

*SISTEMA EXPERTO COMO SOPORTE EN EL
DIAGNÓSTICO DE TRASTORNOS VASCULARES, EN EL
CASO ESPECÍFICO DE HEMORRAGIA SUBARACNOIDEA
SECUNDARIA A ANEURISMAS*

JENYS ESTHER CABEZA MANRIQUE

MONICA ESTHER OSPINO PINEDO

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

CARTAGENA, D.T.

2000

*SISTEMA EXPERTO COMO SOPORTE EN EL
DIAGNÓSTICO DE TRASTORNOS VASCULARES, EN EL
CASO ESPECÍFICO DE HEMORRAGIA SUBARACNOIDEA
SECUNDARIA A ANEURISMAS*

JENYS ESTHER CABEZA MANRIQUE

MONICA ESTHER OSPINO PINEDO

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar el título
de Ingenieros de Sistemas

Director
RUBEN SABOGAL BARRIOS
Médico Neurocirujano

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

CARTAGENA, D.T.

2000

Cartagena de Indias D.T. y C., 15 de Diciembre de 1999

Señores

COMITÉ EVALUACIÓN DE PROYECTOS

Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar
Ciudad

Respetados señores:

Por medio de la presente me permito someter a estudio y aprobación el Proyecto de Grado titulado **SISTEMA EXPERTO COMO SOPORTE EN EL DIAGNÓSTICO DE TRASTORNOS VASCULARES, EN EL CASO ESPECIFICO DE HEMORRAGIA SUBARACNOIDEA SECUNDARIA A ANEURISMAS**, realizado por las estudiantes **JENYS ESTHER CABEZA MANRIQUE** y **MONICA ESTHER OSPINO PINEDO**.

Atentamente,

RUBEN SABOGAL BARRIOS

Director

Cartagena de Indias D.T. y C., 15 de Diciembre de 1999

Señores

COMITÉ EVALUACIÓN DE PROYECTOS

Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar
Ciudad

Respetados señores:

Por medio de la presente nos permitimos hacer entrega forma del Proyecto de Grado titulado **SISTEMA EXPERTO COMO SOPORTE EN EL DIAGNÓSTICO DE TRASTORNOS VASCULARES, EN EL CASO ESPECIFICO DE HEMORRAGIA SUBARACNOIDEA SECUNDARIA A ANEURISMAS**, presentado como requisito parcial para obtener el título de **INGENIERAS DE SISTEMAS**.

Atentamente,

JENYS ESTHER CABEZA MANRIQUE MONICA ESTHER OSPINO PINEDO

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Cartagena de Indias, 2 de Junio del 2000

ARTICULO 105

La Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar, se reserva el derecho de propiedad intelectual de todos los trabajos de grado aprobados y no pueden ser explotados comercialmente sin su autorización.

DEDICATORIA

A DIOS, por sus bendiciones.

A mis padres, **Jaime Cabeza Vanegas** y **Asunción Manrique Moreno** por su comprensión y apoyo.

A mis hermanos, **Jaime Alfonso** y **Janer Antonio**.

A mis abuelos **Benjamin Manrique** y **Ruth Moreno**.

A la memoria de mis abuelos **Justino Cabeza** e **Hilda Vanegas**.

A toda mi familia a la cual aprecio mucho.

A **Egdar Escobar Díaz**, el amor de mi vida.

Jenys Esther Cabeza Manrique

DEDICATORIA

A DIOS, Creador Universal, quien me dio el soplo de vida y trazó para mí este camino para que yo transitara por él con éxito.

A mis padres, **Libardo Ospino Paternina** y **Atenaida Leonor Pinedo Fuentes**, quienes con su amor, cariño, consejos y comprensión supieron guiarme por el buen camino y hacer de mí la persona que hoy soy.

A mis hermanos **Libardo Enrique**, **Rebeca Eufemia** y **José Felix**, quienes han puesto la alegría en mí y me han hecho las cosas más fáciles

A mi abuela, **Vicenta Paternina**, quien con su gran amor y oración ha sido siempre una intercesora ante Dios por toda su familia.

A la memoria de mis abuelos, **Eufemia Fuentes**, **Enrique Pinedo** y **Felix Ospino**, quienes siempre han velado por mí desde el más allá.

A mi amor de toda la vida, **Ivan Javier Monterrosa Castro**, quien durante todos los años de mi carrera, con su gran amor, me acompañó, sufrió pacientemente mis angustias y me guió hasta alcanzar felizmente esta meta.

Monica Esther Ospino Pinedo

AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresan sus agradecimientos a:

Ruben Sabogal Barrios, Médico Neurocirujano, gestor e impulsor de este proyecto.

Paolo Sabogal Barrios, estudiante de Medicina por toda su colaboración.

Carlos Ferriol, Licenciado en Ciencias Computacionales.

Moisés Quintana, Licenciado en Ciencias Computacionales.

Departamento de Estadísticas del Hospital Universitario, especialmente a **Rosario Ortiz de Sabogal**.

Departamento de Estadísticas del Hospital Naval, especialmente a la **Capitana Martha Ardila**.

Todas aquellas personas que de una forma u otra colaboraron en la realización de este proyecto para que se convirtiera en una realidad.

Mil gracias,

Jenys Esther Cabeza Manrique

Monica Esther Ospino Pinedo

CONTENIDO

	Pag.
INTRODUCCIÓN	17
1. SISTEMAS EXPERTOS	21
1.1 ELEMENTOS DE UN SISTEMA EXPERTO	22
1.2 PARTES PRINCIPALES DE UN SISTEMA EXPERTO	22
1.3 TIPOS DE SISTEMAS EXPERTOS	23
1.4 ASPECTOS METODÓLOGICOS DE AYUDA AL DESARROLLO DE SISTEMAS EXPERTOS	25
1.5 EVALUACIÓN	28
1.6 SISTEMAS EXPERTOS HIBRIDOS	28
2. REDES NEURONALES ARTIFICIALES	31
2.1 QUÉ ES UNA RED NEURONAL ARTIFICIAL	31
2.2 PASOS A SEGUIR EN EL DISEÑO DE UNA RED NEURONAL	33
2.2.1 Conceptualización del Modelo	33
2.2.2 Obtención de los Datos	34
2.2.3 Procesamiento y Formateo de los Datos	34
2.2.4 Creación del Modelo de Entrenamiento	34
2.2.5 Entrenamiento de la Red Neuronal	35
2.2.6 Análisis de una Red Entrenada	36
2.3 APLICACIONES DE LAS REDES NEURONALES	38
2.4 TIPOS DE ARQUITECTURA DE REDES NEURONALES	38
2.4.1 El Perceptron	38
2.4.2 Back Propagation	39
2.4.3 Regla de Hebb	39
3. DISEÑO DE LA BASE DE DATOS	42
3.1 QUÉ ES UNA BASE DE DATOS?	42
3.2 CARACTERISTICAS DEL DISEÑO DE LA BASE DE DATOS	43
4. DESCRIPCIÓN DE ASPECTOS DEL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE	53
4.1 GENERALIDADES DEL DISEÑO DEL SOFTWARE	53
4.2 CARACTERÍSTICAS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE	55

4.3 ANÁLISIS DEL SOFTWARE	58
4.4 FORMA DE PRESENTACION DEL SOFTWARE	62
4.5 MÓDULOS DEL SISTEMA	63
5. CONCLUSIÓN	66
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFÍA	70
ANEXOS	71

LISTA DE ANEXOS

Anexo A Conceptos del modelo entidad relación

Anexo B Notación para los diagramas de entidad relación

Anexo C Encuesta realizada al experto para la obtención de la información

Anexo D Formato utilizado para recolectar los datos de las historias clinicas en los hospitales

Anexo E Programacion orientada a objetos (poo)

Anexo F Resultados de las pruebas realizadas

LISTA DE FIGURAS

- | | |
|----------|---------------------------------------|
| Figura 1 | Diseño de la base de datos relacional |
| Figura 2 | Diagrama de jerarquía |
| Figura 3 | Diagrama de flujo del sistema |

RESUMEN

La Inteligencia Artificial es un campo de la Informática que cada día está tomando mayor auge. Es así, como día tras día se ven salir nuevas y mejores aplicaciones en este campo que ante todo buscan mejorar la vida del hombre y librarlo de funciones mecánicas y repetitivas; las cuales pueden ser fácilmente implementadas por una máquina, dejando así de esta manera para el hombre, las acciones que se relacionan más con su naturaleza propia de ser humano y obligarlos a que cada día estén más y mejor preparados para que puedan ser realmente competitivos y no se sientan desplazados por la tecnología; el cual es el pensamiento de muchos que aún no han comprendido el objetivo que persigue todo el adelanto tecnológico que se está viviendo actualmente.

Dentro de la rama de la Inteligencia Artificial sobresalen los Sistemas Basados en Conocimiento, los Sistemas Expertos y las Redes Neuronales Artificiales. Cada uno de estos sistemas tiene ciertas características y ofrece algunas ventajas que los diferencian unos de otros y que son las que le permiten al usuario identificar la mejor opción, al momento de escoger, dependiendo de las necesidades que tenga y las labores que debe realizar el sistema.

Es así como en la actualidad vemos que la Inteligencia Artificial es cada vez más utilizada para aplicaciones que anteriormente se pensaba que sólo podrían ser realizadas por el ser humano, como son: diagnóstico, monitoreo,

reconocimiento de patrones, planeación, control, depuración, instrucción y otras más.

Uno de los campos en los que más se ha introducido la Inteligencia Artificial es en la Medicina, es así como ya se empiezan a ver en diferentes partes del mundo robots que pueden realizar cirugías, supervisados por médicos, pero que en realidad son realizadas completamente por los robots. Al igual que sistemas que se utilizan para el diagnóstico de enfermedades e incluso proporcionan el tratamiento médico que deben seguir los pacientes y le sugieren al médico las diferentes opciones que tiene para tratar el paciente.

El trabajo presentado a continuación es un Asistente Médico en el campo de la Neurocirugía que ayuda al diagnóstico de trastornos vasculares en el caso específico de hemorragia subarácnoidea secundaria a Aneurismas. Para la implementación de este software se utilizó un algoritmo de Redes Neuronales y una base de conocimientos que alimenta y enseña a la Red Neuronal (con el fin que ésta pueda emitir un diagnóstico veraz), formando así un Sistema Híbrido.

El Software aquí descrito lo primero que hace al empezar a estudiar un paciente, es capturar la información personal del paciente, lo cual constituye la Hoja Clínica del mismo, luego captura los Signos y Síntomas que presenta el paciente y los motivos de consulta que lo llevan hasta el médico. Con la información de Signos y Síntomas y con los Motivos de Consulta, el software comienza su proceso de diagnóstico; calculando unos pesos con los cuales alimenta la Red Neuronal y comparándolos con la base de conocimientos que se le ha suministrado previamente para, por último, emitir un diagnóstico de sí clasifica o no con los patrones que se están estudiando.

Cuando el diagnóstico del sistema no es el específico de éste (Hemorragia Subarácnoidea secundaria a Aneurismas), el sistema emite mensajes al

médico, informándole de otros posibles trastornos que pueda tener el paciente, asociados básicamente con la Cefaleas.

El software presenta también otras opciones complementarias que son de ayuda para el usuario final (médico) como son: impresión de reportes, búsquedas por el número de historia o por los apellidos del paciente y backups, que le permiten realizar una copia de seguridad de la información que tiene almacenada el programa en la base de datos.

Todas estas opciones que presenta el programa le son de gran ayuda al usuario final, al momento de realizar cualquier consulta o de querer hacer estudios.

INTRODUCCIÓN

Desde que naciera la Inteligencia Artificial como tal ciencia, a principios de los 60, hasta la actualidad, se han venido realizando numerosos trabajos, especialmente en los Estados Unidos, para el desarrollo de los diversos campos que componen la Inteligencia Artificial. De todos esos campos, quizá el que puede tener mayor número de aplicaciones prácticas sea el de los Sistemas Expertos, siendo dichas aplicaciones de utilidad en temas tan variados que pueden ir desde la medicina hasta la enseñanza, pasando por el CAD. En las empresas, los Sistemas Expertos empiezan a tener cada vez mayor auge, hasta el punto de ir suponiendo un punto de referencia importante en la toma de decisiones para la junta directiva. En realidad, incluso se podría decir que el límite de las aplicaciones objeto de los Sistemas Expertos está en la imaginación humana, siendo siempre de utilidad allí donde se necesite un experto.

No resulta fácil dar una definición de Sistema Experto, entre otras cosas, porque el concepto de Sistema Experto va evolucionando, ya que a medida que se va progresando, sus funciones se van ampliando y resulta un

concepto cambiante. Hace ya bastantes años, Edward Feigenbaum, de la Universidad de Stanford definió, en el Congreso Mundial de IA, un Sistema Experto como: "Un programa de computador inteligente que usa el conocimiento y procedimientos de inferencia para resolver problemas que son lo suficientemente difíciles como para requerir la intervención de un experto humano para su resolución". Hoy, con los avances conseguidos, resultaría más correcto definir un Sistema Experto como: "Un sistema informático que simula el proceso de aprendizaje, de memorización, de razonamiento, de comunicación y de acción de un experto humano en una determinada rama de la ciencia, suministrando, de esta forma, un consultor que puede sustituirle con unas ciertas garantías de éxito". Estas características le permiten almacenar datos y conocimiento, sacar conclusiones lógicas, tomar decisiones, aprender de la experiencia y los datos existentes, comunicarse con expertos humanos o Sistemas Expertos, explicar el porqué de las decisiones tomadas y realizar acciones como consecuencia de todo lo anterior.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un Sistema Experto Híbrido que sirva como soporte para los médicos no especialistas que se encuentran en las salas de urgencias de los diferentes centros de atención médica, en el diagnóstico de pacientes que presentan trastornos vasculares, en el caso específico de Hemorragia Subaracnoidea Secundaria a Aneurismas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar una investigación que permita determinar los requerimientos básicos que el sistema debe ser capaz de cuestionar, para así determinar un primer diagnóstico confiable.
- Estudiar los conceptos de Sistemas Expertos, Redes Neuronales y otros paradigmas de programación, como son: programación modular,

programación orientada a objetos, necesarios para el desarrollo de la aplicación.

- Identificar las variables principales relacionadas con la existencia de la Hemorragia Subarácnoidea Secundaria a Aneurismas.
- Recolectar información del personal especializado para alimentar la base de datos del Sistema Experto.

1. SISTEMAS EXPERTOS

Los Sistemas Expertos (SSEE) resuelven problemas que normalmente son solucionados por "expertos" humanos. Los SSEE fueron creados para un mayor entendimiento en un mundo particular, es decir, poder "educar" de algún modo a las computadoras, sobre algún tema particular para que éstas se las puedan transmitir a los humanos y suplirlos en algunas de sus funciones en tareas repetitivas o en ausencia de suficientes profesionales.

Es por esto, que se crearon SSEE que además, basándose en algunas reglas de acción y el análisis de posibilidades, nos dan una ayuda muy útil en todas las ramas de la acción humana. De este modo, se crearon SSEE para las tareas genéricas de monitoreo, diagnóstico y trabajos de simulación de la realidad.

1.1 ELEMENTOS DE UN SISTEMA EXPERTO

Base de Conocimientos: Contiene una gran cantidad de información sobre un tema específico, generalmente introducida por un experto en dicho tema, sobre el cual se desarrolla la aplicación.

Base de Hechos: Proporciona al sistema los datos sobre la situación concreta en la cual se va a realizar la aplicación.

Motor de Inferencia: Utiliza la base de conocimientos y la base de hechos, los fusiona y los combina realizando de esta manera, una serie de razonamientos acerca del problema que se le ha presentado.

Interface Hombre - Máquina: Son módulo de interacción con el usuario, o sea, posibilitan la fácil comunicación entre la máquina y el operador.

1.2 PARTES PRINCIPALES DE UN SISTEMA EXPERTO

La base de conocimientos y el motor de inferencias son las principales partes de un SSEE. El motor de inferencia busca la información y partiendo de ella deduce una respuesta o una solución para el usuario. Este contiene mecanismos lingüísticos que permiten al paquete realizar búsquedas de encadenamiento hacia delante y hacia atrás en los datos y reglas de la base

de conocimientos, esto significa que tiene la capacidad de contestar preguntas mediante mecanismos entrelazados contenidos en la base de conocimientos. Las categorías de Mecanismos de Inferencia son:

Determinismo: Lo inferido es una verdad universal.

Probabilístico: Son predicciones o probabilidades que no siempre son ciertas; se elige la probabilidad de mayor valor.

1.3 TIPOS DE SISTEMAS EXPERTOS

Interpretación: Infieren la descripción de situaciones por medio de sensores de datos, estos SSEE usan datos reales, con errores, con ruidos, incompletos, etc. Ejemplos: medición de temperatura, reconocimiento de voz, análisis de señales, etc.

Predicción: Infieren probables consecuencias de situaciones dadas. Algunas bases usan modelos de simulación para generar situaciones que puedan ocurrir. Ejemplos: predecir daños a cosechas por algún tipo de insecto.

Diagnóstico: Infieren las fallas de un sistema con base en los síntomas. Utilizan las características de comportamiento, descripción de situaciones o

conocimiento sobre el diseño de un componente para inferir las causas de la falla. Ejemplos: diagnóstico de enfermedades con base en síntomas, encontrar componentes defectuosos o fallas en circuitos.

Diseño: Configuración de objetos. Utilizan un conjunto de limitaciones y restricciones para configurar objetos. Utilizan un proceso de análisis para construir un diseño parcial y una simulación para verificar o probar las ideas. Ejemplos: configuración de equipos de oficina, de equipos de cómputo.

Planeación: Diseñan un curso completo de acción, se descompone la tarea en un subconjunto de tareas. Ejemplo: transferir material de un lugar a otro, comunicaciones, ruteo, planificación financiera.

Monitoreo: Comparan observaciones del comportamiento del sistema con el comportamiento standard, se compara lo actual con lo esperado. Ejemplo: asistir a un paciente de cuidados intensivos, tráfico aéreo, uso fraudulento de tarjetas de crédito.

Depuración: Sugieren remedios o correcciones de una falla. Ejemplo: sugerir el tipo de mantenimiento de cables dañados, la prescripción médica a un paciente.

Reparación: Sigue un plan para administrar un remedio prescrito. Poco se ha hecho, requiere planeación, revisión y diagnóstico.

Instrucción: Diagnostican, revisan y reparan el comportamiento de un estudiante. Ejemplo: educar a un estudiante de medicina, usa un modelo del estudiante y planea la corrección de deficiencias.

Control: Gobierna el comportamiento del sistema. Requieren interpretar una situación actual, predecir el futuro, diagnosticar las causas de los problemas que se pueden anticipar, formular un plan para remediar estas fallas y monitorear la ejecución de éste.

1.4 ASPECTOS METODOLÓGICOS DE AYUDA AL DESARROLLO DE SISTEMAS EXPERTOS

Para desarrollar un SE, se debe primero identificar y analizar el problema para poder saber si este problema tiene solución a partir de una serie de reglas y experiencias, luego se tiene que idear algún modo de adquirir y modelar el conocimiento y por último reducirlo a nivel simbólico para poder educar así a la máquina.

Lo primero que se debe hacer es saber si el problema es abarcable por un SE, es decir que cumpla las siguientes condiciones:

- **Información Declarativa:** El verdadero desafío al programar los SSEE es encontrar alguna manera de capturar el conocimiento usado por los expertos en cuestión, en otras palabras, la forma de ir educando a las máquinas.

Para ello, se hace inevitable la necesidad de considerar al conocimiento como modular, y de este modo si un SE en desarrollo falla en algunas de sus conclusiones, sería lógico pensar que esto se debe de alguna manera al hecho de que falta algún conocimiento o experiencia en el programa como para dar con el resultado satisfactorio. Como es generalmente difícil poder cambiar las largas líneas de código para alterar o actualizar algún dato de la base de conocimientos, entonces se programa a los SSEE de alguna manera para que puedan ser actualizados y mantenidos por los usuarios.

Esta condición de que el conocimiento debe ser considerado como un módulo, impide la solución de problemas en que intervenga el sentido común o el conocimiento de otras áreas del saber humano.

- **Ventajas de la Interfaz:** Como las inferencias hechas por un SE son similares a las hechas por los mismos expertos humanos, el comportamiento de un SE es naturalmente amigable, y los usuarios

generalmente pueden manejar el sistema. Otra ventaja es que el conocimiento faltante en la base de conocimientos puede ser fácilmente obtenida de un modo natural.

- **El SE debe ser capaz de explicar sus conclusiones:** La característica más importante de los SSEE es su habilidad para explicar sus conclusiones. Esto se debe a que se puede defender las conclusiones en términos de las oraciones de la base de datos que fueron usados para llegar a esa conclusión.

La importancia de este proceso no es sólo que de esta forma se puede verificar fácilmente algún razonamiento incorrecto de la máquina o tal vez la falta de algún conocimiento importante para llegar a una conclusión valedera, sino que de esta forma la máquina es capaz de enseñar a los humanos a partir de sus experiencias.

1.5 EVALUACIÓN

Para resolver un problema o contestar una pregunta un sistema experto posee una gran cantidad de posibilidades a elegir. Para la elección de una de esas posibilidades se les estructuran mediante "árboles" donde cada nodo representa una posibilidad y cada uno de ellos conduce a otro nodo (otra posibilidad) y así sucesivamente; a cada nodo le corresponde un valor

teniendo en cuenta las siguientes posibilidades y será seleccionado el de mayor valor.

Un ejemplo es la computadora de DEEP BLUE que para el juego de ajedrez evalúa cada jugada según la posición en el tablero de cada ficha, las fichas amenazadas las captura ya sea del computador o del contrincante, eligiendo la de mayor valor para el programa.

1.6 SISTEMAS EXPERTOS HIBRIDOS

Algunas de las definiciones de la palabra *híbrido* incluyen 1) algo de origen mezclado, 2) el injerto de dos animales o plantas de diferentes razas, variedades o especies o 3) un substancia compuesta. El desarrollo de los híbridos han jugado un rol muy particular en la agricultura. Muchas plantas híbridas han sido desarrolladas para exhibir características que son muchas veces mucho mejor que la de sus ascendientes.

Otro híbrido de interés reciente es aquel de materiales compuestos. Davidson (1988) expuso que "los materiales compuestos son considerados como los desarrollos más excitantes en la tecnología moderna". Uno de esos híbridos es conocido como carbón - carbón, un material compuesto que ha sido utilizado en esfuerzos e investigaciones super secretas.

En este proyecto, se usará el término *híbrido* para designar una herramienta para la toma de decisiones que ha sido formada a través de la combinación de dos o más clases diferentes de herramientas de análisis de decisiones. Más específicamente, cuando nos referimos a Sistema Experto Híbrido, se infiere que estamos discutiendo acerca de una herramienta de análisis de decisión formada a través de la combinación de un sistema experto y alguna otra metodología.

Dentro del campo de la IA hay una definición alternativa de Sistemas Expertos Híbridos. Específicamente, este término es algunas veces reservado para Sistemas Expertos que usan más una forma de representación del conocimiento.

Importancia de los Sistemas Expertos Híbridos

No siempre todos los problemas pueden ser solucionados o deben ser resueltos por un sistema experto. Además, aunque muchas veces las soluciones proporcionadas por los sistemas expertos son apropiadas, los resultados obtenidos son marginalmente aceptables. O quizás algunas de ellas pueden ser aceptables, pero no se acercan a aquellas que podrían ser obtenidas a través de un nivel de esfuerzo mayor o tiempo adicional.

Por lo expuesto anteriormente, hay ocasiones en las cuales además de las técnicas usadas por los sistemas expertos, se necesitan otras adicionales para agregarle a la aplicación características que no las tendrían con el sólo uso de las primeras. Entre las otras técnicas que se pueden utilizar para lograr un Sistema Experto Híbrido están: las Redes Neuronales, la Programación clásica, entre otras.

2. REDES NEURONALES ARTIFICIALES

2.1 QUÉ ES UNA RED NEURONAL ARTIFICIAL.

El cerebro humano continuamente recibe señales de entrada de muchas fuentes y las procesa a manera de crear una apropiada respuesta de salida. Nuestros cerebros cuentan con millones de neuronas que se interconectan para elaborar " Redes Neuronales ". Estas redes ejecutan los millones de instrucciones necesarias para mantener una vida normal. Desde hace algunos años, algunos investigadores han estado creando modelos, tanto en hardware como en software, que interpretan la actividad cerebral en un esfuerzo por producir una forma de inteligencia artificial.

"

Muchos modelos teóricos o paradigmas, datan desde los años 50's. Muchos de ellos tenían aplicaciones limitadas en el mundo real, teniendo como consecuencia que las Redes Neuronales Artificiales (RNA) permanecieran en la obscuridad por décadas.

Las RNA están compuestas de un gran número de elementos de

procesamiento altamente interconectados (Neuronas) trabajando al mismo tiempo para la solución de problemas específicos. Las RNA, tal como las personas, aprenden de la experiencia.

En cualquier caso, se trata de una nueva forma de computación que es capaz de manejar las imprecisiones e incertidumbres que aparecen cuando se trata de resolver problemas relacionados con el mundo real (reconocimiento de formas, toma de decisiones, etc..), ofreciendo soluciones robustas y de fácil implementación.

Las RNA están compuestas de muchos elementos sencillos que operan en paralelo, el diseño de la red está determinado mayormente por las conexiones entre sus elementos.

Las RNA han sido entrenadas para la realización de funciones complejas en variados campos de aplicación. Hoy en día pueden ser entrenadas para la solución de problemas que son difíciles para sistemas computacionales comunes o para el ser humano.

Existen diferentes tipos de entrenamiento. El entrenamiento es supervisado si se utiliza en el proceso la salida deseada de la red, que en su etapa de operación normal ya no necesitará los patrones de entrenamiento.

2.2 PASOS A SEGUIR EN EL DISEÑO DE UNA RED NEURONAL.

2.2.1 Conceptualización del modelo. Lo primero que se debe hacer es formular la idea para el modelo, sea cualquier modelo que se desee crear, se deben conceptualizar las entradas y salidas que se van a utilizar. Decidiendo así que es lo que se va a predecir o determinar con el modelo. Esta información es para estar identificado con el modelo ya que se puede tratar de una sola salida o de un conjunto de datos (salidas múltiples). Después, se debe decidir cuáles son los factores que influyen en las salidas.

¿Que información deberá usar la red neuronal para entrenar un problema dado y predecir una respuesta?

Las entradas pueden ser muchas partes separadas de información o un sólo set de información que puede ser suministrada a través de varios nodos de entrada.

2.2.2 Obtención de los datos. Después de conceptualizar el modelo, los datos de entrada deberán ser recopilados, siendo esta la tarea más tediosa en el desarrollo del modelo. Si se cuenta con acceso a toda la información requerida a través de las bases de datos existentes, se tiene suerte; de otra forma, la información deberá ser accesada, por medio de otros recursos.

Los recursos comunes para la obtención de datos son: Información de servicios en línea, CD Rom's, datos generados por computadoras, entradas manuales de datos.

2.2.3 Procesamiento y formateo de los datos. Una vez que la fuente de datos de entrenamiento es identificada, es siempre mejor forma de inicializar el sistema en forma expandida , pre-procesando y formateando los datos. Muchas de las formas expandidas permitirán importar datos de múltiples fuentes y en una variedad de formatos. Una vez que los datos han sido recolectados, se debe determinar cuáles son los que necesitan pre-procesamiento.

2.2.4 Creación del modelo de entrenamiento. Con los datos de entrenamiento creados, se inicia el proceso de creación del modelo o arquitectura de la red neuronal, misma que depende de los requerimientos y necesidades. Es usualmente la mejor opción el iniciar con una simple red neuronal que conste de una capa escondida, misma que es de muy sencilla construcción y facilita la validación del modelo de acuerdo al comportamiento durante su entrenamiento.

2.2.5 Entrenamiento de la red neuronal. El aprendizaje de una red se puede producir de tres formas:

- **Aprendizaje supervisado:** consiste en introducir una serie de patrones de entrada a la red y a su vez mostrar la salida que se quiere tener. La red es capaz de ajustar los pesos de las neuronas de forma que a la presentación posterior de esos patrones de entrada la red responde con salida memorizada.
- **Aprendizaje no supervisado:** se presentan los patrones de entrada a la red y ésta los clasifica en categorías según sus rasgos más sobresalientes.
- **Aprendizaje autosupervisado:** la propia red corrige los errores en la interpretación empleando una realimentación.

Mediante la variación de los parámetros de entrenamiento, se llega a ciertos valores que son los más indicados para el buen funcionamiento de la misma, tomando en cuenta, también, los valores que nos muestre durante el entrenamiento, mismos que nos sirven como directivas para el mejoramiento del algoritmo de entrenamiento.

2.2.6 Análisis de una red entrenada. Cuando el entrenamiento ha concluido (o esté cerca de concluir) se debe analizar el comportamiento con los valores de prueba. Una vez analizada con los valores de prueba, se

debe nuevamente analizar, pero con valores que sean ajenos a los valores de prueba, con la consigna de ver cómo se comportará la red en la vida real. Dónde también se pueden comprobar los valores obtenidos con otros modelos de redes neuronales para poder así, determinar el modelo óptimo para cada aplicación específica.

2.3 APLICACIONES DE LAS REDES NEURONALES.

Las RNA han sido aplicadas a un número en aumento de problemas en la vida real y de considerable complejidad, donde su mayor ventaja es en la solución de problemas que son bastante complejos para la tecnología actual, tratándose de problemas que no tienen una solución algorítmica o cuya solución algorítmica es demasiado compleja para ser encontrada.

En general, debido a que son parecidas a las neuronas del cerebro humano, las RNA son bien nombradas ya que son buenas para resolver problemas que el humano puede resolver, pero las computadoras no. Estos problemas incluyen el reconocimiento de patrones y la predicción del tiempo. De cualquier forma, el humano tiene capacidad para el reconocimiento de patrones, pero la capacidad de las redes neuronales no se ve afectada por la fatiga, condiciones de trabajo, estado emocional, y compensaciones.

Las RNA son ampliamente utilizadas en las siguientes situaciones:

Aplicaciones Médicas, Monitoreo Ambiental, Aplicaciones Industriales, Nariz Artificial y Reconocimiento de Patrones.

Un área en la que las redes neuronales artificiales han tenido éxito ha sido el reconocimiento óptico de caracteres (ROC) ya sea impresos o manuscrito. El proceso de ROC no es trivial e implica el uso de técnicas sofisticadas de varios tipos. Por ejemplo, se requiere de técnicas de procesamiento de imágenes para convertir las escalas de gris en blanco y negro y representar estas imágenes con números binarios. Es muy probable que se requiera también de técnicas para traslapados. Muchas veces el proceso de obtención de las imágenes tiene problemas de alineación por lo que los caracteres deben ser rotados. Finalmente, habrá una etapa de reconocimiento de patrones de los datos binarios y es donde las RNA se han usado más.

Los primeros experimentos, alrededor de 1960, estaban basados en redes neuronales elementales, como Perceptron , Adaline y matrices de aprendizaje. Los primeros pasos, como siempre, fueron muy fáciles, pero pronto se vio que la realización de los sistemas biológicos eran muy difíciles de alcanzar. Incluso la alta capacidad de computación alcanzable por circuitos de computación paralela no resolvía los problemas.

2.4 TIPOS DE ARQUITECTURAS DE RNA

2.4.1 El Perceptrón. En 1943, Warren McCulloch y Walter Pitts originaron el primer modelo de operación neuronal, el cual fue mejorado en sus aspectos biológicos por Donald Hebb en 1948.

En 1962 Bernard Widrow propuso la regla de aprendizaje Widrow-Hoff, y Frank Rosenblatt desarrolló una prueba de convergencia, y definió el rango de problemas para los que su algoritmo aseguraba una solución. Él propuso los 'Perceptrons' como herramienta computacional.

2.4.2 Back Propagation. Una de las aplicaciones de las redes feedforward, con entrenamiento por propagación hacia atrás (back propagation).

2.4.3 Regla de Hebb. La más primaria y simple regla de aprendizaje es la de Hebb. Él propuso que el aprendizaje ocurre por modificación en los pesos (modificación en la tensión de la synapsis) de manera tal que si dos neuronas están activadas, al mismo tiempo, entonces el peso entre ellas debe ser incrementado. Sin embargo, una forma más fuerte de aprendizaje ocurre si también incrementamos los pesos de las neuronas si ambas están desactivadas al mismo tiempo.

A continuación se describirá la Regla de Hebb extendida (Mc Clelland y Rumelhart, 1988).

Algoritmo:

Paso 0: Inicializar todos los pesos $w_i = 0 \quad i = 0, \dots, n$

Paso 1: Para cada vector entrada de entrenamiento y su respectiva salida

s:t, hacer los pasos 2 a 4

Paso 2: Active las unidades de entrada $x_i = s_i \quad i = 0, \dots, n$

Paso 3: Active la unidad de salida $y = t$

Paso 4: Ajuste los pesos $w_i^{t+1} = w_i^t + x_i y_i \quad i = 0, \dots, n$

Nota: el sesgo es w_0 , este se ajusta exactamente igual que los demás pesos, para ello, se debe dar un valor a x_0 siempre igual a uno: $x_0 = 1$.

La actualización de los pesos también puede expresarse en notación vectorial:

$$w(\text{nueva}) = w(\text{vieja}) + xy$$

O en términos de cambio en los pesos

$$\Delta w = xy$$

$$w(\text{nueva}) = w(\text{vieja}) + \Delta w$$

Existen diversas maneras de implementación de la regla de Hebb. La anterior, requiere de un sólo paso a través de los patrones de entrenamiento.

3. DISEÑO DE LA BASE DE DATOS

3.1 QUÉ ES UNA BASE DE DATOS

La pretensión primera y última de las bases de datos es almacenar información, exactamente igual que los archivos; pero extienden el sentido de estos por que no sólo almacenan, sino que también estructuran los datos, organizando la información según un cierto modelo.

Este modelo de datos, define las estructuras básicas de información y las relaciones que entre ellas existen. El modelo se explicita al crear la base de datos abstrayendo las características de cada entidad de datos y las relaciones y dependencias entre las mismas.

3.2 CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO DE LA BASE DE DATOS

Es preciso mencionar que el objetivo del trabajo no es profundizar en el diseño de la Base de Datos, por lo tanto se hará una descripción general de los aspectos más importantes para el diseño de la base de datos¹.

Luego de haber analizado los formatos utilizados para recolectar la información de los pacientes (historias clínicas) se procedió a crear la base de datos donde se almacenaría esta información; de lo cual se obtuvo el diagrama de entidad relación² que se muestra en la Gráfica 1.

De este diagrama se obtienen las siguientes bases de datos en el Modelo Relacional:

- **Paciente** (NHC, fecha de ingreso, nombres, apellidos, sexo, raza, fecha de nacimiento, natural, residencia, procedencia, ocupación, grupo sanguíneo, estado civil, No Hijos).
- **Consulta** (N_Indice, NHC, fecha de consulta, cefalea, ppalpebral, vómitos, convulsiones, pconciencia, hemiparesia izquierda, hemiparesia derecha, otros motivos de consulta, fiebre, R. Esfínteres,

¹ En el anexo #1 encontrará mayor información acerca de las bases de datos y del Modelo Relacional, utilizado en este trabajo.

² En el anexo # 2 se encuentra la notación utilizada para los diagramas de entidad relación, la cual fue utilizada para obtener el diagrama de la Gráfica 1.

trastornos visuales, disartria, debilidad en piernas, signos meningeos de irritación, otros motivos de consulta, valor tensión, valor temperatura, valor FC, valor FR, antecedentes diabetes, antecedentes hipertensión, otros antecedentes, antecedentes alergias, antecedentes cirugías, antecedentes familiares, hábito fumar, hábito beber, hábito drogas alucinógenas, drogas hipotensoras, drogas vasodilatadoras, otras drogas, comienzo cefalea, naturaleza cefalea, ubicación cefalea, intensidad cefalea , horario cefalea, escala de glasgow, diagnóstico preliminar).

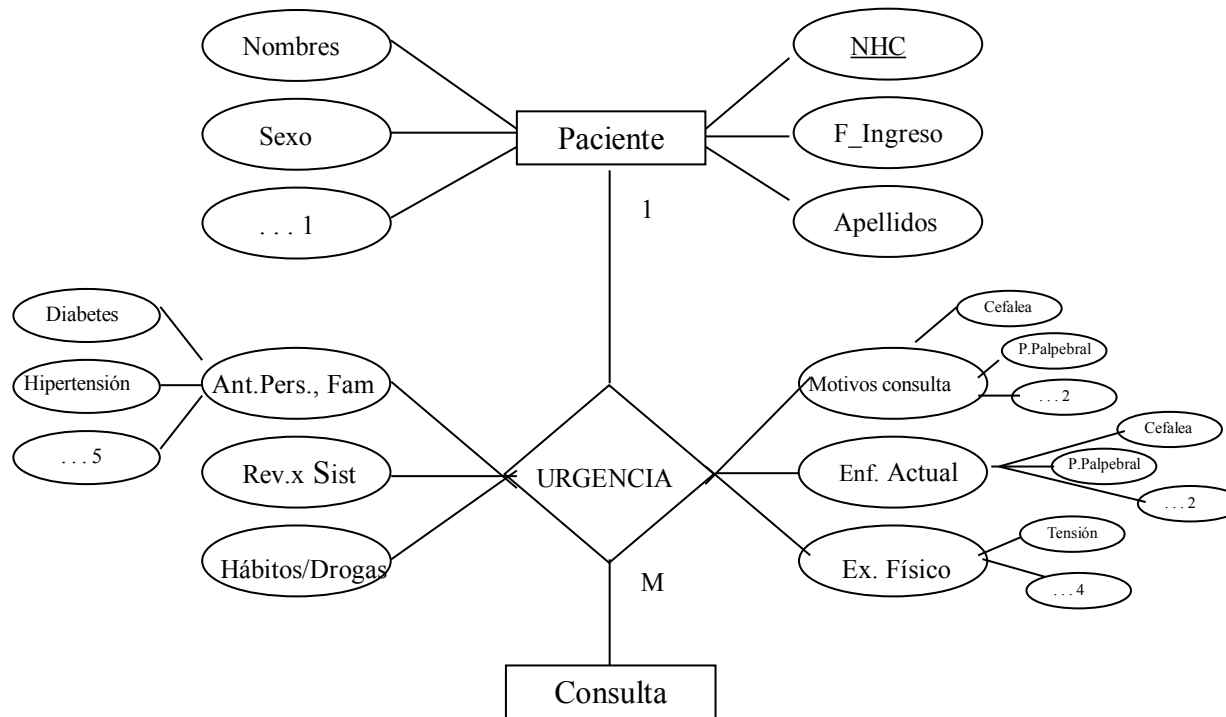


Figura 1. Diseño de la Base de Datos Relacional

- | | | | | | | | | | |
|------|--------------|------|---------------|------|--------------------------------|------|-------------------------|------|----------|
| ...1 | Raza | ...2 | Vómitos | ...3 | Trastornos visuales | ...4 | Frecuencia cardíaca | ...5 | Otros |
| | F_nacimiento | | Convulsiones | | Disartria | | Frecuencia respiratoria | | Alergia |
| | Natural | | P_consciencia | | Debilidad en piernas | | Temperatura | | Cirugías |
| | Residencia | | Hemiparesia | | Signos meningeos de irritación | | | | |
| | Procedencia | | Otros | | Otros | | | | |
| | Ocupación | | | | | | | | |
| | G_Sanguíneo | | | | | | | | |
| | RH | | | | | | | | |
| | Estado Civil | | | | | | | | |
| | No. Hijos | | | | | | | | |

DICCIONARIO DE DATOS

A continuación se detallan los campos de las dos tablas utilizadas (Paciente y Consulta) en la base de datos, se muestra información de los campos tal como: nombre, tipo y descripción.

1. Nombre de la Tabla: Paciente

Nombre del Campo : No. Historia
Tipo de Datos : Autoincremento
Descripción : Es el campo clave de la tabla, almacena un número consecutivo de las historias que se están guardando en la Base de datos. Es un campo requerido.

Nombre del Campo : F_Ingreso
Tipo de Datos : Fecha
Descripción : Almacena la fecha de ingreso del paciente en la Base de datos. Es un campo requerido.

Nombre del Campo : Apellidos
Tipo de Datos : Alfabético [50]
Descripción : Es el campo que almacena los apellidos del paciente en la Base de datos. Es un campo requerido.

Nombre del Campo : Nombres
Tipo de Datos : Alfabético [50]
Descripción : Es el campo que almacena los nombres del paciente en la Base de datos. Es un campo requerido.

Nombre del Campo : Sexo
Tipo de Datos : Alfabético [1]
Descripción : Es el campo que almacena el sexo del paciente en la Base de datos. Es un campo requerido.

Nombre del Campo : Raza
Tipo de Datos : Alfabético [7]
Descripción : Es el campo que almacena la raza del paciente en la Base de datos. Se consideraron las razas: negra, blanca y mestiza.

Nombre del Campo : F_Nacimiento
Tipo de Datos : Fecha

Descripción	:	Es el campo que almacena la fecha de nacimiento del paciente en la Base de datos. Es un campo requerido.
Nombre del Campo	:	Natural
Tipo de Datos	:	Alfabético [50]
Descripción	:	Es el campo que almacena el lugar de nacimiento del paciente en la Base de datos.
Nombre del Campo	:	Residencia
Tipo de Datos	:	Alfabético [50]
Descripción	:	Es el campo que almacena la dirección en la cual reside el paciente en el momento de la consulta.
Nombre del Campo	:	Procedencia
Tipo de Datos	:	Alfabético [6]
Descripción	:	Es el campo que almacena la procedencia del paciente en la Base de datos. Esta puede ser rural o urbana.
Nombre del Campo	:	Ocupación
Tipo de Datos	:	Alfabético [20]
Descripción	:	Es el campo que almacena la ocupación del paciente en la Base de datos.
Nombre del Campo	:	Grupo_Sanguineo
Tipo de Datos	:	Alfabético [2]
Descripción	:	Es el campo que almacena el grupo sanguíneo del paciente en la Base de datos. El grupo sanguíneo puede ser A, O, AB y B.
Nombre del Campo	:	Rh
Tipo de Datos	:	Alfabético [1]
Descripción	:	Es el campo que almacena el factor Rh del grupo sanguíneo del paciente en la Base de datos. El factor Rh puede ser: + ó -.
Nombre del Campo	:	Estado_Civil
Tipo de Datos	:	Alfabético [10]
Descripción	:	Es el campo que almacena el estado civil del paciente en la Base de datos. Puede ser: soltero, casado, viudo, separado ú otro.
Nombre del Campo	:	No. Hijos
Tipo de Datos	:	Numérico
Descripción	:	Es el campo que almacena el número de hijos del paciente en la Base de datos.

2. Nombre de la Tabla: Consulta

Nombre del Campo	:	No. Indice
Tipo de Datos	:	Autoincremento
Descripción	:	Es el campo clave de la tabla, almacena un número consecutivo de las consultas en la Base de datos. Es un campo requerido.

Nombre del Campo	:	F_Consulta
Tipo de Datos	:	Fecha
Descripción	:	Es que almacena la fecha de la consulta de un paciente que previamente ha sido introducido en la Base de datos. Un paciente puede tener en la Base de datos de Consulta varias fechas de consulta.
Nombre del Campo	:	No. Historia
Tipo de Datos	:	Entero
Descripción	:	Es el campo permite la integridad de los datos, los datos de afiliación de un paciente que no hayan sido guardados en la Base de datos, no se le puede hacer un registro de consulta porque no existe.
Nombre del Campo	:	H_Fumar
Tipo de Datos	:	Lógico
Descripción	:	Cuando está en True, indica que el paciente tiene hábitos de fumador, en caso contrario es False. El valor por defecto es False.
Nombre del Campo	:	H_Beber
Tipo de Datos	:	Lógico
Descripción	:	Cuando está en True, indica que el paciente tiene hábitos ingerir bebidas alcohólicas, en caso contrario es False. El valor por defecto es False.
Nombre del Campo	:	H_Drogas_Al
Tipo de Datos	:	Lógico
Descripción	:	Cuando está en True, indica que el paciente tiene hábitos consumir drogas Alucinógenas, en caso contrario es False. El valor por defecto es False.
Nombre del Campo	:	D_Hipotesoras
Tipo de Datos	:	Lógico
Descripción	:	Cuando está en True, indica que el paciente ingiere medicamentos hipotensores, en caso contrario es False. El valor por defecto es False.
Nombre del Campo	:	D_Vasodilatadoras
Tipo de Datos	:	Lógico
Descripción	:	Cuando está en True, indica que el paciente ingiere medicamentos vasodilatadores, en caso contrario es False. El valor por defecto es False.
Nombre del Campo	:	D_Otros_
Tipo de Datos	:	Alfabético [50]
Descripción	:	Es el campo donde se registras que otro tipos de drogas o medicamentos son ingeridos con frecuencia por el paciente.
Nombre del Campo	:	MC_Cefalea
Tipo de Datos	:	Lógico
Descripción	:	La cefalea es uno de los motivos de la consulta mas frecuentes de un paciente. Cuando está en True, indica que el paciente refiere entre los motivos de consulta la presencia de dolor de cabeza. El valor por defecto es False.
Nombre del Campo	:	MC_Vómitos

Tipo de Datos	:	Lógico
Descripción	:	Cuando está en True, indica que el paciente refiere entre los motivos de consulta la presencia de vómitos. El valor por defecto es False.
Nombre del Campo	:	MC_Convulsiones
Tipo de Datos	:	Lógico
Descripción	:	Cuando está en True, indica que el paciente refiere entre los motivos de consulta la presencia de convulsiones. El valor por defecto es False.
Nombre del Campo	:	MC_Inconsciencia
Tipo de Datos	:	Lógico
Descripción	:	Cuando está en True, indica que el paciente refiere entre los motivos de consulta la pérdida de la conciencia. El valor por defecto es False.
Nombre del Campo	:	MC_Ppalpebral
Tipo de Datos	:	Lógico
Descripción	:	Cuando está en True, indica que el paciente refiere entre los motivos de consulta ptosis palpebral, es decir, que tiene el párpado del ojo caído. El valor por defecto es False.
Nombre del Campo	:	MC_Hemi_Der
Tipo de Datos	:	Lógico
Descripción	:	Cuando está en True, indica que el paciente refiere entre los motivos de consulta la Hemiparesia Derecha, es decir, la pérdida de movilidad en el hemisferio derecho del cuerpo. El valor por defecto es False.
Nombre del Campo	:	MC_Hemi_Izq
Tipo de Datos	:	Lógico
Descripción	:	Cuando está en True, indica que el paciente refiere entre los motivos de consulta la Hemiparesia Izquierda, es decir, la pérdida de movilidad en el hemisferio izquierdo del cuerpo. El valor por defecto es False.
Nombre del Campo	:	MC_Otros_
Tipo de Datos	:	Alfabético [50]
Descripción	:	Es el campo donde se registra otros motivos de consulta que no aparezcan registrados en la pantalla de captura de datos y que son referidos por el paciente.
Nombre del Campo	:	EA_Relaj_Esf
Tipo de Datos	:	Lógico
Descripción	:	Cuando está en True, indica que el paciente presenta en Enfermedad Actual, relajación de esfínteres. El valor por defecto es False.
Nombre del Campo	:	EA_Fiebre
Tipo de Datos	:	Lógico
Descripción	:	Cuando está en True, indica que el paciente tiene fiebre. El valor por defecto es False.
Nombre del Campo	:	EA_T_Visuales
Tipo de Datos	:	Lógico

Descripción	:	Cuando está en True, indica que el paciente presenta trastornos en la visión (la pérdida de vista temporal, sensibilidad a la luz, entre otros). El valor por defecto es False.
Nombre del Campo	:	EA_Disartria
Tipo de Datos	:	Lógico
Descripción	:	Cuando está en True, indica que el paciente presenta dificultad para hablar. El valor por defecto es False.
Nombre del Campo	:	EA_D_Piernas
Tipo de Datos	:	Lógico
Descripción	:	Cuando está en True, indica que el paciente presenta debilidad en las piernas.El valor por defecto es False.
Nombre del Campo	:	EA_Sig_Men_Irr
Tipo de Datos	:	Lógico
Descripción	:	Cuando está en True, indica que el paciente presenta signos meníngicos de irritación, es decir, rigidez nuchal. El valor por defecto es False.
Nombre del Campo	:	MC_Otra
Tipo de Datos	:	Alfabético [50]
Descripción	:	Es el campo donde se registran otros signos de la enfermedad actual del paciente, que no aparezcan registrados en la pantalla de captura de datos.
Nombre del Campo	:	V_Tensión
Tipo de Datos	:	Alfabético [7]
Descripción	:	Es el campo que indica el valor de la tensión arterial del paciente.
Nombre del Campo	:	V_Temp
Tipo de Datos	:	Numérico
Descripción	:	Es el campo que indica el valor de la temperatura del paciente.
Nombre del Campo	:	V_FC
Tipo de Datos	:	Entero
Descripción	:	Es el campo que indica el valor de la frecuencia cardiaca del paciente. Su valor está determinado por la cantidad de pulsos por minuto.
Nombre del Campo	:	V_FR
Tipo de Datos	:	Entero
Descripción	:	Es el campo que indica el valor de la frecuencia respiratoria del paciente. Su valor está determinado por la cantidad respiraciones por minuto.
Nombre del Campo	:	A_Diabetes
Tipo de Datos	:	Lógico
Descripción	:	Cuando está en True, indica que el paciente tiene antecedentes de diabetes. El valor por defecto es False.
Nombre del Campo	:	A_Hipertensión
Tipo de Datos	:	Lógico

Descripción	:	Cuando está en True, indica que el paciente tiene antecedentes de hipertensión. El valor por defecto es False.
Nombre del Campo	:	A_Otro_
Tipo de Datos	:	Alfabético [50]
Descripción	:	Es el campo donde se registra otros antecedentes del paciente, que no aparezcan registrados en la pantalla de captura de datos.
Nombre del Campo	:	A_Alergias_
Tipo de Datos	:	Alfabético [50]
Descripción	:	Es el campo donde se registra los antecedentes de los elementos a los cuales es alérgico el paciente.
Nombre del Campo	:	A_Cirugias_
Tipo de Datos	:	Alfabético [50]
Descripción	:	Es el campo donde se registra los antecedentes de cirugías del paciente.
Nombre del Campo	:	A_Familiares
Tipo de Datos	:	Alfabético [50]
Descripción	:	Es el campo donde se registra los antecedentes familiares del paciente.
Nombre del Campo	:	C_Comienzo
Tipo de Datos	:	Alfabético [10]
Descripción	:	Es el campo donde se almacena cómo fue el comienzo del dolor de cabeza del paciente. Según el comienzo, la cefalea puede ser: súbito o insidioso.
Nombre del Campo	:	C_Evolución
Tipo de Datos	:	Alfabético [20]
Descripción	:	Es el campo donde se almacena cómo fue la evolución del dolor de cabeza del paciente. Según la evolución, la cefalea puede ser: aguda, subaguda (crónica) ó recurrente (cíclico).
Nombre del Campo	:	C_Naturaleza
Tipo de Datos	:	Alfabético [10]
Descripción	:	Es el campo donde se almacena cómo fue la naturaleza del dolor de cabeza del paciente. Según la naturaleza, la cefalea puede ser: gravativa, constrictiva o pulsátil.
Nombre del Campo	:	C_Ubicación
Tipo de Datos	:	Alfabético [10]
Descripción	:	Es el campo donde se almacena cuál es la ubicación del dolor de cabeza del paciente. Según la ubicación, la cefalea puede ser: frontal, temporal, occipital ó generalizada.
Nombre del Campo	:	C_Intensidad
Tipo de Datos	:	Alfabético [10]
Descripción	:	Es el campo donde se almacena cómo es la intensidad del dolor de cabeza del paciente. Según la intensidad, la cefalea puede ser: Baja o alta.

Nombre del Campo : C_Horario
Tipo de Datos : Alfabético [10]
Descripción : Es el campo donde se almacena las horas del día en que es más frecuente el dolor de cabeza del paciente. Según el horario, la cefalea puede ser: nocturno, vespertino o matutino.

Nombre del Campo : Rs_E_Glasgow
Tipo de Datos : Entero
Descripción : Es el campo donde se almacena el valor numérico de la escala de glasgow del paciente.

Nombre del Campo : Diagnóstico_Pre
Tipo de Datos : Alfabético [50]
Descripción : Es el campo almacena el diagnóstico preliminar.

4. DESCRIPCIÓN DE ASPECTOS DEL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE

4.1 GENERALIDADES DEL DISEÑO DEL SOFTWARE

Los Sistemas Expertos en muchas ocasiones no pueden ser implementados bajo un mismo esquema o parámetro, es decir, no se pueden trabajar totalmente con programación lógica o con lenguajes de programación propios de la Inteligencia Artificial, ya que las funciones que éstos van a desempeñar exigen características y propiedades que no siempre las puede brindar una sola herramienta.

Por lo tanto, para el correcto diseño e implementación de un sistema experto se deben analizar en forma bastante amplia las diferentes variables que lo caracterizan, lo que debe hacer, la forma cómo lo va a hacer, la forma en que va almacenar el conocimiento o la forma en que va a aprender, la interacción con el usuario y el desempeño que debe tener comparado con un experto humano. Todo esto, con el fin de diseñar e implementar el

sistema de una forma óptima, cumpliendo con las especificaciones trazadas al inicio del proyecto.

Para el diseño del software de este trabajo de grado se analizaron varios aspectos que éste debía cubrir para, posteriormente, escoger la herramienta o herramientas en las que se iba a implementar. Entre estos aspectos se encuentran:

- Interfaz con el usuario
- Contenidos y Ayudas para el usuario
- Almacenamiento de datos
- Desempeño

Una vez analizados estos aspectos, se empezaron a comparar los diferentes métodos existentes para realizar programas inteligentes que simulen la labor de expertos humanos como son: Redes Neuronales, Programación Declarativa o Lógica e incluso la programación tradicional o la combinación de diferentes técnicas, lo cual da origen a los Sistemas Expertos Híbridos.

Es así como se llegó a la determinación de que la mejor forma de llevar a cabo este proyecto era implementando un Sistema Experto Híbrido en el cual se involucrará:

- Un algoritmo de Redes Neuronales (Regla de Hebb) para el aprendizaje y el reconocimiento de patrones.
- El lenguaje de programación Delphi. Este es un lenguaje de programación orientado a objetos, el cual garantiza una buena interfaz gráfica, amigable, agradable, fácil de usar y de entender para el usuario.
- Almacenamiento de datos de historias clínicas que presentan el cuadro clínico de trastornos vasculares y cefaleas, recolectados en diferentes centros médicos de la ciudad. Estos datos son los que le proporcionan el conocimiento al sistema y son los que él va a tener en cuenta en el momento del diagnóstico.

4.2 CARACTERISTICAS DE LA IMPLEMENTACION DEL SOFTWARE

El software está en su totalidad implementado bajo los paradigmas de la Programación Orientada a Objetos³, por lo tanto, cumple con todas las características que esta lleva implícita, como son:

- Interfaz Gráfica: El usuario no se ve en la tediosa necesidad de aprender comandos para dar órdenes al sistema sino que le proporciona botones cuyos nombres mnemotécnicos le dicen al usuario la función que realizan.

³ Para mayor información acerca de la Programación Orientada a Objetos puede remitirse al anexo #5.

- Ayuda. Al usuario posicionar el puntero del mouse sobre una opción, se muestra un "Hint" o nota explicatoria de la función que se realiza al ejecutar esa opción. Al igual que contenidos, los cuales ilustran al usuario acerca de los diferentes datos que debe introducir y de las funciones que tiene el software.

- Poco uso del teclado y más uso del mouse.

- Ventanas. Estas se van abriendo a medida que el usuario va ejecutando la aplicación y utilizando las diferentes opciones que le presenta el programa.

El software utiliza un algoritmo de Redes Neuronales llamado Regla de Hebb⁴, el cual es ampliamente utilizado para el reconocimiento de patrones. La primera parte del algoritmo toma el archivo de datos (data.dat) y genera un archivo de pesos (pesos.dat). Esto lo hace analizando la información de los casos que se le han introducido al archivo de datos, a través de las neuronas de entrada.

Para el análisis de la patología se trabaja con trece (13) neuronas de entrada, las cuales se detallan a continuación:

⁴ El código de este algoritmo lo encuentra en la sección 2.4.3 Pag. 41.

1. Cefalea característica de Hemorragia Subarácnoidea
2. Cefalea característica de Meningitis
3. Pérdida de la conciencia
4. Hemiparesia (Izquierda y/o derecha)
5. Convulsiones
6. Ptosis palpebral
7. Fiebre
8. Debilidad en las piernas
9. Disartria
10. Trastornos visuales
11. Signos meníngicos de irritación
12. Antecedentes diabéticos
13. Antecedentes hipertensivos

Luego que el algoritmo analiza las 13 neuronas de entrada, las compara con los datos suministrados por el paciente, los cuales se encuentran ya almacenados en la base de datos, en el registro activo; emite su diagnóstico a través de una neurona de salida, que pasa a ser la neurona No.14, la cual indica si el patrón clasifica o no a la HSA.

4.3 ANÁLISIS DEL SOFTWARE

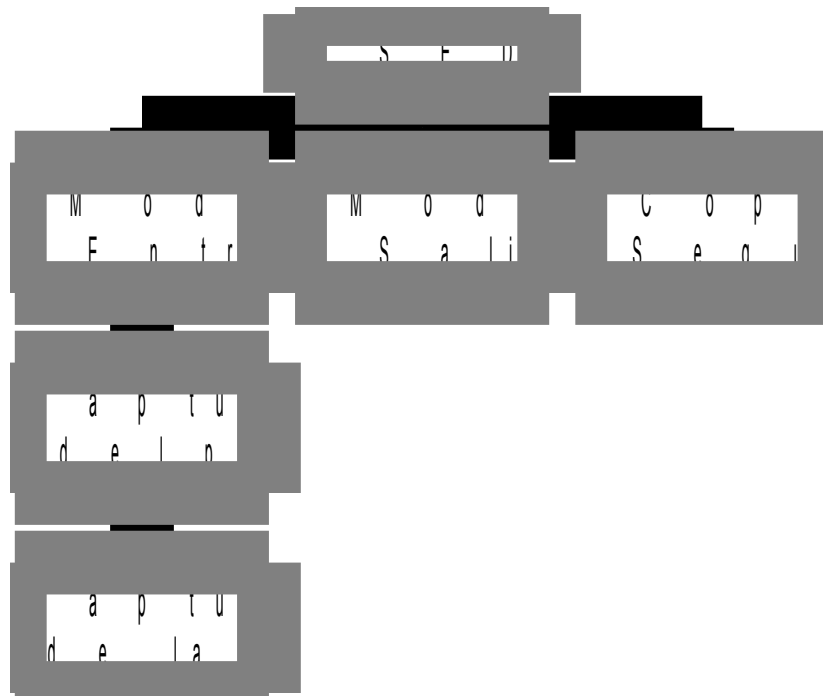


Figura 2. Diagrama de Jerarquía

Como se puede observar en la gráfica 2, la aplicación SEDA contiene tres módulos básicos, los cuales son:

- **Módulo de Entrada:** Este módulo es el encargado de coordinar la entrada de datos del paciente. En esta fase se recoge tanto la información personal del paciente como los Motivos de la consulta. Este módulo contiene dos elementos básicos los cuales son:
 - ❖ **Captura de datos del paciente:** En esta parte se lleva a cabo la captura de la información personal del paciente, por parte del usuario.

- ❖ Captura de datos de la consulta: En esta parte se capturan los datos de la consulta, los motivos por los cuales el paciente se presenta a la consulta.
- Módulo de Salida: Este módulo es el encargado de emitir la salida o resultado del análisis que se le haya hecho al paciente, previo haber almacenado los datos del paciente y de la consulta. En este módulo se produce la salida del diagnóstico preliminar.
- Copia de Seguridad: Este módulo se encarga de hacer las copias de seguridad o de respaldo de la información contenida en las bases de datos.

En la gráfica 3⁵, se muestra la información acerca de cómo interactúa el software, a través de los diferentes módulos que contiene, de una forma un poco más ampliada que en la gráfica 2.

⁵ Diagrama de Flujo del Sistema.

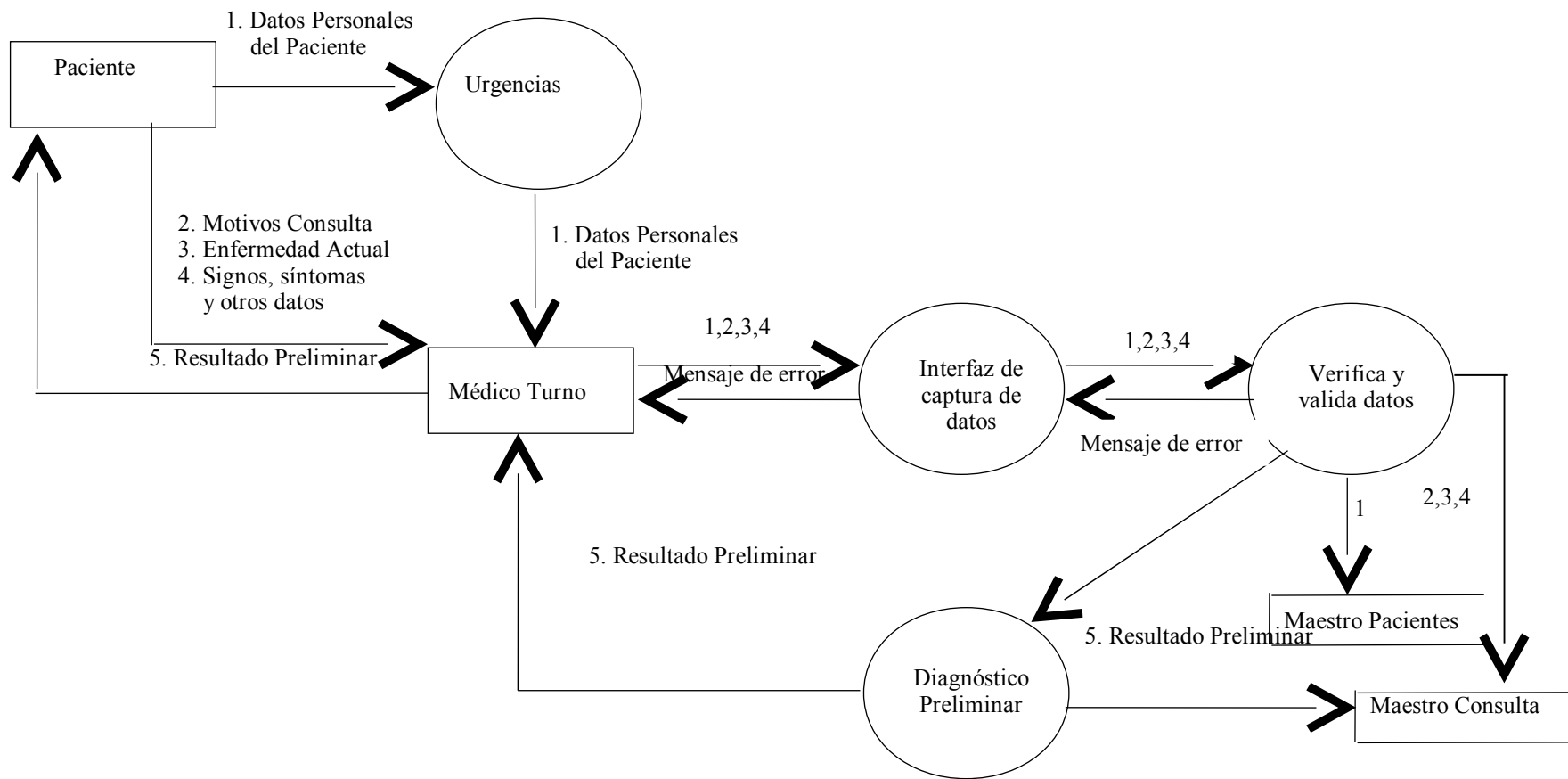


Figura 3. Diagrama de Flujo del Sistema

4.4 FORMA DE PRESENTACIÓN DEL SOFTWARE

Al ejecutar el software, lo primero que éste despliega es la Ventana Principal, en la cual se muestra el nombre del software, los autores, la versión y la institución. A través de esta ventana el usuario llega a la ventana del Menú Principal. Desplegando los menús puede acceder a las diferentes opciones que presenta el programa⁶.

Existe también la ventana de captura de los datos personales y datos clínicos del paciente. Esta ventana está compuesta por varias páginas en las cuales se debe consignar toda la información referente al paciente, las páginas que el usuario encuentra son:

- Datos Personales: En esta página se introducen los Datos Personales del paciente necesarios para almacenarlos en su Hoja Clínica.

- Motivos de la Consulta: En esta página se consignan los motivos clínicos que llevan al paciente a la consulta para el posterior análisis de estos datos y el respectivo diagnóstico.

⁶ En el Manual del Usuario puede observar todas las pantallas y menús que contiene el software.

- Diagnóstico Preliminar: En esta página se muestra el diagnóstico preliminar que se le emite al paciente luego de analizados todos los síntomas y signos presentados por él.

4.5 MÓDULOS DEL SISTEMA

Program Seda (Proyecto Seda)

Este es el Módulo Principal. A través de él se cargan los demás módulos. En este módulo se declaran todos los módulos pertenecientes al proyecto SEDA, lo que Delphi llama como "unidades o unit". Este módulo se encarga de crear todos los módulos que utiliza la aplicación, en el momento en que ésta se inicia.

Módulo UnitPrincipal (Unidad Principal)

Esta unidad es la encargada de manipular y controlar el acceso de los datos del paciente en la tabla.

Esta unidad está integrada por varios módulos, como se detallan a continuación.

Módulo Copia de seguridad

Este módulo es el encargado de realizar la copia de seguridad de la base de datos. Para esto ejecuta la forma de Salvar Proyecto.

Módulo Diagnóstico preliminar

Este módulo es el encargado de realizar el diagnóstico preliminar del paciente. Para poder realizar el diagnóstico el sistema debe leer el archivo de datos, analizar los síntomas y signos que presenta el paciente y calcular el archivo de pesos que se ha almacenado previamente el valor de salida. De acuerdo al resultado de esta comparación, el sistema genera los diagnóstico y emite los mensajes correspondientes para cada diagnóstico. Este procedimiento también se encarga de guardar en la tabla el diagnóstico preliminar del paciente.

Unidad de Entrenamiento

Esta unidad es la encargada de realizar el entrenamiento de la red neuronal. Para esto, lo primero que se hace es leer el archivo de datos (datos.dat) y calcular los nuevos pesos en el archivo de pesos (pesos.dat). Con estos nuevos pesos, la red neuronal queda lista para realizar los diagnósticos.

Unidad Escala de Glasgow

En esta unidad se realiza la evaluación de la Escala de Glasgow, teniendo en cuenta las opciones que se escogen en cada uno de los puntos que se evalúan en esta escala y emitiendo luego el resultado final del examen.

5. CONCLUSIÓN

Luego de haber finalizado la realización de este proyecto de grado, se puede decir que la Inteligencia Artificial es un campo bastante extenso y desconocido por el hombre, aún en muchos de sus aspectos. Aunque el hombre ha tratado, con todos sus esfuerzos, de lograr que los computadores sean máquinas inteligentes y que simulen, en lo que al conocimiento y a la toma de decisiones se trata, al hombre, se puede observar que todavía se encuentran diversas diferencias en lo que el computador hace y lo que el hombre puede hacer por sí solo. Sin embargo, la forma en que va evolucionando la IA, indica que cada día son mayores los avances y los acercamientos que tienen las máquinas con las actividades humanas.

Es así, como día tras día se ven realizar nuevos experimentos en el campo de la Inteligencia Artificial, los cuales hasta ahora, siguen todavía agarrados de la mano del hombre. Siempre han necesitado de un ser humano que los vaya dirigiendo y que los vaya asesorando o supervisando para que las cosas las pueda realizar de una forma completamente correcta; pero la tecnología está apuntando para alcanzar la realidad de que las máquinas

puedan realizar todas estas actividades de una forma totalmente independiente y sin la ayuda del ser humano.

Con la realización de este trabajo de investigación se puede observar cómo ha avanzado la tecnología, en cuanto a la toma de decisiones, sin embargo, también queda expuesto que, hasta el momento, es necesario la presencia del experto humano que ratifique y supervise la labor realizada por el sistema.

Por lo cual podemos declarar que la pregunta sigue cerniéndose sobre nosotros, ¿es realmente inteligente la máquina? Debemos admitir que muestra dos rasgos muy importantes de la inteligencia, la capacidad de aprender y la capacidad de razonar, aún así, no alcanza el grado de perfección del ser humano, no es consciente del proceso que está llevando a cabo.

Los computadores son procesadores en serie, avanzan de un punto a otro, estando los futuros pasos determinados por los resultados presentes. En contraste, el cerebro humano piensa en paralelo, razón por la cual la capacidad humana es hasta ahora inalcanzable. Otra ventaja del humano sobre la máquina es que el humano posee una visión global de lo que le rodea y el sentido común, mientras la máquina ni siquiera puede acercarse a estos principios.

De todas maneras, al comienzo del desarrollo de los programas de inteligencia artificial, salieron a la luz todas estas cuestiones, sobre todo, el interrogante de que si el programa sabía o no lo que estaba ocurriendo, pero hoy esto ha dejado de ser un problema, lo que importa es que funcionan y facilitan una gran cantidad de tareas al hombre.

Luego de la derrota de Kasparov por la computadora Deep Blue, muchos se preguntan cuál será el futuro de la raza humana. ¿Serán las máquinas mejores que los hombres y lo reemplazarán en sus tareas?, ¿Qué pasará con los desocupados por las máquinas?.

Nunca, ninguna máquina podrá reemplazar al hombre en cuanto a su creatividad y su gran inteligencia, las máquinas están creadas como herramientas e instrumentos del hombre y siempre deben ser tomados como eso, herramientas. El fin de toda máquina es servir al hombre y por eso nunca deben estar en detrimento de la calidad de vida del hombre.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

- Utilizar Microsoft Backup para realizar las copias de seguridad de las bases de datos.
- Tener una resolución de video mínima de (640x800) para mejor visualización de la aplicación.
- Seda v 1.0 es una aplicación que constituye el primera parte de experimentación de un proyecto de diagnóstico; la red neuronal toma los datos de entrada y da como resultado una única salida. Hasta el momento no se tiene en cuenta un valor de incertidumbre por las mismas características de la red neuronal aplicada, por lo cual se recomienda para futuras mejoras a este proyecto que el programa sea capaz de tener en cuenta en la salida el porcentaje de incertidumbre.
 - Trabajar con las bases de datos brinda la posibilidad al usuario de tener a la mano información histórica.
 - La red neuronal se encuentra alimentada en su gran mayoría con casos que cuyo resultado es un diagnóstico de la enfermedad, en cuestión. Se recomendaría para que el software aumentara su confiabilidad que se le introdujeran una mayor cantidad de casos que no clasifiquen al patrón.

BIBLIOGRAFÍA

- Boletín especial Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos. Programa IMI - S.P.R.I.
- Diccionario Médico. Editorial Larousse.
- ELMASRI, Ramez; NAVATHE, Shamkant B. Sistemas de Bases de Datos. Conceptos Fundamentales. Segunda Edición. Wilmington, Delaware, E.U.A Addison Wesley Iberoamericana. 1997.
- Enciclopedia de Informática y Computación. Ingeniería del software e Inteligencia Artificial. Madrid. Editorial Cultural S.A. 1997.
- HARRISON. Principios de Medicina Interna. Pags. 2313 - 2316.
- IGNIZIO, James. Introduction to Expert Systems. The Development and Implementation of Rule-Base Expert Systems.
 - MORAL, Victor. Delphi 4. Madrid. Prentice Hall Iberia. 1999.
 - Proyecto Eolo CN-235: Enseñanza en las alturas. J. P. C. - PC Magazine Actual.
- RICH, Elaine. KNIGHT, Kevin. Inteligencia Artificial. Segunda Edición. España. Mc Graw Hill. 1994.
- RUMELHART, D.E., HINTON, G.E. y WILLIAMS, R.J. Learning Internal Representations by Error Propagation. Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructures of Cognition, Vol. 1, D.E. Rumelhart y J.L. McClelland (Eds.), Cambridge, MA: MIT Press. Pags. 318-362.

ANEXOS

Anexo A. Conceptos del modelo entidad relación (ER)

El modelo ER describe los datos como entidades, vínculos y atributos. El objeto básico que se representa en el modelo ER es la **Entidad**: una “cosa” del mundo real con existencia independiente. Una entidad puede ser un objeto con existencia física —una cierta persona, un automóvil, una casa o un empleado— o un objeto con existencia conceptual, como una compañía, un puesto de trabajo o un curso universitario. Cada entidad tiene propiedades específicas, llamadas **Atributos**, que la describen. Por ejemplo, una entidad empleado puede describirse por su nombre, su edad, su dirección, su salario y su puesto de trabajo. Una entidad particular tendrá un **valor** para cada uno de sus atributos; los valores de los atributos que describen a cada entidad constituyen una parte decisiva de los datos almacenados en la base de datos.

ALGORITMO DE TRANSFORMACIÓN ER - MODELO RELACIONAL

A continuación se describirán los pasos de un algoritmo para la transformación ER – Modelo Relacional.

Paso 1: Por cada tipo normal de entidades E del esquema ER, se crea una relación R que contenga todos los atributos simples de E. Se incluyen sólo los atributos simples componentes de un atributo compuesto. Se elige uno de los atributos clave de E como clave primaria de R. Si la clave elegida es compuesta, el conjunto de atributos simples que la forma constituirá la clave primaria de R.

Paso 2: Por cada tipo de entidad débil D del esquema ER con tipo de entidades propietarias E, se crea una relación R y se incluyen todos los atributos simples (o componentes simples de los atributos compuestos) de D como atributos de R. Además, se incluyen como atributos de clave externa de R los atributos de clave primaria de la relación o relaciones que corresponden al tipo o tipos de entidades propietarias; con esto damos cuenta del tipo de vínculo identificador de D. La clave primaria de R es la combinación de las claves primarias de las propietarias y la clave parcial de D, si existe.

Paso 3: Por cada tipo de vínculo binario 1:1 R del esquema ER, se identifican las relaciones S y T que corresponden a los tipos de entidades que participan en R. Se escoge una de las relaciones — digamos S— y se incluye como clave externa en S la clave primaria de T. Es mejor elegir un tipo de entidades con participación total en R en el papel de S. Se incluyen todos los atributos simples (o componentes simples de los atributos compuestos) del tipo de vínculos 1:1 R como atributos de S.

Paso 4: Por cada tipo de vínculos normal (no débil) binario 1:N r, se identifica la relación S que representa el tipo de entidades participa del lado N del tipo de vínculos. Se incluye como clave externa en S la clave primaria de la relación T que representa al otro tipo de entidades que participa en R; la razón es que cada ejemplar de entidad del lado N está relacionado con un máximo de un ejemplar de entidad del lado 1. Se incluyen todos los atributos simples (o componentes simples de los atributos compuestos) del tipo de vínculos 1:N como atributo de S.

Paso 5: Por cada tipo de vínculos binario como M:N R, se crea una nueva relación S para representar R. Se incluyen como atributos de clave externa en S las claves primarias de las relaciones que representan

los tipos de entidades participantes de su combinación constituirá la clave primaria de S. También se incluyen todos los atributos simples (o componentes simples de los atributos compuestos) del tipo de vínculos M:N como atributos de S. Observe que no se puede representar un tipo de vínculos M:N con un solo atributo de clave externa en una de las relaciones participantes —como hicimos en el caso de los tipos de vínculos 1:1 y 1:N—debido a la razón de cardinalidad M:N.

Paso 6: Por cada atributo multivaluado A se crea una nueva relación R que contiene un atributo correspondiente a A más el atributo de clave primaria K (como clave externa en R) de la relación que representa el tipo de entidades o de vínculos que tiene a A como atributo. La clave primaria de R es la combinación de A y K. Si el atributo multivaluado es compuesto, se incluyen sus componentes simples.

Paso 7: Por cada tipo de vínculo n-ario R, $n > 2$, se crea una nueva relación S que presente a R. Se incluyen como atributos de clave externa en S las claves primaria de las relaciones que representan los tipos de entidades participantes. También se incluyen los atributos simples (o los componentes simples de los atributos compuestos) del tipo de vínculos n-arios como atributo de S. La clave primaria de S casi siempre es una combinación de todas las claves externas que hacen referencia a las relaciones que representan los tipos de entidades participantes.

CONCEPTOS DEL MODELO RELACIONAL

El modelo relacional representa la base de datos como una colección de relaciones. En términos informales, cada relación semeja una tabla o, hasta cierto punto, un archivo simple.

Si visualizamos una relación como una **tabla** de valores, cada fila de la tabla representa una colección de valores de datos relacionados entre sí. Dichos valores se pueden interpretar como hechos que describen una entidad en un vínculo entre entidades del mundo real. El nombre de la tabla y los nombres de las columnas ayudan a interpretar el significado de los valores que están en cada fila de la tabla.

En la terminología del modelo relacional, una fila se denomina **tupla**, una cabecera de columna es un **atributo** y la tabla es una **relación**. El tipo de datos que describe los tipos de valores que pueden aparecer en cada columna se llama **dominio**.

Existen ciertas reglas que deben respetarse a la hora de crear bases de datos relacionales:

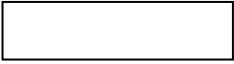
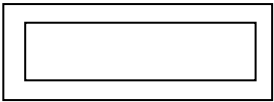
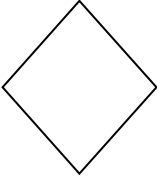
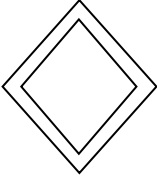
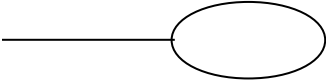
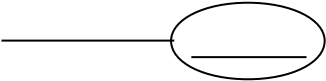
- **Las filas son independientes:** ninguna fila de una tabla puede depender de ninguna otra de la misma tabla, por lo que no tiene sentido ordenación alguna de registros en el seno de la misma.
- **Las filas deben ser únicas:** dos filas de una misma tabla deben diferir al menos en el valor de una columna.
- **Las columnas son independientes:** análogamente a lo que sucede con las filas, las columnas tampoco poseen ningún orden, esto es, no tiene ninguna significación desde el punto de vista del modelo una eventual ordenación de las mismas en su presentación.

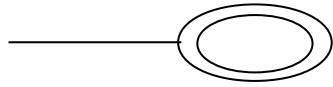
- **Los valores de las columnas deben ser unitarios:** dentro de una determinada fila, cada columna contendrá un único valor, nunca una fila o lista de ellos.

USO DE LA TRANSFORMACIÓN ER – RELACIONAL PARA EL DISEÑO DE BASES DE DATOS RELACIONALES

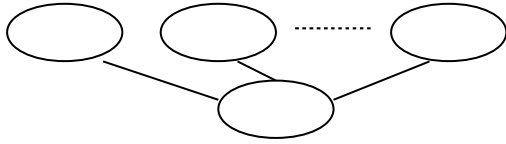
Muchas herramientas CASE se basan en el modelo ER y en sus variaciones. Los diseñadores de bases de datos utilizan interactivamente estas herramientas computarizadas para crear un esquema ER para su aplicación de base de datos. Muchas herramientas se valen de diagramas ER o variaciones de ellos para crear el esquema gráficamente, y luego lo convierten automáticamente en un esquema de base de datos relacional expresado en el DDL de un SGBD relacional específico.

Anexo B. Notación para los diagramas de entidad relación

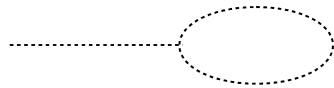
Símbolo	Significado
	Tipo de Entidades
	Tipo de Entidades Débil
	Tipo de Vínculos
	Tipo de Vínculos Identificador
	Atributo
	Atributo Clave



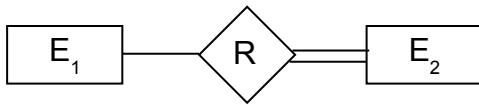
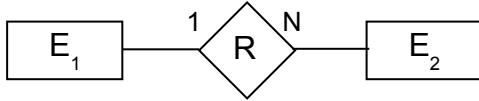
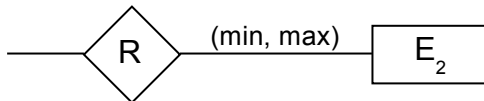
Atributo Multivaluado



Atributo compuesto



Atributo Derivado

Participación total de E_2 en RRazón de Cardinalidad 1:N para $E_1:E_2$ en R

Restricción Estructural (min, max) de la Participación de E en R

Anexo C. Encuesta realizada al experto para la obtención de la información

CUESTIONARIO

Etapa : Adquisición del conocimiento
Experto :
Objetivo : Clasificar los síntomas mediante una valoración experta y determinar la información relevante que antecede la formación de aneurismas.

Este cuestionario está elaborado de tal manera que sea sencillo y rápido de contestar, pero que a su vez, permita fundamentar el conocimiento para los pasos siguientes del proyecto.

La dedicación, experiencia y la sinceridad al contestar, son las bases fundamentales del éxito de este trabajo, por tal motivo, pedimos sea desarrollado con calma y detallado con rigurosidad.

- 1) Desde el punto de vista de la edad:
 - a) Todos los pacientes tienen las mismas posibilidades que se le diagnostique aneurisma? Si _____ No _____
 - b) Si la respuesta es No. A qué edades se tienen más riesgos?
 - c) Según su opinión, el grado de importancia de la edad para diagnosticar aneurismas es:
Alto _____ Medio _____ Bajo _____
- 2) Teniendo en cuenta la procedencia
 - a) Todas las personas tienen las mismas posibilidades? Si _____ No _____
 - b) Si la respuesta es No. Qué población tiene más riesgo?
 - c) Según su opinión el grado de importancia de la procedencia para diagnosticar aneurismas es:
Alto _____ Medio _____ Bajo _____

- 3) Teniendo en cuenta la ocupación
- Existen categorías de oficios que tienen más tendencia que otros? Si _____ No _____
 - Si la respuesta es Si. Cuáles son?
 - Según su opinión el grado de importancia de la ocupación para diagnosticar aneurismas es:
Alto _____ Medio _____ Bajo _____
- 4) Teniendo en cuenta el sexo
- Ambos sexos tienen iguales posibilidades? Si _____ No _____
 - Si la respuesta es No. Cuál muestra más tendencia?
 - Según su opinión el grado de importancia de el sexo para diagnosticar aneurismas es:
Alto _____ Medio _____ Bajo _____
- 5) Teniendo en cuenta la raza
- Enumere todos los tipos de raza que conoce y que nos sean útiles para definir en este caso.
 - Si existe algún tipo de raza con tendencia a presentar aneurismas, diga cuáles son.
 - Según su opinión el grado de importancia de la raza para diagnosticar aneurismas es:
Alto _____ Medio _____ Bajo _____
- 6) Teniendo en cuenta los grupos sanguíneos
- Si el grupo sanguíneo es una información relevante, enumere cuáles son esos grupos.
 - Si la respuesta es No. Qué población tiene más riesgo?
 - Según su opinión el grado de importancia del grupo sanguíneo para diagnosticar aneurismas es:
Alto _____ Medio _____ Bajo _____
- 7) Teniendo en cuenta los hábitos
- Enuncie los hábitos más comunes entre las personas y que sean de interés en este caso.
 - Existen algunos hábitos que podrían aumentar la posibilidad de diagnosticar fácilmente los aneurismas? Si _____ No _____
 - Según su opinión, la importancia de conocer los hábitos para el diagnóstico es:
Alto _____ Medio _____ Bajo _____
- 8) Teniendo en cuenta las dietas

- a) Si existe algún tipo de clasificación para las dietas, enúncielas.
- b) Existe algún tipo que incremente la posibilidad de diagnosticar más rápidamente los aneurismas? Si _____ No _____ Cuáles?
- c) Si la respuesta es No. Qué población tiene más riesgo?
- d) Según su opinión el grado de importancia de conocer la dieta para diagnosticar aneurismas es:

Alto _____ Medio _____ Bajo _____

- 9) Teniendo en cuenta las drogas que toma el paciente
- a) Enuncie el mayor número de categorías de drogas que usted conozca y que sean de interés en el presente trabajo.
 - b) Qué tipo de drogas hacen que la tendencia a tener aneurismas aumente?
 - c) Según su opinión el grado de importancia de conocer el tipo de droga que toma el paciente para diagnosticar aneurismas es:

Alto _____ Medio _____ Bajo _____

- 10) En cuanto a la presencia de vómitos:
- a) Según su opinión, el grado de importancia de la presencia de vómitos en el paciente, para diagnosticar aneurismas es:

Alto _____ Medio _____ Bajo _____

- 11) Qué factores ocasionan pérdida de la consciencia?
- a) Qué tipo de actividades están relacionadas?
 - b) Cómo influye en la reacción que tiene cuando vuelve en sí?
- 12) Qué factores ocasionan la Ptosis Palpebral? Cuáles están relacionados con los aneurismas?

- 13) Qué síntomas puede referir el paciente que hacen parte de la enfermedad actual?

- a) Cuáles están relacionados directamente?
- b) Cuáles son sus consecuencias?

14) Examen Físico

Según su opinión, clasifique los grados de importancia de los siguientes aspectos:

Tensión Arterial Alta _____ Media _____ Baja _____

Peso Alta _____ Media _____ Baja _____

Talla Alta _____ Media _____ Baja _____

Frecuencia cardíaca Alta _____ Media _____ Baja _____

Frecuencia respiratoria Alta _____ Media _____ Baja _____

En qué rangos existe mayor probabilidad de riesgo?

Tensión Arterial

Peso

Talla

Frecuencia cardíaca

Frecuencia respiratoria

15) Qué datos se necesitan para hacer una revisión general?

**Anexo D. Formato utilizado para recolectar los datos de las historias
clínicas en los hospitales**

Anexo E. Programacion orientada a objetos (poo)

La Programación Orientada a Objetos (POO) ha venido en los últimos años a revolucionar el desarrollo de software, especialmente en lo que a la programación para Windows se refiere.

La historia de los lenguajes de programación refleja una evolución que va desde los lenguajes no estructurados (o semiestructurados), pasando por los lenguajes estructurados y llegando a los orientados a objetos.

Los lenguajes estructurados son lenguajes procedimentales, donde el programa es dividido en un conjunto de procedimientos y funciones. La secuencia de rutinas describe la forma en que se manipulan los datos. Es decir, el programador controla la interacción entre el código y los datos. El elemento principal en estos lenguajes es la rutina, y en segundo lugar se encuentran los datos que son manipulados.

La primera etapa en el proceso de escritura de un programa consiste en la obtención de los requerimientos que le plantea el usuario final al programador. Las personas generalmente hablan en términos de objetos. El problema que surge con las técnicas tradicionales de programación consiste en que el programador debe convertir estas descripciones en representaciones abstractas. Aquí pueden ocurrir errores tanto en la conversión, como en la manipulación de estos conjuntos de números.

La POO permite a los programadores construir modelos de software de los objetos, los cuales pueden ser luego manipulados durante la programación de

una manera más intuitiva, y que se acerque más a la forma en que son tratados estos objetos en la vida real.

CONCEPTOS BASICOS DE LA POO

Los dos primeros conceptos que se deben tener claros en la POO son *clase* y *objeto*. La relación *clase/objeto* de una clase es la misma que hay entre *tipo/variable de un tipo*. Un objeto es la declaración de una clase, lo que frecuentemente es conocido como instancia.

Los Objetos

Un objeto es una entidad que agrupa los datos y el código. Los objetos modelan las características y el comportamiento de los elementos del mundo real. Ellos son una abstracción de datos y mantienen las características y el comportamiento agrupados en un todo.

Los objetos poseen dos tipos de elementos básicos. A través de estos elementos se comunican unos objetos con otros:

- ◆ **Propiedades:** Son los atributos del objeto, su interfaz. Implementan los detalles del objeto. Informan del estado del objeto.
- ◆ **Métodos:** Son las funciones y procedimientos definidos en un objeto, y que por lo tanto, éste es capaz de tratar. Informan de las acciones del objeto.

Todo lenguaje de POO debe poseer tres propiedades fundamentales:

- ◆ **Encapsulamiento:** La capacidad de incluir en un registro procedimientos y funciones que lo manipulen, formando así un nuevo tipo de dato: el objeto. Hace referencia a que el objeto esconde los detalles de la implementación de cómo el objeto trabaja por dentro. Las ventajas del encapsulamiento incluyen la modularidad y el aislamiento del código.
- ◆ **Herencia:** La posibilidad de definir un objeto y utilizarlo posteriormente para construir una jerarquía de objetos descendientes, los cuales heredan el

acceso a los datos y el código de su antecesor. Es la capacidad de crear nuevos objetos manteniendo las propiedades y métodos de sus ancestros.

- ◆ Polimorfismo: La posibilidad de darle un nombre común a una acción. Este nombre es compartido por todos los objetos de la jerarquía; pero cada uno la implementa a su manera. El polimorfismo está relacionado con la herencia y es otra de las claves en el éxito de la POO ya que permite que un mismo método, en diferentes objetos pueda realizar acciones totalmente diferentes.

Anexo F. Resultados de las pruebas realizadas

Para realizar pruebas con el software y determinar la confiabilidad del mismo se realizaron 33 pruebas.

Los datos con que se alimentó la red neuronal y los resultados obtenidos en cada una de las pruebas se detallan en la tabla que se encuentra en la siguiente página.

Como se puede observar en la tabla, de los 33 casos que se introdujeron para probar el sistema, acertaron 29 y 4 no acertaron; por estadísticas ($29/34 = 0.87 = 87\%$) se puede decir que el software tiene una confiabilidad del Ochenta y Siete por ciento (87%).

En los resultados obtenidos se observa que las fallas se deben principalmente a que la red neuronal fue alimentada con mayor cantidad de casos en los que se diagnosticaba la enfermedad, lo cual influye en el momento de emitir un diagnóstico.

