de estos vehículos, 3) Socios con los fabricantes de automóviles, se ofrecerá \$ 4 billones en reorganización de los créditos fiscales y garantías de préstamos para las plantas de automóviles y fabricantes de partes. Con esto se busca que los autos sean fabricados en los Estados Unidos por trabajadores estadounidenses en vez de que por gente de otras partes. Esto ayudará a fortalecer el sector manufacturero de los Estados Unidos. 4) Establecer un estándar nacional para reducir las emisiones de carbono.
4. Promover el suministro de energía doméstica, las compañías petroleras tienen acceso a terrenos los cuales no son perforados, lo que si fuera así aumentaría significativamente la producción nacional de petróleo y gas. La idea es permitir que estas petroleras

encuentren la manera de permitir que otras empresas exploten este producto y así aumentar la producción.

Es de suma importancia dar prioridad a la construcción del oleoducto de Alaska, la idea es trabajar con gente que esté interesada en este proyecto, esto ayudaría en la seguridad de los Estados Unidos en materia energética, como también en la creación de miles de nuevos empleos.

5. Diversificar las fuentes de energía, el plan energético de Obama busca asegurar que un 10 por ciento de la electricidad de los Estados Unidos para el año 2012 provenga de recursos renovables, y que para el año 2025 sea de un 25 por ciento. En la diversificación de las fuentes de energía se tienen también la del desarrollo e implementación de tecnologías de carbón limpio, y la de la energía nuclear.

Lo que se planea con el plan energético que propone Obama es de afrontar el cambio climático con la estimulación de la economía. Busca invertir en la investigación necesaria y en la tecnología necesaria, así creando nuevos empleos y estándares que permitan que el mercado sea más innovador.

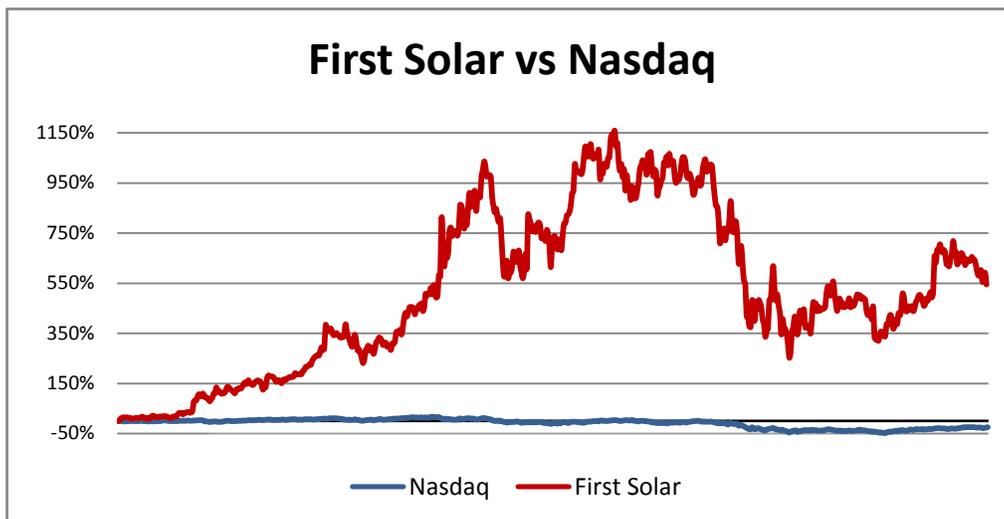
Obama ve que la solución a los dos problemas más acuciantes, como lo son el cambio climático y la crisis energética, está en las energías renovables. Está convencido de que se puede aumentar el desarrollo económico a la vez que se protege el medio ambiente, una posición que puede resultar clave en estos tiempos de crisis. Obama propone que los Estados Unidos sean líderes en materia de energías renovables.

X.III Antecedentes Financieros First Solar

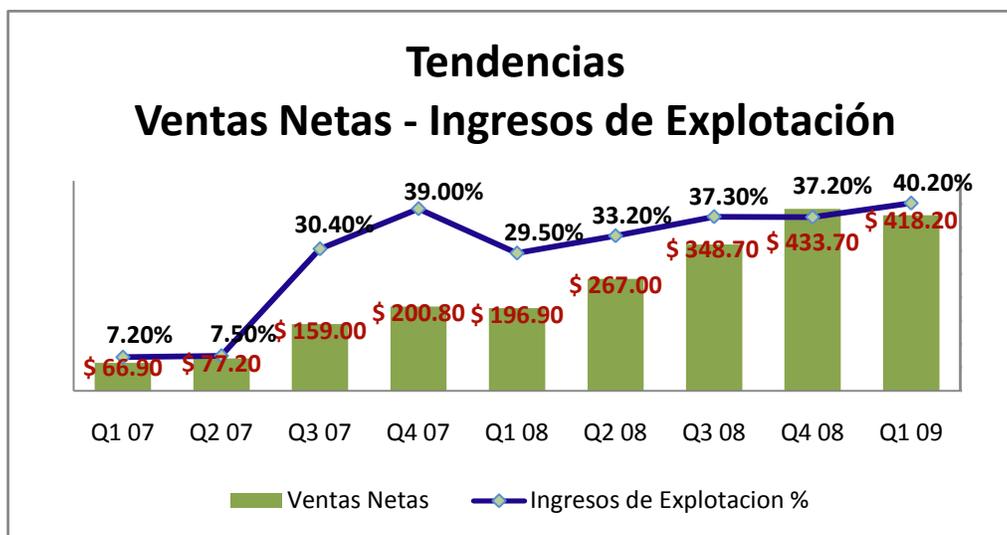
X.III.I Tabla de Fabricación

Año	Módulos Producidos	Capacidad	Promedio de Costo de Fabricación
2006	60 MW	-	\$1.40/watt
2007	206 MW	308 MW*	\$1.23/watt
2008	504 MW	716 MW*	\$1.08/watt
2009	-	1.136 MW*	
2010	-	1.186 MW*	

X.III.II First Solar v/s Nasdaq Composite



X.III.III Ventas e Ingresos de Explotación



X.IV Funciones de Activación

La función Tangente Hiperbólica

Esta función es similar a la Sigmoidal o de Logística ya que es una función diferenciable continua. Sin embargo sus outputs pueden asumir valores negativos sobre el intervalo -1 a +1. Este es un tópico importante ya que tiene beneficios analíticos.

La expresión matemática es:

$$f(x) = \left[\frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \right]$$

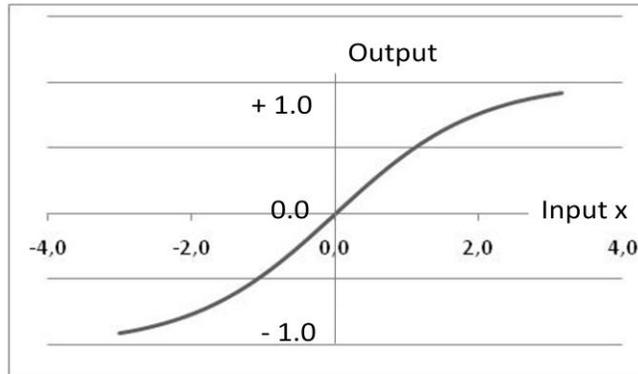


Figura 10.1: La Función de Activación Tangente Hiperbólica

Fuente: Aldo Bombardiere (2006 MF Thesis)

La función Gaussiana

Esta función asigna mayor importancia a los datos no extremos permitiéndole a la red tomar en cuenta datos frecuentes para su aprendizaje. La forma de la función de salida es similar a una campana. Sus output van en un intervalo desde 0 al 1.

La expresión matemática es:

$$f(x) = e^{-x}$$

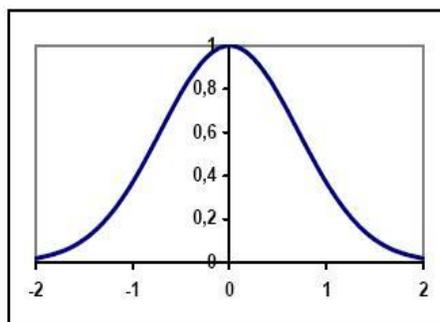


Figura 10.2: La función Gaussiana

La función Gaussiana complementaria

Esta función también asigna mayor importancia a valores más extremos, para ambos valores extremos bajos y altos. Asigna un valor de salida cercano a 1 mientras los datos de entrada son más extremos. La forma de la función es una campana invertida. Los rangos de salida van desde 0 a 1. La expresión matemática es:

$$f(x) = (1 - e^{-x^2})$$

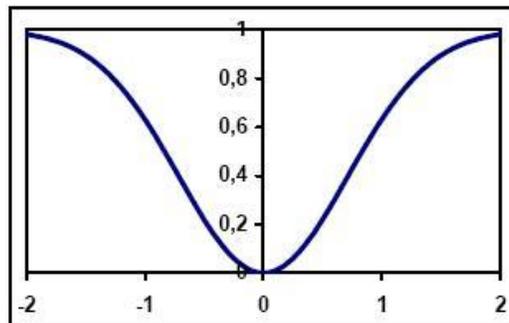


Figura 10.3: La Función de Activación Gaussiana Complementaria.

X.V Noticias First Solar

1. **3 de Marzo de 2009.**

First Solar Inc. Anunció que los costes de fabricación de su película delgada para paneles fotovoltaicos de telurio de cadmio habían bajado a menos de 1 dólar por watt, mientras que los paneles estándar de silicio que se mantienen en el rango de 3 dólares.

La compañía estima los costes de fabricación a 0,65 a 0,70 dólares por watt y a 1 dólar por watt al contar gastos de instalación. Sin embargo es importante tener en cuenta si First Solar o cualquier otro fabricante sería capaz de manejar la avalancha de pedidos que daría el nuevo costo competitivo.

2. **16 de Febrero 2009.**

Programa de rescate financiero favorece a energías renovables. Se destaca que en materia de energía se incluyó un programa de garantías para préstamos, reembolsos de hasta 50 por ciento en las inversiones para redes eléctricas y beneficios fiscales como la depreciación acelerada. También se incluyó un apoyo de financiamiento de hasta dos mil millones de dólares a través de créditos fiscales a la inversión para promover la producción de equipos y tecnología para la generación de energía.

3. 25 de Febrero 2009.

Wall Street regresa a su rutina de caídas tras la tregua de ayer. Los inversores recogen sus mínimos beneficios a la espera de una nueva intervención de Ben Bernanke, en una jornada en que el sector bancario vuelve a funcionar como principal lastre de Nueva York. Las cifras del mercado inmobiliario, otra vez negativas, ponen la puntilla. De las últimas ocho sesiones, siete han sido bajistas.

First Solar cae en un 16,4% en la apertura después de que los expertos de Think Equity Partners hayan recortado sus recomendaciones sobre la compañía hasta vender. La mayor compañía de energías alternativas de los Estados Unidos por capitalización bursátil ha recortado sus previsiones para el 2009.

4. 31 de Julio 2008.

First Solar se hace de oro gracias a sus paneles solares ultraligeros. El telurio de cadmio utilizado en sus células fotovoltaicas permite abaratar los costos de estos dispositivos de generación eléctrica. Estos paneles tienen las siguientes ventajas frente a sus competidores, son más eficientes, son mucho más baratas, se fabrican más rápido y su instalación es más sencilla.

5. 27 de Octubre 2008.

Hansesolar inaugurará una de las mayores plantas solares de capa fina de Andalucía, realizada por Conergy. La nueva planta solar está formada por un total de 1.530 módulos de capa fina First Solar FS 272 de 72,5Wp.

6. 30 de Octubre 2008.

First Solar anuncia nuevos acuerdos de suministro de módulos a largo plazo que alcanzan los 525 MW con Sorgenia Solar, desarrollador de centrales de energía solar a gran escala conectadas a la red eléctrica en Italia. Esto permite ventas adicionales de aproximadamente 800 millones de dólares a un tipo de cambio asumido de \$1,15/1,00, en el periodo de 2009 a 2013.

7. 30 Octubre 2008.

Brillantes perspectivas para "Solar Valley". La inauguración de una planta de producción en Francfort del Oder fue llevada a cabo por el embajador William R. Timken. En esta planta se invirtió 115 millones de euros y es la fábrica más moderna del mundo para la producción de módulos fotovoltaicos con células solares de capa fina.

Estas son algunas de las noticias que tienen directa relación con la empresa First Solar. Podemos apreciar que hay grandes proyectos que se están realizando los cuales le reportan a la empresa una cantidad de ingresos importantes para así poder seguir invirtiendo en la energía fotovoltaica a futuro. La empresa First Solar se ha visto directamente favorecida con las nuevas políticas de

energías renovables que está teniendo el gobierno de los Estados Unidos, esto le permite hacer nuevas inversiones y a su vez reducir sus costos.

First Solar está en proceso de lograr su filosofía a largo plazo, lo cual podemos ver en los costos, que se logró bajar a menos de 1 dólar por watt la fabricación de paneles fotovoltaicos, así acercándose a las energías eléctricas convencionales. Podemos ver que la empresa está logrando sus metas que se propone a largo plazo y de seguir así, lograr que la energía fotovoltaica sea la energía que desplace a otras.

X.VI Tablas Resúmenes Modelos Seleccionados

- Modelo (1)

Cuadro Resumen												
PPS Intra	PPS Extra	DA	P-Value	Hits +	Hits -	R ²	R ² Adj.	LogLikelihood	AIC	SIC	Rentabilidad	Buy & Hold
57,95%	63%	2.07	4.05%	12.50%	35,10%	-1.09%	98,63%	-612,82	7,72	9,04	22,22%	12,65%

- Modelo (2)

Cuadro Resumen												
PPS Intra	PPS Extra	DA	P-Value	Hits +	Hits -	R ²	R ² Adj.	LogLikelihood	AIC	SIC	Rentabilidad	Buy & Hold
39,77%	37%	-2.00	4.81%	0.00%	38,94%	-0.88%	98,64%	-612,63	7,71	9,04	15,74%	12,65%