

Un sistema experto para el diagnóstico del trastorno depresivo basado en redes neuronales

Expert System for the Diagnosis of Depressive Disorder Based on Neural Networks

Kimberly Pocco

0000-0002-2757-2987

Facultad de Ingeniería. Universidad Católica Sedes Sapientiae. Perú.

Correspondencia: kimberly.poccap@gmail.com

RESUMEN

Este trabajo propone un sistema de diagnóstico del trastorno depresivo para el Centro de Salud Juan Pablo II. En este centro los especialistas aplican como método de evaluación el cuestionario BDI-II (Inventario de Depresión de Beck), que limita el proceso de diagnóstico porque solo contempla la sumatoria de un puntaje como resultado final. Por lo tanto, para mejorar el método de evaluación se propone la construcción de un modelo de diagnóstico basado en redes neuronales y la adaptación del cuestionario BDI-II recopilando ítems del cuestionario asociados a sus respectivos factores establecidos: emocional, cognitivo, físico y de motivación siendo las variables de entrada de la primera capa. El modelo tiene tres capas ocultas y finalmente se obtendrá una capa de salida con el diagnóstico general y específico que detallará el resultado del paciente a fin de que el especialista realice un plan personalizado de tratamiento que se ajuste mejor a las necesidades del paciente.

Palabras Clave: redes neuronales; diagnóstico; trastorno depresivo; factores.

ABSTRACT

This work proposes a diagnostic system for depressive disorder for the Juan Pablo II Health Center where the specialists apply the BDI-II questionnaire (Beck's Depression Inventory) as evaluation method, which limits the diagnostic process because it only contemplates the sum of a score as a final result. Therefore, to improve the evaluation method, the construction of a diagnostic model based on neural networks and the adaptation of the BDI-II collecting questionnaire items associated with their respective established factors: emotional, cognitive, physical and motivation, being the input variables of the first layer, having three hidden layers and finally an output layer will be sought with the general and specific diagnosis that details the result of the patient so



that the specialist can make a personalized treatment plan that better adjusts to the patient needs.

Keywords: neural networks; diagnosis; depressive disorder; factors.

Recibido: 16/12/2021

Aprobado: 10/05/2022

Introducción

En la actualidad, el trastorno depresivo es una de las enfermedades mentales más recurrentes y peligrosas porque afecta la salud mental de las personas, lo que genera una limitación en sus capacidades para realizar sus actividades cotidianas. ^(1,2) Asimismo, la llegada del COVID-19 ha contribuido a que el cuadro de las personas que padecen de trastornos depresivos sea más crítico, generando un impacto negativo en su bienestar mental. ^(3,4) Esto se debe a distintos factores psicosociales como: el miedo a la muerte, el confinamiento, exposición al virus, etc. ⁽⁵⁾ Un diagnóstico oportuno del trastorno depresivo es de gran importancia para la realización de una prevención primaria e intervención temprana. ⁽⁶⁾

Es por ello que los Centros de Salud gestionan la atención primaria de la salud mental apoyándose en cuestionarios psicométricos que cumplen con los criterios propuestos por el DSM (Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales) y el CIE-10 (Clasificación internacional de enfermedades), ⁽⁷⁾ Estos cuestionarios trabajan en base a la descripción subjetiva de los síntomas de los pacientes y el juicio del médico, estos últimos evalúan la sintomatología de los pacientes a fin de obtener un resultado diagnóstico. ⁽⁸⁾ Sin embargo, este método de evaluación carece de exactitud y fiabilidad porque no contempla la complejidad de los síntomas. Como consecuencia, se puede obtener un resultado erróneo en el diagnóstico, lo que afecta a la toma de decisiones del personal médico para la realización de un adecuado plan de tratamiento. ⁽⁹⁻¹¹⁾

Se identificó que en el área de psicología del Centro de Salud Juan Pablo II, se realiza una atención basada en el llenado de cuestionarios. Debido a ello, el método de evaluación que se utiliza no cubre todo lo que el proceso de atención del paciente requiere para realizar un diagnóstico eficiente, además, la política de atención es ineficaz porque el tiempo de atención es muy limitado lo que impide realizar un diagnóstico correcto.



Por esta razón, se propone la implementación de un sistema experto basado en redes neuronales a fin de optimizar el proceso de diagnóstico orientado al trastorno depresivo en el área de psicología de este Centro de Salud. Para ello se propondrá como solución, un modelo lógico de diagnóstico aplicado al caso de estudio.

Desarrollo

EL trastorno depresivo

El trastorno depresivo es considerado como un conjunto de trastornos mentales que poseen en común periodos muy elevados de tristeza patológica. ^{(6),(12)} La OMS (Organización mundial de salud) y asociaciones psiquiátricas han establecido criterios para la clasificación de los trastornos mentales, desarrollando un glosario de términos que ayudaran a mejorar la interpretación en los diagnósticos. ⁽⁷⁾

La Asociación Americana de Psiquiatría (APA por sus siglas en inglés) estableció el DSM (Manual Diagnóstico y Estadístico de Enfermedades) contemplando dos grupos principales para su clasificación, el primero trata sobre la alteración del funcionamiento mental y el segundo sobre una alteración de la función cerebral asociada a un factor secundario de trastorno psiquiátrico. Además, la OMS propuso la adaptación y mejora de la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-10) que consta de diez categorías de clasificación de los trastornos mentales (Tabla 1). ^{(7),(13)}

Tabla 1- Clasificación del trastorno depresivo según el DSM IV y CIE - 10

| Crterios | DSM IV | CIE-10 |
|----------------------|--|--|
| Significado Clínico | Los síntomas causan clínicamente un significativo deterioro social, ocupacional u otra importante área de funcionamiento | Alguna dificultad para continuar con el trabajo ordinario y actividades sociales, pero probablemente no dejará de funcionar completamente en un episodio depresivo leve. |
| Duración de síntomas | La mayor parte del día, casi todos los días durante al menos 2 semanas | Se requiere una duración de al menos 2 semanas. para el diagnóstico de episodios depresivos de los tres grados de severidad |
| Gravedad | Cinco o más síntomas de un estado de ánimo deprimido o pérdida de interés o placer | Estado de ánimo deprimido, pérdida de interés y disfrute., energía reducida que conduce a una mayor fatigabilidad y actividad disminuida en la depresión típica |

Adaptado de (13)

Los sistemas de clasificación son de gran utilidad para categorizar los grupos de trastornos mentales, además, tienen como propósito establecer el cuestionario



psicométrico más adecuado según la descripción de las categorías que sirven de guía para un adecuado diagnóstico. ⁽⁷⁾

Método psicométrico de evaluación del trastorno depresivo

Actualmente, acorde al DSM y CIE-10 existen clasificaciones de los trastornos mentales que se enfocan en tipos de depresión de acuerdo al conjunto de sintomatologías que presente el paciente; el Inventario de Depresión de Beck (BDI-II) es el más empleado en la práctica clínica para el grupo de trastornos depresivos, este cuestionario consta de 21 ítems que permiten conocer el nivel de gravedad del episodio depresivo que padece el paciente. ⁽¹⁴⁾

Sistemas de diagnóstico

Los sistemas de diagnóstico se encargan de realizar el proceso inferencial mediante la recolección y análisis de datos con relación a un episodio clínico de alguna enfermedad que afecte al paciente con la finalidad de establecer criterios de evaluación para realizar un diagnóstico. ⁽¹⁵⁻¹⁷⁾ Asimismo, estos sistemas emplean un enfoque de diagnóstico basado en la historia del proceso o conocimiento, por lo que son ideales para implementar sistemas de razonamiento automatizado utilizando técnicas de inteligencia artificial. ⁽¹⁸⁾ Para el campo de la medicina los sistemas de diagnósticos asistidos por computadora son imprescindibles debido a que su uso como herramienta de apoyo para el personal médico minimiza errores en el diagnóstico y mejora la capacidad de decisión del especialista. ⁽¹⁹⁻²¹⁾

El desarrollo de sistemas de diagnósticos basados en conocimiento, orientados a trastornos mentales, nace a partir de los 90's con el primer sistema especializado en el diagnóstico del autismo infantil (DAI). ⁽²²⁾

Asimismo, la evolución de los sistemas expertos construidos a partir de bases de conocimiento previas han mejorado la exactitud y fiabilidad del diagnóstico debido a que ahora no sólo emplean datos clínicos como los síntomas, sino que también proponen sistemas híbridos que apoyen al personal médico en el diagnóstico de los trastornos depresivos a partir de la combinación de técnicas de inteligencia artificial y estudios clínicos especializados, como los casos basados en resonancias magnéticas cerebrales. ^(8,9) Además, para la construcción de un sistema de diagnóstico del trastorno depresivo, primeramente se debe identificar cuáles son los criterios y métodos de evaluación clínicos que se emplean durante el proceso de diagnóstico, y por último definir el método de construcción del sistema, es por ello que existen diversos estudios que emplean método de redes neuronales. ⁽²³⁻²⁸⁾

Problema de diagnóstico del trastorno depresivo

El diagnóstico del trastorno depresivo en el área de psicología se realiza basado en entrevistas y la resolución de una ficha de tamizaje, en este caso es el cuestionario BDI-II. Este tipo de evaluación limita el diagnóstico porque solo evalúa el puntaje



obtenido a través del test psicométrico, guiándose por los criterios del manual de diagnóstico DSM V y CIE-10. ^{(8),(29),(30)}

Para optimizar y afinar la clasificación de evaluación se debe comprender el funcionamiento del cuestionario psicométrico de evaluación BDI-II con la finalidad de obtener como resultado un diagnóstico eficiente. Este instrumento de evaluación consta de un formato de 21 ítems, donde cada ítem o pregunta tiene cuatro respuestas con sus respectivos puntajes con valores numéricos: 0, 1, 2 o 3; donde cada valor representa la opción que marque el paciente. Ver Tabla 2 y Tabla 3.

Tabla 2- Ítems principales del cuestionario BDI-II.

| Ítems o preguntas | | Respuesta | | | |
|-------------------|-------------------------------|-----------------|----------------|----------------|---------------|
| 1 | Tristeza | Puntaje 0 | Puntaje 1 | Puntaje 2 | Puntaje 3 |
| 2 | Llanto | | | | |
| 3 | Irritabilidad | | | | |
| 4 | Pérdida del interés | | | | |
| 5 | Agitación | | | | |
| 6 | Autocritica | | | | |
| 7 | Indecisión | | | | |
| 8 | Aversión a uno mismo | | | | |
| 9 | Inutilidad | | | | |
| 10 | Sentimientos de fracaso | | | | |
| 11 | Pesimismo | Primera opción | Segunda opción | Tercera opción | Cuarta opción |
| 12 | Sentimientos de culpa | | | | |
| 13 | Dificultad de concentración | | | | |
| 14 | Sentimientos de castigo | | | | |
| 15 | Cansancio | | | | |
| 16 | Cambios en el patrón de sueño | | | | |
| 17 | Cambios en el apetito | | | | |
| 18 | Pérdida de interés en el sexo | | | | |
| 19 | Pérdida del placer | | | | |
| 20 | Pérdida de la energía | | | | |
| 21 | Pensamientos de suicidio | | | | |
| Total | | Sumatoria Final | | | |

Obtenido de (14)

Tabla 3- Rango de los criterios puntuación BDI-II.

| Puntuación del Cuestionario BD-II | |
|-----------------------------------|----------------|
| 00-13 | Nivel mínimo |
| 14-19 | Nivel leve |
| 20-28 | Nivel moderado |
| 29-63 | Nivel grave |

Obtenido de (14)



Asimismo, el área de psicología de este centro de salud emplea en su proceso de atención y diagnóstico la aplicación del cuestionario psicométrico BDI-II como ficha de tamizaje. A continuación (Fig. 1) se presenta el diagrama de flujo este proceso. ⁽³¹⁾

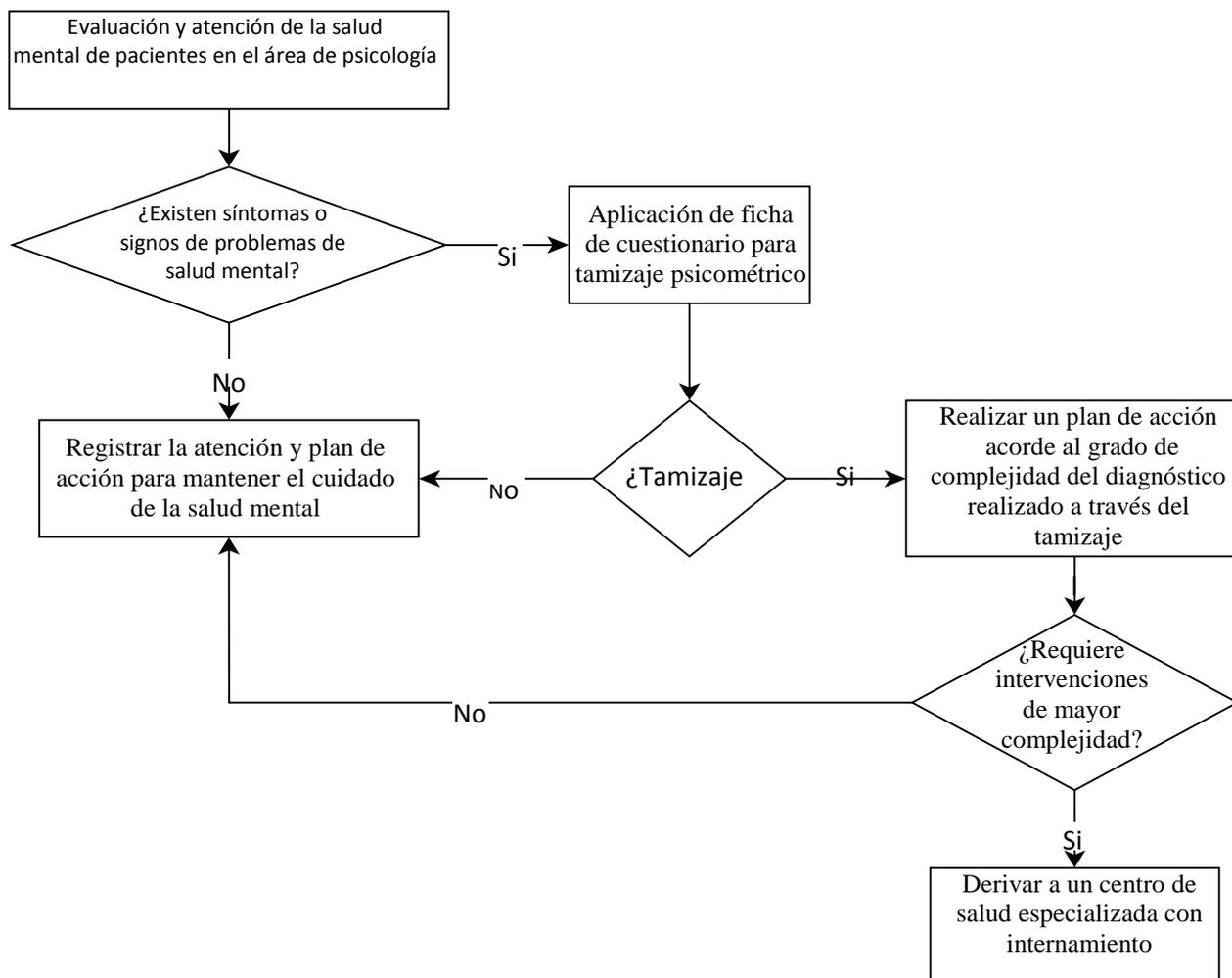


Fig. 1- Diagrama de flujo del proceso de atención y diagnóstico de la salud mental.

Adaptado de ⁽³¹⁾.

Una solución al diagnóstico del trastorno depresivo

Los sistemas de diagnóstico basados en modelos de redes neuronales son usados en el campo de la medicina debido a que utilizan técnicas que procesan información, por lo que son entrenados a partir de un determinado conjunto de datos de entrada. ⁽³²⁻³⁴⁾

Como parte de la inteligencia artificial las redes neuronales a través del procesamiento del lenguaje natural y reconocimiento de patrones brindan resultados a partir de los



sucesos percibidos aplicando técnicas de aprendizaje, lo cual es beneficioso para la implementación de los sistemas expertos. ⁽³⁵⁻³⁷⁾

Propuesta del diagnóstico del trastorno depresivo

Primeramente, se ha adaptado y clasificado el cuestionario BDI-II de acuerdo con cuatro factores de evaluación ayudando a evaluar las dimensiones de los síntomas que están considerados en los 21 ítems o preguntas del cuestionario. (Tabla 4)

Tabla 4- Adaptación de los factores de evaluación del cuestionario BDI-II.

| Factores de evaluación | |
|------------------------|--|
| Emocional | $P_{01}, P_{10}, P_{17}, P_{12}, P_{11}$ |
| Cognitivo | $P_{08}, P_{13}, P_{07}, P_{14}, P_{02}, P_{03}, P_{05}, P_{19}$ |
| Físico | $P_{20}, P_{16}, P_{18}, P_{21}$ |
| Motivacional | P_{04}, P_{15}, P_{09} |

Adaptado de (8),(9)

Por lo tanto, se adaptará el cuestionario para crear un modelo de evaluación y diagnóstico tomando como datos de entrada la dimensión de los síntomas asociados según el factor correspondiente.

Especificación del método redes neuronales

Las redes neuronales son modelos abstractos de neuronas artificiales interconectadas, las cuales a través de datos de entrada realizan una sinapsis para brindar datos de salida o posibles soluciones a problemas complejos. ⁽³⁸⁾ A continuación se mostrará la especificación del método de redes neuronales basado en el perceptrón multicapa y la adaptación del cuestionario psicométrico de evaluación para determinar el modelo de diagnóstico con este método.

$$X = \{ x_1, x_2, \dots, x_{n1} \}$$

Donde X es un vector o patrón de entrada de la red

X: Sean "X" el conjunto de los síntomas establecidos a través del cuestionario BDI-II. Además, cada síntoma tendrá un valor de entrada asignado entre el rango [0-3] de acuerdo con la puntuación que sea establecida por el paciente.

$$P = \{0, 1, 2, 3\}$$

Donde P es la puntuación de los valores de entrada

- 0 (bajo), si el paciente en absoluto no se identifica con la descripción de la dimensión que se indica en el síntoma.



- 1 (medio), si el paciente indica que el grado de identificación con la descripción de la dimensión de ese síntoma es leve.
- 2 (alto), si el paciente indica que el grado de identificación con la descripción de la dimensión de ese síntoma es moderado.
- 3 (muy alto), si el paciente indica que el grado de identificación con la descripción de la dimensión de ese síntoma es absoluto.

Por lo tanto, cada síntoma estará asociado a un conjunto de pertenencia de acuerdo con los grupos de factores determinados (Tabla 2).

Primera capa: Entrada

Las variables de entrada están asociadas a una etiqueta de pertenencia de los factores a los que corresponden como se muestra en las tablas 5, 6, 7, y 8.

$$O_i^1 = \mu_{Factores}(x_{ij}) \quad \text{Ecuación 1: Capa de entrada.}$$

Tabla 5-Variables de entrada del Factor Emocional.

| Subdimensiones | Variable |
|---------------------|----------|
| Tristeza | x_{01} |
| Llanto | x_{02} |
| Irritabilidad | x_{03} |
| Pérdida del interés | x_{04} |
| Agitación | x_{05} |

Tabla 6-Variables de entrada del Factor Cognitivo.

| Subdimensiones | Variable |
|-----------------------------|----------|
| Autocrítica | x_{06} |
| Indecisión | x_{07} |
| Aversión a uno mismo | x_{08} |
| Inutilidad | x_{09} |
| Sentimientos de fracaso | x_{10} |
| Pesimismo | x_{11} |
| Sentimientos de culpa | x_{12} |
| Dificultad de concentración | x_{13} |
| Sentimientos de castigo | x_{14} |

Tabla 7- Variables de entrada del Factor Físico.

| Subdimensiones | Variable |
|-------------------------------|----------|
| Cansancio | x_{15} |
| Cambios en el patrón de sueño | x_{16} |
| Cambios en el apetito | x_{17} |
| Pérdida de interés en el sexo | x_{18} |

Tabla 8- Variables de entrada del Factor Motivacional.

| Sub dimensiones | Variable |
|--------------------------|----------|
| Pérdida del placer | x_{19} |
| Pérdida de la energía | x_{20} |
| Pensamientos de suicidio | x_{21} |



Segunda capa: Productoría

En esta capa se realiza el producto de los pesos de las sub dimensiones de los síntomas por el valor de entrada que se obtuvo de acorde al grado de pertenecía.

$$O_i^2 = f\left(\sum w_i \cdot \mu_{A,B,C,D}(x_{ij})\right) \text{ Ecuación 2: Capa Producto}$$

Igual, se asignan los pesos a los factores de las dimensiones de los síntomas (Tabla 9).

Tabla 9- Productoría de las variables de entrada y los pesos de las dimensiones.

| Etiqueta Factores | Variables Entrada | Pesos w_i | Productoría |
|-------------------|-------------------|-------------|----------------------------------|
| Emocional | x_{01} | 0,2 | $\sum_{i=1}^5 X_i \cdot W_i$ |
| | x_{02} | 0,2 | |
| | x_{03} | 0,2 | |
| | x_{04} | 0,2 | |
| | x_{05} | 0,2 | |
| Cognitivo | x_{06} | 0,11 | $\sum_{i=6}^{14} X_i \cdot W_i$ |
| | x_{07} | 0,11 | |
| | x_{08} | 0,12 | |
| | x_{09} | 0,11 | |
| | x_{10} | 0,11 | |
| | x_{11} | 0,11 | |
| | x_{12} | 0,11 | |
| | x_{13} | 0,11 | |
| Físico | x_{14} | 0,11 | $\sum_{i=15}^{18} X_i \cdot W_i$ |
| | x_{15} | 0,25 | |
| | x_{16} | 0,25 | |
| | x_{17} | 0,25 | |
| Motivacional | x_{18} | 0,25 | $\sum_{i=19}^{21} X_i \cdot W_i$ |
| | x_{19} | 0,33 | |
| | x_{20} | 0,33 | |
| | x_{21} | 0,34 | |

Donde, cada salida brindara una regla según la variable etiquetada a su respectivo factor.

Tercera capa: Normalización

En esta capa se realiza la evaluación del consecuente de cada regla, y la relación de normalización.

$$O_i^3 = \bar{W}_i = \frac{w_i}{\sum w_j} \text{ Ecuación 3: Capa de normalización}$$



Tabla 10- Normalización según la función de pertenencia de las variables correspondientes.

| Factores | Reglas | Función de Pertenencia | Normalización |
|--------------|---|------------------------|-------------------------------|
| Emocional | R ₀₁ R ₀₂ R ₀₃ R ₀₄ R ₀₅ | $\mu_A(x_i)$ | $f(x) = \frac{\mu_A(x_i)}{3}$ |
| Cognitivo | R ₀₆ R ₀₇ R ₀₈ R ₀₉ R ₁₀ R ₁₁ R ₁₂ R ₁₃ R ₁₄ | $\mu_B(x_i)$ | $f(x) = \frac{\mu_B(x_i)}{3}$ |
| Físico | R ₁₅ R ₁₆ R ₁₇ R ₁₈ | $\mu_C(x_i)$ | $f(x) = \frac{\mu_C(x_i)}{3}$ |
| Motivacional | R ₁₉ R ₂₀ R ₂₁ | $\mu_D(x_i)$ | $f(x) = \frac{\mu_D(x_i)}{3}$ |

Cuarta capa: Inferencia

Es la comparación de los valores obtenidos a través de la función normalizada para evaluar y asignar el nivel y porcentaje de depresión por cada factor de evaluación.

$$O_i^4 = \bar{W}_i f_i \quad \text{Ecuación 3: Capa de Inferencia}$$

Tabla 11- Rango de evaluación según la salida de datos normalizados.

| Rango de Evaluación | | |
|--|--|---|
| $0.00 \leq \mu_{A,B,C,D}(x_i) \leq 0.25$ | $0.00 \leq \mu_{Nivel}(x_i) \leq 0.75$ | A |
| $0.25 < \mu_{A,B,C,D}(x_i) \leq 0.50$ | $0.75 < \mu_{Nivel}(x_i) \leq 1.50$ | B |
| $0.50 < \mu_{A,B,C,D}(x_i) \leq 0.75$ | $1.50 < \mu_{Nivel}(x_i) \leq 2.21$ | C |
| $0.75 < \mu_{A,B,C,D}(x_i) \leq 1.00$ | $2.21 < \mu_{Nivel}(x_i) \leq 3.00$ | D |

Representación de resultado:

A: Mínimo

B: Leve



C: Moderado

D: Grave

Tabla 12. Asignación de resultados específicos de cada factor según el rango de evaluación obtenido.

| Factores | Función Normalización | Resultado |
|--------------|-------------------------------|--|
| Emocional | $f(x) = \frac{\mu_A(x_i)}{3}$ | Rango de evaluación según la salida de la función normalizada (Tabla 11) |
| Cognitivo | $f(x) = \frac{\mu_B(x_i)}{3}$ | |
| Físico | $f(x) = \frac{\mu_C(x_i)}{3}$ | |
| Motivacional | $f(x) = \frac{\mu_D(x_i)}{3}$ | |

Quinta capa: Salida

Los datos de salida mostraran el diagnostico general del trastorno depresivo y el diagnostico especifico de cada factor con respecto al nivel y porcentaje de representación (Tabla 13).

$$O_i^5 = \sum \bar{W}_i f_i \quad \text{Ecuación 4: Capa de salida}$$

Tabla 13- Salida de datos del diagnóstico general.

| Factores | Resultado | Factores | Diagnostico General |
|--------------|------------|----------------------|---------------------|
| Emocional | (Tabla 12) | $\sum \bar{W}_i f_i$ | |
| Cognitivo | | | |
| Físico | | | |
| Motivacional | | | |

Diseño de la solución del prototipo

Se detalla el diseño del algoritmo de solución desarrollado inicialmente en lenguaje C, Además, el desarrollo de cada una de las capas que están conectadas con todas las neuronas de la capa anterior (Tabla 14).

Tabla 14- Modelo de diagnóstico.

| Especificación del algoritmo |
|--|
| Es esta etapa se realiza la carga de las variables de entrada, en un arreglo llamado variables de entrada. |
| Leer VariablesEntrada [21] |
| Para la primera capa de entrada, se asignará cada variable puntuada con una etiqueta para |



determinar el grupo de pertenecía según su factor.

Etiquetas de pertenencia
 Emocional = 5
 Cognitivo =14
 Físico= 18
 Motivacional = 21

Para la segunda capa Productoría es necesaria la matriz de pesos.
 PesosDimensiones [21]
 Para i hasta Factores Entonces
 productoria_fatores[0]+=variables_Entrada[i]*Pesos_subdimensiones [i]
 Fin

Para la tercera capa de normalización permite adaptar las dimensiones de los vectores de salida de la capa anterior
 Factores [4],
 Para i hasta Factores Entonces
 normalizado[i]=Productoría[i]/3.0;
 fin

Para la cuarta capa de inferencia permite realizar la función de inferencia de las variables de salida.
 Si $\text{rango}_i \leq \text{normalizado}[i] \leq \text{rango}_j$
 Entonces Nivel del factor
 Fin

Finalmente, para la quinta capa de salida se determina como variables de entrada las salidas especificar de los niveles de los factores a fin de determinar el diagnóstico general y cargar el módulo de explicación.
 Para i hasta Factores MAX
 Si $\text{rangoMin}_i \leq \text{suma factores [i]} \leq \text{rangoMax}_j$
 Entonces Nivel **General Diagnóstico**
 Fin
 Para i < suma factores hasta i
 MAX=Suma factores

Pruebas y Resultados

Para las pruebas se ha tomado un conjunto de 5 pacientes que conforman la matriz de prueba a fin de obtener los valores a través del cuestionario que ellos realicen, de esta manera los datos serán procesados e interpretados por el sistema de diagnóstico (Tabla 15).



P[n], Matriz de prueba de pacientes

Tabla 15- Resultados de la matriz de prueba.

| P[n] | Valor ejecutar ^a | FE | FC | FM | FF | DG |
|--|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| P ₁ , P ₂ P ₃ , P ₄ , P ₅ | P ₁ ⇒ | Grave | Grave | Grave | Grave | Grave |
| | P ₂ ⇒ | Leve | Leve | Moderado | Moderado | Moderado |
| | P ₃ ⇒ | Moderado | Moderado | Moderado | Grave | Grave |
| | P ₄ ⇒ | Leve | Leve | Moderado | Mínimo | Moderado |
| | P ₅ ⇒ | Leve | Moderado | Moderado | Leve | Grave |

Representación del diagnóstico

- FE: Factor emocional
- FC: Factor cognitivo
- FF: Factor físico
- FM: Factor motivacional
- DG: Diagnostico general

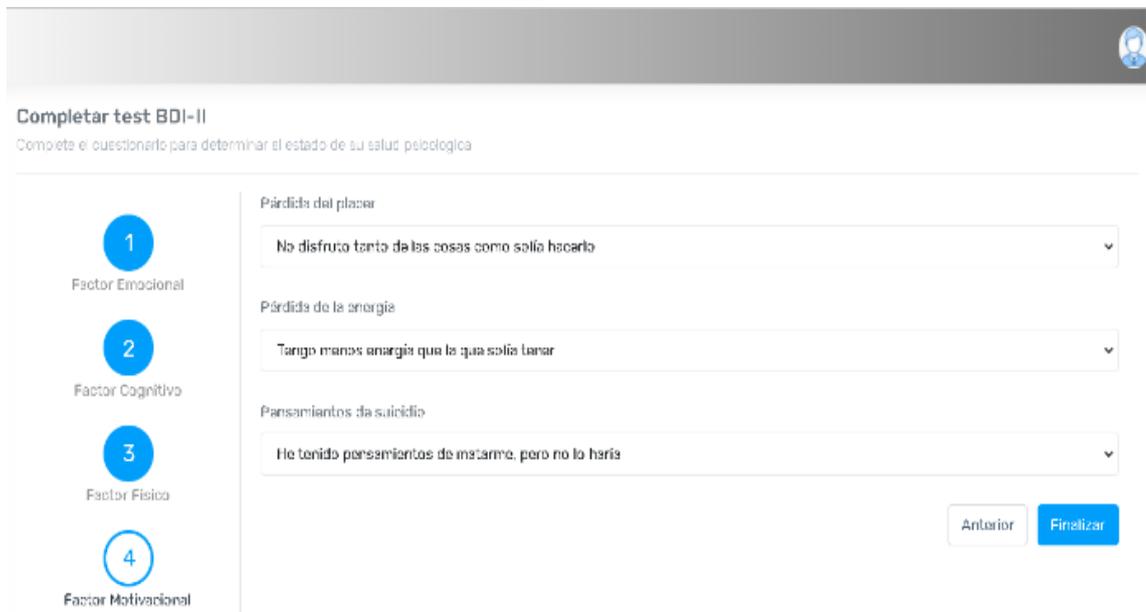
Software de diagnóstico del trastorno depresivo

Para el desarrollo del software se ha realizado un análisis y diseño de sus respectivas fases de acuerdo con la metodología del modelo RUP, ⁽³⁹⁾ desde establecer el alcance y objetivos hasta la funcionalidad del sistema para este fin se identificaron 12 requerimientos, 4 actores principales del sistema entre ellos el paciente. Además, se han establecido 6 casos de usos principales del sistema; se ha detallado una especificación de cada caso de uso.

De esta manera, el sistema de diagnóstico está desarrollado en laravel, el cual es un framework de PHP, debido a que permite gestionar de manera ágil y practica los modelos, controladores y la presentación de vistas; es decir, el patrón MVC es gestionado eficientemente por laravel porque tiene componentes de procesamiento que soportan una gran cantidad de datos y está estructurada en capas, por lo tanto, tiene un mejor control de las operaciones CRUD, además de brindar un código más limpio, adaptable y escalable cuenta con una interfaz amigable. ⁽⁴⁰⁾

Se muestra parte el CUS principal del sistema de diagnóstico en el cual se ha basado el método de redes neuronales y la adaptación del cuestionario en los cuatro principales factores: emocional, cognitivo, físico y motivacional. (Fig. 2)





Completar test BDI-II
Completar el cuestionario para determinar el estado de su salud psicológica

1
Factor Emocional

2
Factor Cognitivo

3
Factor Físico

4
Factor Motivacional

Pérdida del placer
No disfruto tanto de las cosas como solía hacerlo

Pérdida de la energía
Tengo menos energía que la que solía tener

Pensamientos de suicidio
He tenido pensamientos de matarme, pero no lo haría

Anterior Finalizar

Fig. 2-Pantalla del sistema de diagnóstico del trastorno depresivo.



El modelo del sistema de diagnóstico del trastorno depresivo

El modelo (Fig.3) muestra la estructura interna del diseño de solución. El funcionamiento del sistema de diagnóstico está constituido por diversos componentes: la base datos y de hechos, el motor de inferencia, el módulo de diagnóstico, el módulo de reglas, además de contar con el módulo de explicación. El pictograma (Fig. 4) muestra el diseño de solución para la construcción del sistema de diagnóstico del trastorno depresivo teniendo como finalidad obtener el resultado del diagnóstico y la interpretación del resultado que es gestionado a través del módulo de explicación.

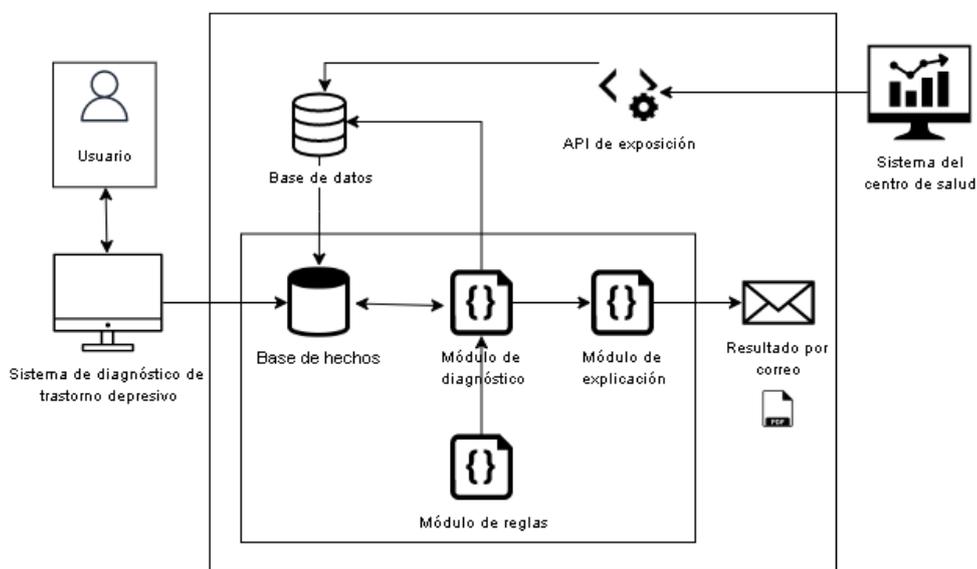
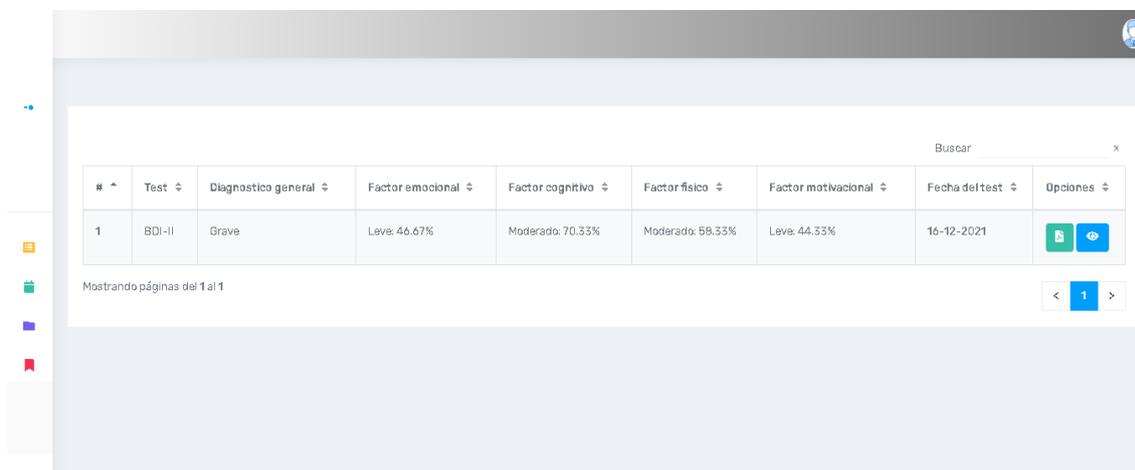


Fig. 3-Modelo del sistema de diagnóstico del trastorno depresivo (MSDTD).





| # | Test | Diagnostico general | Factor emocional | Factor cognitivo | Factor fisico | Factor motivacional | Fecha del test | Opciones |
|---|--------|---------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|----------------|---|
| 1 | BDI-II | Grave | Leve: 46.67% | Moderado: 70.33% | Moderado: 58.33% | Leve: 44.33% | 16-12-2021 |   |

Mostrando páginas del 1 al 1

Fig. 2- Resultado del diagnóstico del trastorno depresivo.

DISCUSIÓN

El cuestionario BDI-II (Inventario de Depresión de Beck), es una de las fichas de tamizaje que actualmente se emplean para la evaluación y diagnóstico de los pacientes que pueden llegar a padecer el trastorno depresivo. Este modelo de test psicométrico tiene como lógica la sumatoria del puntaje obtenido para determinar el resultado del diagnóstico que indica en qué grupo de nivel gravedad se encuentra el paciente esto se determina de acorde con el rango de puntuación mostrado en la tabla 3.

En la comparación de la solución inicial el modelo de diagnóstico propuesto e implementado con redes neuronales clasifica mejor el nivel de trastorno depresivo debido a que delimita mejor el sesgo de clasificación para el diagnóstico general y corresponde a la escala de clasificación definida. Además, a diferencia de la herramienta BDI-II, la solución basada en el método de redes neuronales permite clasificar no solo el diagnostico general, sino también los niveles de depresión para cada grupo de factores: cognitivo, físico, motivacional y emocional, a fin de brindar un adecuado diagnóstico para que el experto pueda realizar un personalizado plan de tratamiento que se ajuste mejor a las necesidades del paciente.



Conclusiones y recomendaciones

Se ha propuesto una alternativa de solución computacional para el diagnóstico del trastorno depresivo a través de la construcción de un modelo de diagnóstico con redes neuronales y la adaptación por factores del cuestionario BDI-II. Para esta propuesta se consideraron 21 datos de entrada, cada una asociada a su respectivo factor (tabla 4) para la primera capa de entrada, con 3 capas ocultas y una capa de salida corresponde al diagnóstico final. Por lo tanto, el sistema brinda un diagnóstico general como resultado final y específico de cada factor a fin de tener un diagnóstico más detallado. Asimismo, este sistema experto es una herramienta de apoyo para el área de psicología debido a que permite hacer pruebas de eficacia en el diagnóstico reduciendo el tiempo de la inversión de un personal de salud.

Se recomienda que para la construcción del sistema se trabaje con un framework porque tienen por defecto un gestor de librerías y paquetes, los que permiten tener un mejor control y orden de la estructuración del sistema a fin de enfocarse principalmente en el CUS principal, en este caso el diagnóstico. Por otra parte, es preciso que el sistema cumpla con las normativas que establecen la ley sobre la protección de datos personales de los pacientes del centro de salud.

Referencias

1. Bromet, Laura Helena Andrade², Irving Hwang³, Nancy A Sampson³, Jordi Alonso⁴, Giovanni de Girolamo⁵, et al. Cross-national epidemiology of DSM-IV major depressive episode. BMC Med [Internet]. 2011;9(90):1–16. Available from: <http://www.biomedcentral.com/1741-7015/9/9030e793%40sessionmgr4006>
2. Ramírez-Ortiz J, Castro-Quintero D, Lerma-Córdoba C, Yela-Ceballos F, Escobar-Córdoba F. Consecuencias De La Pandemia Covid 19 En La Salud Mental Asociadas Al Aislamiento Social. Rev Colomb Anestesiol. 2020;48(4):1–8.
3. Hernández Rodríguez J. Impacto de la COVID-19 sobre la salud mental de las personas. Medcentro Electrónica. 2020;24(3):578–94.
4. Palomino-oré C, Huarcaya-victoria J. Stress disorders caused by quarantine during the COVID-19 pandemic. Hariz Med. 2020;20(4):e1218.
5. Yarlequé L, Alva L, Núñez E, Sánchez H, Arenas C, Matalinares M, et al. Efectos Psicológicos de la Pandemia Covid 19 en Estudiantes Unversitarios del Perú [Internet]. Investigaciones en Salud Mental en condiciones de pandemia por el covid-19. 2020. 127–138 p. Available from: <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/3311>
6. Mingote Adán JC, Gálvez Herrer M, Pino Cuadrado P del, Gutiérrez García MD. El paciente que padece un trastorno depresivo en el trabajo. Med Secur Trab (Madr). 2009;55(214):41–63.
7. Miras G, Martínez P, de Pablos S, Ruipérez G, Ramírez O, Tundaca SE, et al. Comparación de los sistemas de clasificación de los trastornos mentales: CIE-10 y DSM-



IV. Atlas VPM. 2008;220–2.

8. E. Ekong V, G. Inyang U, A. Onibere E. Intelligent Decision Support System for Depression Diagnosis Based on Neuro-fuzzy-CBR Hybrid. *Mod Appl Sci*. 2012;6(7).

9. Chattopadhyay S. A neuro-fuzzy approach for the diagnosis of depression. *Appl Comput Informatics* [Internet]. 2017;13(1):10–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aci.2014.01.001>

10. Fale MI, Abdulsalam YG. Dr. Flynxz – A First Aid Mamdani-Sugeno-type fuzzy expert system for differential symptoms-based diagnosis. *J King Saud Univ - Comput Inf Sci* [Internet]. 2020;(xxxx). Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2020.04.016>

11. Mohammadi Motlagh HA, Minaei Bidgoli B, Parvizi Fard AA. Design and implementation of a web-based fuzzy expert system for diagnosing depressive disorder. *Appl Intell*. 2017;48(5):1302–13.

12. Calvo Gomez J, Jaramillo Gonzalez L. Detección del trastorno depresivo mayor en atención primaria. *Salud Pública* [Internet]. 2015;63(3):471–82. Available from: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/revfacmed/article/view/46424>

13. Gruenberg AM, Goldstein RD, Pincus HA. Classification of Depression: Research and Diagnostic Criteria: DSM-IV and ICD-10. *Biol Depress From Nov Insights to Ther Strateg*. 2008;1–12.

14. Sanz J, Perdigón AL, Vázquez C. Adaptación española Inventario para la Depresión de Beck-II (BDI-II): 2 . Propiedades psicométricas en población general The spanish adaptation of Beck ' s Depression Inventory-II (BDI-II): *Clin y Salud*. 2003;14(3):249–80.

15. Capurro N D, Rada G, Capurro D. MEDICINA BASADA EN EVIDENCIA El proceso diagnóstico. *Rev Méd Chile*. 2007;135:534–8.

16. Martín J. Los diagnósticos y el DSM-IV. *Fund foro* [Internet]. 2006;1–32. Available from:

<http://fundacionforo.com/pdfs/archivo15.pdf><http://www.fundacionforo.com/pdfs/archivo15.pdf>

17. Alarcón RD. Towards new diagnostic systems: Process, questions, and dilemmas. *Rev Psiquiatr Salud Ment*. 2010;3(2):37–9.

18. Lameda Montero CI. Métodos relacionados con diagnósticos de fallas con síntomas imprecisos mediante comparación de casos. *Rev Digit Investig y Postgrado*. 2015;5(3):3.

19. Srivastava AK, Kumar Y, Singh PK. Computer aided diagnostic system based on SVM and K harmonic mean based attribute weighting method. *Obes Med* [Internet]. 2020;19(August):100270. Available from:

<https://doi.org/10.1016/j.obmed.2020.100270>

20. Eadie LH, Taylor P, Gibson AP. A systematic review of computer-assisted diagnosis in diagnostic cancer imaging. *Eur J Radiol* [Internet]. 2012;81(1):e70–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrad.2011.01.098>

21. Doi K. Computer-Aided Diagnosis in Medical Imaging: Achievements and Challenges. 2009;96–96.



22. García Leal O, Pedroza Cabrera F. Sistemas basados en conocimiento: Una alternativa poco explorada en psicología. *J Behav Heal Soc Issues*. 2011;3(1):5.
23. Mumtaz W, Qayyum A. A deep learning framework for automatic diagnosis of unipolar depression. *Int J Med Inform [Internet]*. 2019;132(September):103983. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2019.103983>
24. Nunes LC, Pinheiro PR, Pequeno TC. An expert system applied to the diagnosis of psychological disorders. *Proc - 2009 IEEE Int Conf Intell Comput Intell Syst ICIS 2009*. 2009;3(December):363–7.
25. Li X, La R, Wang Y, Niu J, Zeng S, Sun S, et al. EEG-based mild depression recognition using convolutional neural network. *Med Biol Eng Comput*. 2019;57(6):1341–52.
26. Srimadhur NS, Lalitha S. An End-to-End Model for Detection and Assessment of Depression Levels using Speech. *Procedia Comput Sci [Internet]*. 2020;171(2019):12–21. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.04.003>
27. Yasin S, Hussain SA, Aslan S, Raza I, Muzammel M, Othmani A. EEG based Major Depressive disorder and Bipolar disorder detection using Neural Networks:A review. *Comput Methods Programs Biomed*. 2021;202.
28. Uyulan C, Ergüzel TT, Unubol H, Cebi M, Sayar GH, Nezhad Asad M, et al. Major Depressive Disorder Classification Based on Different Convolutional Neural Network Models: Deep Learning Approach. *Clin EEG Neurosci*. 2021;52(1):38–51.
29. Vargas Cajahuanca G, Gallegos Cazorla C, Salgado Valenzuela C, Salazar de la Cruz M, Huamán Sánchez K, Bonilla Untiveros C, et al. Guía de práctica clínica basada en evidencias para el tratamiento de depresión en adultos en un hospital especializado en salud mental. Lima, Perú. *An la Fac Med*. 2019;80(1):123–30.
30. Muscas C. Special section on applied measurements for power systems. *IEEE Trans Instrum Meas*. 2011;60(9):3006.
31. MINSA. Guía técnica para el cuidado de la salud mental del personal de la salud en el contexto del COVID-19. *Minist Salud*. 2020;38.
32. Delgado A. Aplicación de las Redes Neuronales en Medicina. *Rev la Fac Med*. 1999;47(4):221–3.
33. Pérez Londoño SM, Cadena Zapata JM, Cadena Zapata JA. Probabilistic Neural Networks Application in the Diagnosis of Transformer Incipient Faults. 2008;(39):48–53.
34. Hurtado-Cortés LL, Villarreal-López E, Villarreal-López L. Detección y diagnóstico de fallas mediante técnicas de inteligencia artificial, un estado del arte Resumen. *Dyna*. 2016;83(199):19–28.
35. Mirón Cao A, Anderson LR, Daniel S, Paulino Flores LA, Huayna Dueñas AM, León T. Sistemas Expertos y sus Aplicaciones. *Univ Inca Garcilaso la Vega [Internet]*. 2019;2(1):1–99. Available from: <https://luna16.grand-challenge.org/description/>
36. Grossi E, Buscema M. Introduction to artificial neural networks. *Eur J Gastroenterol Hepatol*. 2007;19(12):1046–54.
37. Trujillano J, March J, Badia M, Rodríguez A, Sorribas A. Aplicación de las redes neuronales artificiales para la estratificación de riesgo de mortalidad hospitalaria. *Gac*



Sanit. 2003;17(6):504–11.

38. Abe S. Overview of Neural Networks. Neural Networks Fuzzy Syst. 1997;(April):1–5.

39. Tia TK. Simulation Model for Rational Unified Process (Rup) Software Development Life Cycle. Sistemasi. 2019;8(1):176.

40. Rajput S. What are the reasons to choose Laravel MVC for web development? What are Reason to choose Laravel MVC web Dev [Internet]. 2020;1–5. Available from: <https://osf.io/fgq3z/>

Conflictos de interés

La autora declara que no existen conflictos de interés.

Declaración de autoría

El trabajo ha sido desarrollado íntegramente por la autora.

