

**LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES
PARA LA TOMA DE DECISIONES VER. 2.0:
EL CASO DE TUTORES DE POSGRADO
EN CIENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN
DE LA UNAM**

XIX
CONGRESO
INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA
ADMINISTRACIÓN
E
INFORMÁTICA

Área de investigación: Informática administrativa

Graciela Bribiesca Correa

Universidad Nacional Autónoma de México,
Facultad de Contaduría y Administración
gbribies@fca.unam.mx



Octubre 8, 9 y 10 de 2014 ◆ Ciudad Universitaria ◆ México, D.F.



ANFECA
Asociación Nacional de Facultades y
Escuelas de Contaduría y Administración



LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES PARA LA TOMA DE DECISIONES VER. 2.0: EL CASO DE TUTORES DE POSGRADO EN CIENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN DE LA UNAM

1. Resumen

Comprender el proceso de toma de decisiones y cómo las tecnologías de información, en especial la inteligencia artificial con el manejo de redes neuronales, pueden servir de apoyo a dicho proceso, es el objetivo central de este trabajo de investigación, el cual se ha actualizado y ha permitido revisar los resultados de la red entrenada con nuevos candidatos al Programa de Doctorado en Ciencias de la Administración. En este sentido, el trabajo pretende a través de una metodología, diseñar la arquitectura de una red neuronal, que aprenda de las experiencias de acuerdo con la estructura organizacional que enfrente, lo que permitirá crear nuevas estrategias para satisfacer las necesidades reales de los encargados de tomar decisiones con oportunidad y eficiencia. Se agregan resultados con nuevas iteraciones y nuevas pruebas con el grupo de control actualizado a través de redes neuronales artificiales entrenadas. Se pronostica el desempeño de nuevos tutores candidatos al claustro.

Palabras clave: Toma de decisiones, redes neuronales artificiales, perceptrón multicapa.



LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES PARA LA TOMA DE DECISIONES VER. 2.0: EL CASO DE TUTORES DE POSGRADO EN CIENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN DE LA UNAM

2. Justificación e importancia del tema

Actualmente las empresas tienen un ambiente muy competitivo. Las organizaciones modernas buscan optimización de sus recursos, ingresar a nuevos mercados y esto les exige mejorar su funcionamiento con el propósito de lograr una ventaja competitiva sobre sus contrincantes. La toma de decisiones que se lleva a cabo dentro de las organizaciones debe ser rápida, oportuna, fundamentada en información¹ concreta, que permita tomar decisiones eficientes, efectivas y con un bajo costo para la empresa pues de ello dependerá el éxito o fracaso de una organización, (Effy Oz, 2001).

Las nuevas tecnologías y el avance exponencial en las comunicaciones han dado paso a una nueva época donde surge la necesidad de formar "organizaciones inteligentes". Es decir, organizaciones que sean capaces de un aprendizaje continuo, que les permita adaptarse a las necesidades y posibilidades del entorno. Para lograr estos propósitos, es necesario contar con información que habilite la toma de decisiones acertadas.

Con el nacimiento de la inteligencia artificial (IA) se plantea la posibilidad de diseñar máquinas "inteligentes", sistemas expertos, algoritmos genéticos, computación molecular o redes neuronales artificiales (RNA). Se define la IA como el estudio de, *agentes inteligentes* que reciben las percepciones del entorno y llevan a cabo las acciones; también trata las diferentes formas de representar esas funciones, tales como sistemas de producción, agentes reactivos, planificadores condicionales en tiempo real, redes neuronales y sistemas teóricos para las decisiones. En algunas de estas ramas los resultados técnicos van muy por encima de las realizaciones prácticas.

La toma de decisiones en IA, según Russell [2004:663], combina la teoría de la utilidad con la de la probabilidad para así construir un *agente inteligente* basado en la teoría de la decisión. Esta clase de agente puede adoptar decisiones en situaciones en las que un *agente lógico* no tiene forma de decidir debido a la presencia de la incertidumbre y objetivos contradictorios. Un *agente basado en objetivos* maneja una dicotomía entre estados buenos (cumplimiento de objetivos) y malos (no cumplimiento), mientras que un *agente basado en la teoría de la decisión* maneja una medida cuantitativa de la calidad de los estados.

Existen diversas tecnologías de información para la toma de decisiones las cuales presentan un panorama amplio del proceso de toma de decisiones no estructuradas y son las que tienen que ver con la inteligencia artificial, redes neuronales artificiales, sistemas expertos (SE), Sistemas de Apoyo para la Toma de Decisiones (DSS por sus siglas en inglés), Sistemas de Apoyo para la Toma de Decisiones en Grupo (GDSS por sus siglas en inglés) y Sistemas de Información para Ejecutivos (EIS por sus siglas en inglés), entre otros.

¹ (Chávez, 2014)



Una red neuronal artificial es un algoritmo matemático que simula en forma sencilla el funcionamiento en que las neuronas interactúan para procesar datos y aprender con la experiencia, [McLeod, 2000].

El autor Schalkoff (1997:2), en su libro “*Artificial Neural Networks*”; afirma que, “la estructura de una red está compuesta de un número de unidades interconectadas (neuronas artificiales). Cada unidad tiene una entrada/salida característica y se implementa con un cálculo local o función. La salida de cualquier unidad está determinada por su entrada/salida característica, su interconexión con otras unidades, y posibles entradas externas. La red desarrolla su funcionalidad a través de una o más formas de entrenamiento”.

Las RNA, son una tecnología computacional que puede utilizarse en un gran número y variedad de aplicaciones, tanto comerciales como militares. Se pueden desarrollar redes neuronales en un periodo de tiempo razonable y pueden realizar tareas concretas mejor que otras tecnologías convencionales, incluyendo a los sistemas expertos. Las redes neuronales presentan una alta tolerancia a fallos del sistema y proporcionan un alto grado de paralelismo en el proceso de datos. Por esta razón es posible implementar redes neuronales de bajo costo.

La importancia de las RNA radica en que pueden resolver problemas como los de visión o aprendizaje, y su procesamiento en paralelo resulta necesario si se quiere lograr respuestas en tiempo real [Martín y Sanz, 2002]. Inspiradas en el sistema nervioso creado por la naturaleza, la tecnología de redes neuronales se utiliza para resolver un amplio abanico de complejos problemas científicos, de ingeniería y empresariales. Las aplicaciones de las redes neuronales están surgiendo en la medicina, las ciencias y los negocios para resolver problemas de clasificación de patrones, análisis financieros y predictivos, control y optimización. La industria financiera está empezando a utilizar redes neuronales para descubrir patrones en vastas concentraciones de datos, lo cual podría ayudar a las empresas inversionistas a pronosticar el desempeño de capitales, clasificaciones de bonos corporativos o quiebras corporativas. Las redes neuronales artificiales son capaces de descubrir automáticamente relaciones, entrada-salida (o rasgos característicos) en función de datos empíricos, merced a su capacidad de aprendizaje a base de ejemplos, esto nos permite resolver problemas que ayuden a una mejor toma de decisiones.

Los objetivos que se persiguen al utilizar redes neuronales artificiales son mucho más modestos que la creación de un *cerebro artificial*. Las redes neuronales se utilizan en la resolución de problemas prácticos concretos, que normalmente no han sido resueltos mediante sistemas tradicionales. “Gracias a su capacidad de aprendizaje, robustez, no linealidad y tolerancia a la imprecisión e incerteza del entorno, desde hace unos años las redes neuronales, vienen alcanzando excelentes resultados en aplicaciones diversas”. Martín y Sanz. (2002:36).

Las RNA tienen una gran capacidad para deducir un significado de datos complicados o imprecisos, pueden ser utilizadas para detectar patrones o detectar una tendencia que es muy compleja de hallar con modelos determinísticos o por otras técnicas computacionales tradicionales. Una red entrenada puede ser vista como un experto en el manejo de la información que se le ha dado para analizar.



En el caso de este trabajo de investigación, se pretende plantear la metodología para diseñar la arquitectura y el modelo de una red neuronal, que permita mejorar la toma de decisiones para lograr una mejor clasificación de tutores del Posgrado de Ciencias de la Administración de la UNAM; aunque las variables involucradas son numerosas, se ha tomado un grupo pequeño y una muestra de éstas como ejemplo práctico para esta investigación; aunque, sabemos que las redes neuronales artificiales tienen una gran habilidad de manipular gran cantidad de datos o interpretar datos imprecisos. El diseño adecuado de la arquitectura de esta red neuronal artificial, permitirá no sólo realizar una adecuada clasificación de tutores sino realizar un seguimiento supervisado de las actividades a los estudiantes y tutores con eficiencia y oportunidad para evitar en gran medida la deserción escolar y aumentar, de ser posible, la eficiencia terminal, desde este punto de vista se hace necesario considerar las variables importantes que definen el perfil académico de los tutores, su disponibilidad de horario, así como sus áreas de interés y líneas de investigación, el área de conocimiento e interés de los estudiantes, al momento de realizar la clasificación, esto permitirá llevar cabalmente las actividades como lo establece el Sistema Tutorial, según el Reglamento General de Estudios de Posgrado².

Para el caso de estudio que nos ocupa, este trabajo de investigación pretende, contribuir a resolver la problemática que se presenta cuando no existe una buena clasificación de tutores en el Programa de Posgrado de Ciencias de la Administración de la UNAM:

- 1) Los alumnos requieren identificar los aspectos que directa e indirectamente contribuyen a su desempeño académico, con un tutor más adecuado a su perfil académico.
- 2) Una buena clasificación de los tutores es un factor fundamental para mejorar la eficiencia Terminal.

3. Preguntas de investigación

En base al planteamiento anterior se formulan las siguientes preguntas de investigación:

- ☺ *¿Cómo mejorar el proceso de toma de decisiones en un ambiente organizacional complejo?*
- ☺ *¿Cuáles son las ventajas de la aplicación de las redes neuronales artificiales para la clasificación de tutores en el Programa de Posgrado de Ciencias de la Administración de la UNAM a diferencia de técnicas estadísticas?*

4. Objetivos

- a) Evidenciar la utilidad de las redes neuronales en los sistemas de información, cuando el proceso de toma de decisiones es complejo con grandes volúmenes de información.

² REGLAMENTO GENERAL DE ESTUDIOS DE POSGRADO, CAP. III, Art. 25 al 28



- b) Evidenciar la utilidad de las redes neuronales en los sistemas de información para mejorar la toma de decisiones a través de la clasificación y el aprendizaje.

4.1 Objetivos específicos:

- a) Almacenar el aprendizaje de la historia de una organización para aprovecharlo en una mejor toma de decisiones.
- b) Diseñar la arquitectura de una red neuronal artificial para un sistema de información para clasificar, pronosticar y asignar de manera eficiente y eficaz profesores de acuerdo a sus perfiles académicos como tutores al Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración de la UNAM.

5. Hipótesis planteadas:

- a. El sistema neuronal artificial (ANS por sus siglas en inglés) mejora el proceso de la toma de decisiones cuando el ambiente organizacional es complejo; además, permite la incorporación del aprendizaje con base en la experiencia.
- b. El sistema neuronal artificial puede hacer que el sistema clasifique y aprenda, [McLeod, 2000], el modelo del perceptron multicapa [Rosenblatt 58] es el más adecuado para lograr que la clasificación de tutores sea más eficiente para dar seguimiento al Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración de la UNAM.

6. Metodología de la investigación.

La investigación se llevó a cabo de la siguiente manera:

- a) Se realizó una revisión bibliográfica de 30 modelos de redes neuronales.
- b) Se llevó a cabo un análisis y una clasificación de los modelos más importantes y se establecieron sus características.
- c) Se realizó un diagnóstico del Posgrado en Ciencias de la Administración de la UNAM.
- d) Con base en la problemática del Programa de Doctorado en Ciencias de la Administración, se identificó cuál era el modelo de red neuronal más apropiado.
- e) Una vez identificado el modelo más apropiado como el Perceptron multicapa, se establecieron sus características.
- f) Se elaboró la metodología para diseñar la arquitectura de la red neuronal. (Inciso 7).
- g) Se utilizó el paquete NeuroSolutions³ de la empresa Neurodimension, Inc., para procesar la red neuronal diseñada.

³ Copyright© 1994-2010. Este es el software utilizado para resolver el caso de estudio de este trabajo de investigación.



- h) A partir del diagnóstico del Posgrado, se realizaron entrevistas con los funcionarios del posgrado para conocer la problemática, se identificaron las variables más relevantes y se diseñó un instrumento para recolección de datos.
- i) Se obtuvo información académica de 265 tutores pertenecientes al claustro, quienes han graduado alumnos de doctorado, a estos datos se les llamó *grupo de entrenamiento* o datos de la capa de entrada a la red neuronal.
- j) Se obtuvo información relativa al desempeño de los 265 tutores, a estos datos se les llamó, *datos de salida* de la red.
- k) Para realizar el pronóstico del desempeño de los tutores de nuevo ingreso o *grupo de prueba*, se obtuvo información relativa a 18 tutores de recién ingreso, a estos datos se les llamó *grupo de prueba*; una vez que la red aprendió con los datos del *grupo de entrenamiento*.

7. Metodología para diseñar la arquitectura de una red neuronal artificial para el proceso de toma de decisiones.

Para resolver un problema mediante redes neuronales artificiales, se debe aplicar una metodología que presente aspectos comunes con las técnicas convencionales de datos (véase la figura 1). Aquí se describen los pasos que deben seguirse para el diseño y la aplicación de una red neuronal, basados en lo que afirman los autores Martín y Sanz (2002:36). En el punto 8, se muestran los pasos para resolver el ejemplo concreto de la clasificación de tutores del Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración de la UNAM.

7.1 Caso de estudio: clasificación de tutores en el Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración de la UNAM.

Para realizar el diseño de un sistema neuronal artificial debemos partir de una metodología, primero para diseñar la arquitectura de red más adecuada y después, para diseñar el sistema de información que se alimentará con la información de la red neuronal. El problema a resolver en este caso de estudio es conocido en redes neuronales como de generalización; es decir, la red neuronal se entrena con entradas y se realiza una prueba con casos diferentes. Dentro de los problemas típicos de generalización se encuentran los de clasificación y predicción. En este trabajo nos interesa llevar a cabo la clasificación de tutores; primero tendremos un *conjunto de entrenamiento* con experiencias de profesores tutores y luego la predicción de tutores candidatos (*conjunto de prueba o validación*); una vez que se han clasificado y pronosticado a los tutores, se creará una base de datos que alimentará un sistema de información, el cual nos permitirá asignarlos adecuadamente a los alumnos. Para lograr la clasificación se seguirá la metodología mostrada en la figura 2.

7.1.1 Análisis del problema.

Para analizar el problema primero revisamos la situación del Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración de la UNAM, el Sistema Tutorial Generacional, y cuál era la relación entre ambos; esto nos permitió saber que el problema planteado podía resolverse a través de redes neuronales artificiales.



7.1.2 Conclusiones del análisis

Los logros más importantes alcanzados en el Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración en el periodo 2003-2005, según señalaba el Dr. Ricardo Varela, Jefe de la División de Estudios de Posgrado de la FCA y Coordinador del mismo, en su Informe de Actividades del mismo periodo, han sido; “1. Ingreso del Doctorado en Ciencias de la Administración al Programa Integral de Fortalecimiento al Posgrado- CONACYT, 2. Aumento significativo en la eficiencia Terminal y 3. Consolidación del Sistema Tutorial”. Resalta el esfuerzo realizado por alcanzar estos logros, y reconoce que día a día se busca fortalecer la excelencia académica en este Programa de Posgrado.

Si nos referimos al ingreso, éste fue a todas luces en este periodo, muy significativo, ya que el número de inscritos de mayo de 2003 a mayo de 2005 fue de 528 alumnos, representando un incremento de 193% con respecto a lo planeado. Este aumento en la matrícula del doctorado se debió a la constante interacción del Cuerpo Tutorial con los alumnos y las autoridades, según afirmaba el Dr. Ricardo Varela.

Actualmente la coordinación del Doctorado se encuentra a cargo del Doctor Alfredo Delgado, quien informa que en el periodo 2007-1 a 2013-1, el Programa ha fortalecido sus índices de eficiencia terminal, logrando graduar en tiempo y forma al 53% de sus alumnos entre los semestres 2007-2 y 2009-2. Igualmente, el incremento de aspirantes indica que, pese a lo riguroso de su proceso de admisión, ha incrementado sus índices de aceptación debido a: la flexibilidad otorgada por su sistema no presencial y no escolarizado; la dedicación del 100% al trabajo de investigación; el número y la calidad de los miembros de su claustro tutorial; la conformación de los Comités Tutorial personalizados por proyecto y alumno y el ser un programa único en su género en Latinoamérica.

A pesar del aumento en el ingreso, y la mejora en la eficiencia terminal, en el Programa de Doctorado. El Programa de Posgrado de Ciencias de la Administración, requiere para su mejor funcionamiento de un sistema automatizado que contribuya a tomar decisiones para la clasificación de tutores al momento en que los estudiantes se inscriben a dicho Programa.

Actualmente, los estudiantes inscritos al posgrado son 1,432⁴ lo que respecta a la planta académica ésta consta de 265 tutores, de quienes se deben tomar las variables para conocer el área de especialidad de cada uno y finalmente 108⁵ líneas de investigación. Además, de la gran cantidad de información involucrada que tiene que ver con los datos de los profesores-tutores y alumnos, existe un elemento más de complejidad en la información, es debido a que el Programa comprende varias Entidades Académicas participantes, además de la Facultad de Contaduría y Administración, está la Facultad de Química, el Instituto de Investigaciones Sociales y el Instituto de Investigaciones Jurídicas, todas ellas contemplan líneas de investigación afines a las áreas de conocimiento que desarrolla el Programa. Esto da como resultado que los tutores no logren ser asignados adecuadamente, ya que la información es

4 Plan de Desarrollo de la Facultad de Contaduría y Administración Periodo 2013-2017/Dr. Juan Alberto Adam Siade/Director.

5 Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración, Volumen I, 1999, Fondo Editorial FCA, (Págs. 26-32)



diversa, variada y se convierte en grandes volúmenes. También existe un gran número de variables contenidas en todo este contexto.

En este trabajo se pretende pronosticar, a través de una red neuronal entrenada a los profesores tutores que sigan efectivamente el Sistema Tutorial Generacional. Para lo cual se consideran como variables: el área de conocimiento e interés de los profesores, su disponibilidad de horario, su experiencia académica y profesional, así como sus áreas de interés y líneas de investigación y algunas otras actividades que establece el Sistema Tutorial, según el Reglamento General de Estudios de Posgrado⁶.

7.3 Clasificación del modelo de red más adecuado al problema planteado.

Para clasificar el modelo de red más adecuado a nuestro problema se debe considerar:

- a. El número de capas
- b. La topología de la red
- c. El tipo de respuesta
- d. La forma de los datos de entrada y salida

7.3.1 Selección de valores de entrada (valores de entrenamiento).

Los valores que se usaron como conjunto de entrenamiento fueron tomados de los expedientes de 9 profesores tutores pertenecientes al Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración de la UNAM, y 10 más como tutores candidatos; los primeros 9 se consideran como datos de prueba y los 10 restantes como datos para validación, éstos serán los prospectos para que una vez que la red aprenda, y analizar si éstos califican como futuros tutores para el programa. Los datos se capturaron del instrumento de medición (mostrado en el anexo C) y con los expedientes de algunos profesores de posgrado de la FCA. Estos datos fueron obtenidos de las siguientes preguntas: 1. “Actividades”, 2. “Área de especialidad profesional”, 3. “Área de experiencia laboral fuera de la UNAM”, 4. “Área de experiencia laboral dentro de la UNAM”, 5. “Área de asignaturas impartidas en la UNAM”, 6. “Área de asignaturas impartidas en licenciatura”, 7. “Área de asignaturas impartidas en posgrado”, 8. “Área de cursos impartidos”, 9. “Área de cursos tomados”, 10. “Área de publicaciones”, 11. “Tipo de contratación”, 12. “Escolaridad” y 13. “Área de la línea de investigación”.

Los siguientes valores de entrada, se tomarán como variables independientes⁷, que en la jerga de redes neuronales son los *valores de entrenamiento*, los cuales serán valores discretos, éstos fueron obtenidos a través de un instrumento de medición.

Después de la captura de los datos de la capa de entrada, procederemos a encontrar los valores objetivo, es decir, los valores de la capa de salida.

⁶ REGALAMENTO GENERAL DE ESTUDIOS DE POSGRADO, CAP. III, Art. 25 al 28

⁷ Término estadístico



7.3.2 Selección de valores de salida (valores objetivo).

Los valores de salida, se tomarán como *variables dependientes*⁸, que en la jerga de redes neuronales son los *valores objetivo*, los cuales serán también valores discretos, y éstos serán obtenidos a través del comportamiento de algunos de los tutores inscritos actualmente en el Sistema Tutorial Generacional y que corresponden a la salida como: “cualidades de un buen tutor” o “cualidades de un mal tutor”.

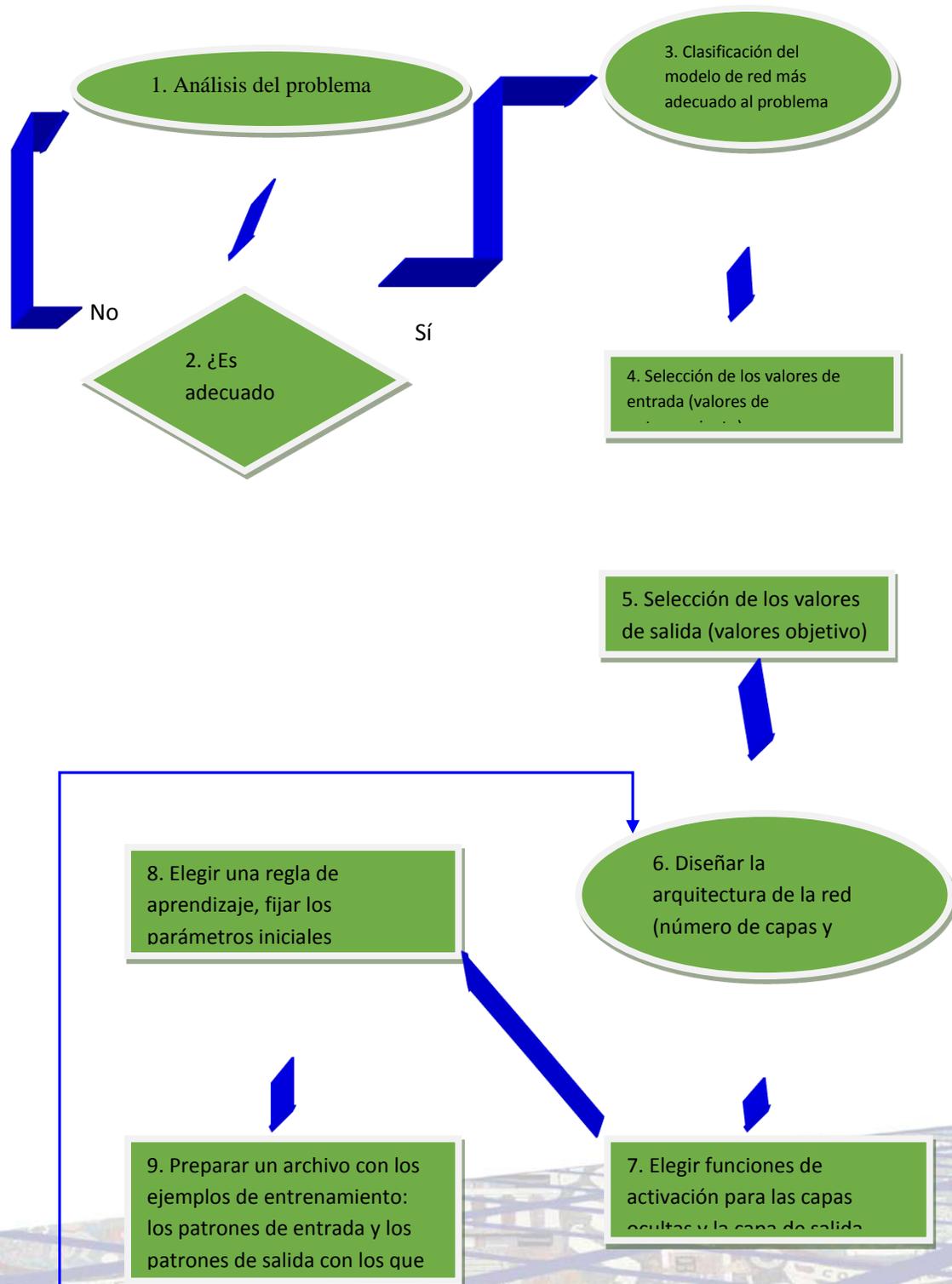
⁸ Término estadístico

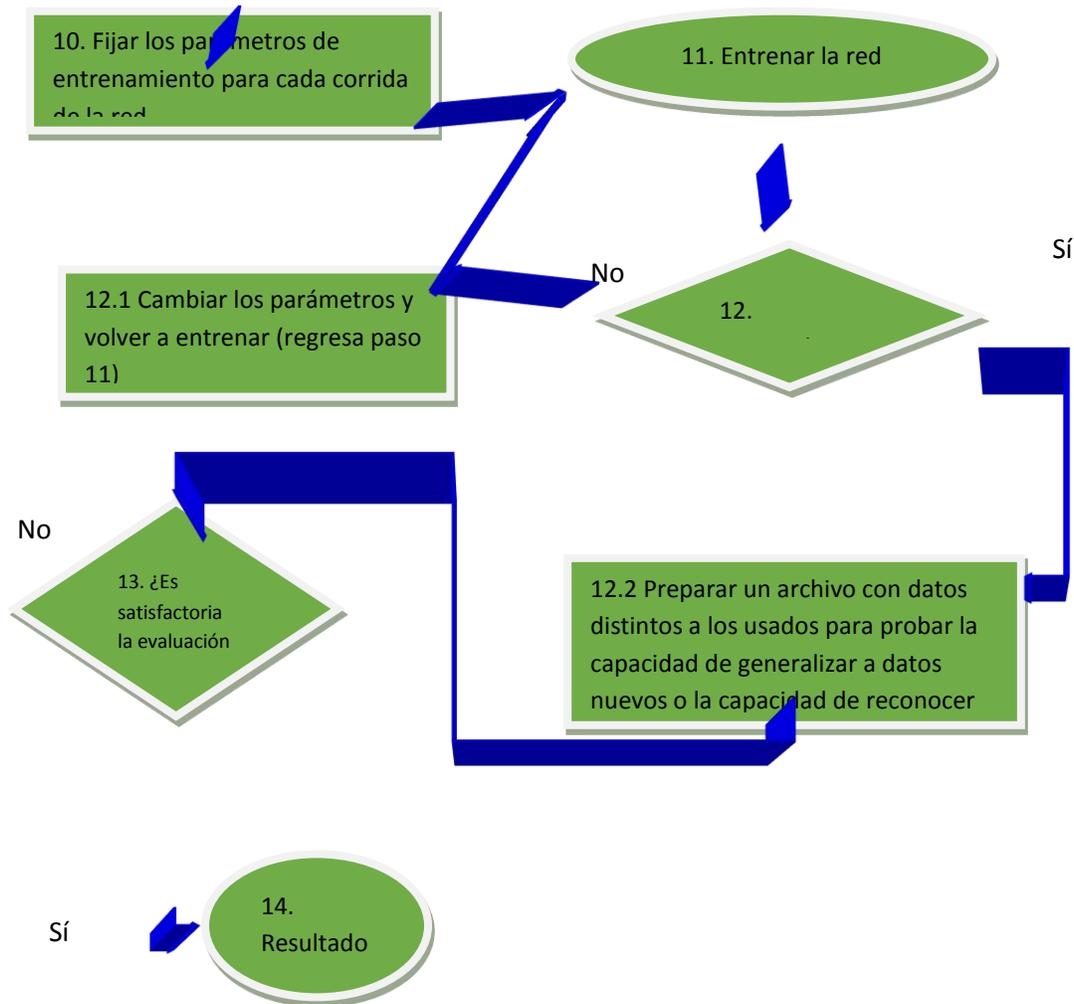


Figura 1. Descripción de los pasos metodológicos para diseñar la arquitectura de una red neuronal para un problema específico.



Figura 2. Metodología para diseñar la arquitectura de la red neuronal





“Cualidades de un mal tutor” = 0

“Cualidades de un buen tutor” = 1

8. Definición de la arquitectura de la red neuronal artificial para el caso de estudio propuesto.

Para definir la arquitectura nos basamos en los resultados de la metodología descrita en la figura 2, donde ya describimos es modelo de la red que usaremos en esta investigación y éste es un perceptron multicapa, con 2 capas, con “conexiones hacia adelante”, con un tipo de aprendizaje supervisado (con un algoritmo de corrección de error), con un tipo de asociación entre las informaciones de entrada y salida heteroasociativa, por la representación de la información de entrada y salida, ésta se clasifica como una red híbrida, es decir la entrada es



analógica y la salida binaria. Por todo esto, y por la descripción de la información de entrada y salida, podemos al fin definir la arquitectura de la red como se muestra en la figura 3.

9. Resultados obtenidos al correr la red neuronal artificial propuesta⁹

Los resultados que se obtuvieron al correr la red neuronal descrita en la figura 3, con el software de *Neurosolutions*, correspondieron a tres pruebas y tres reportes de entrenamiento de la red, como se describe a continuación:

El tipo de reportes de entrenamiento que se obtuvieron fueron para la *clasificación* de tutores, el número de entradas a la red, fue de 19, el número de capas ocultas fue de una y el número de salidas, de 2. La sinapsis del procesamiento con 3 entradas y 2 salidas. Las sinapsis del momento con 2 entradas y tres salidas. El número de etapas fue de 1000. En la capa oculta se introdujeron 9 casos para el “Entrenamiento” y 10 casos para la “Prueba”. El valor del momento en la capa oculta fue de 0.7. El tamaño de la etapa de la capa oculta fue de 0.1. El momento de salida fue de 0.7 y el tamaño de la etapa de salida fue de 0.1. Los datos de acceso se manejaron con validación cruzada. La función de transferencia que se usó fue la *Tangente Hiperbólica*. El tipo de aprendizaje fue dirigido tipo *Backpropagation*. En cuanto al almacenamiento de los datos, el tamaño del Buffer fue de 10 cada 10 mensajes. La tabla 1 muestra los valores del mejor ajuste con lo cual se comprueba que los pesos sinápticos se mantuvieron estables como los errores: de Entrenamiento con 0.87037, de Validación de 0.871795 y de Prueba 0.895833. Lo que significa que la red ya está entrenada.

Tabla 1. Valores de la red con el mejor ajuste

Parámetro	Valor
ID	8
Arquitectura	[29-51-1]
# de pesos	373
Error de Entrenamiento	0.87037
Error de Validación	0.871795
Error de Prueba	0.895833

Copyright © 2001-2010 Ayuda Research, Inc

⁹ Los resultados completos se encuentran en la referencia (Bribiesca, 2006)



9.1 Algunos de los resultados del entrenamiento de la red neuronal artificial.

Los resultados del entrenamiento después de 500 iteraciones se muestran en la tabla 2, donde pueden apreciarse los pesos de la función discriminante, la variable con más peso es la que corresponde a la “Evaluación del Tutor por parte del alumno”, la cual representa casi un 23%; Le siguen en importancia las variables relativas al año y semestre de ingreso al Programa con 15.8% y 22.5%. Con menos peso, le siguen las variables relativas a la actividad docente del tutor.

Tabla 2. Los pesos de la función discriminante

Nombre de la variable de entrada	Peso en %
1) Tutor Principal o Secundario	3.829943
2) Semestre de inscripción al Programa	15.764538
3) Año ingreso al Programa	22.564033
4) Inscritos hasta el 2002 graduados al 2006-2	2.189886
5) Número de semestres en el Programa al 2006-2 (en caso de no estar titulado)	0.773628
6) Edad del alumno al ingreso del Programa	1.228764
7) ¿Coincide el área del tutor con el área de investigación del alumno?	2.599909
8) ¿Pertenece al S.N.I. el tutor?	3.230108
9) ¿Tuvo beca el alumno?	5.356163
10) ¿Es académico el alumno?	7.471147
11) Edad del Tutor	4.277006
12) Número de alumnos del DCA como Tutor Principal en los 3 primeros años	1.936007
13) Número de alumnos del DCA como Tutor Secundario en los 3 primeros años	3.74285
14) Tipo de contratación del tutor en la UNAM	2.084323
15) Evaluación del tutor por parte del alumno	22.951695

Fuente: Ejecución con el Software NeuroIntelligence Copyright
© 2001-2010 Ayuda Research, Inc.

9.2 Ecuación de la función discriminante:

$$V_{dep} = 3.829943X_1 + 15.764538X_2 + 22.564033X_3 + 2.189886X_4 + 0.773628X_5 + 1.228764X_6 + 2.599909X_7 + 3.230108X_8 + 5.356163X_9 + 7.471147X_{10} + 4.277006X_{11} + 1.936007X_{12} + 3.74285X_{13} + 2.084323X_{14} + 22.951695X_{15}$$

Los 265 profesores tutores considerados para la ejecución de la res, se dividieron en tres grupos: un grupo de 172 fue considerado como datos de *Entrenamiento*, 75 como *Validación* y los 18 restantes como grupo de *Prueba*, estos últimos son los tutores que se clasificaron por la red neuronal y los resultados que nos arrojó se muestran en la siguiente matriz de clasificación. Tabla 3.



En la Tabla 3, puede observarse que 14 tutores, de los 18 considerados en el grupo de *Prueba*, estuvieron bien clasificados, lo que representa un 77.7 % del total de los datos de *Prueba*.

Tabla 3. Matriz de clasificación de los datos de prueba.

Deseada/salida	<i>Sí</i>	<i>No</i>
<i>Sí</i>	11	3
<i>No</i>	3	1

Fuentes: Ejecución con el Software Alyuda de NeuroIntelligence Copyright © 2001-2005 Ayuda Research, Inc. y

ejecución del modelo de red con el Software de NeuroDimension, Inc. Copyright 1994-2005, Versión 5.01, con datos de profesores del Programa de Doctorado en Ciencias de la Administración proporcionados por la coordinación (junio, 2010).

9. Conclusiones

Las nuevas tecnologías y el avance exponencial en las comunicaciones han dado paso a una nueva época donde surge la necesidad de formar "organizaciones inteligentes". Es decir, organizaciones que sean capaces de un aprendizaje continuo, que les permita adaptarse a las necesidades y posibilidades del entorno. Para lograr estos propósitos, es necesario contar con información que habilite la toma de decisiones acertadas.

Dado que la toma de decisiones es una actividad fundamental en las organizaciones actuales para su buen funcionamiento. Comprender cómo las Tecnologías de Información, en especial la IA con el manejo de RNA, pueden servir de apoyo a dicho proceso, fue el objetivo central de este trabajo de investigación. En este sentido, en este trabajo se diseñó la arquitectura de un modelo de red neuronal para un sistema de información que permitirá mejorar el proceso para la toma de decisiones en cuanto a la clasificación de tutores del Programa de Posgrado de Ciencias de la Administración de la UNAM y así mejorar la eficiencia Terminal

Las conclusiones de este trabajo muestran que las dos hipótesis planteadas al inicio del mismo, se cumplen:

En cuanto a la hipótesis 1:

- El modelo planteado de una red neuronal artificial, presentado en este trabajo de investigación, mejora el proceso de la toma de decisiones cuando el ambiente organizacional es complejo, como es el caso de la clasificación de tutores en el Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración de la UNAM.



En cuanto a la hipótesis 2:

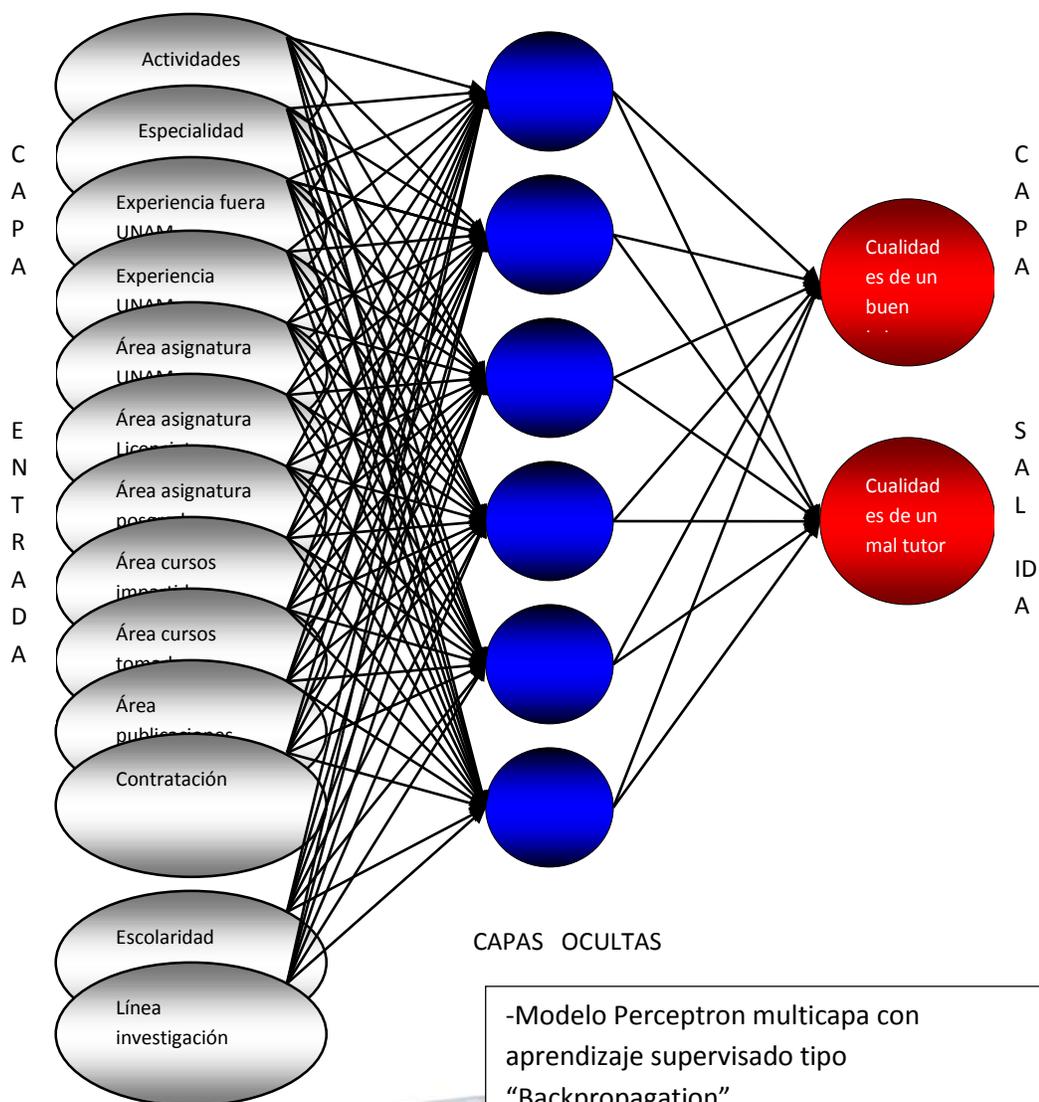
- El sistema neuronal artificial, que se plantea en este trabajo de investigación, puede hacer no sólo que éste aprenda sino también que generalice, el Perceptrón multicapa, resulta ser es el más adecuado de las RNA para lograr que la clasificación de tutores sea más eficiente y dar así seguimiento al Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración de la UNAM. Por lo anterior podemos afirmar que las redes neuronales permiten la clasificación adecuada de tutores para incrementar la eficiencia Terminal.

Para el caso de estudio presentado en esta investigación, se llevaron a cabo tres pruebas, las cuales resultaron suficientes para clasificar a los tutores candidatos al Programa. Los reportes que se generaron con las pruebas y el entrenamiento de la red se anexarán en el



Figura 3. Arquitectura de la red neuronal que clasifica tutores en el programa de Posgrado

trabajo completo de esta investigación a las personas interesadas (Bribiesca, 2006).



Fuente: Aportación propia

-Modelo Perceptron multicapa con aprendizaje supervisado tipo "Backpropagation"
 - Función de activación: tangente hiperbólica

Bibliografía

- 1 Bonsón, Enrique, “*Tecnologías Inteligentes para la Gestión Empresarial*”, Editorial Alfaomega, Ra-
- 2 Cohen, “*Sistemas de Información para la Toma de Decisiones*”, 2ª Edición, Editorial McGraw-Hill,
- 3 Effy Oz, “*Administración de sistemas de información*”, Thomson Learning, México, 2001, ISBN
- 4 Giarratano Joseph “*Sistemas expertos, principios y programación*”, Tercera edición, Internacional
- 4 Grossberg, “*Some nonlinear networks capable of learning a partial pattern of arbitrary*
- 5 Hebb, D. *Organization of Behavior*. John Wiley & Sons, New York. 1949. (Reimpreso
- 6 Hilera, Martínez. “*Redes Neuronales Artificiales. Fundamentos, Modelos y Aplicaciones*”, ISBN
- 7 Hopfield, J *Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities*.
- 8 Isasi Viñuela, Galván León, *Redes de Neuronas Artificiales Un Enfoque Práctico*, Editorial Pearson
- 10 Kendall, Kenneth & Kendall Julie,” *Análisis y Diseño de Sistemas*”, ISBN 968-880-694-3, México,
- 11 Kohonen. “*Self-organized formation of topologically correct feature maps*”. Biological
- 12 Laundon, Kenneth C y Laundon, Jane P. *Sistemas de información gerencial*, Editorial Pearson
- 13 Levin, Richard I., “*Estadística para Administradores*”, 1988, ISBN 968-880-1526, Editorial
- 14 Llinás, Rodolfo, R. “*El cerebro y el mito del yo: El papel de las neuronas en el pensamiento y el*
- 15 Martín y Sanz. “*Redes Neuronales y Sistemas Difusos*”. Editorial Alfaomega, 2002, ISBN 970-15-
- 16 McLeod, Raymond Jr. *Sistemas de información gerencial*, Editorial Editorial Pearson Education, S.
- 17 Moravec, H. *Mind Children. The Future of Robot and Human Intelligence*. Harvard University
- 18 Masters, T. ”*Practical Neural Networks Recipes in C++*” Academic Press, 1993.
- 19 O’Brien, “*Sistemas de Información Gerencial*”, 4ª Edición, Editorial McGraw-Hill, ISBN:
- 20 Pérez, Delgado María Luisa, Martín Quintín “*Aplicaciones de las Redes Neuronales Artificiales a*
- 21 PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN, “*Fundamentos del*
- 22 REGLAMENTO GENERAL DE ESTUDIOS DE POSGRADO Aprobado por el Consejo
- 23 Ribeiro Lair, “*Inteligencia Aplicada*”. Editorial Planeta, 2º edición, España, 2003, ISBN 84-08-
- 24 Rosenblatt F. “*The Perceptron: "A theory of statistical separability in cognitive systems"*, 1958,
- 25 Russell Stuart, Norving Peter, “*Inteligencia Artificial Un Enfoque Moderno*”, ISBN: 0-13-790395-
- 26 Schalkoff, Robert J. “*Artificial Neural Networks*”, (Computer Science), ISBN 0-07-115554-6
- 27 Simón, Herbert A. “*The New Science of Management Decision*”, ed. Rev. (Englewood Cliffs, N);
- 28 Software de NeuroSolutions. NeuroDimension, Inc. Copyright © 1994-2005, Version Number 5.01,
- 29 Varela, Ricardo A. “*Informe de Actividades 2003-2005*”, UNAM, 2005.
- 30 Widrow, B., Rumelhart, D. E., Lehr, M. E. *Neural networks: Applications in industry, business and*



31 Bribiesca, Graciela, *Redes neuronales artificiales para la toma de decisiones: caso de tutores del Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración de la UNAM*, 2006.

Tesis Doctoral. <http://132.248.9.195/pd2007/0613643/Index.html>

http://oreon.dgbiblio.unam.mx/F/?func=service&doc_library=TES01&doc_number=000613643&line_number=0001&func_code=WEB-BRIEF&service_type=MEDIA

32 Software de NeuroSolutions. NeuroDimension, Inc. Copyright 1994-2005, Version Number 5.01, Authors: Curt Lefebvre, Jose Principe, David Samson, Dan Wooten, Gary Geniesse, Michele Lucas, Craig Fancourt, Jason Gestenberger, Neil Euliano, Gary Lynn, Mark Allen, Dorothee Marossero.

Chávez, F. (13 de mayo de 2014). *Conocimientos Web.net*. Obtenido de Sistemas de información para Ejecutivos:

<http://www.conocimientosweb.net/portal/article827.html>

