

# ALGORITMO PARA EL MODELADO DEL TEMBLOR EN PACIENTES CON PARKINSON

García Guzmán, Roberto (1), Ibarra Manzano, Mario Alerto (2)

1 [Ingeniería en Sistemas Computacionales, Universidad de Guanajuato] | [r.garciaguzman@ugto.mx]

2 [Departamento de Ingeniería Electrónica, División de Ingenierías, Campus Irapuato – Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [ibarram@ugto.mx]

## Resumen

Evaluar y clasificar a los pacientes con Enfermedad de Parkinson es una tarea compleja y requiere a un especialista, sin embargo, crear un algoritmo que automatice el proceso puede ser de utilidad. El temblor de las manos es de los síntomas más comunes y por eso su clasificación es de suma importancia. En este trabajo se presenta el algoritmo para clasificar el temblor postural de las manos basado en la prueba de la UPDRS utilizando características estadísticas del movimiento de las manos y árboles de decisión como clasificador.

## Abstract

Evaluate and classify patients with Parkinson's disease is a very complex task and requires a specialist, however, creating an algorithm that can automatize the process can be useful. The hand tremor is one of the most common symptoms and that's why its classification is very important. This work presents an algorithm for postural tremor classification based on the UPDRS using statistical features of hands movement and decision trees as classifier.

## Palabras Clave

Gradient Boosting; Árboles de decisión; Enfermedad de Parkinson

## INTRODUCCIÓN

Medir y clasificar el nivel de enfermedad de un paciente con Parkinson es una tarea difícil, que requiere tiempo y a un especialista, además es de suma importancia para ayudar a llevar un registro del progreso de los síntomas para así conocer la efectividad de los medicamentos con la que se trata y el estado del paciente en sí.

Actualmente la escala médica “Movement Disorder Society-sponsored revision of the Unified Parkinson’s Disease Rating Scale” (MDS-UPDRS), es utilizada para la evaluación de la Enfermedad de Parkinson, la cual mide aspectos motores y no motores del paciente.

Para evaluar la motricidad se realizan múltiples ejercicios bajo la supervisión del especialista, el cual, calificará el desempeño del paciente. En el artículo Virtual Reality and hand tracking system as a medical tool to evaluate patients with Parkinson’s [1] se presenta una herramienta que utiliza un sensor Leap motion para rastrear los movimientos de la mano durante la realización de algunos de los ejercicios de la UPDRS, el cual demuestra la efectividad del sensor Leap Motion en el rastreo de las manos con los mismo fines.

Este proyecto consiste en crear un algoritmo que clasifique el desempeño del paciente en una de las pruebas, utilizando los datos obtenidos con el sensor y validados por un médico especialista, con el fin de automatizar la clasificación.

### Enfermedad de Parkinson

El Parkinson es el segundo trastorno neurodegenerativo con mayor frecuencia en adultos mayores de 60 años. Esta enfermedad se caracteriza generalmente por la bradicinesia (movimiento lento), rigidez (aumento del tono muscular) y el temblor, aunque también desencadena alteraciones en la función cognitiva, depresión y dolor, así como alteraciones en el sistema nervioso autónomo.

Los tres tipos de temblor que evalúa la UPDRS:

- Temblor postural: Desencadenada al mantener una extremidad estirada en una posición concreta.
- Temblor cinético: Aparece durante un movimiento hacia un objeto.
- Temblor en reposo: Ocurre cuando no se realiza acción alguna.

### MDS-UPDRS

Esta escala se basa un cuestionario dividido en cuatro secciones, la Parte III es en la que se evalúa la función motora y por lo tanto la que es del interés de este trabajo.

#### Evaluación

La UPDRS indica que para cada prueba se debe asignar una calificación al paciente de acuerdo con ciertos criterios específicos. La prueba se califica con uno de cinco posibles niveles: 0 – Normal, 1 – Leve, 2 – Regular, 3 – Moderado, 4 – Severo.

#### Prueba a evaluar

La prueba de la UPDRS que se clasificará pertenece a la Parte III y evalúa el Temblor postural en las manos del paciente.

La prueba es: El médico pide al paciente que estire uno de sus brazos de tal forma que la palma de la mano quede volteada hacia abajo y debe mantener la mano en esa posición durante 15 segundos. El ejercicio se realiza con cada mano por separado. Durante el ejercicio se analiza el temblor de la mano para determinar el nivel de temblor que presenta.

## Modelo

Con el fin de crear un algoritmo que califique el ejercicio se utilizarán los datos de la posición de la palma y de cada dedo obtenidos mediante el sensor Leap Motion. Sin embargo, se debe convertir los datos crudos de las posiciones en un modelo que sea útil, este modelo debe representar el movimiento de la mano en dos dimensiones.

### *Codificación Compleja*

Para éste trabajo solo se tomarán dos dimensiones, ya sea  $(x, y)$  o  $(y, z)$ , y la forma de codificarla será utilizando números complejos.

Un número complejo formado por una parte real y una imaginaria puede ser representado en un plano complejo como un punto, con la ventaja de que se pueden hacer operaciones algebraicas sobre números complejos.

### *Rotación de un complejo*

Geoméricamente, la multiplicación por un número complejo  $z$  es una rotación del plano, donde el ángulo de rotación es el argumento de  $z$  y el factor de expansión (o contracción) del plano es el módulo de  $z$ . En otras palabras,  $z$  es el modelo de cómo se mueve un punto de un lugar a otro en el plano.

### *División en Ventanas*

Se separarán los datos por partes utilizando ventanas de tamaño  $N$  para realizar el análisis estadístico de la palma y los dedos, donde la primera ventana tendrá los datos de  $0$  a  $N$ , la segunda ventana en el elemento  $1$  y termina en  $N+1$  como se muestra en la figura.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para este trabajo se utilizó una base de datos con validación médica que contiene los datos del ejercicio realizado con el sensor de 20 pacientes en ambas manos. El proceso para clasificar a los pacientes se describe a continuación.

Primero se transformaron las coordenadas de posición  $(x, y)$  de la palma y cada dedo a números complejos.

Después se obtuvo el modelo de comportamiento de cada mano. El modelo de la palma se obtiene dividiendo el elemento  $P_{i+1}/P_i$ , mientras que el de cada dedo se obtiene dividiendo cada elemento del dedo  $D_i/P_i$ , esto con el fin de obtener el movimiento del dedo relativo a la palma. Se excluye el primer elemento para equiparar dimensiones.

Posteriormente se dividió cada conjunto de datos en ventanas de un tamaño  $N$ .

Se obtienen las estadísticas, las cuales, con el propósito de obtener las estadísticas de mayor utilidad se propusieron inicialmente: desviación estándar, curtosis, homogeneidad, contraste, rango, coeficiente de asimetría de Fisher y coeficiente de variación para la palma y cada dedo por separado.

Una vez obtenidas las estadísticas se convirtieron a forma polar, pues las características son dadas en forma compleja y los clasificadores no pueden procesarlas, de esta forma el clasificador recibe el doble características por mano, siendo éstas pares (magnitud, ángulo).

Es importante mencionar que debido a las pocas muestras que se tienen de pacientes, no es posible clasificarlos en los 4 niveles que establece la UPDRS, sino que se limitará a clasificar si hay o no temblor (en cualquier nivel).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

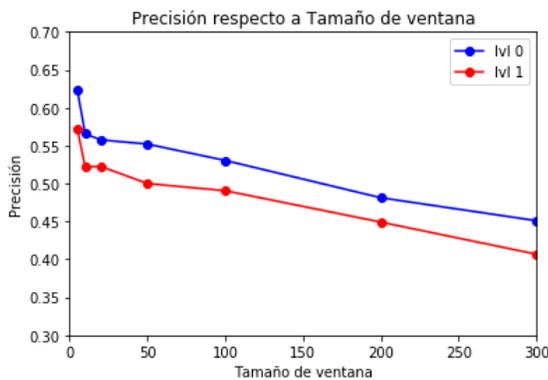
Para determinar el mejor conjunto de estadísticas se realizaron pruebas con el conjunto 1: desviación estándar, curtosis, homogeneidad y contraste. Conjunto 2: las del conjunto 1 más rango, coeficiente de asimetría de Fisher y coeficiente de variación, probados con tres algoritmos de aprendizaje diferentes. Los mejores resultados se muestran en la Tabla 1. Se realizó validación cruzada para obtener resultados con menor error, extrayendo en cada iteración una muestra de cada clase y con una ventana  $N = 100$ .

**Tabla 1: Comparativo de entrenamiento con los dos conjuntos de estadísticos.**

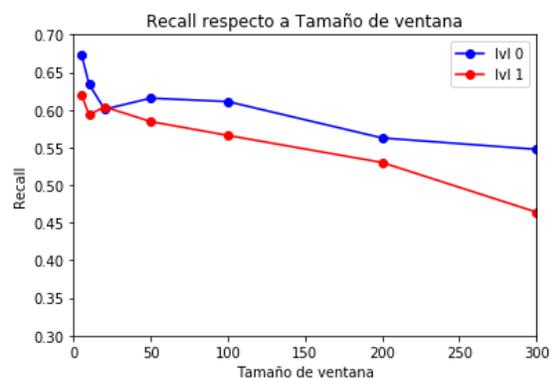
	Conjunto 1			Conjunto 2		
	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)
Decision Tree	49	49	48	58	51	58
K-Neighbors	46	46	45	50	52	51
Neural Network	44	45	44	50	50	50

Una vez comprobado que el conjunto de características 1 da mejores resultados se determinó también que los árboles de decisión serían más propicios para la clasificación.

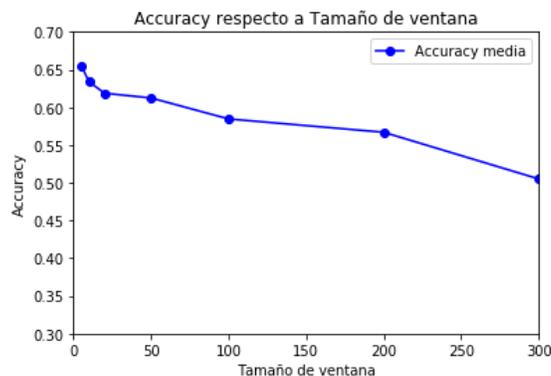
Se hicieron pruebas con distintos tamaños de ventana para determinar el más óptimo. El resumen de los resultados se muestra en las Imágenes 1, 2 y 3, donde se observa que la ventana de tamaño 5 da mejores resultados.



**IMAGEN 1: Precisión máxima de 0.62 para nivel 0 y 0.57 para nivel 1.**



**IMAGEN 2: Recall máximo de 0.67 para nivel 0 y 0.62 para 1.**



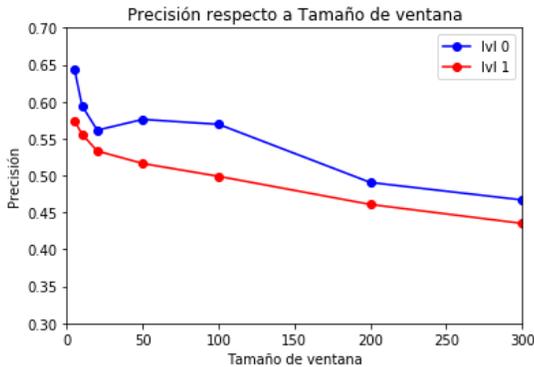
**IMAGEN 3: Accuracy máxima de 0.65.**

## Gradient Boosting

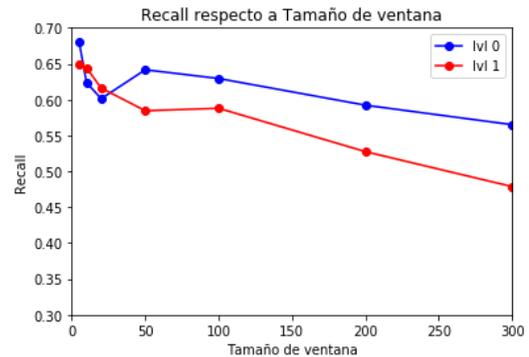
Es una técnica de aprendizaje de máquina utilizada resolver problemas de regresión y clasificación, la cual consiste en producir un modelo de predicción uniendo múltiples modelos de predicción simples, típicamente árboles de decisión.

El objetivo de esta técnica es reducir el error en las predicciones basándose en una función de pérdida, como el Error Cuadrático Medio y utilizando la técnica de Descenso de Gradiente para optimizarlo basándose en un coeficiente de aprendizaje para encontrar el modelo donde el error es mínimo. Se distingue de otras técnicas porque cuando crea un modelo lo utiliza como base para el siguiente con la intención de que aprenda de los errores de los modelos anteriores.

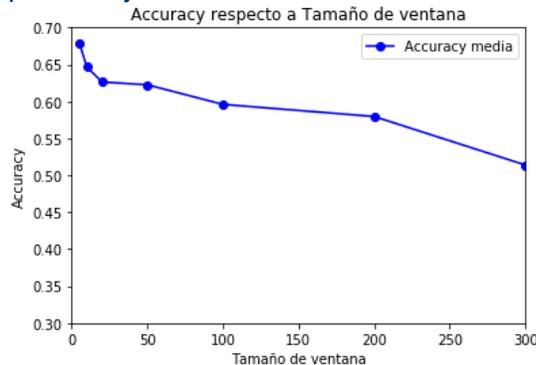
Utilizando Gradient boosting se pudieron mejorar los resultados mostrados en las Imágenes 4, 5 y 6.



**IMAGEN 5:** Precisión máxima de 0.64 para nivel 0 y de 0.57 para nivel 1.



**IMAGEN 6:** Recall máximo de 0.68 para nivel 0 y 0.64 para 1.



**IMAGEN 7:** Accuracy máxima de 0.67.

Obtener los resultados anteriores con el limitado número de muestras sirve como indicativo de que una implementación similar con más pacientes puede resultar en errores menores, también se podría plantear la posibilidad de clasificar correctamente los diferentes niveles que establece la UPDRS.

## REFERENCIAS

[1] Lugo, G., Ibarra-Manzano M.A., Ba, F., Cheng, I. (2017). Virtual reality and hand tracking system as a medical tool to evaluate patients with parkinson's. PervasiveHealth '17 Proceedings of the 11<sup>th</sup> EAI International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare, 405.408.