

Nuevo Modelo Inferencia Para El Diagnóstico Temprano Del Covid-19

New Inference Model For The Early Diagnosis Of Covid-19

Ana Maria Campos¹, Diego Sanchez², Norman Jaimes¹, Leonardo Ramírez¹

¹Grupo de Investigación TIGUM, Facultad de ingeniería
figum@unimilitar.edu.co
Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia

Resúmen. El presente estudio se suma a la oferta de soluciones para mitigar la pandemia generado por el Covid-19, que propone un nuevo método de análisis de las variables fisiológicas necesarias para el diagnóstico temprano de infecciones respiratorias agudas. Debido al crecimiento acelerado del virus la implementación de medidas de prevención determina un factor clave para disminuir el número de individuos contagiados. El modelo cruza cuatro variables: tiempo, pulso, frecuencia cardíaca y temperatura corporal, generando un conjunto de reglas de inferencia para provocar tres tipos de alertas tempranas: prevención, advertencia y alarma. Las siguientes investigaciones logran implementar la red de sensores usando internet de las cosas. A partir de esto, se logran tomar decisiones tempranas y de esta forma disminuir el contagio del virus.

Palabras clave: COVID-19, Diagnóstico temprano, Frecuencia cardíaca, Pulso, Temperatura

Abstract. The present study adds to the offer of solutions to mitigate the pandemic generated by Covid-19, which proposes a new method of analysis of physiological variables necessary for the early diagnosis of acute respiratory infections. Due to the accelerated growth of the virus the implementation of prevention measures determines a key factor to reduce the number of infected individuals. The model crosses four variables: Time, pulse, heart rate and body temperature, generating a set of interference rules to trigger three types of early warning: prevention, warning, and alarm. The following research Will implement the sensor network using the internet of things. From this, early decisions are made and, in this way, reduce the spread of the virus.

Keywords: COVID-19, Early Diagnostic, Heart Rate, Pulse, Temperature

1 Introducción

El siglo XXI se ha distinguido por la aparición de divergentes problemas de salud que han desencadenado una afectación mundial, como lo ha sido el surgimiento de la

COVID-19. La COVID-19 se puede definir dentro de la familia de los coronavirus (SARS) como el síndrome respiratorio agudo grave coronavirus 2 (SARS-CoV-2), este virus se caracteriza por tener un tamaño que oscila entre los 0,12 μm , además de presentar síntomas similares a los de un resfriado común puede originar diversas afectaciones al sistema inmunitario como lo pueden ser síndrome febril (fiebre), disnea (dificultad para respirar), astenia (fatiga) [1].

El acelerado alcance de la difusión de los síntomas expuestos previamente se acentúa especialmente en tres variables fisiológicas: temperatura, frecuencia cardíaca y pulso.

1.1. Temperatura

La temperatura se determina como la magnitud física capaz de expresar el grado calórico de los cuerpos o del ambiente, dentro de la misma se pueden clasificar tres subconjuntos [2]:

- ❖ Temperatura absoluta: Es la definida por las consideraciones teóricas para el comportamiento en seres humanos.
- ❖ Temperatura Máxima: El mayor grado calor durante un determinado periodo de observación
- ❖ Temperatura mínima: El menor grado calor durante un determinado periodo de observación].

1.2. Frecuencia Cardíaca

La frecuencia cardíaca se define como el número de pulsaciones, o latidos del corazón que se producen por una unidad de tiempo, esta frecuencia suele ser expresada en pulsaciones por minuto [3].

1.3. Pulso

El pulso cardíaco se estructura como el número de contracciones que realiza el corazón al bombear sangre, el cual es igual a un latido que da un corazón [4].

La condición y las restricciones que se expandieron debido a la pandemia, han ocasionado que el diagnóstico rápido se convierta en una herramienta de prevención ante La COVID-19 mejorando el dictamen y el manejo de individuos desde sus viviendas, con el fin de precaver el aumento de trasmisión del virus (SARS-CoV-2) dentro de la población local.

2 Materiales y método

El modelo propuesto para el análisis de los datos de investigación se basa en la obtención y clasificación de distintas variables fisiológicas, las cuales según información suministrada por la Organización Mundial de Salud –OMS son las variables más significativas a la hora del diagnóstico rápido del Coronavirus Covid-19. Al ser un modelo cuya población de estudio se encuentra en la tercera edad de vida, la variabilidad biológica se basa específicamente en estos. Se utilizarán tres (3) datos de

las variables fisiológicas para analizar y así mismo clasificar y presentar un estado de prevención, advertencia y/o alarma.

2.1 Análisis de variables

Antes de indicar un estado de prevención se definieron los rangos de valores iniciales en los que se deben encontrar las variables fisiológicas obteniendo lo siguiente:

- a. Pulso: este se debe encontrar entre 50-60ppm y 100ppm.
- b. Frecuencia cardiaca: Esta debe oscilar entre 50-60 y 100 latidos por minuto.
- c. Temperatura corporal: Debe estar entre 36.5°C y 37.5°C.

2.2 Estados

Los resultados permiten prevenir de forma temprana tres estados de la persona:

- a. Prevención
- b. Advertencia
- c. Alarma

Con la medición de cada variable se inicia la valoración en la que se determinan los valores iniciales, si alguno de estos se encuentra fuera del rango establecido.

2.2.1 Estado de prevención

Se indica con un aviso luminoso de color amarillo. Se determina cuando el valor de las variables permanece constante por un tiempo mayor a cinco (5) minutos y el valor de las variables oscilan entre:

- a. Pulso: menor a 50ppm y mayor que 100ppm
- b. Frecuencia cardiaca: menor a 50ppm y mayor que 100ppm
- c. Temperatura corporal: menor a 36.5° y 50ppm y mayor a 37.5°C
- d. Tiempo: Temporal (5 minutos)

Al pasar de un determinado tiempo (cada 5 minutos) se da inicio a otro diagnóstico, para asegurar sí la persona está en condiciones óptimas, incluyendo en esto la posición correcta, el reposo después de una actividad física, entre otros.

2.2.2 Estado de Advertencia

Se indica con un aviso luminoso de color naranja y sonido intermitente. Se determina cuando los valores de las variables permanecen sostenidos por un tiempo mayor a cinco (5) minutos y el valor de las variables han aumentado y oscilan entre:

- a. Pulso: menor a 50ppm y mayor que 150ppm
- b. Frecuencia cardiaca: menor a 50ppm y mayor que 150ppm

- c. Temperatura corporal: mayor a 38°C
- d. Tiempo: Absoluta (atemporal)

Cuando el paciente se encuentra fuera de los límites nuevamente se indica un tiempo (cada 2 minutos) para realizar nuevamente la medición de las variables fisiológicas, y determinar el estado de salud.

2.2.3 Estado de alarma

Se indica con un aviso luminosos de color rojo con aviso visual, audible, mensaje telefónico y de texto al paciente y familiar. Se determina cuando los valores de la variable permaneces sostenidos por un tiempo mayor a diez (10) minutos y el valor de las variables siguen aumentando y oscilan entre:

- a. Pulso: aumento de 10 ppm a partir de la medición anterior
- b. Frecuencia cardíaca: aumento de 10 ppm a partir de la medición anterior
- c. Temperatura corporal: aumento 1°C a partir de la medición anterior
- d. Tiempo: Absoluta (atemporal).

En la Tabla 1 se observa la clasificación de las variables a partir del análisis previo, de color amarillo se encuentra la señal de prevención, en color naranja se encuentra la señal de advertencia y por último la señal de alarma, las cuales determinan los valores de las variables en los que se activarán las señales visuales, audibles y/o por mensaje según corresponda.

3 Nuevo modelo

3.1 Generación de reglas de inferencia

En la tabla 1 se busca hacer una representación donde el símbolo “F” hace referencia a la frecuencia cardíaca y sus indicaciones en las distintas tablas ya mencionadas en la tabla 1 donde “P” es igual a prevención, “R” igual a advertencia y A igual a Alarma, seguidas de estas se establecen letras para determinar el color que proporcionara el modelo según el estado del individuo.

Tabla 1. Fuente de reglas lógicas para FC y pulso

1.	F=50-100	P=Prevención	Y=Amarillo
2.	F=<50>150	R=Advertencia	N=Naranja
3.	F=<50≥10	A= Alarma	R= Rojo

En la tabla 1 representada anteriormente hace referencias a los parámetros que debe tener la frecuencia cardíaca, la “V” la cual es la señal visual que arrojará el modelo según corresponda, lo cual tiene similitud con las reglas lógicas de la tabla número dos ya que esta determina el color visual, la “T” siendo este el temporizador el cual se desarrolla en un tiempo de 5 min para la correcta valoración del individuo la “S” hace referencia al mensaje de texto.

1. $F \rightarrow P \leftrightarrow Y$
2. $F \rightarrow R \leftrightarrow N$
3. $F \rightarrow A \leftrightarrow R$

Tabla 2. Modelo de análisis y prevención del covid-19 por etapas

	PREVENCIÓN	Temporal	ADVERTENCIA	Sostenida	ALARMA	Absoluta
VARIABLE	*Varía en el tiempo (>5minutos) (tendencia)		*Absoluta (atemporal)		*Absoluta (atemporal)	
Pulso	50 - 60 pulsaciones ó	* LB	< 50 pulsaciones / minuto ó			
	> 100 pulsaciones		> 150 pulsaciones			
Electrocardiografía FC	50 - 60 frecuencia Cardíaca	* LB	< 50 frecuencia Cardíaca ó		Si Pulso	≥ Variación 10
	> 100 frecuencia Cardíaca		> 150 frecuencia Cardíaca		y FC	≥ Variación 10
					y T°	≥ 1° C
temperatura corporal	< 36,5 °C					
	> 37,5 °C		> 38 °C			

Dentro de los parámetros hay que identificar que prevención, advertencia y alarma tienen condiciones distintas para poderse llevar a cabo. Respecto a la lógica como primera premisa se obtiene:

- a. Si frecuencia cardíaca se encuentra dentro de los parámetros de 50 a 100 entonces prevención si solo si arroja el color amarillo.
- b. Si frecuencia cardíaca es menor a 50 y mayor a 150 entonces advertencia solo si arroja naranja.
- c. Si frecuencia cardíaca es menor a 50 y tiene una variación de 10 entonces alarma solo si arroja Rojo

Tabla 3. Conjunto de alarmas para FC y pulso propuestas

1.	F=50-100	V=Visual	T=Temporizador	P=Prevención
2.	F=<50>150	R=Advertencia	V=Visual	T=Temporizador
3.	F=<50≥10	A=Advertencia	V=Visual	S=SMS

En la Tabla 3 se permitió representar las reglas lógicas de manera desarrollada en concordancia con las acciones que se acometen tras la elaboración de cada toma de frecuencia y pulso de un individuo determinado "F" las cuales son:

1. $F \rightarrow P \leftrightarrow V \downarrow T$
2. $F \rightarrow R \leftrightarrow V \downarrow P \wedge T$
3. $F \rightarrow A \wedge V \wedge S \leftrightarrow V \downarrow P \downarrow T$

Respecto a la lógica como segunda premisa se obtiene:

- a. Si frecuencia cardíaca se encuentra dentro de los parámetros de 50 a 100 entonces prevención si solo si se genera visual y temporizador de lo contrario ni visual, ni temporizador.

- b. Si frecuencia cardiaca es menor a 50 y mayor a 150 entonces advertencia solo si se genera visual, prevención y temporizador de lo contrario ni prevención, ni visual y temporizador
- c. Si frecuencia cardiaca es menor a 50 y tiene una variación de 10 entonces advertencia y visual y mensaje de texto solo si se genera visual, prevención y temporizados, de lo contrario ni prevención, ni visual y temporizador

A continuación, se presenta el flujograma lógico de operación:

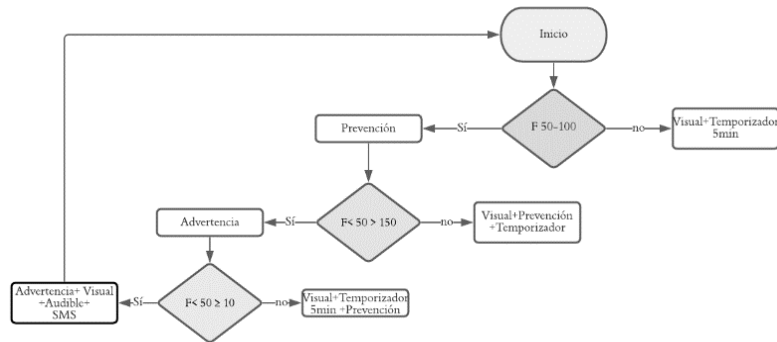


Fig. 1. Flujograma de operación de las reglas: Se representa la reglas estipuladas para el diagnóstico del Covid-19 donde se da inicio al individuo en la toma de su frecuencia cardiaca si este se encuentra entre un rango de 50-100 entra en prevención y por lo tanto se inicia una nueva toma para verificar si su frecuencia cardiaca es menor a 50 o mayor a 150 para iniciar estado de advertencia sino se realiza la última fase donde la frecuencia es menor a 50 y tiene una variación de 10 entrando en alarma y así sucesivamente repitiendo el mismo ciclo.

3.2 Reglas de inferencia programación

Siguiendo una lógica de programación se planteó un código en el lenguaje C++ donde se estructuran las variables mencionadas de la siguiente manera:

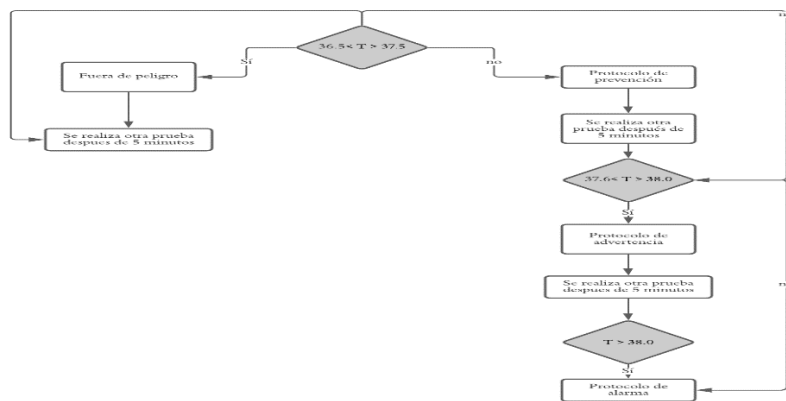


Fig. 2. Flujograma de operación de las reglas: Se representa las reglas estipuladas para el diagnóstico del Covid-19 donde se da inicio al individuo en la toma de su temperatura si su temperatura es menor a 36.5 y mayor a 37.5 este entra en prevención, si no se encuentra dentro de estas condiciones y su temperatura es menor a 37.6 y mayor a 38.0 se da inicio a protocolo de advertencia, sino se cumple la anterior premisa y su temperatura es mayor a 38 entra en alarma, sino se repite el ciclo.

4 Código de programación

4.1 Programación uno

```
#include <iostream>
#include <fstream>
using namespace std;
struct PIC {
    string nombre_paciente;
    float temp = 0;
}uno, analiss[5];
void ingresoTemp();
void est_preencion();
void est_advertencia();
void est_alarma();
int main() {
    int op;
    do {
        cout << "1. Ingresar la temperatura actual de un
paciente " << endl;
        cout << "2. Mostrar datos tomados anteriormente y
estado " << endl;
        cout << "3. Salir del programa " << endl;
        cin >> op;
        switch (op) {
            case 1:
                ingresoTemp();
                est_preencion();
                est_advertencia();
                est_alarma();
                break;
        }
    } while (op != 3);
}
```

4.2 Programación dos

```
void ingresoTemp() {
    cout << "Digite su temperatura " << endl;
    cin >> uno.temp;
    if ((uno.temp >= 36.5) && (uno.temp <= 37.5))
    {
        cout << "*** El paciente se encuentra fuera de
    peligro ***" << endl;
        void est_preveccion();
    }
    else
    {
        cout << "*** El paciente entra en modo de prevencion
    ***" << endl;
        void est_preveccion();
    }
}
void est_preveccion() {
    cout << "Espere 5 minutos... " << endl << endl;
    cout << "Digite nuevamente su temperatura " << endl;
    cin >> uno.temp;
    if ((uno.temp >= 37.6) && (uno.temp <= 38))
    {
        cout << "*** El paciente entra en modo de advertencia
    ***" << endl;

        void est_advertencia();
    }
    else
    {
        cout << "*** El paciente permanecerá en modo de
    prevención ***" << endl;
        void est_advertencia();
    }
}
```


4.3 Programación tres

```
void est_advertencia() {
    cout << "Espere 5 minutos... ";
    cout << "Digite nuevamente su temperatura ";
    cin >> uno.temp;
    if (uno.temp > 38)
    {
        cout << "*** El paciente entra en modo de alarma ***
" << endl;
        void est_alarma();
    }
    else
    {
        cout << "*** El paciente seguirá en modo de
advertencia *** " << endl;
        void est_alarma();
    }
}
void est_alarma() {
    cout << "Espere 5 minutos... ";
    for (int i = 0; i < 300; i++)
    {
    }
    cout << "Digite nuevamente su temperatura " << endl;
    cin >> uno.temp;
    if (uno.temp > 38)
    {
        cout << "*** El paciente entra en modo de alarma
absoluta***" << endl;
    }
    else
    {
        cout << "*** El paciente seguirá en modo de alarma***"
<< endl;
    }
}
```

Se realizó la estructura en base de un menú inicial dado por la sentencia do-while en la que se presenta la interfaz inicial mostrada por la consola donde el usuario decide la acción a realizar, seguido de esto en la primera opción se insertan los datos biológicos del paciente, estos son analizados por las funciones y posteriormente se determina el estado del paciente (prevención, advertencia, alarma). Las funciones son llamadas dentro de la sentencia do-while gracias a la sentencia switch dividida en cada uno de los casos posibles. Se cuenta con cuatro (4) funciones iniciales las cuales clasifican los datos del paciente según su estado de salud, este es determinado según el ingreso de los datos ingresados.

A partir de estos datos y tomando en cuenta el diagrama de flujo que estructura el desarrollo que tienen estos a través del código se determina cada estado del paciente, así como la acción a realizar.

5 Conclusiones

El siguiente es un ejemplo de agradecimiento. Los autores reconocen las contribuciones El modelo propuesto es una herramienta útil y rápida de análisis de las tres variables fisiológicas que según la OMS previenen el contagio del Covid-19.

Según el modelo predictivo se indaga las variables fisiológicas más comunes dentro del SARS-CoV-2 para la identificación temprana de potenciales individuos con el virus.

A medida que la propagación del virus disminuye la calidad de vida de la humanidad respecto al COVID-19 aumenta directamente proporcional a los casos de mortalidad siendo las alarmas de prevención en las tres etapas (tabla 1) la fundamentación de tal afirmación.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Militar Nueva Granada por el apoyo y soporte financiero del proyecto código PIC-ING-3327 de 2020.

Referencias

1. Baldonado, M., Chang, C.-C.K., Gravano, L., Paepcke, A.: The Stanford Digital Library Metadata Architecture. *Int. J. Digit. Libr.* 1 (1997) 108–121
2. Mayo Clinic, 03 03 2020. [En línea]. Available: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/sars/symptoms-causes/syc-20351765>. [Último acceso: 26 09 2020]
3. R. Garcia, «Temperatura,» de Pequeño Larousse ilustrado, Ediciones Laurosse, 1994, p. 998.
4. A. G. Julián Pérez Porto, «Definición de frecuencia cardiaca,» 2011. [En línea]. Available: <https://definicion.de/frecuencia-cardiaca/>. [Último acceso: 26 09 2020]
5. H. S. 1. T. C. D. 2. N. T. H. 2. P. T. N. ., A. A. C. ., B. R. ., D. E. D. ., Q. W. C Raina MacIntyre 1, «A cluster randomised trial of cloth masks compared with medical masks in healthcare workers,» *National Library of medicine*, 2015. [En línea]. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25903751/>. [Último acceso: 26 09 2020].