

UNIVERSIDAD CENTRO OCCIDENTAL
"LISANDRO ALVARADO"

**SISTEMA PARA LA EVALUACIÓN DEL TIPO DE HIPOACUSIA EN
TRABAJADORES EXPUESTOS OCUPACIONALMENTE A RUIDO
UTILIZANDO REDES NEURONALES**

ING. GUSTAVO E. PUENTES A.

Barquisimeto, 2005

UNIVERSIDAD CENTRO OCCIDENTAL "LISANDRO ALVARADO"
DECANATO DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
POSTGRADO DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA

**SISTEMA PARA LA EVALUACIÓN DEL TIPO DE HIPOACUSIA EN
TRABAJADORES EXPUESTOS OCUPACIONALMENTE A RUIDO
UTILIZANDO REDES NEURONALES**

Trabajo presentado para optar al grado de
Magíster Scientiarum

Por: ING. GUSTAVO E. PUENTES A.

Barquisimeto, 2005

DEDICATORIA

Primeramente a Dios, gracias por haberme dado la fuerza y voluntad de culminar mis estudios satisfactoriamente.

A mis hijos, quienes con su afecto, cariño y fortaleza me animaban a seguir adelante.

A mis padres y hermanos, por su confianza y estímulo constante.

A mi esposa, por su apoyo y ayuda incondicional en todo momento que hizo posible alcanzar la meta deseada.

RECONOCIMIENTO

Al I.V.S.S. Dirección de Medicina del Trabajo y sus trabajadores por su colaboración en la realización de esta investigación.

A mi tutora, MSc. Milagros Jiménez, por su apoyo y aporte a ésta investigación.

A mis compañeros de estudio, Jesús Rodríguez, Oscar Galindo, Sonia Córdoba, Gerardo Chacon, Maria Auxiliadora, Luisa Colon, Manuel Picon y Francis Barreto por compartir estas experiencias de aprendizaje.

A mis amigos Juan Jiménez, Wilmer Ozal y Carlos Lamedada por sus palabras de aliento y colaboración.

A los profesores Gladys Marante, Belkis López de Lamedada, Maritza Bracho, Eliécer Colina, Briceida Salinas, Animir Orellana por compartir sus conocimientos y experiencias.

Al personal administrativo y técnico del departamento de Postgrado por el apoyo prestado.

UNIVERSIDAD CENTRO OCCIDENTAL “LISANDRO ALVARADO”
DECANATO DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
POSTGRADO DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA

SISTEMA PARA LA EVALUACIÓN DEL TIPO DE HIPOACUSIA EN
TRABAJADORES EXPUESTOS OCUPACIONALMENTE A RUIDO
UTILIZANDO REDES NEURONALES

Autor: Ing. Gustavo E. Puentes A.

Tutor: MSc. Milagros Jiménez

RESUMEN

El presente trabajo está enmarcado dentro de la modalidad de proyecto factible y tiene como finalidad desarrollar un modelo de ayuda para la evaluación del tipo de Hipoacusia en trabajadores expuestos ocupacionalmente a ruido utilizando redes neuronales. El mencionado proyecto persigue facilitar y hacer más preciso el diagnóstico como apoyo al médico especialista en el área laboral. Está concebido utilizando redes neuronales artificiales como unidades capaces de aprender de tareas realizadas basadas en un entrenamiento o en una experiencia inicial y de crear su propia organización o representación de la información. Lo que se plantea es que por medio de una red neuronal de dos capas sean procesados los datos que el especialista en medicina ocupacional recibe de la prueba de audiometría; considerando las características que corresponden a hipoacusia laboral por exposición a ruido. De acuerdo al método empleado, se suministran los datos del paciente (sexo, edad) con sospecha de hipoacusia y valores de pérdida auditiva en determinadas frecuencias preestablecidas (500, 1000, 2000 y 4000 Hz) constituyendo las seis (6) entradas de la red.. Como resultado (salidas) se obtiene la valoración de la pérdida auditiva del trabajador estudiado, clasificada en grados y se decide el diagnóstico definitivo. La propuesta permite automatizar y optimizar el proceso usando para ello un modelo de red neuronal multicapa. Para la prueba del modelo de red se utilizó como herramientas computacionales el Propagator y el Percep, los cuales cumplen con todas las condiciones requeridas para su desarrollo.

Palabras claves: Hipoacusia, Redes neuronales, Audiometría, Ruido ocupacional, Valoración

INTRODUCCIÓN

La pérdida gradual de la agudeza auditiva es un problema que afecta desde tiempos remotos a trabajadores de industrias con procesos o actividades de mucho ruido. Con anterioridad a 1948, no se establecía relación entre exposición a ruido y pérdida de las facultades auditivas. Hubo algunos reclamos, fundamentalmente relacionados con lesiones traumáticas a causa de explosiones, contusiones, golpes en la cabeza y cuerpos extraños en los oídos. Actualmente, las pérdidas auditivas se incluyen en la legislaciones laborales de la mayoría de los países (OIT, 2001).

En medicina, la otología estudia el oído, la audición y todos los problemas que de los mismos se derivan. Surge posteriormente la audiología, como parte de la otología que se encarga de estudiar los problemas de la audición tanto en el oído normal (sin pérdida auditiva) como en el hipoacúsico (con pérdida auditiva). Dentro de ésta íntimamente ligada se encuentra la audiometría , la cual estudia la medida de la audición tanto en los umbrales límites como a través del campo acústico y los problemas derivados de estas medidas.

También, la audiología esta en relación directa con la electroacústica por la necesidad del conocimiento de aparatos electrónicos, de los cuales se vale para medir la audición o para tratar la sordera a través de prótesis auditivas. Inicialmente no había medios para medir la sordera con mucha exactitud, es posterior a la segunda guerra mundial que los norteamericanos logran el perfeccionamiento del audiómetro, con objeto de lograr determinaciones más precisas. Igualmente, han surgido variadas técnicas audiométricas. (De Sebastián, 1990)

La medición de la audición humana , en términos de nivel de presión de sonido es difícil, debido a la sensibilidad tan diferente del oído a varias frecuencias por lo que se desarrolla una escala (dBPA o decibel de presión acústica) que permite la fácil comparación entre frecuencias e individuos. El oído posee una notable

amplitud de 0 a 120 dB que permite la detección de variados sonidos entre los límites de frecuencia de 20 a 20.000 Hz. Para la recepción de la conversación, los límites se sitúan entre 500 y 3000 Hz.

Por lo general, la exposición prolongada a ruidos intensos, mayores de 85 dB es potencialmente dañina . En EUA, se estima que más de 20 millones de los trabajadores de la producción están expuestos a ruidos peligrosos que podrían causar sorderas o hipoacusias. Por lo tanto, todo individuo que trabaja en ocupaciones expuestas a ruido debe realizarse periódicamente un audiograma (gráfica de audición en función de la frecuencia) para poder evaluar cualquier cambio que se produzca en su estado auditivo (OPS, 1990) Este estudio si resulta patológico o comprueba una lesión en el trabajador, es parte fundamental en el diagnóstico de incapacidad laboral por hipoacusia. También permite al médico laboral, desde el punto de vista preventivo, orientar la conducta a seguir con el paciente.

Hoy en día, aunque el estudio de la audición se encuentra en pleno desarrollo, aún quedan algunas incógnitas por resolver para garantizar un diagnóstico de hipoacusia laboral preciso y rápido basado en el estudio audiométrico como criterio paraclínico y normativas en el área, por lo que el presente trabajo de investigación constituye un aporte en este sentido.

Es por ello, que utilizando el desarrollo y avances de la inteligencia artificial, como ciencia que puede dar respuesta efectiva en diversas áreas del conocimiento, se planteó el desarrollo de un modelo para la evaluación del tipo de hipoacusia en trabajadores expuestos ocupacionalmente a ruido utilizando redes neuronales, como aplicación de la inteligencia artificial en apoyo al área de la medicina. Actualmente las Redes Neuronales Artificiales también llamadas modelos conexionistas o simplemente Redes Neuronales (RN) constituyen un área de gran interés desde la perspectiva de la ingeniería. El principal atractivo de las RN, radica por un lado en su capacidad de aprendizaje a partir de ejemplos del mundo real y por otro lado, en su

habilidad para resolver problemas en los que aparecen dependencias temporales; estas características convierten a las arquitecturas conexionistas en herramientas interesantes para abordar tareas relacionadas con diagnósticos médicos tal como lo demostró L Barroso (2004) en su tesis de grado titulada Red Neuronal Para El Diagnostico y Tratamiento de Enfermedades Dentales, la cual presento un diseño de red a dos capas totalmente conectadas que tomaba como entradas las placas dentales del paciente y arrojaba a la salida el posible diagnóstico. En el mismo orden de ideas, V Zambrano (2004), presento un trabajo de grado titulado Red Neuronal Para el Diagnostico y Tratamiento de Enfermedades del Arroz, el cual también presentó el diseño de una red neuronal a dos capas totalmente conectadas que utilizaban las observaciones del productor como entrada a la red neuronal previamente entrenada por el algoritmo de retropropagación para sugerir el diagnóstico y tratamiento a posibles enfermedades del arroz.

Basado en las consideraciones anteriores y en la necesidad de ayuda en el diagnóstico de hipoacusia laboral inducida por ruido que presenta el personal médico del trabajo del IVSS, se decidió presentar la propuesta de desarrollar el modelo de una red neuronal multicapa que tomó como parámetros de entrenamiento y entradas la edad del paciente, sexo del paciente, y los datos obtenidos como resultados del examen de audiometría y, a su salida, muestre una sugerencia coherente con las conclusiones médicas.

INDICE

	Pág.
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
INDICE DE CUADROS	viii
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO	5
I EL PROBLEMA	5
Planteamiento del problema	5
Objetivos	7
Generales	7
Específicos	7
Justificación e Importancia	7
Alcance y Limitaciones	9
II MARCO TEÓRICO	11
Antecedentes	11
Bases Teóricas	14
III MARCO METODOLÓGICO	24
Naturaleza del Estudio	24
Fases del Estudio	24
Fase Diagnóstica	24
Universo y Muestra	25
Procedimiento	25
Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	26
Resultados	26
Conclusiones del Diagnostico	26
Recomendaciones	27
Fase de Factibilidad	28
IV PROPUESTA DEL ESTUDIO	31

Justificación	31
Objetivos	33
Generales	33
Específicos	33
Descripción de la Propuesta	33
V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
ANEXOS	46

CAPITULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del Problema

La hipoacusia o sordera profesional, es una de las principales enfermedades ocupacionales diagnosticada en trabajadores a nivel nacional y local, según las estadísticas de la Dirección de Medicina del Trabajo del IVSS (2002, 2003). La literatura médica señala investigaciones sobre los efectos auditivos del ruido especialmente en el ámbito laboral refiriendo efecto directo sobre el oído, estímulo nervioso que produce activación del sistema reticular ascendente provocando a nivel cortical una interferencia en el trabajo manual y de precisión, trastornos del sueño, efectos emocionales, molestias, entre otros. Los pacientes con hipoacusia inducida por ruido se quejan de deterioro gradual de la audición, siendo el síntoma más frecuente la dificultad para comprender la conversación.

A nivel laboral, este hecho aparte del daño a la salud del trabajador, a su vez se convierte en un riesgo para la empresa si no se toman medidas al respecto ya que un trabajador sordo puede dar lugar a accidentes con consecuencias graves. En Venezuela, nuestra legislación (Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente del Trabajo) protegiendo la salud de los trabajadores, establece que el trabajador tiene derecho a indemnización si durante su trabajo adquiere una enfermedad laboral u ocupacional, siendo actualmente el IVSS (Dirección de Medicina del Trabajo) el organismo encargado de establecer el diagnóstico.

En el caso de la hipoacusia ocupacional, se consideran previamente las manifestaciones que la persistencia de la exposición a ruido provocan en el individuo, ya que el paciente llega a consulta con sospecha de hipoacusia, ya estudiado y referido al servicio para confirmar o no la relación laboral de la patología. Seguidamente, mediante un procedimiento establecido que comienza con la elaboración de la historia ocupacional del paciente y el análisis de criterios para

enfermedad ocupacional, se utiliza el estudio audiométrico como criterio paraclínico. El método permite utilizar datos del paciente, resultados de la audiometría y cálculos para la valoración de la pérdida auditiva en categorías o grados de pérdida, determinándose luego la conducta a seguir por el médico con el paciente y si corresponde ser incapacitado o no . El procedimiento total resulta lento para la obtención rápida del diagnóstico, presentándose por una parte inversión de tiempo por parte de los médicos que pudiera ser utilizado en otras actividades y por otra, quejas de los pacientes al respecto.

Las redes neuronales artificiales son modelos matemáticos inspirados en las redes neuronales biológicas, el estudio formal comienza con el trabajo de McCulloch-Pitts en 1942 en el que se introduce un modelo simple de neurona artificial binaria, posteriormente Hopfield y Tank 1985 utilizaron redes neuronales para optimización combinatoria, desde entonces el uso de las redes neuronales se ha extendido a múltiples áreas de aplicación incluyendo la medicina

La presente investigación, plantea el diseño de un modelo basado en redes neuronales para el diagnóstico de hipoacusia inducida por ruido en los trabajadores expuestos laboralmente. Actualmente los parámetros para determinar el diagnóstico de hipoacusia son datos del paciente y parámetros tomados por el especialista de un dispositivo llamado audiómetro. El modelo planteado no propone la sustitución del audiómetro si no la del proceso posterior a la toma de los valores del audiómetro, los valores de pérdida auditiva en frecuencias determinadas se promedian aritméticamente, se busca la edad y sexo del paciente para determinar mediante tabla (Valores de Presbiacusia por edad y sexo en decibeles) el valor de pérdida auditiva correspondiente y considerarlo al restarlo en la frecuencia de 4000 Hz, luego de estos resultados se procede a la comparación de los resultados arrojados en el estudio con tabla de valoración (Norma 19-01-13) . La comparación de los datos del paciente con estas tablas determinan el grado de pérdida auditiva. Los valores van desde un rango de pérdida desde 40 +/- 20 dB en la frecuencia de los 4000 Hz y promedio de las frecuencias vocales entre 0 a 10 dB que determinan nivel de acción (Grado SARO)

y pérdidas desde 40 dB hasta 90 dB en la frecuencia de 4000Hz y promedio de las frecuencias vocales desde 11 dB en adelante, que indican pérdida auditiva en Grado I, II o III.

Este modelo será de apoyo a los profesionales del área y contribuirá con resultados más confiables, eficientes y rápidos.

Objetivos

Objetivo General

Crear un modelo para la evaluación del tipo de hipoacusia en trabajadores expuestos ocupacionalmente a ruido utilizando redes neuronales.

Objetivos Específicos

1. Realizar el estudio de las variables manejadas por el médico del trabajo (especialista) para el diagnóstico de hipoacusia laboral. Por medio de entrevistas y observación de campo.
2. Diseñar un modelo de red neuronal que se ajuste a las variables manejadas por el especialista utilizando para ello una herramienta computacional.
3. Recopilar datos de análisis con el especialista para realizar el entrenamiento de la red
4. Comprobar el funcionamiento de la red implementando el modelo.

Justificación e Importancia

El desarrollo tecnológico actual, en constante búsqueda de perfección, se afianza cada vez más en la interrelación de diferentes ciencias. Como ejemplo, la

medicina ha evolucionado con mucha celeridad gracias a los avances tecnológicos en el área de la computación y, hoy en día las nuevas técnicas de la inteligencia artificial sirven de apoyo para la obtención de una asistencia médica de mayor calidad.

A nivel laboral, el sector industrial está conformado por gran cantidad de empresas del área metalmeccánica, donde el ruido es considerado como uno de los factores de riesgo que puede afectar la salud del trabajador expuesto; tanto es así, que la hipoacusia o sordera ocupacional en el año 2002 ocupó el primer lugar en el registro de enfermedades profesionales (ocupacionales) en la región Centro Occidental con 90 casos y el segundo lugar a nivel nacional con 284 casos; en el año 2003 ocupó el segundo lugar (376 casos) en el registro a nivel nacional y el tercero (20 casos) en la región centro occidental, según datos estadísticos de la Dirección de Medicina del Trabajo del IVSS (año 2002 y 2003).

El ruido afecta al oído causando una disminución de la capacidad auditiva, que es una afección progresiva e irreversible, que hasta el momento no tiene tratamiento y lo único que la medicina puede hacer es detectar en forma precoz este daño, sugiriéndose medidas para evitar el agravamiento de la lesión. Para ello, se solicita la realización periódica de audiometrías a trabajadores expuestos a ruido.

Tanto en organismos oficiales (IVSS) como privados, la audiometría se realiza utilizando un audiómetro (generador de señales auditivas de frecuencia controlada). En Medicina del Trabajo, es necesario complementar este estudio con otros datos del paciente y técnicas manuales (cálculos) para determinar la valoración de la pérdida auditiva. El presente trabajo de investigación presenta una propuesta para realizar esta valoración utilizando redes neuronales como técnica de la inteligencia artificial que permita mayor rapidez, eficiencia y precisión en el diagnóstico que se realiza, en beneficio del paciente y en apoyo al médico especialista.

Alcances y Limitaciones.

Alcances:

La investigación planteada permitirá obtener un diagnóstico rápido y preciso de la Hipoacusia laboral en trabajadores con exposición crónica a ruido, facilitando y apoyando el trabajo del médico especialista en el área que puede ponerlo en práctica en su consulta diaria.

A corto plazo, los resultados podrán ser referencia al IVSS (organismo oficial) para la implementación de modelos de inteligencia artificial que contribuyan al diagnóstico de otros tipos de enfermedades laborales.

Por otra parte, en el caso de la hipoacusia laboral, puede ser punto de partida para una línea de investigación que posteriormente se complemente incorporando durante la evaluación del paciente un recurso que permita obtener su respuesta en el estudio audiométrico a través de señales sensoriales.

Limitaciones:

El diagnóstico se realizará con la intervención de un especialista, quién tendrá la última palabra al respecto.

El sistema realizará su evaluación y diagnóstico de acuerdo a los datos introducidos por el especialista, por lo tanto aprenderá en base a las características de la población utilizada.

El proceso de ingresar los datos obtenidos por el audiómetro y datos del paciente a la red neuronal será de forma manual.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

Antecedentes

Martínez M. (1993) hace referencia a la determinación de la Hipoacusia laboral en estudio realizado a trabajadores del área metropolitana que acudieron a consulta de la Dirección de Medicina del Trabajo en la Unidad de La Victoria (Edo. Aragua), mostrando la aplicación de la valoración de la pérdida auditiva en grados. De esta investigación se considera como aporte la puesta en práctica del método utilizado para la valoración de la pérdida auditiva en trabajadores expuestos a ruido.

La Norma Venezolana Covenin 1565 (1995) Ruido Ocupacional, refiere la necesidad de establecer un Programa de Conservación Auditiva en trabajadores expuestos ocupacionalmente a ruido, el cual incluye la realización de exámenes audiométricos inicial y periódicos. Se considera como aportes conceptos y, la importancia y obligatoriedad de realizar exámenes audiométricos a trabajadores expuestos a ruido para la detección a tiempo de disminución de la capacidad auditiva.

Rodríguez L. (1990) hace referencia al criterio paraclínico audiométrico en la determinación de la hipoacusia laboral aplicando la Norma 19-01-13 para la valoración de tres grados de hipoacusia laboral y el grado de señal de acción de ruido ocupacional, según el valor medio aritmético de la pérdida auditiva en las frecuencias vocales y la pérdida auditiva en 4000 Hz. Esta investigación aporta la utilización de audiometrías y la Norma 19- 01- 13 para la valoración de hipoacusias laborales.

Álvarez A. (1997) hace referencia en el estudio de la hipoacusia laboral a la importancia de la consideración de la corrección según la edad en la clasificación del daño auditivo de trabajadores expuestos ocupacionalmente a ruido. Esta

consideración es un aporte para la investigación que se realiza ya que el método establece una corrección en base a ello.

En Taller de Evaluación de enfermedades laborales de la Dirección de Medicina del Trabajo (1990), se aprueban las bases para los criterios diagnósticos de varias enfermedades, entre ellas la hipoacusia laboral, estableciéndose la audiometría como uno de los elementos a considerar, se clasifica la pérdida auditiva en grados y también se define la conducta que debe seguir el médico según la clasificación. Esta información es un aporte que se utiliza en la investigación como elemento importante para tomar decisión en la parte final del diagnóstico después de la valoración de pérdida auditiva.

Es de señalar, que en la revisión bibliográfica realizada no se encontró información de sistemas inteligentes diseñados especialmente para diagnóstico de hipoacusia inducida por exposición a ruido utilizando redes neuronales, no obstante es comprobable su utilización en el diagnóstico de otros tipos de enfermedades:

Atienza, Felipe (2000) en artículo publicado en Diario Médico.com , se señala realizó tesis doctoral en Hospital General de Valencia, España, donde utiliza un modelo de redes neuronales para determinar los pacientes con insuficiencia cardiaca y mayor riesgo de muerte. El modelo de red planteado, es un aporte a la presente investigación como ejemplo del uso de redes neuronales en el diagnóstico de enfermedades en el área médica.

Murrugarra, Lady y Jiménez Fernando (2003), del Instituto de Medicina Tropical “Alexander Von Humbolt” Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima (Perú) realizan trabajo de investigación “Sistema de apoyo al diagnóstico clínico mediante redes neuronales”, utilizando el Perceptron, con objeto de contribuir al diagnóstico rápido de enfermedades. La idea es entrenar sobre una red los nervios de la memoria auto asociativa para almacenar una gran cantidad de información médica.

De este trabajo , se consideran como aportes a la investigación conceptos teóricos y ejemplos de modelos de redes.

Labarga, Alberto (2003) de la Universidad pública de Navarra, Pamplona (España) describe estudio realizado sobre las posibilidades de los coeficientes Wavelet como posibles entradas de un sistema de clasificación basado en una red neuronal de tipo competitivo, aplicado a la clasificación de los potenciales auditivos de latencia larga conocidos como onda P₃₀₀. Este trabajo es un antecedente de relevancia, ya que trata en forma teórica como indicadores de sonido pueden ser usados en entradas para un modelo de red neuronal a capa y, plantea algunos modelos que serán puestos en práctica en la investigación.

Mateos J., Huerta A. y otros (2003) de la Universidad de Guadalajara, realizó trabajo de investigación Modelo con RNA para diagnosticar hipertensión arterial, con objeto de desarrollar un sistema con aplicaciones en el ámbito hospitalario para interpretar las detección biológica de personas hipertensa, clasifica y reconoce la hipertensión arterial a través de técnicas con redes neuronales artificiales. Este estudio permite incluir señales que indican el poder de las redes neuronales como herramienta para el diagnóstico médico.

Reyes de los Mozos M., Pulgros D.,y Calderón A. (2003) de la Universidad Autónoma de Barcelona, España , realizan investigación titulada Metodología del uso de Redes Neuronales en aplicaciones del campo médico, centrándose en aplicaciones de ayuda diagnóstica proponiendo una metodología para el uso de las RNA en el campo médico. Este trabajo, aporta lo referente a bases teóricas y el estudio comparativo de diversos modelos de redes neuronales y plantea el uso del perceptron multicapa como modelo de red a utilizar.

A nivel local, se refieren algunos trabajos de investigación que utilizan la inteligencia artificial para el diagnóstico de enfermedades en diversas áreas de la medicina:

Barroso Laura (2004) de la Universidad Fermín Toro, realizó un sistema basado en redes neuronales para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades dentales, usando como modelo una red a dos capas totalmente conectadas y entrenada por medio del algoritmo de retropropagación.

Zambrano Víctor (2004) de la Universidad Fermín Toro, presentó un sistema para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades del arroz, este sistema tomaba como entradas las observaciones del productor para posteriormente procesarlas en una red neuronal a dos capas que arrojaba a su salida el posible diagnóstico y tratamiento.

Los trabajos anteriores utilizan como algoritmo de entrenamiento Back-Propagation y tienen aporte significativo para la investigación en la escogencia de las funciones de activación para el modelo de red neuronal.

Bases Teóricas

Inteligencia Artificial:

Se define como Inteligencia Artificial (en línea) [http:// www. monografías. Com/trabajos/inteligencia artificial](http://www.monografias.com/trabajos/inteligencia%20artificial), como “ rama de la ciencia de computación que corresponde al estudio y creación de sistemas computarizados que manifiestan cierta forma de inteligencia: sistemas que aprenden nuevos conceptos y tareas, sistemas que pueden razonar y derivar conclusiones útiles acerca del mundo que nos rodea, sistema

que puede comprender un lenguaje natural o percibir o comprender una escena visual y sistemas que realizan otro tipo de actividades que requieren de la inteligencia humana ”.

Podría decirse que la Inteligencia artificial es el estudio de los comportamientos que permiten percibir, razonar y actuar. Desde el punto de vista de objetivos, debemos decir que además de abarcar la ingeniería, es en sí una ciencia. El objetivo ingenieril: resolver problemas reales usando como base las técnicas de representación y utilización del conocimiento y de cómo construir sistemas. El objetivo científico: determinar qué ideas acerca de la representación del conocimiento, del uso que se da a éste, y del ensamblaje de sistemas explican diversas clases de inteligencia. La Inteligencia Artificial, para cumplir con su objetivo, aborda el estudio de los métodos de representación de conocimiento, uso y alcance. También estudia los métodos de aprendizaje con mayor o menor complejidad.

Entre las áreas más destacadas de la inteligencia artificial, podemos encontrar::

- Aprendizaje automático y Redes neuronales
- Robótica
- Percepción
- Computación evolutiva (algoritmos genéticos)
- Arquitecturas con agentes inteligentes (Ej. Bases de Datos Inteligentes)
- Sistemas basados en el conocimiento: sistemas expertos
- Recuperación de la información y procesamiento de lenguaje natural

De todos los puntos mencionados anteriormente uno de los de mayor crecimiento dentro de la inteligencia artificial son las redes neuronales, este nivel de preferencia que han ganado las redes neuronales se debe a una serie de beneficios que se mencionan a continuación:

- Se adapta al procesamiento paralelo masivo, realizando cálculos lógicos que en una arquitectura de Von Neuman sería casi ridículo pensar. Este procesamiento masivo es característico de cierto tipo de aplicaciones como reconocimiento de patrones, clasificación, etc.
- Dada la flexibilidad de “adaptación” es apto para “aprendizaje” de características a partir de sus entradas.
- Su naturaleza de procesamiento las hace aptas para aproximaciones funcionales y para filtrado de señales con resultados altamente superiores a los sistemas convencionales.
- Son excelentes sistemas de clasificación donde los dominios de interés son complejo.

Redes Neuronales:

El sistema de neuronas biológico está compuesto por neuronas de entrada (sensores) conectados a una compleja red de neuronas “calculadoras” (neuronas ocultas) las cuales, a su vez están conectadas a las neuronas de salida que controlan por ejemplo los músculos. En el hombre, la neurona constituye la unidad funcional del sistema nervioso.

Los intentos por imitar el funcionamiento del cerebro humano han seguido la evolución del estado de la tecnología. Desde 1940, los científicos comenzaron a pensar seriamente en las redes neuronales, utilizando como concepto la noción de que las neuronas del cerebro funcionan como interruptores digitales.

Una red neuronal artificial, de manera similar, debe ser compuesta por sensores de tipo mecánico o eléctrico. El elemento básico de procesamiento de las redes neuronales se denomina Neurona Artificial. Estas no se programan, en su lugar se someten a un proceso de aprendizaje con entradas y salidas conocidas El algoritmo

más conocido para el entrenamiento de redes neuronales multicapa es el de Propagación Inversa.

La neurona artificial es un dispositivo eléctrico que responde a señales eléctricas. Un circuito eléctrico que realiza la suma ponderada de las diferentes señales que recibe de otras unidades iguales y produzca en la salida un uno o un cero según el resultado de la suma, con relación al umbral o nivel de disparo, conforma una buena representación de lo que es una neurona artificial.

Entrenamiento:

Cuando el sistema humano de neuronas, los ojos captan un objeto, algunos sensores de la visión se activan enviando señales a las neuronas ocultas. Las neuronas que se disparan con esta señal aumentan el grado de conexión de ellas. Si el mismo objeto se presenta una y otra vez, la interconexión se refuerza, por lo tanto el conocimiento del objeto. Si se presenta el objeto anterior modificado, la unión de las neuronas para el conocimiento es débil. Las neuronas deben entrenarse para reconocer el objeto en esta nueva presentación. Luego de algunas sesiones de entrenamiento, el sistema neuronal es capaz de conocer el objeto en todas sus formas. Si el objeto cambia nuevamente, la red de neuronas y el conocimiento se actualizan.

Uno de los métodos mas populares para el entrenamiento de redes neuronales es por medio del algoritmo de retropropagación, en este algoritmo los pesos sinápticos o conexiones entre las unidades de procesamiento (neuronas) se ajustan propagando el error generado a la salida (Salida Esperada – Salida de la Red) hacia las capas anteriores, realizando los ajustes en estas capas.

$$\Delta i = (\zeta_i - O_i) f'(\sum_j W_{ij} V_j)$$

$$\Delta W_{ij} = \eta(\Delta i) V_j$$

Para capa de salida donde Δi representa el ajuste dado por la sumatoria del producto de los pesos W por los valores de salida de la capa oculta

Para la capa oculta el ajuste esta dado por el producto de ΔW_{ij} (que es el delta obtenido en la capa de salida) por un valor de tolerancia de error $\eta(\Delta i) V_j$

Aplicaciones:

- *Clasificar electromiogramas y mejorar el control de prótesis de enfermedades
- *Identificación de fallas en sistemas de potencia
- * Modelar y controlar procesos industriales
- * Optimizar recursos

Ventajas que ofrecen las redes neuronales:

Presentan un gran número de características semejantes a las del cerebro.

Entre las ventajas se incluyen:

- *Aprendizaje adaptativo: capacidad de aprender tareas basadas en un entrenamiento o en una experiencia inicial.
- *Auto-organización: crea su propia organización o representación de la información que recibe mediante una etapa de aprendizaje.

Estructura de una Red Neuronal Artificial:

La distribución de neuronas dentro de la red se realiza tomando niveles o capas de un número determinado de cada una. Se puede distinguir tres tipo de capas:

1.- De Entrada : es la capa que recibe directamente la información proveniente de fuentes externas de la red

2.- Ocultas: son internas de la red. El número de niveles ocultos puede ser de cero a un número elevado. Pueden estar interconectadas de distintas maneras, lo que determina junto a su número las distintas topologías.

3.- De salida: transfieren información de la red hacia el exterior.

Pérdida de la audición inducida por ruido:

El oído es el órgano sensorial responsable de la audición. El sonido es producido por la vibración de cuerpos o moléculas de aire que se desplaza a modo de onda. En el ser humano, el sonido puede ser transmitido por conducción aérea y ósea.

Para la conducción aérea, el oído posee un sistema de transmisión del sonido (oído medio y externo) y de un receptor (el oído interno). Las ondas sonoras que atraviesan el conducto auditivo externo inciden sobre la membrana timpánica y la hacen vibrar. Esta vibración se transmite al estribo a través del martillo y del yunque (cadena de huesecillos del oído medio). Durante la exposición a niveles acústicos elevados, el músculo del estribo se contrae para proteger al oído interno (reflejo de atenuación), También, los músculos del oído medio amplían los límites dinámicos del oído, mejoran la localización del sonido, reducen la resonancia y controlan la presión del aire en el oído medio.

En la conducción ósea de las ondas sonoras, la transmisión se realiza a través del cráneo, siendo uno de los mecanismos el hecho de que el movimiento de los

huesecillos induce movimientos en la rampa vestibular. En este mecanismo, la membrana basilar se mueve a causa del movimiento de traslación producido por la inercia. De allí las terminaciones nerviosas hacen llegar el estímulo acústico al cerebro. El rango de frecuencias de sonidos audibles en personas jóvenes y sanas, se ubica entre 20 y 20000 Hz.

Se define ruido como sonido molesto, que puede perturbar el trabajo, el descanso, el sueño y la comunicación de los seres humanos, puede dañar la audición y provocar otras reacciones psicológicas o fisiológicas. La Organización Internacional del Trabajo (OIT), señala que “ El ruido se considera un serio peligro para la audición en las cada vez más complejas sociedades industriales actuales. Por ejemplo, la exposición a ruido es la causa de un tercio de los 28 millones de casos de sordera en los Estados Unidos, y el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) informa que el 14 % de los trabajadores americanos están expuestos a niveles de ruido potencialmente peligrosos. La exposición a ruido es la exposición profesional más dañina y constituye, la segunda causa, después de los efectos de envejecimiento, de pérdida de audición”.

La exposición a ruido provoca un descenso de la sensibilidad de células sensoriales auditivas proporcional a la duración e intensidad de la exposición. En los estadios más precoces, esta variación en el umbral de audición conocido como fatiga laboral o variación temporal del umbral es totalmente reversible, pero persiste durante algún tiempo después de finalizada la exposición.

Hipoacusia laboral:

La exposición a estímulos sonoros de alta intensidad durante varios años puede provocar una pérdida auditiva permanente (sordera o Hipoacusia profesional) o variación permanente del umbral. Se caracteriza por degeneración de las células ciliadas hasta destrucción celular completa. Afecta las frecuencias en las que el oído

humano es más sensible, porque en ellas la transmisión de la energía acústica del medio ambiente externo al oído interno es óptima. Esto explica por que la pérdida auditiva a 4000 Hz es el primer signo de pérdida de audición de origen profesional. . Internacionalmente, se acepta que el grado de pérdida auditiva está en función de la energía acústica total recibida por el oído.

Audiometría:

Es la prueba normalizada para detectar y evaluar la pérdida auditiva. Es un componente crucial de la evaluación médica. Utiliza un aparato conocido como audiómetro para determinar el umbral auditivo de los individuos a tonos puros desde 250 a 8000 Hz y niveles de sonido entre -10 dB (umbral de audición de oídos intactos) y 110 dB (lesión máxima) . La audición de cada oído se determina por separado y los resultados de las pruebas se describen en una gráfica conocida como audiograma. La pérdida auditiva inducida por ruido suele ser bilateral y muestra un patrón similar en ambos oídos. No obstante, puede haber lesión asimétrica en caso de exposición no uniforme. En la pérdida auditiva no relacionada con exposición al ruido, la audiometría no muestra la depresión característica a los 4000 Hz.

En numerosas legislaciones, los individuos con pérdida auditiva relacionada con exposición a ruido en el trabajo, pueden recibir prestaciones por indemnización. En Venezuela, se contempla en la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo (1986).

Cálculo de la pérdida auditiva:

A nivel oficial (IVSS) la forma utilizada para calcular la limitación funcional se basa en una normativa cubana (Rodríguez y otros, 1990) que valora la pérdida auditiva estableciendo tres (3) grados de hipoacusia profesional y el grado de señal de

acción del ruido (SARO) . Relaciona el valor medio aritmético de la pérdida auditiva en las frecuencias vocales (500, 1000 y 2000 Hz) con la pérdida auditiva en 4000Hz y establece la categoría o grado de pérdida auditiva.

Presbiacusia:

Es la pérdida auditiva relacionada con la edad, comienza en general entre los 30 y 40 años y progresa en forma gradual. Suele ser bilateral. En la presbiacusia no se observa la depresión característica a 4000 Hz, observada en la pérdida auditiva inducida por ruido. La tabla de valores de presbiacusia utilizada en el IVSS es establecida en función de la edad y sexo del paciente.

Conductas a seguir por el médico según la clasificación o valoración de la pérdida auditiva:

En la Dirección de Medicina del Trabajo del IVSS, el médico en base a los resultados de la valoración decide la conducta a seguir con el paciente, de la siguiente manera:

- 1.- SARO: (señal de acción de ruido ocupacional). Se requiere Audiometría periódica anual del paciente y aconsejar uso de protección auditiva.
- 2.- Grado I : (leve) : Se requiere Audiometría periódica cada seis meses y protección auditiva obligatoria por parte del paciente.
- 3.- Grado II: (moderado). Se requiere Audiometría periódica de 3-6 meses, protección auditiva obligatoria, cambio de puesto de trabajo a área menos ruidosa.
- 4.- Grado III: (severo). Cambio de puesto de trabajo. No exponerse a ruido sin protección auditiva. Se plantea incapacidad laboral.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

Naturaleza del Estudio

La presente investigación esta enmarcada dentro de la modalidad de estudio de proyecto factible, ya que consiste en “una propuesta sustentada en un modelo operativo viable para resolver un problema practico planteado, tendente a satisfacer necesidades institucionales o sociales y pueden referirse a la formulación de políticas, programas , tecnologías, métodos y procesos”. (UCLA, 2002)

Para el desarrollo de la investigación se requirió apoyo de información documental recopilándose datos y publicaciones relacionados y, de investigación de campo, para la obtención de datos de interés (audiometrías) en forma directa de fuentes primarias donde se producen .

Fases del Estudio:

Fase Diagnóstica

Constituye la fase de recolección de la información y de entrevistas con expertos en la materia:.

Se realizó revisión bibliográfica y documental, en diversos libros, revistas, Internet, proyectos de grado, con objeto de obtener información sobre hipoacusia laboral y sobre sistemas inteligentes desarrollados en el área de la medicina. En esta fase, además, se llevó a cabo entrevistas con médicos que laboran en el área de medicina laboral y se encargan del diagnóstico de esta patología.

Universo y muestra:

La población a considerar son las audiometrías realizadas a trabajadores expuestos a ruido que durante el año 2002 acudieron a la consulta de medicina laboral con sospecha de hipoacusia laboral, siendo un total de ciento sesenta y un (161) audiometrías. Como muestra para el entrenamiento de aprendizaje de la red se toma un total de cien (100) y para la validación se consideran otro grupo de sesenta y uno (61). (Ver Anexo B) .

El muestreo se considera no probabilístico de tipo accidental, ya que los elementos se escogen en base a la opinión del investigador, seleccionando aquellos que se consideran típicos de la población (Ludewig C., 1998) .

Procedimiento:

El presente trabajo se desarrolla en varias etapas: En la primera etapa del proyecto se procede a realizar visitas a centros de salud públicos relacionados con el área (MSDS, IVSS), con objeto de obtener información sobre el procedimiento usado para la determinar los problemas auditivos de trabajadores expuestos a ruido. Decidiéndose realizar el trabajo en el IVSS, único ente oficial encargado actualmente del diagnóstico de enfermedades laborales.

En una segunda etapa, se busca información bibliográfica, se realizan entrevistas con médicos laborales (especialistas en medicina del trabajo), se recopila la base de datos y se analizan las alternativas posibles dentro de la inteligencia artificial que pudieran dar respuesta al problema.

En la tercera etapa se plantea el diseño de una red neuronal que aprendiera de los casos existentes y diera respuesta futura a todos los casos que se presenten, contribuyendo en forma precisa a apoyar al diagnóstico médico.

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos:

*Observación directa: Para conocer los procedimientos instrumentales y manuales que intervienen en el diagnóstico.

*Entrevista no estructurada: Para obtener información directamente de los especialistas en el área y determinar los problemas presentados.

*Revisión de archivo de historias médicas para elaborar base de datos.

Resultados

De la recolección de datos en la Unidad de Medicina de Trabajo del IVSS de Barquisimeto, Estado Lara, se obtuvo una base de datos en Excel (Ver Anexo C) contentiva de un total de 161 audiometrías de trabajadores con sospechas de hipoacusia laboral tratados. Igualmente en el IVSS, se realizó una entrevista con las Dras. Ingrid Chacón y Nina Dubin relacionada con el método utilizado para diagnosticar pacientes con sospechas de hipoacusia laboral, obteniéndose explicaciones del procedimiento y las tablas de valoración utilizadas en dicho método (Ver Anexo D) .

De las entrevistas directas realizadas con las doctoras y la revisión de historias médicas, se obtuvieron datos relevantes en cuanto a las características de los pacientes (sexo, edad) que asisten a las consultas y su relación con la pérdida auditiva, datos importantes para el diseño de las entradas a la red.

Conclusiones del diagnóstico:

*La hipoacusia laboral ha ocupado los primeros lugares en el diagnóstico de enfermedades laborales a nivel local (años 1996, 1997, 1999, 2000, 2002, 2003).

*El volumen de pacientes atendidos en el servicio anualmente es alto (9977 en el 2002, 13555 en el año 2003).

*En el año 2002 se contaba con tres (3) médicos especialistas, en el 2003 con dos (2) y a partir del 2004 con un (1) solo especialista para atender los casos por el IVSS, debido a reestructuración y transformación de las funciones de la Dirección.

*El procedimiento empleado para la evaluación de trabajadores expuestos a ruido comprende : realización de una historia ocupacional con exámenes complementarios, criterio ocupacional, criterio de higiénico-epidemiológico, criterio legal, criterio clínico y audiometría como criterio paraclínico. La audiometría se realiza mediante un instrumento (uso del audiómetro) y la fase siguiente del proceso comprende una parte manual (cálculos realizados para determinar el grado de lesión auditiva) luego de las consideraciones realizadas por el especialista para el caso de hipoacusia laboral. Este hecho hace que sea necesario la inversión adicional de tiempo además de la atención del paciente para completar el proceso de diagnóstico, lo que causa impaciencias y retrasos en las decisiones.

*La utilización de redes neuronales como apoyo para el criterio paraclínico puede contribuir enormemente en la optimización del diagnóstico.

Recomendaciones

*Elaborar una propuesta que aplicada al criterio paraclínico del diagnóstico de hipoacusia laboral permita hacer más rápido y eficiente el diagnóstico.

*Basar la propuesta en el método que actualmente utilizan a nivel oficial para el diagnóstico de hipoacusia laboral.

*Elaborar la base de datos a partir de la información obtenida de la revisión de las historias médicas realizadas a pacientes que acuden al servicio.

*A futuro, aplicar la propuesta en nuevas instituciones a desarrollarse en el área. a nivel local y nacional.

Fase de Factibilidad

Comprende la factibilidad técnica, operativa, institucional, legal, económica y social del proyecto de acuerdo al caso.

Factibilidad Técnica:

La presente investigación es factible técnicamente ya que se cuenta con la tecnología , equipos y componentes necesarios para el desarrollo de la misma. Este debe estar compuesto por un computador Pentium IV 1.2 Ghz, 256 memoria Ram, disco duro 40 Mb, equipo este que soporta el trabajar con las herramientas computacionales para redes neuronales.

Factibilidad Operativa:

Es factible operativamente, por su facilidad de manejo e implementación. La utilización del mismo no ofrece ninguna dificultad ya que ha sido diseñado para ser manejado con conocimientos básico de computación.

Factibilidad Institucional:

A nivel de las Instituciones oficiales en el área (IVSS) se mostró interés en la realización del estudio, en base al beneficio que se puede obtener para la Institución y pacientes al optimizarse le evaluación de ésta patología.

Factibilidad Legal:

Desde el punto de vista legal, se considera factible, ya que el diagnóstico de la Hipoacusia como enfermedad profesional está sustentado en los Art. 28 de la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo. Igualmente , la

Ley del Seguro Social Obligatorio establece indemnización al trabajador en el caso de este tipo de enfermedades.

Factibilidad económica:

Económicamente el proyecto es factible porque solo necesita un computador con los requerimientos especificados en la factibilidad técnica.

Factibilidad Social:

Es factible, ya que contribuye socialmente a mejorar la actividad que se realiza en entes públicos de salud.

CAPITULO IV

PROPUESTA DEL ESTUDIO

Justificación

El desarrollo tecnológico actual, en constante búsqueda de perfección, se afianza cada vez más en la interrelación de diferentes ciencias. Como ejemplo, la medicina ha evolucionado con mucha celeridad gracias a los avances tecnológicos en el área de la computación y, hoy en día las nuevas técnicas de la inteligencia artificial sirven de apoyo para la obtención de una asistencia médica de mayor calidad.

De las técnicas de la inteligencia artificial utilizadas, las redes neuronales, entre otras ventajas, tienen gran facilidad de adaptación para el aprendizaje de características a partir de los datos suministrados (entradas) obteniéndose como salidas conocidas o esperadas. Las neuronas se entrenan para reconocer el objeto.

La propuesta presentada utiliza la técnica de redes neuronales, tomando como base el método utilizado a nivel oficial en el IVSS para el diagnóstico de hipoacusia laboral como enfermedad ocupacional de gran importancia por su incidencia de acuerdo a las estadísticas regionales y nacionales. Se parte del suministro de datos del paciente (sexo, edad) con sospecha de pérdida auditiva y de resultados de audiometrías donde se consideran pérdidas auditivas en diversas frecuencias de interés (500, 1000, 2000 y 4000 Hz) de acuerdo al método para un total de seis (6) entradas. Como resultado (salidas) se obtiene la valoración en grados de la pérdida auditiva del trabajador estudiado.

De esta manera, el médico especialista puede introducir los datos directamente y obtener la valoración sin necesidad de realizar cálculos adicionales como actualmente hace. La propuesta constituye un apoyo que contribuye a obtener un diagnóstico más rápido , preciso y eficiente o sea optimizar el diagnóstico de la

hipoacusia laboral. Además, se beneficia también el paciente al facilitarle, a tiempo, un buen diagnóstico de su problema.

Es de señalar la importancia del hecho, ya que a nivel regional se cuenta con empresas donde los trabajadores están sometidos a altos niveles de ruido y, la propuesta presentada permitirá a los organismos oficiales poder prevenir con mayor rapidez y eficiencia lesiones auditivas en los trabajadores y tomar medidas para evitar su avance hasta grados incapacitantes. Más aún cuando los datos estadísticos refieren trabajadores jóvenes (25 - 40 años) entre el grupo de trabajadores hipoacúsicos, lo cual socialmente afecta al país ya que se trata de trabajadores enfermos en edad productiva.

La hipoacusia o sordera ocupacional en el año 2002 ocupó el primer lugar en el registro de enfermedades profesionales (ocupacionales) en la región Centro Occidental con 90 casos y el segundo lugar a nivel nacional con 284 casos; en el año 2003 ocupó el segundo lugar (376 casos) en el registro a nivel nacional y el tercero (20 casos) en la región centro occidental, según datos estadísticos de la Dirección de Medicina del Trabajo del IVSS (año 2002 y 2003).

El ruido puede causar interferencia en el trabajo manual y de precisión, trastornos del sueño, efectos emocionales, entre otros. Al avanzar la exposición afecta al oído causando una disminución de la capacidad auditiva, que es una afección progresiva e irreversible, hasta el momento no tiene tratamiento y lo único que la medicina puede hacer es detectar en forma precoz este daño, sugiriéndose medidas para evitar el agravamiento de la lesión. Para ello, se solicita la realización periódica de audiometrías a trabajadores expuestos a ruido como criterio paraclínico de apoyo al diagnóstico. De allí, la trascendencia e importancia de la propuesta presentada.

Objetivos

Objetivo General

Realizar la valoración de la pérdida auditiva de trabajadores expuestos ocupacionalmente a ruido utilizando redes neuronales

Objetivos específicos:

- 1.- Seleccionar las herramientas computacionales a utilizar en la propuesta.
2. Determinar el número y tipos de entradas de la red neuronal
- 3.- Determinar el número de capas ocultas a utilizar en la red neuronal
- 4.- Determinar el número y tipos de salidas de la red neuronal
- 5.- Aplicar muestra para el entrenamiento de la red
- 6.- Aplicar muestra para la validación de la red neuronal

Descripción de la Propuesta

La red neuronal se diseñó estimando el número de capas, así como el tipo y número de neuronas que intervendrán en cada capa para obtener un resultado en el menor tiempo posible. Se utilizó en el diseño una red de propagación de paquetes elaborados para el aprendizaje y clasificación.

Para el entrenamiento de la red se utilizó, una base de datos que contiene datos de trabajadores con sospecha de hipoacusia laboral que acudieron a consulta de Medicina Laboral del IVSS en el año 2002 con sus respectivas audiometrías.

Para la validación de la red se tomó como base de datos otro grupo de pacientes con audiometrías realizadas en el mismo año.

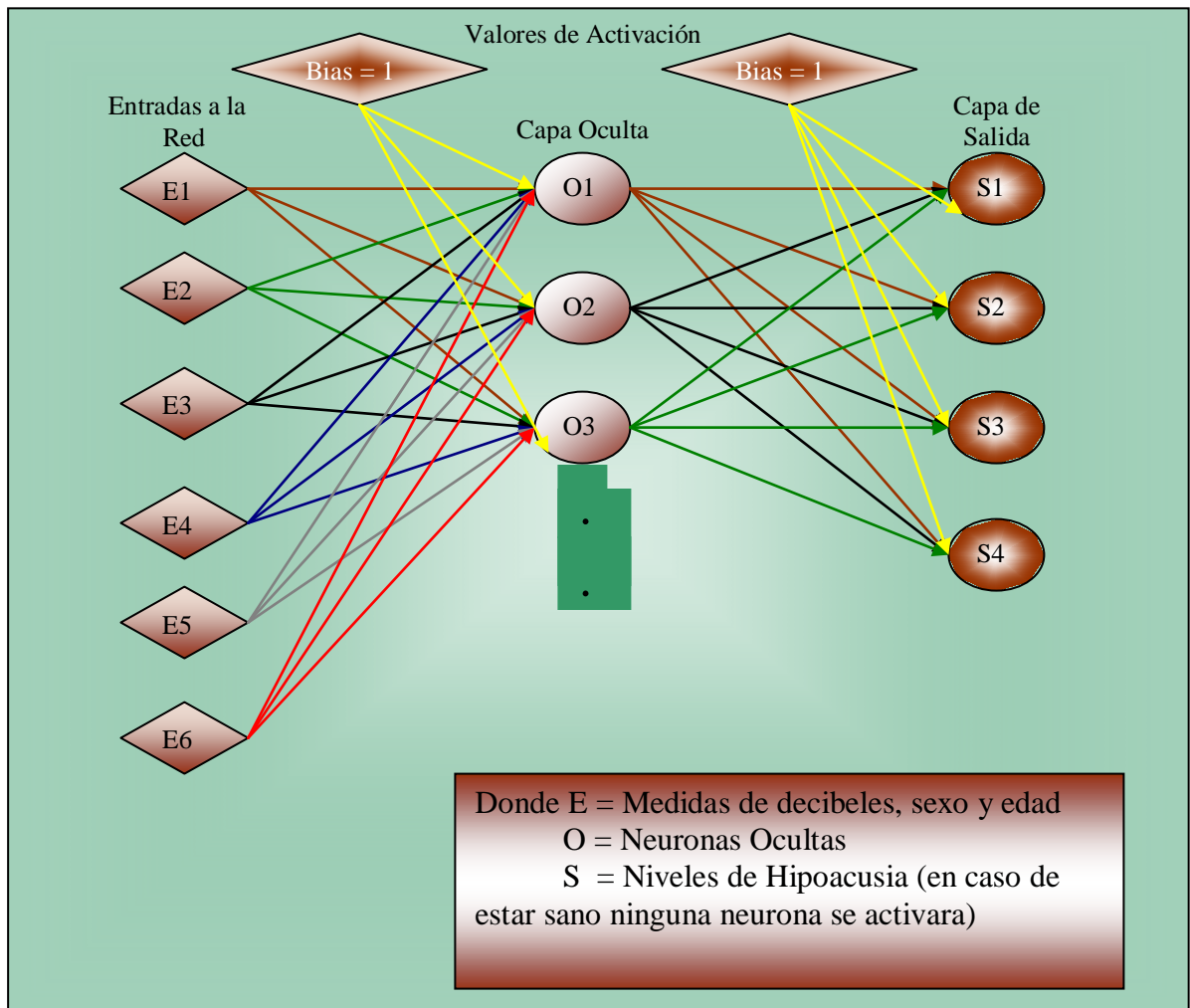
Actualmente, el proceso realizado en forma manual consiste en suministrar al sistema como valores de entrada la pérdida auditiva en las frecuencias determinadas para la elaboración de audiometrías (500, 1000, 2000 y 4000 Hz) como valores definidos y no variables y, además, los valores resultantes de la respuesta del trabajador en la aplicación de la audiometría o pérdida auditiva en cada una de las frecuencias. Estos valores serán tomados de una base de datos elaborada a partir de audiogramas de la historia médica de pacientes. Luego, los valores de pérdida auditiva de las tres primeras frecuencias se sumaran y promediaran y a la pérdida auditiva en la frecuencia de 4000Hz se le resta el valor correspondiente a la presbiacusia de acuerdo a la edad y sexo del trabajador. Estos resultados de acuerdo a rangos establecidos permiten establecer como salida la valoración de la pérdida auditiva o hipoacusia que tendrá el trabajador.

Se realizó el diseño de una red neuronal de dos capas totalmente conectadas, una oculta mas una de salida; las entradas a la red estarán representadas por 6 líneas, las cuatro primeras que representan las frecuencias de prueba del examen de audiometría mas dos adicionales que representan la edad y el sexo del paciente, la salida de la red estará representada por cuatro neuronas que representara el resultado del análisis, es decir, el grado de hipoacusia que puede padecer el paciente (SARO, Grado I, Grado II y Grado III), se descarta una salida para pacientes sanos debido a que por deducción si no presenta ningún nivel de hipoacusia será un paciente sano. Para el numero de neuronas ocultas se tomara como base la heurística propuesta por Cybenko 1989 el cual propone que el numero de neuronas ocultas de una RNA con una sola capa oculta puede ser resuelto por la siguiente ecuación (ocultas = raíz cuadrada de las (entradas + las salidas) entre 2). Así mismo la selección de una sola capa oculta se tomo teniendo como base el teorema de aproximación universal propuesto por el mismo Cybenko, 1989 el cual señala que una RNA con una sola capa oculta y con un número suficientemente elevado de unidades (neuronas) es capaz de aproximar cualquier función continua con una cierta precisión dada. Para las entradas se evidencia la necesidad de un preprocesamiento de la data, es decir, se

deben convertir los valores de decibeles arrojados por el audiómetro a valores reales entre 0 y 1 (valores normalizados) para ello dividiremos los datos observados en cada paciente por el valor máximo de pérdida auditiva; en el caso de la edad, la normalización de los datos se realizara dividiendo las edades de los pacientes entre la mayor de la muestra, para el sexo se tomara al femenino como 1 y al masculino como 0.

Como se puede evidenciar el hecho de no tener planteada una salida que represente individuos sanos, disminuye el número de patrones de entrenamiento, debido a que la red será entrenada con patrones que representen individuos con algún nivel de hipoacusia; al suministrar información de individuos sanos, la red neuronal simplemente no activara ninguna neurona a su salida.

La representación grafica del modelo de red neuronal propuesta lo podemos observar en la figura siguiente:



Análisis del proceso de entrenamiento y validación de la red:

Las pruebas practicas realizadas al modelo de red planteado, se realizaron con dos herramientas computacionales de libre distribución en la Internet, estas son: Propagator y el Percep, dando como resultado para el conjunto de entrenamiento, validación y prueba presentados en anexos, los siguientes resultados:

Cuadro 1

Resultados comparativos para 1000 ciclos de entrenamiento y 3 neuronas ocultas

Propagator (Ver Anexo E)		
Neuronas Ocultas	Tasa de Aprendizaje	Ciclos de Entrenamiento
3	0.9	1000
Error durante entrenamiento		Error Durante Validación
0.08		0.04
Percep (Ver Anexo F)		
Neuronas Ocultas	Tasa de Aprendizaje	Ciclos de Entrenamiento
3	0.9	1000
Error durante entrenamiento		Error Durante Validación
0.1		0.08

Cuadro 2

Resultados comparativos para 5000 ciclos de entrenamiento y 3 neuronas ocultas

Propagator (Ver Anexo G)		
Neuronas Ocultas	Tasa de Aprendizaje	Ciclos de Entrenamiento
3	0.9	5000
Error durante entrenamiento		Error Durante Validación
0.07		0.07
Percep (Ver Anexo H)		
Neuronas Ocultas	Tasa de Aprendizaje	Ciclos de Entrenamiento
3	0.9	5000
Error durante entrenamiento		Error Durante Validación
0.08		0.08

Cuadro 3

Resultados comparativos para 20000 ciclos de entrenamiento y 3 neuronas ocultas

Propagator (Ver Anexo I)		
Neuronas Ocultas	Tasa de Aprendizaje	Ciclos de Entrenamiento
3	0.9	20000
Error durante entrenamiento		Error Durante Validación
0.03		0.04
Percep (Ver Anexo J)		
Neuronas Ocultas	Tasa de Aprendizaje	Ciclos de Entrenamiento
3	0.9	20000
Error durante entrenamiento		Error Durante Validación
0.04		0.05

Cuadro 4

Resultados comparativos para 1000 ciclos de entrenamiento y 9 neuronas ocultas

Propagator (Ver Anexo K)		
Neuronas Ocultas	Tasa de Aprendizaje	Ciclos de Entrenamiento
9	0.9	1000
Error durante entrenamiento		Error Durante Validación
0.08		0.04
Percep (Ver Anexo L)		
Neuronas Ocultas	Tasa de Aprendizaje	Ciclos de Entrenamiento
9	0.9	1000
Error durante entrenamiento		Error Durante Validación
0.09		0.08

Cuadro 5

Resultados comparativos para 5000 ciclos de entrenamiento y 9 neuronas ocultas

Propagator (Ver Anexo M)		
Neuronas Ocultas	Tasa de Aprendizaje	Ciclos de Entrenamiento
9	0.9	5000
Error durante entrenamiento		Error Durante Validación
0.07		0.07
Percep (Ver Anexo N)		
Neuronas Ocultas	Tasa de Aprendizaje	Ciclos de Entrenamiento
9	0.9	5000
Error durante entrenamiento		Error Durante Validación
0.07		0.07

Cuadro 6

Resultados comparativos para 20000 ciclos de entrenamiento y 9 neuronas ocultas

Propagator (Ver Anexo Ñ)		
Neuronas Ocultas	Tasa de Aprendizaje	Ciclos de Entrenamiento
9	0.9	20000
Error durante entrenamiento		Error Durante Validación
0.03		0.02
Percep (Ver Anexo O)		
Neuronas Ocultas	Tasa de Aprendizaje	Ciclos de Entrenamiento
9	0.9	20000
Error durante entrenamiento		Error Durante Validación
0.03		0.02

De los resultados obtenidos por ambos paquetes en los cuadros anteriores, se obtuvo que una red neuronal con 9 neuronas ocultas y un ciclo de entrenamiento mayor o igual a 20000, resulta en una convergencia lo suficientemente satisfactoria como para garantizar resultados óptimos en la etapa de implementación del modelo.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

- La propuesta presentada expone una metodología fácil y sencilla para facilitar la aplicación del criterio paraclínico y apoyar al especialista en el diagnóstico de la hipoacusia laboral, optimizando el proceso y estableciendo beneficios tanto al médico como al paciente.
- Se demuestra la importancia de la inteligencia artificial como ciencia que puede intervenir eficazmente para mejorar la salud y calidad de vida de las población.
- Una red neuronal con 9 neuronas ocultas y un ciclo de entrenamiento mayor o igual a 20000, resulta en una convergencia lo suficiente satisfactoria como para garantizar resultados óptimos en la etapa de implementación del sistema, utilizando los paquetes computacionales Propagator o el Percep.
- El modelo diseñado permite el manejo de grandes cantidades de información, así como toma de decisiones acertadas y rápidas.
- Las redes neuronales por la capacidad que tienen de aprendizaje permiten lograr mejores resultados que los obtenidos en forma clásica.
- El estudio de factibilidad realizado determina que la propuesta es factible en cuanto a su implantación y correcto funcionamiento.

RECOMENDACIONES:

- Como prosecución de este trabajo de investigación, se plantea el desarrollo de un sistema que implemente el modelo de red sugerido y que adicionalmente a ello, permita la comunicación directa con el instrumento de medición (Audiómetro).
- La prosecución sugerida cuenta con un mercado potencial para su comercialización debido a que no existe actualmente ninguna herramienta que lo realice.
- Se sugiere, además, la realización de pruebas con modelos neurodifusos a fin de ampliar los grados de clasificación en lo que respecta a niveles de hipoacusia; como ejemplo, se podían tomar nuevas medidas que indiquen Saro moderado, Saro Medio , Saro absoluto, así como la hipoacusia con mayor número de grados de pérdida auditiva que pudiesen incluir hipoacusia leve, moderada, severa y profunda, entre otras.
- Las pruebas sugeridas podrían considerar también la incorporación de la comparación entre varias audiometría de un mismo paciente para conocer el avance o no de la lesión auditiva, esto permitiría además determinar la eficacia de las medidas de prevención implementadas.

INDICE DE CUADROS

Nº		Pág.
1	Resultados comparativos para 1000 ciclos de entrenamiento y 3 neuronas ocultas	37
2	Resultados comparativos para 5000 ciclos de entrenamiento y 3 neuronas ocultas	37
3	Resultados comparativos para 20000 ciclos de entrenamiento y 3 neuronas ocultas	38
4	Resultados comparativos para 1000 ciclos de entrenamiento y 9 neuronas ocultas	38
5	Resultados comparativos para 5000 ciclos de entrenamiento y 9 neuronas ocultas	39
6	Resultados comparativos para 20000 ciclos de entrenamiento y 9 neuronas ocultas	39

Anexo B-1

Muestra para el entrenamiento de aprendizaje

0.22	0.27	0.22	0.27	0.53	0.00	1 0 0 0
0.18	0.18	0.09	0.31	0.58	1.00	1 0 0 0
0.13	0.09	0.04	0.27	0.58	0.00	1 0 0 0
0.63	0.68	0.72	0.77	0.53	0.00	0 0 0 1
0.22	0.27	0.22	0.27	0.53	0.00	1 0 0 0
0.27	0.27	0.27	0.40	0.53	0.00	0 1 0 0
0.13	0.13	0.18	0.27	0.65	0.00	1 0 0 0
0.18	0.22	0.27	0.31	0.66	0.00	1 0 0 0
0.22	0.27	0.27	0.31	0.66	0.00	1 0 0 0
0.18	0.18	0.18	0.27	0.66	0.00	1 0 0 0
0.09	0.09	0.09	0.45	0.78	0.00	1 0 0 0
0.50	0.63	0.63	0.86	0.78	1.00	0 0 0 1
0.50	0.54	0.63	0.86	0.78	0.00	0 0 0 1
0.59	0.68	0.81	0.90	0.78	0.00	0 0 0 1
0.22	0.36	0.31	0.50	0.88	0.00	1 0 0 0
0.45	0.45	0.45	0.50	0.88	0.00	1 0 0 0
0.72	0.68	0.54	0.63	0.88	1.00	0 0 0 1
0.36	0.36	0.50	0.54	0.86	0.00	1 0 0 0
0.09	0.18	0.45	0.54	0.88	0.00	1 0 0 0
0.31	0.22	0.36	0.54	0.80	0.00	0 1 0 0
0.22	0.27	0.27	0.54	0.75	0.00	0 0 1 0
0.18	0.13	0.22	0.50	0.75	0.00	0 1 0 0
0.22	0.22	0.22	0.45	0.75	1.00	0 1 0 0
0.13	0.31	0.54	0.50	0.93	0.00	1 0 0 0
0.18	0.40	0.59	0.63	0.93	1.00	0 0 0 1
0.18	0.36	0.54	0.54	0.93	0.00	1 0 0 0
0.09	0.36	0.59	0.54	0.91	0.00	1 0 0 0
0.13	0.13	0.13	0.59	0.65	0.00	0 1 0 0
0.13	0.13	0.13	0.63	0.65	0.00	0 1 0 0
0.31	0.27	0.31	0.40	0.76	1.00	1 0 0 0
0.18	0.22	0.22	0.31	0.76	0.00	1 0 0 0
0.18	0.22	0.22	0.40	0.76	0.00	1 0 0 0
0.13	0.09	0.00	0.27	0.48	0.00	1 0 0 0
0.09	0.13	0.09	0.31	0.48	1.00	1 0 0 0
0.40	0.40	0.50	0.59	0.68	0.00	0 0 0 1
0.31	0.40	0.36	0.45	0.58	0.00	0 1 0 0
0.13	0.27	0.31	0.72	0.85	0.00	0 0 1 0
0.22	0.18	0.04	0.54	0.85	1.00	0 0 1 0
0.04	0.04	0.13	0.50	0.83	0.00	1 0 0 0

0.18	0.22	0.22	0.40	0.63	0.00	0 0 1 0
0.63	0.63	0.72	0.77	0.63	1.00	0 0 0 1
0.13	0.18	0.18	0.50	0.86	0.00	1 0 0 0
0.22	0.18	0.18	0.54	0.85	0.00	0 1 0 0
0.22	0.18	0.27	0.54	0.85	1.00	0 0 1 0
0.22	0.22	0.22	0.36	0.76	0.00	1 0 0 0
0.22	0.18	0.13	0.31	0.73	0.00	1 0 0 0
0.45	0.50	0.54	0.63	0.75	0.00	0 1 0 0
0.18	0.22	0.22	0.31	0.56	0.00	1 0 0 0
0.40	0.50	0.59	0.59	0.68	0.00	0 0 0 1
0.09	0.09	0.18	0.40	0.53	1.00	1 0 0 0
0.18	0.18	0.18	0.31	0.55	0.00	1 0 0 0
0.13	0.09	0.40	0.45	0.75	0.00	1 0 0 0
0.13	0.09	0.36	0.40	0.75	0.00	1 0 0 0
0.13	0.13	0.40	0.45	0.75	0.00	1 0 0 0
0.27	0.27	0.22	0.36	0.60	1.00	1 0 0 0
0.77	0.68	0.72	0.77	0.76	0.00	0 0 0 1
0.22	0.27	0.31	0.36	0.76	0.00	1 0 0 0
0.22	0.27	0.36	0.40	0.76	0.00	1 0 0 0
0.45	0.45	0.54	0.81	0.90	1.00	0 0 0 1
0.54	0.72	0.72	0.86	0.90	0.00	0 0 0 1
0.40	0.40	0.45	0.68	0.90	0.00	0 0 0 1
0.18	0.13	0.27	0.68	0.86	1.00	0 0 1 0
0.13	0.09	0.09	0.31	0.56	0.00	1 0 0 0
0.18	0.18	0.18	0.40	0.55	0.00	1 0 0 0
0.09	0.09	0.09	0.36	0.56	1.00	1 0 0 0
0.27	0.22	0.36	0.54	0.93	0.00	1 0 0 0
0.22	0.31	0.45	0.63	0.93	0.00	0 1 0 0
0.36	0.31	0.45	0.50	0.93	0.00	1 0 0 0
0.36	0.27	0.36	0.40	0.45	1.00	0 1 0 0
0.22	0.22	0.27	0.22	0.46	1.00	1 0 0 0
0.13	0.04	0.13	0.31	0.45	0.00	1 0 0 0
0.18	0.18	0.31	0.31	0.58	0.00	1 0 0 0
0.18	0.13	0.18	0.27	0.58	0.00	1 0 0 0
0.09	0.13	0.27	0.68	0.63	0.00	0 1 0 0
0.09	0.09	0.31	0.77	0.63	1.00	0 1 0 0
0.13	0.13	0.22	0.86	0.63	0.00	0 0 0 1
0.13	0.18	0.27	0.36	0.66	0.00	1 0 0 0
0.18	0.18	0.22	0.31	0.63	0.00	1 0 0 0
0.22	0.22	0.18	0.31	0.48	0.00	1 0 0 0
0.77	0.86	0.90	0.95	0.83	0.00	0 0 0 1
0.77	0.81	0.81	0.90	0.83	0.00	0 0 0 1
0.54	0.59	0.59	0.77	0.83	1.00	0 0 0 1
0.13	0.18	0.22	0.54	0.81	0.00	0 1 0 0
0.13	0.18	0.22	0.36	0.81	0.00	1 0 0 0

0.09	0.09	0.18	0.59	0.81	0.00	0 1 0 0
0.22	0.18	0.18	0.36	0.81	0.00	1 0 0 0
0.22	0.22	0.22	0.45	0.53	1.00	0 1 0 0
0.13	0.09	0.18	0.45	0.53	0.00	0 1 0 0
0.09	0.18	0.18	0.45	0.53	0.00	0 1 0 0
0.13	0.09	0.04	0.40	0.53	0.00	0 1 0 0
0.63	0.50	0.45	0.50	0.56	0.00	0 0 1 0
0.09	0.13	0.22	0.36	0.56	0.00	1 0 0 0
0.18	0.18	0.13	0.59	0.53	0.00	0 1 0 0
0.18	0.13	0.09	0.68	0.53	0.00	0 1 0 0
0.13	0.09	0.09	0.27	0.58	0.00	1 0 0 0
0.22	0.22	0.27	0.50	0.60	0.00	0 0 1 0
0.18	0.27	0.18	0.27	0.73	0.00	1 0 0 0
0.18	0.18	0.18	0.50	0.56	0.00	0 1 0 0
0.13	0.13	0.13	0.31	0.76	0.00	1 0 0 0
0.27	0.27	0.31	0.36	0.76	0.00	1 0 0 0
0.13	0.13	0.13	0.50	0.60	0.00	0 1 0 0
0.09	0.13	0.13	0.50	0.60	0.00	0 1 0 0
0.18	0.27	0.27	0.68	0.80	1.00	0 0 1 0
0.18	0.18	0.22	0.63	0.80	0.00	0 0 1 0
0.18	0.27	0.27	0.50	0.91	0.00	1 0 0 0
0.27	0.22	0.36	0.50	0.91	0.00	1 0 0 0
0.09	0.18	0.22	0.45	0.91	1.00	1 0 0 0
0.40	0.36	0.27	0.45	0.68	0.00	1 0 0 0
0.18	0.13	0.13	0.36	0.71	0.00	1 0 0 0
0.09	0.09	0.13	0.36	0.66	0.00	1 0 0 0
0.13	0.09	0.13	0.40	0.66	0.00	1 0 0 0
0.09	0.09	0.09	0.36	0.66	0.00	1 0 0 0
0.09	0.09	0.09	0.45	0.75	0.00	1 0 0 0
0.09	0.09	0.13	0.36	0.75	1.00	1 0 0 0
0.22	0.22	0.31	0.63	0.83	0.00	0 0 1 0
0.27	0.27	0.31	0.63	0.83	0.00	0 0 0 1
0.22	0.22	0.36	0.63	0.83	0.00	0 0 1 0
0.22	0.27	0.27	0.40	0.61	1.00	0 1 0 0
0.18	0.18	0.45	0.54	0.80	0.00	0 1 0 0
0.22	0.22	0.50	0.59	0.80	0.00	0 0 1 0
0.13	0.13	0.22	0.50	0.48	1.00	0 1 0 0
0.22	0.22	0.22	0.45	0.48	0.00	0 0 1 0
0.22	0.22	0.27	0.45	0.50	0.00	0 0 1 0
0.27	0.31	0.36	0.45	0.71	0.00	1 0 0 0
0.27	0.27	0.18	0.27	0.50	0.00	1 0 0 0
0.63	0.68	0.77	0.81	0.78	0.00	0 0 0 1

Anexo B-2

Muestra para la validación

0.36	0.31	0.45	0.50	0.93	0.00	1 0 0 0
0.36	0.27	0.36	0.40	0.45	1.00	0 1 0 0
0.22	0.22	0.27	0.22	0.46	1.00	1 0 0 0
0.13	0.04	0.13	0.31	0.45	0.00	1 0 0 0
0.18	0.18	0.31	0.31	0.58	0.00	1 0 0 0
0.18	0.13	0.18	0.27	0.58	0.00	1 0 0 0
0.09	0.13	0.27	0.68	0.63	0.00	0 1 0 0
0.09	0.09	0.31	0.77	0.63	1.00	0 1 0 0
0.13	0.13	0.22	0.86	0.63	0.00	0 0 0 1
0.13	0.18	0.27	0.36	0.66	0.00	1 0 0 0
0.18	0.18	0.22	0.31	0.63	0.00	1 0 0 0
0.22	0.22	0.18	0.31	0.48	0.00	1 0 0 0
0.77	0.86	0.90	0.95	0.83	0.00	0 0 0 1
0.77	0.81	0.81	0.90	0.83	0.00	0 0 0 1
0.54	0.59	0.59	0.77	0.83	1.00	0 0 0 1
0.13	0.18	0.22	0.54	0.81	0.00	0 1 0 0
0.13	0.18	0.22	0.36	0.81	0.00	1 0 0 0
0.09	0.09	0.18	0.59	0.81	0.00	0 1 0 0
0.22	0.18	0.18	0.36	0.81	0.00	1 0 0 0
0.22	0.22	0.22	0.45	0.53	1.00	0 1 0 0
0.13	0.09	0.18	0.45	0.53	0.00	0 1 0 0
0.09	0.18	0.18	0.45	0.53	0.00	0 1 0 0
0.13	0.09	0.04	0.40	0.53	0.00	0 1 0 0
0.63	0.50	0.45	0.50	0.56	0.00	0 0 1 0
0.09	0.13	0.22	0.36	0.56	0.00	1 0 0 0
0.18	0.18	0.13	0.59	0.53	0.00	0 1 0 0
0.18	0.13	0.09	0.68	0.53	0.00	0 1 0 0
0.13	0.09	0.09	0.27	0.58	0.00	1 0 0 0
0.22	0.22	0.27	0.50	0.60	0.00	0 0 1 0
0.18	0.27	0.18	0.27	0.73	0.00	1 0 0 0
0.18	0.18	0.18	0.50	0.56	0.00	0 1 0 0
0.13	0.13	0.13	0.31	0.76	0.00	1 0 0 0
0.27	0.27	0.31	0.36	0.76	0.00	1 0 0 0
0.13	0.13	0.13	0.50	0.60	0.00	0 1 0 0
0.09	0.13	0.13	0.50	0.60	0.00	0 1 0 0
0.18	0.27	0.27	0.68	0.80	1.00	0 0 1 0
0.18	0.18	0.22	0.63	0.80	0.00	0 0 1 0
0.18	0.27	0.27	0.50	0.91	0.00	1 0 0 0
0.27	0.22	0.36	0.50	0.91	0.00	1 0 0 0

0.09	0.18	0.22	0.45	0.91	1.00	1 0 0 0
0.40	0.36	0.27	0.45	0.68	0.00	1 0 0 0
0.18	0.13	0.13	0.36	0.71	0.00	1 0 0 0
0.09	0.09	0.13	0.36	0.66	0.00	1 0 0 0
0.13	0.09	0.13	0.40	0.66	0.00	1 0 0 0
0.09	0.09	0.09	0.36	0.66	0.00	1 0 0 0
0.09	0.09	0.09	0.45	0.75	0.00	1 0 0 0
0.09	0.09	0.13	0.36	0.75	1.00	1 0 0 0
0.22	0.22	0.31	0.63	0.83	0.00	0 0 1 0
0.27	0.27	0.31	0.63	0.83	0.00	0 0 0 1
0.22	0.22	0.36	0.63	0.83	0.00	0 0 1 0
0.22	0.27	0.27	0.40	0.61	1.00	0 1 0 0
0.18	0.18	0.45	0.54	0.80	0.00	0 1 0 0
0.22	0.22	0.50	0.59	0.80	0.00	0 0 1 0
0.13	0.13	0.22	0.50	0.48	1.00	0 1 0 0
0.22	0.22	0.22	0.45	0.48	0.00	0 0 1 0
0.22	0.22	0.27	0.45	0.50	0.00	0 0 1 0
0.27	0.31	0.36	0.45	0.71	0.00	1 0 0 0
0.27	0.27	0.18	0.27	0.50	0.00	1 0 0 0
0.63	0.68	0.77	0.81	0.78	0.00	0 0 0 1
0.54	0.50	0.59	0.59	0.78	1.00	0 0 0 1
0.90	0.90	0.90	1.00	0.71	0.00	0 0 0 1
0.22	0.27	0.31	0.36	0.71	0.00	1 0 0 0
1.00	1.00	1.00	1.00	0.73	0.00	0 0 0 1
0.40	0.40	0.54	0.63	1.00	0.00	1 0 0 0
0.31	0.27	0.36	0.54	1.00	0.00	1 0 0 0
0.36	0.40	0.40	0.59	1.00	0.00	1 0 0 0
0.59	0.54	0.54	0.63	0.83	0.00	0 0 0 1
0.27	0.40	0.27	0.59	0.96	0.00	1 0 0 0
0.27	0.36	0.50	0.63	1.00	0.00	1 0 0 0
0.22	0.31	0.50	0.63	1.00	0.00	1 0 0 0

Anexo C

Base de datos

Frecuencia 500	Frecuencia 1000	Frecuencia 2000	Frecuencia 4000	Edad	Sexo	Diagnostico
25	30	25	30	32	M	Saro
20	20	10	35	35	F	Saro
15	10	5	30	35	M	Saro
70	75	80	85	32	M	Grado III
25	30	25	30	32	M	Saro
30	30	30	45	32	M	Grado I
15	15	20	30	39	M	Saro
20	25	30	35	40	M	Saro
25	30	30	35	40	M	Saro
20	20	20	30	40	M	Saro
10	10	10	50	47	M	Saro
55	70	70	95	47	F	Grado III
55	60	70	95	47	M	Grado III
65	75	90	100	47	M	Grado III
25	40	35	55	53	M	Saro
50	50	50	55	53	M	Saro
80	75	60	70	53	F	Grado III
40	40	55	60	52	M	Saro
10	20	50	60	53	M	Saro
35	25	40	60	48	M	Grado I
25	30	30	60	45	M	Grado II
20	15	25	55	45	M	Grado I
25	25	25	50	45	F	Grado I
15	35	60	55	56	M	Saro
20	45	65	70	56	F	Grado III
20	40	60	60	56	M	Saro
10	40	65	60	55	M	Saro
15	15	15	65	39	M	Grado I
15	15	15	70	39	M	Grado I
35	30	35	45	46	F	Saro
20	25	25	35	46	M	Saro
20	25	25	45	46	M	Saro
15	10	0	30	29	M	Saro
10	15	10	35	29	F	Saro
45	45	55	65	41	M	Grado III
35	45	40	50	35	M	Grado I
15	30	35	80	51	M	Grado II
25	20	5	60	51	F	Grado II

5	5	15	55	50	M	Saro
20	25	25	45	38	M	Grado II
70	70	80	85	38	F	Grado III
15	20	20	55	52	M	Saro
25	20	20	60	51	M	Grado I
25	20	30	60	51	F	Grado II
25	25	25	40	46	M	Saro
25	20	15	35	44	M	Saro
50	55	60	70	45	M	Grado I
20	25	25	35	34	M	Saro
45	55	65	65	41	M	Grado III
10	10	20	45	32	F	Saro
20	20	20	35	33	M	Saro
15	10	45	50	45	M	Saro
15	10	40	45	45	M	Saro
15	15	45	50	45	M	Saro
30	30	25	40	36	F	Saro
85	75	80	85	46	M	Grado III
25	30	35	40	46	M	Saro
25	30	40	45	46	M	Saro
50	50	60	90	54	F	Grado III
60	80	80	95	54	M	Grado III
45	45	50	75	54	M	Grado III
20	15	30	75	52	F	Grado II
15	10	10	35	34	M	Saro
20	20	20	45	33	M	Saro
10	10	10	40	34	F	Saro
30	25	40	60	56	M	Saro
25	35	50	70	56	M	Grado I
40	35	50	55	56	M	Saro
40	30	40	45	27	F	Grado I
25	25	30	25	28	F	Saro
15	5	15	35	27	M	Saro
20	20	35	35	35	M	Saro
20	15	20	30	35	M	Saro
10	15	30	75	38	M	Grado I
10	10	35	85	38	F	Grado I
15	15	25	95	38	M	Grado III
15	20	30	40	40	M	Saro
20	20	25	35	38	M	Saro
25	25	20	35	29	M	Saro
85	95	100	105	50	M	Grado III
85	90	90	100	50	M	Grado III
60	65	65	85	50	F	Grado III
15	20	25	60	49	M	Grado I
15	20	25	40	49	M	Saro

10	10	20	65	49	M	Grado I
25	20	20	40	49	M	Saro
25	25	25	50	32	F	Grado I
15	10	20	50	32	M	Grado I
10	20	20	50	32	M	Grado I
15	10	5	45	32	M	Grado I
70	55	50	55	34	M	Grado II
10	15	25	40	34	M	Saro
20	20	15	65	32	M	Grado I
20	15	10	75	32	M	Grado I
15	10	10	30	35	M	Saro
25	25	30	55	36	M	Grado II
20	30	20	30	44	M	Saro
20	20	20	55	34	M	Grado I
15	15	15	35	46	M	Saro
30	30	35	40	46	M	Saro
15	15	15	55	36	M	Grado I
10	15	15	55	36	M	Grado I
20	30	30	75	48	F	Grado II
20	20	25	70	48	M	Grado II
20	30	30	55	55	M	Saro
30	25	40	55	55	M	Saro
10	20	25	50	55	F	Saro
45	40	30	50	41	M	Saro
20	15	15	40	43	M	Saro
10	10	15	40	40	M	Saro
15	10	15	45	40	M	Saro
10	10	10	40	40	M	Saro
10	10	10	50	45	M	Saro
10	10	15	40	45	F	Saro
25	25	35	70	50	M	Grado II
30	30	35	70	50	M	Grado III
25	25	40	70	50	M	Grado II
25	30	30	45	37	F	Grado I
20	20	50	60	48	M	Grado I
25	25	55	65	48	M	Grado II
15	15	25	55	29	F	Grado I
25	25	25	50	29	M	Grado II
25	25	30	50	30	M	Grado II
30	35	40	50	43	M	Saro
30	30	20	30	30	M	Saro
70	75	85	90	47	M	Grado III
60	55	65	65	47	F	Grado III
100	100	100	110	43	M	Grado III
25	30	35	40	43	M	Saro
110	110	110	110	44	M	Grado III

45	45	60	70	60	M	Saro
35	30	40	60	60	M	Saro
40	45	45	65	60	M	Saro
65	60	60	70	50	M	Grado III
30	45	30	65	58	M	Saro
30	40	55	70	60	M	Saro
25	35	55	70	60	M	Saro
45	70	80	85	32	F	Grado III
66	75	85	90	32	M	Grado III
50	80	85	90	33	M	Grado III
45	85	95	95	32	M	Grado III
50	45	50	70	49	M	Grado III
20	20	25	55	49	F	Grado I
40	45	55	50	49	M	Saro
40	40	50	45	49	M	Saro
10	20	25	50	49	M	Saro
10	25	35	50	49	M	Saro
20	20	45	75	50	M	Saro
25	30	65	70	49	M	Grado III
10	15	50	70	49	F	Grado II
15	15	70	55	49	M	Saro
25	25	30	30	51	F	Saro
70	60	60	75	50	M	Saro
25	25	20	30	37	M	Saro
20	30	65	75	58	F	Grado III
50	40	45	45	36	M	Saro
25	35	30	35	36	M	Saro
50	55	50	60	36	F	Grado III
50	65	60	60	38	M	Grado III
65	75	80	90	46	M	Grado III
50	45	50	60	43	M	Grado II

Tabla Valoración de la pérdida auditiva

Grado de pérdida auditiva (Hipoacusia)	Valor medio aritmético de la pérdida auditiva en dB	
	frecuencias vocales en 500; 1 000 y 2 000 Hz	frecuencia de 4 000 Hz
S A R O	0 a 10	menor que 40 ± 20
GRADO I	11 a 20	60 ± 20
GRADO II	21 a 30	65 ± 20
GRADO III	31 o más	70 ± 20

Anexo D-2

TABLA DE VALORES DE PRESBIACUSIA POR EDAD Y SEXO
EN DECIBELES (dB).

<u>EDAD</u>	<u>MUJERES</u>	<u>HOMBRES</u>
25	0	0
26	0	0
27	1	1
28	1	2
29	2	2
30	2	3
31	2	3
32	2	4
33	3	5
34	3	6
35	3	7
36	3	7
37	4	8
38	4	9
39	5	10
40	5	11
41	5	11
42	6	12
43	7	13
44	7	14
45	8	15
46	8	15
47	9	16
48	10	18
49	11	19
50	12	20
51	12	20
52	13	22
53	14	24
54	15	25
55	15	26
56	15	26
57	16	28
58	18	29
59	17	31
60	17	32
61	17	32
62	17	34
63	18	35
64	18	37
65	18	38
> 65	18	38

Anexo E

Propagator File Graphs Network Run Window Help

Architecture

Number of Layers 3
 Nodes per Layer 6 5 4
 Transfer Functions L 3
 Random Seed 1106353188
 Init Weights -1.000000 to 1.000000
 Connectivity Full
 Conn File N/A
 Learning Rule Generalized Delta

Training Parameters

Learning Rate 0.900000
 Momentum Factor 0.001000
 Total Training Cycles 1000
 Min Train Error 0.010000
 Update Interval 10
 Training Pat Order Random
 Input Noise No Input Noise
 Training File entre.txt 126
 Validate File vali.txt 70

Testing Parameters

Input Noise No Input Noise
 Testing File test.txt 161

Current Status

State	Cycle	Train Error
Idle	1000	0.09174438

Best Error

Cycle	Train Error	Validate Error
980	0.08614177	0.04784879

Performance History

880	0.10013067	0.06338773
890	0.09211715	0.05891255
900	0.09374657	0.05842395
910	0.09624144	0.05936755
920	0.09464164	0.07746392
930	0.08701377	0.05227154
940	0.08905238	0.08566343
950	0.08608399	0.06088062
960	0.09424087	0.07575472
970	0.09471198	0.06732862
980	0.08614177	0.04784879
990	0.09207352	0.04933627
1000	0.09174438	0.05254548

Testing MSE = 0.10817600

Train Test Stop

Anexo F

Perceptron Multicapa

Datos de Entrada

Campo9-E 1	Campo10-E 2	Campo11-E 3	Campo12-E 4	Campo13-E 5	Campo14-E 6	Salida
0.636	0.682	0.727	0.773	0.533	0	0001
0.6	0.682	0.773	0.818	0.533	0	0001
0.409	0.773	0.864	0.864	0.533	0	0001
0.455	0.727	0.773	0.818	0.55	0	0001
0.455	0.591	0.545	0.545	0.633	0	0001
0.136	0.136	0.227	0.864	0.633	0	0001
0.409	0.409	0.5	0.591	0.683	0	0001
0.409	0.5	0.591	0.591	0.683	0	0001
0.909	0.909	0.909	1	0.717	0	0001
1	1	1	1	0.733	0	0001
0.773	0.682	0.727	0.773	0.533	0	0001

Líneas de Entrada: Neuronas de Salida:

Neuronas Ocultas: Taza de Aprendizaje:

Numero de Datos para el Entrenamiento: Ciclos:

Estado de Entrenamiento

-E 2	-E 3	-E 4	-E 5	-E 6	Salida	Salida de la red
0.091	0.364	0.409	0.75	0	1000	0.999 0.010 0.004 0.000
0.091	0.091	0.455	0.75	0	1000	0.905 0.425 0.001 0.000
0.091	0.409	0.455	0.75	0	1000	0.902 0.104 0.000 0.000
0.136	0.409	0.455	0.75	0	1000	0.922 0.063 0.000 0.000

Anexo G

Propagator [_] [□] [X]

File Graphs Network Run Window Help

Architecture

Number of Layers 3
 Nodes per Layer 6 5 4
 Transfer Functions L S
 Random Seed 1106354427
 Init Weights -1.000000 to 1.000000
 Connectivity Full
 Conn File N/A
 Learning Rule Generalized Delta

Training Parameters

Learning Rate 0.900000
 Momentum Factor 0.001000
 Total Training Cycles 5000
 Min Train Error 0.010000
 Update Interval 10
 Training Pat Order Random
 Input Noise No Input Noise
 Training File entre.txt 126
 Validate File vali.txt 70

Testing Parameters

Input Noise No Input Noise
 Testing File test.txt

Current Status

State	Cycle	Train Error
Idle	5000	0.04040778

Best Error

Cycle	Train Error	Validate Error
1240	0.07304013	0.07029311

Performance History

4870	0.04043419	0.12653695
4880	0.04045080	0.12614259
4890	0.04043003	0.12751596
4900	0.04045833	0.12676127
4910	0.04042917	0.12635562
4920	0.04046294	0.12680344
4930	0.04045053	0.12651442
4940	0.04042624	0.12642324
4950	0.04044524	0.12722941
4960	0.04044404	0.12667677
4970	0.04039783	0.12601180
4980	0.04044247	0.12718469
4990	0.04042451	0.12638785
5000	0.04040778	0.12626982

Train

Test

Stop

Anexo H

Perceptron Multicapa

Datos de Entrada

Campo9-E 1	Campo10-E 2	Campo11-E 3	Campo12-E 4	Campo13-E 5	Campo14-E 6	Salida
0.636	0.682	0.727	0.773	0.533	0	0001
0.6	0.682	0.773	0.818	0.533	0	0001
0.409	0.773	0.864	0.864	0.533	0	0001
0.455	0.727	0.773	0.818	0.55	0	0001
0.455	0.591	0.545	0.545	0.633	0	0001
0.136	0.136	0.227	0.864	0.633	0	0001
0.409	0.409	0.5	0.591	0.683	0	0001
0.409	0.5	0.591	0.591	0.683	0	0001
0.909	0.909	0.909	1	0.717	0	0001
1	1	1	1	0.733	0	0001
0.773	0.682	0.727	0.773	0.533	0	0001

Líneas de Entrada: Neuronas de Salida:

Neuronas Ocultas: Taza de Aprendizaje:

Numero de Datos para el Entrenamiento: Ciclos:

Estado de Entrenamiento

-E 2	-E 3	-E 4	-E 5	-E 6	Salida	Salida de la red
0.091	0.364	0.409	0.75	0	1000	1.000 0.000 0.000 0.00
0.091	0.091	0.455	0.75	0	1000	0.982 0.154 0.000 0.00
0.091	0.409	0.455	0.75	0	1000	1.000 0.004 0.000 0.00
0.136	0.409	0.455	0.75	0	1000	1.000 0.000 0.000 0.00

Anexo I

Propagator File Graphs Network Run Window Help

Architecture

Number of Layers 3
 Nodes per Layer 6 5 4
 Transfer Functions L 3
 Random Seed 1106363213
 Init Weights -1.000000 to 1.000000
 Connectivity Full
 Conn File N/A
 Learning Rule Generalized Delta

Training Parameters

Learning Rate 0.900000
 Momentum Factor 0.001000
 Total Training Cycles 20000
 Min Train Error 0.010000
 Update Interval 100
 Training Pat Order Sequential
 Input Noise No Input Noise
 Training File entre.txt 126
 Validate File vali.txt 70

Testing Parameters

Input Noise No Input Noise
 Testing File test.txt 161

Current Status

State	Cycle	Train Error
Idle	20000	0.03979644

Best Error

Cycle	Train Error	Validate Error
20000	0.03979644	0.04400913

Performance History

18800	0.03980462	0.04405968	*
18900	0.03980389	0.04405515	*
19000	0.03980317	0.04405040	*
19100	0.03980245	0.04404607	*
19200	0.03980175	0.04404147	*
19300	0.03980106	0.04403713	*
19400	0.03980038	0.04403296	*
19500	0.03979970	0.04402889	*
19600	0.03979903	0.04402484	*
19700	0.03979836	0.04402098	*
19800	0.03979771	0.04401699	*
19900	0.03979708	0.04401306	*
20000	0.03979644	0.04400913	*

Testing MSE = 0.08983929

Train Test Stop

Anexo J

Perceptron Multicapa

Datos de Entrada

	Campo9-E 1	Campo10-E 2	Campo11-E 3	Campo12-E 4	Campo13-E 5	Campo14-E 6	Salida
	0.636	0.682	0.727	0.773	0.533	0	0001
	0.6	0.682	0.773	0.818	0.533	0	0001
	0.409	0.773	0.864	0.864	0.533	0	0001
	0.455	0.727	0.773	0.818	0.55	0	0001
	0.455	0.591	0.545	0.545	0.633	0	0001
	0.136	0.136	0.227	0.864	0.633	0	0001
	0.409	0.409	0.5	0.591	0.683	0	0001
	0.409	0.5	0.591	0.591	0.683	0	0001
	0.909	0.909	0.909	1	0.717	0	0001
	1	1	1	1	0.733	0	0001
	0.773	0.682	0.727	0.773	0.533	0	0001

Líneas de Entrada: Neuronas de Salida:
 Neuronas Ocultas: Taza de Aprendizaje:
 Numero de Datos para el Entrenamiento: Ciclos:

Estado de Entrenamiento

	-E 2	-E 3	-E 4	-E 5	-E 6	Salida	Salida de la red
	0.091	0.364	0.409	0.75	0	1000	1.000 0.007 0.013 0.00
	0.091	0.091	0.455	0.75	0	1000	0.985 0.161 0.003 0.00
	0.091	0.409	0.455	0.75	0	1000	0.947 0.157 0.001 0.00
	0.136	0.409	0.455	0.75	0	1000	0.968 0.086 0.001 0.00

Anexo K

Propagator File Graphs Network Run Window Help

Architecture

Number of Layers 3
Nodes per Layer 6 9 4
Transfer Functions L S S
Random Seed 1106353188
Init Weights -1.000000 to 1.000000
Connectivity Full
Conn File N/A
Learning Rule Generalized Delta

Training Parameters

Learning Rate 0.900000
Momentum Factor 0.001000
Total Training Cycles 1000
Min Train Error 0.010000
Update Interval 10
Training Pat Order Random
Input Noise No Input Noise
Training File entre.txt 126
Validate File vali.txt 70

Testing Parameters

Input Noise No Input Noise
Testing File test.txt 161

Current Status

State	Cycle	Train Error
Idle	1000	0.09174438

Best Error

Cycle	Train Error	Validate Error
980	0.08614177	0.04784879

Performance History

880	0.10013067	0.06338773
890	0.09211715	0.05891255
900	0.09374657	0.05842395
910	0.09624144	0.05936755
920	0.09464164	0.07746392
930	0.08701377	0.05227154
940	0.08905238	0.08566343
950	0.08608399	0.06088062
960	0.09424087	0.07575472
970	0.09471198	0.06732862
980	0.08614177	0.04784879
990	0.09207352	0.04933627
1000	0.09174438	0.05254548

Testing MSE = 0.10817600

Anexo L

Perceptron Multicapa

Datos de Entrada

Campo9-E 1	Campo10-E 2	Campo11-E 3	Campo12-E 4	Campo13-E 5	Campo14-E 6	Salida
0.636	0.682	0.727	0.773	0.533	0	0001
0.6	0.682	0.773	0.818	0.533	0	0001
0.409	0.773	0.864	0.864	0.533	0	0001
0.455	0.727	0.773	0.818	0.55	0	0001
0.455	0.591	0.545	0.545	0.633	0	0001
0.136	0.136	0.227	0.864	0.633	0	0001
0.409	0.409	0.5	0.591	0.683	0	0001
0.409	0.5	0.591	0.591	0.683	0	0001
0.909	0.909	0.909	1	0.717	0	0001
1	1	1	1	0.733	0	0001

Líneas de Entrada: Neuronas de Salida:

Neuronas Ocultas: Taza de Aprendizaje:

Numero de Datos para el Entrenamiento: Ciclos:

Estado de Entrenamiento

-E 2	-E 3	-E 4	-E 5	-E 6	Salida	Salida de la red
0.091	0.364	0.409	0.75	0	1000	0.999 0.010 0.004 0.000
0.091	0.091	0.455	0.75	0	1000	0.905 0.425 0.001 0.000
0.091	0.409	0.455	0.75	0	1000	0.902 0.104 0.000 0.000
0.136	0.409	0.455	0.75	0	1000	0.922 0.063 0.000 0.000

Anexo M

Propagator [Window Icons] Help

File Graphs Network Run Window

Architecture

Number of Layers 3
Nodes per Layer 6 9 4
Transfer Functions L S S
Random Seed 1106354427
Init Weights -1.000000 to 1.000000
Connectivity Full
Conn File N/A
Learning Rule Generalized Delta

Training Parameters

Learning Rate 0.900000
Momentum Factor 0.001000
Total Training Cycles 5000
Min Train Error 0.010000
Update Interval 10
Training Pat Order Random
Input Noise No Input Noise
Training File entre.txt 126
Validate File vali.txt 70

Testing Parameters

Input Noise No Input Noise
Testing File test.txt

Current Status

State	Cycle	Train Error
Idle	5000	0.04040778

Best Error

Cycle	Train Error	Validate Error
1240	0.07304013	0.07029311

Performance History

4870	0.04043419	0.12653695
4880	0.04045080	0.12614259
4890	0.04043003	0.12751596
4900	0.04045833	0.12676127
4910	0.04042917	0.12635562
4920	0.04046294	0.12680344
4930	0.04045053	0.12651442
4940	0.04042624	0.12642324
4950	0.04044524	0.12722941
4960	0.04044404	0.12667677
4970	0.04039783	0.12601180
4980	0.04044247	0.12718469
4990	0.04042451	0.12638785
5000	0.04040778	0.12626982

Train

Test

Stop

Anexo N

Perceptron Multicapa

Datos de Entrada

Campo9-E 1	Campo10-E 2	Campo11-E 3	Campo12-E 4	Campo13-E 5	Campo14-E 6	Salida
0.636	0.682	0.727	0.773	0.533	0	0001
0.6	0.682	0.773	0.818	0.533	0	0001
0.409	0.773	0.864	0.864	0.533	0	0001
0.455	0.727	0.773	0.818	0.55	0	0001
0.455	0.591	0.545	0.545	0.633	0	0001
0.136	0.136	0.227	0.864	0.633	0	0001
0.409	0.409	0.5	0.591	0.683	0	0001
0.409	0.5	0.591	0.591	0.683	0	0001
0.909	0.909	0.909	1	0.717	0	0001
1	1	1	1	0.733	0	0001
0.773	0.682	0.773	0.773	0.773	0	0001

Líneas de Entrada: 6 Neuronas de Salida: 4
 Neuronas Ocultas: Taza de Aprendizaje:
 Numero de Datos para el Entrenamiento: Ciclos:

Estado de Entrenamiento

-E 2	-E 3	-E 4	-E 5	-E 6	Salida	Salida de la red
0.091	0.364	0.409	0.75	0	1000	1.000 0.000 0.000 0.00
0.091	0.091	0.455	0.75	0	1000	0.982 0.154 0.000 0.00
0.091	0.409	0.455	0.75	0	1000	1.000 0.004 0.000 0.00
0.136	0.409	0.455	0.75	0	1000	1.000 0.000 0.000 0.00

Anexo Ñ

Propagator File Graphs Network Run Window Help

Architecture

Number of Layers 3
Nodes per Layer 6 9 4
Transfer Functions L S S
Random Seed 1106363810
Init Weights -1.000000 to 1.000000
Connectivity Full
Conn File N/A
Learning Rule Generalized Delta

Training Parameters

Learning Rate 0.900000
Momentum Factor 0.001000
Total Training Cycles 20000
Min Train Error 0.010000
Update Interval 100
Training Pat Order Sequential
Input Noise No Input Noise
Training File entre.txt 126
Validate File vali.txt 70

Testing Parameters

Input Noise No Input Noise
Testing File test.txt 161

Current Status

State	Cycle	Train Error
Idle	20000	0.03185730

Best Error

Cycle	Train Error	Validate Error
20000	0.03185730	0.02793507

Performance History

18800	0.03186809	0.02842542	*
18900	0.03186711	0.02838432	*
19000	0.03186615	0.02833714	*
19100	0.03186520	0.02829331	*
19200	0.03186427	0.02824978	*
19300	0.03186334	0.02820834	*
19400	0.03186244	0.02816546	*
19500	0.03186155	0.02812751	*
19600	0.03186068	0.02808651	*
19700	0.03185982	0.02804843	*
19800	0.03185897	0.02801128	*
19900	0.03185813	0.02797343	*
20000	0.03185730	0.02793507	*

Testing MSE = 0.09721672

Anexo O

Perceptron Multicapa

Datos de Entrada

Campo9-E 1	Campo10-E 2	Campo11-E 3	Campo12-E 4	Campo13-E 5	Campo14-E 6	Salida
0.227	0.227	0.273	0.227	0.467	1	1000
0.091	0.136	0.091	0.318	0.483	1	1000
0.091	0.091	0.182	0.409	0.533	1	1000
0.091	0.091	0.091	0.364	0.567	1	1000
0.182	0.182	0.091	0.318	0.583	1	1000
0.273	0.273	0.227	0.364	0.6	1	1000
0.091	0.091	0.136	0.364	0.75	1	1000
0.318	0.273	0.318	0.409	0.767	1	1000
0.227	0.227	0.273	0.273	0.85	1	1000
0.091	0.182	0.227	0.455	0.917	1	1000

Líneas de Entrada: **6** Neuronas de Salida: **4**
 Neuronas Ocultas: Taza de Aprendizaje:
 Numero de Datos para el Entrenamiento: Ciclos:

Estado de Entrenamiento

-E 2	-E 3	-E 4	-E 5	-E 6	Salida	Salida de la red
0.091	0.364	0.409	0.75	0	1000	1.000 0.000 0.000 0.000
0.091	0.091	0.455	0.75	0	1000	0.999 0.051 0.000 0.000
0.091	0.409	0.455	0.75	0	1000	1.000 0.017 0.000 0.000
0.136	0.409	0.455	0.75	0	1000	1.000 0.000 0.000 0.000

Referencias Bibliográficas

Álvarez, Arsenio. Ruido y Sordera. Contribución al estudio de la hipoacusia laboral. Edit. Graficus. Santo Domingo, República Dominicana. 1997.

Atienza, Felipe. Sistema para determinar los pacientes con insuficiencia cardiaca y mayor riesgo de muerte utilizando un modelo de redes neuronales. Tesis doctoral realizada en Hospital General de Valencia, España. Artículo publicado en Diario Médico.com . 2000.

Barroso Laura. Sistema basado en redes neuronales para el diagnostico y tratamiento de enfermedades dentales. Tesis de grado. Universidad Fermín Toro. Barquisimeto, Venezuela. 2004.

Ceacsa. Prevención de Riesgos Laborales. Ediciones Ceacsa. OPS/OMS. Quito, Ecuador, 1999.

COVENIN. Norma Venezolana N° 1565-95. Ruido Ocupacional. Programa de Conservación Auditiva . Niveles Permisibles y Criterios de Evaluación.

Cybenko, G. Approximation by Superposition of a Sigmoidal function Mathematics of Control, Signals and Systems, 2, p.p. 303-314. 1989.

De Sebastián, Gonzalo. Audiología Práctica. Edit. Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina. 1990.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo. Normas Técnicas de Prevención NTP-85. Audiometrías. Barcelona, España.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo. Normas Técnicas de Prevención NTP-136. Valoración del Trauma acústico. Barcelona, España.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo. Normas Técnicas de Prevención NTP-193. Vigilancia epidemiológica de los trabajadores expuestos a ruido. Barcelona, España.

Labarga, Alberto . Posibilidades de los coeficientes wavelet como posibles entradas de un sistema de clasificación basado en una red neuronal de tipo competitivo, aplicado a la clasificación de los potenciales auditivos de latencia larga conocidos como onda P₃₀₀. Universidad Pública de Navarra, Pamplona (España).2003

LaDou, Joseph. Medicina Laboral y Ambiental. Editorial Manual Moderno. 2da Edición. México, D.F. 1999

Madriz- Alfaro J.J. Prevención e identificación temprana de la sordera. San José de Costa Rica. Ministerio de Salud. 1991.

Mateos J., Huerta A., y otros. Modelo con RNA para diagnosticar Hipertensión arterial. Universidad de Guadalajara, México. 2000

Martínez, María. Hipoacusia Laboral. Material mimeografiado.1993

Medicina del Trabajo, IVSS . Taller de Evaluación de enfermedades laborales. Material mimeografiado.1990.

Murrugarra, Lady y Jiménez Fernando . “ Sistema de apoyo al diagnóstico clínico mediante redes neuronales”. Instituto de Medicina Tropical “Alexander Von Humbolt” Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima (Perú). 2003.

OIT. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Editorial Chantal Dufresne. Madrid, 2001.

Pineda E., Alvarado E. y Canales F. Metodología de la Investigación. OPS. Washington, DC. 1999.

Reyes de los Mozos M., Pulgros y Calderón. Metodología del uso de Redes Neuronales en Aplicaciones del Campo Médico. Universidad Autónoma de Barcelona, España. 2003.

Rodríguez, Laritza y otros. Manual de Medicina del Trabajo. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, 1990.

UCLA. Manual para la presentación del Trabajo conducente al Grado Académico de Especialización, Maestría y Doctorado. 2002.

Zambrano Víctor. Sistema para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades del arroz basado en una red neuronal a dos capas. Tesis de grado. Universidad Fermín Toro. Barquisimeto, Venezuela. 2004.