

Valoración y análisis de los movimientos de las manos de un paciente de Parkinson según la escala UPDRS usando técnicas de visión artificial con Kinect

Jefferson Rubio¹, Boris Vintimilla²
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación^{1,2}
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
jjrubio@espol.edu.ec¹
boris.vintimilla@espol.edu.ec²

Resumen

Este artículo describe la metodología usada para la implementación de un sistema de valoración y análisis de los movimientos de las manos de un paciente de Parkinson según la escala UPDRS usando técnicas de visión artificial con Kinect. Los resultados obtenidos permiten evaluar de forma cuantitativa la evolución del proceso de rehabilitación seguido por el paciente, así como permite evaluar el efecto de los diferentes tratamientos farmacológicos del paciente a lo largo del tiempo. Tres movimientos de las manos han sido analizados: movimiento de golpeteo de los dedos, movimiento de apertura - cierre de la mano, movimiento de pronación - supinación de la mano. El análisis de estos movimientos es importante en un paciente de Parkinson ya que permiten evaluar su condición motora. Los resultados obtenidos pueden ser usados para ser contrastados en la decisión subjetiva con la que los médicos califican a los pacientes en cada acción o actividad realizada. Los algoritmos implementados han sido evaluados para varios casos y los resultados obtenidos demuestran que el sistema propuesto puede ser de utilidad para el médico tratante.

Palabras claves: Enfermedad de Parkinson, UPDRS, Kinect, Visión Artificial, Reconocimiento de Gestos de la Mano

Abstract

This article describes the methodology used to implement a system of assessment and analysis of the movements of the hands of a Parkinson's patient under UPDRS scale using computer vision techniques with Kinect. Results allow to assess quantitatively the evolution of the rehabilitation process followed by the patient, and to assess the effect of different pharmacological treatments the patient over time. Three hand movements have been analyzed: finger tapping, hand movements and pronation - supination of the hands. Analysis of these movements is important in a Parkinson's patient and allowing to evaluate their motor condition. Results can be used to be compared on subjective decision that qualify doctors to patients in every action or activity performed. The implemented algorithms have been evaluated for a number of cases and the obtained results show that the proposed system can be useful for the treating physician.

Keywords: Parkinson's disease, UPDRS, Kinect, Computer Vision, Hand Gesture Recognition

1. Introducción

En la actualidad muchos investigadores clínicos neurológicos emplean un instrumento normalizado de evaluación clínica de la enfermedad conocido como Escala Unificada para la Evaluación de la Enfermedad de Parkinson (UPDRS, según sus siglas en inglés). Este instrumento sirve tanto para la evaluación inicial como para llevar el progreso de la enfermedad del paciente a lo largo del tiempo. El cuestionario que evalúa la función motriz de las extremidades superiores e inferiores, la experiencia subjetiva de los síntomas por el paciente, su desempeño en las actividades cotidianas, y los efectos secundarios de los medicamentos. Sin embargo, la valoración a través de la escala UPDRS depende de la subjetividad del médico que valora al

paciente, presentándose comúnmente diferentes valoraciones para el mismo paciente a través de diferentes médicos [1].

Con el uso del sensor Kinect [2] que se observa en la Figura 1, se va a desarrollar una herramienta de visión artificial para generar, recolectar y visualizar datos de los movimientos de las manos de un paciente, los cuales servirán de apoyo para médicos durante el proceso de valoración, análisis del estado de la enfermedad y los efectos de la medicación que los pacientes reciben como tratamiento a la enfermedad. Los datos generados se basarán en la escala UPDRS. Esta herramienta pretende que el conjunto de información subjetiva que se recolecta a través de la forma tradicional, se convierta en un dato objetivo y único.

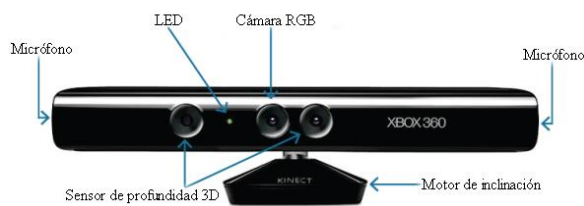


Figura 1. Sensor Kinect [3].

2. La enfermedad de Parkinson

La enfermedad de Parkinson (EP) es un trastorno neurodegenerativo paulatino que ocurre cuando células nerviosas (neuronas) encargadas de producir la dopamina en la región cerebral denominada sustancia negra mueren o se degeneran. Esta depleción dopaminérgica produce desórdenes de movimiento que conducen a la incapacidad de controlar movimientos de forma voluntaria [4].

Según la bibliografía los principales síntomas característicos de la enfermedad de Parkinson son:

- Temblor (oscilaciones) en reposo rigidez.
- Bradicinesia (lentitud de movimiento).
- Rigidez de las extremidades y el tronco.
- Inestabilidad de la postura (pérdida de equilibrio).

Uno de los aspectos más relevantes en la evaluación clínica del paciente con EP es la cuantificación de la afección motora y no motora del mismo. Con el tiempo varias escalas han sido utilizadas con este fin, algunas dejadas en desuso por la aparición de instrumentos basados en un mejor conocimiento sobre la enfermedad. A continuación se describen algunas de las escalas más utilizadas en la valoración de los pacientes de EP:

Los estadios de Hoehn y Yahr, se determinan de acuerdo a características de los síntomas, extensión de la afección y discapacidad física ocasionada como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Estadios de la escala de Hoehn y Yahr [5]

Escala de Hoehn y Yahr	
Estado	Descripción
0	No signos clínicos evidentes.
1	Unilateral.
2	Bilateral, pero sin anormalidades posturales.
3	Bilateral, pero con leve imbalance postural. Vida independiente.
4	Bilateral, con inestabilidad postural. Requiere ayuda.
5	Severa, paciente en cama o silla de rueda.

La escala unificada de la enfermedad de Parkinson, UPDRS, es un sistema de clasificación diseñado para el seguimiento longitudinal del curso de la EP [6]. Los 4 dominios de la escala UPDRS se visualizan en la Tabla 2.

Tabla 2. Ítems evaluados en los 4 dominios de la escala UPDRS [6]

Parte IA: Experiencias no motoras de la vida diaria	
Deterioro cognitivo	Ansiedad
Alucinaciones y psicosis	Apatía
Ánimo depresivo	Disregulación dopaminérgica
Parte IB: Experiencias no motoras de la vida diaria	
Insomnio	Estreñimiento
Somnolencia diurna	Hipotensión ortostática
Dolor	Fatiga
Problemas urinarios	
Parte II: Experiencias motoras de la vida diaria	
Habla	Escritura
Saliva y babeo	Pasatiempos
Masticación y deglución	Vuelta en cama
Comer	Temblor
Vestirse	Levantarse
Higiene	Caminar y equilibrio
Congelamiento o bloqueos	
Parte III: Examen Motor	
Lenguaje	Congelamiento de la marcha
Expresión facial	Estabilidad postural
Rigidez	Postura
Golpeteo de dedos de las manos	Espontaneidad global del movimiento
Movimiento con las manos	Temblor postural de las manos
Pronación - supinación de las manos	Temblor de acción de las manos
Golpeteo con los dedos de los pies	Amplitud del temblor de reposo
Agilidad de las piernas	Persistencia del temblor del reposo
Levantarse de la silla	Marcha
Parte IV: Complicaciones motoras	
Tiempo de discinesias	Impacto de las fluctaciones
Impacto funcional de discinesias	Complejidad de las fluctaciones
Tiempo en estado OFF	Distonía en OFF

Este artículo se basará en el desarrollo de algoritmos para controlar los movimientos de la mano de un paciente de Parkinson según la escala UPDRS mencionados a continuación: golpeteo de dedos de la manos, movimientos con las manos (apertura - cierre de la mano) y movimiento de pronación – supinación de la manos tal como se indica en la Tabla 2.

3. Calibración

Para el adecuado funcionamiento del sistema se deben considerar una serie de parámetros que influyen en las condiciones del ambiente de trabajo, el sensor Kinect y el paciente. Variables tales como la intensidad de luz influyen en la condición ambiental, mientras que parámetros como la altura, ángulo de inclinación y profundidad de campo influyen en las características del sensor Kinect, mientras que la posición inicial del paciente es un factor trascendental al momento de registrar el esqueleto y puntos de interés del mismo para su seguimiento y procesamiento. A continuación se detallan las consideraciones necesarias para cada una de estas variables.

3.1. Condiciones del ambiente

En este apartado la predominancia se lo lleva las condiciones de iluminación del escenario propenso para las pruebas con los pacientes. Debido a que la intensidad de luz directa puede alterar la percepción de colores en la escena, lo cual a su vez puede modificar la valoración de colores en las marcas que llevan los pacientes en sus respectivos dedos como parte del tratamiento con el sistema. Para evitar en medida estos sucesos se estableció que el ambiente en donde el sensor Kinect visualiza al paciente debe tener suficiente luz, aproximadamente entre 500 a 750 lux, para que su cara sea claramente visible y esté bien iluminada como se aprecia en la Figura 2. Asimismo, en esta figura se ilustra que el sensor Kinect debe evitar la luz directa del sol.

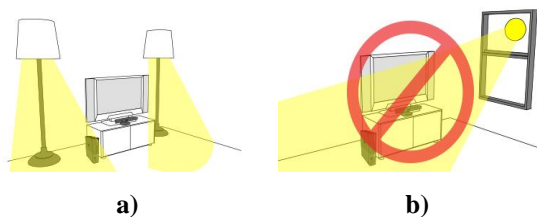


Figura 2. a) Correcta iluminación del ambiente del sensor Kinect. b) Incorrecta iluminación del ambiente del sensor Kinect [7].

3.2. Altura del sensor Kinect

La altura comprendida entre el piso y el sensor Kinect debe ser tal que el objetivo a capturar (paciente), pueda ser visualizado en totalidad. La importancia de calibrar este parámetro viene dado a que se necesita

obtener toda la información del esqueleto del paciente y el sensor Kinect solo obtendrá estas características si es capaz de leer la presencia de una persona completa a través de su cámara infrarroja o RGB. De acuerdo a las pruebas realizadas se considera que lo estipulado puede ocurrir a una altura de 0,82 metros desde el piso usando como soporte un trípode que mantenga firme la posición del sensor Kinect, tal como se ilustra en la Figura 3.



Figura 3. Altura del sensor Kinect usando un trípode de soporte.

3.3. Distancia del sensor Kinect al paciente

Como detalle principal de este parámetro es excluir cualquier obstáculo material que esté entre el sensor Kinect y el paciente pudiendo afectar la captura en la señal de video. Despejada el área usada para realizar las actividades del paciente, se dispone la zona de trabajo a un conjunto de pruebas de ensayo para determinar la distancia que favorece al sistema en la captación de regiones de interés en los movimientos que realice el paciente. Con las experimentaciones realizadas se obtuvo que el sensor Kinect debe estar alejado del paciente en un rango de profundidad entre 1,20 a 2 metros. Se debe tomar en consideración que para las actividades de “golpeteo de los dedos” y “movimientos de pronación y supinación de las manos” el paciente debe colocar su mano a una distancia del Kinect que oscile entre el 1 a 1,30 metros debido a que se necesita una mejor precisión por el uso de marcadores de color en los dedos (dedales), ver Figura 4.

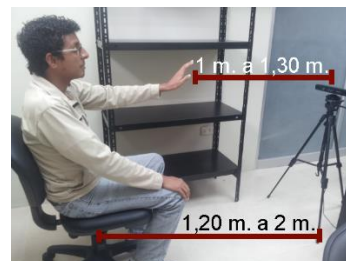


Figura 4. Distancia del paciente al sensor Kinect.

3.4. Inclinación del sensor Kinect

El parámetro de inclinación nos brinda la facilidad para obtener correctamente la silueta inferior del paciente en su ubicación. La necesidad proviene en captar inicialmente las manos del paciente en un posible estado de reposo sobre los muslos de las extremidades inferiores. El sensor Kinect solo consta con inclinación vertical y es la que se ha considerado modificar a -4° del eje inicial del dispositivo, tal como se muestra en la Figura 5.



Figura 5. Ángulo de inclinación del sensor Kinect.

3.5. Posicionamiento del paciente

En la ubicación donde el paciente realizará las actividades de su tratamiento se recomienda que este sentado en una silla de una altura aproximada de 0,45 metros desde el piso a la base del asiento. Esto debido a que durante los movimientos de golpeteo de los dedos y pronación – supinación de la mano, el paciente debe estar a una distancia no muy lejana del Kinect colocando la mano en una posición cómoda (situación que puede llegar a ser poco agradable al paciente estando de pie). Agregado al detalle anterior, el sensor Kinect debe comprobar si existe una persona en la escena o no como requisito para iniciar la captura de los movimientos, para aquello, se debe visualizar el cuerpo entero del paciente y por lo cual si se encuentra de pie a una distancia corta del sensor será imposible que reconozca en totalidad la presencia del individuo. Un ejemplo aproximado de la altura de la silla se muestra en la Figura 6.

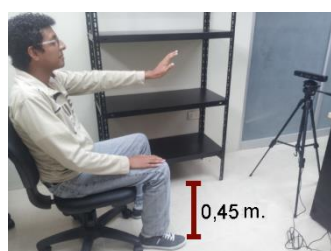


Figura 6. Altura de la silla en la que se debe colocar el paciente.

4. Valoración y análisis de los movimientos de las manos

Una vez que las condiciones de trabajo del sistema de adquisición de datos han sido correctamente instaladas y calibradas es posible iniciar la captura de la señal de video para su posterior procesamiento. En esta

sección se describen los algoritmos implementados para la valoración y análisis de tres tipos de movimientos de las manos: golpeteo de los dedos, apertura - cierre de las manos y pronación – supinación de las manos, ver Figura 7.

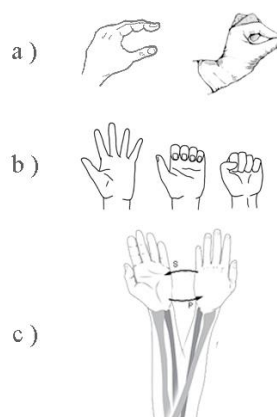


Figura 7. a) Ilustración del movimiento de golpeteo de los dedos. b) Ilustración del movimiento de apertura - cierre de la mano. c) Ilustración del movimiento de pronación – supinación de la mano.

4.1. Movimiento de golpeteo de los dedos

La actividad golpeteo de los dedos, requiere cuantificar el número de repeticiones que el paciente golpea el pulgar con el índice en rápidas sucesiones y con la mayor amplitud posible en un intervalo de tiempo adecuado y definido por el doctor, ver Figura 7a.

Este análisis del golpeteo de los dedos es necesario para verificar si la espontaneidad global del movimiento de los dedos ha disminuido desde el momento que se registra al paciente tomando el medicamento antiparkinsonico recetado por el doctor en la terapia.

La extracción de características utilizada para esta actividad es denominada extracción basada en marca. Esto consiste en la utilización de accesorios externos al uso del Kinect. En el caso del artículo se hizo uso de marcas o dedales, instrumentos cilíndricos colocados en la punta de los dedos con diferentes colores. El instrumento como tal tiene un color definido para su identificación en el proceso de segmentación y dando como resultado la binarización de la señal de video. En este paso se escoge un valor de umbral consistente en la selección del brillo promedio de esta marca o dedal.

De esta forma, se le proporciona al paciente dos marcas en forma de dedales para ser colocados en cada uno de los dedos indicados a realizar la actividad como se muestra en la Figura 8. La librería Emgu CV se encarga de extraer el parámetro de color, rasgo implícito en los dedales, encapsulado en una región de interés (ROI) con la finalidad de determinar si el ROI que identifica al dedo pulgar toca al ROI que hace referencia al dedo índice.

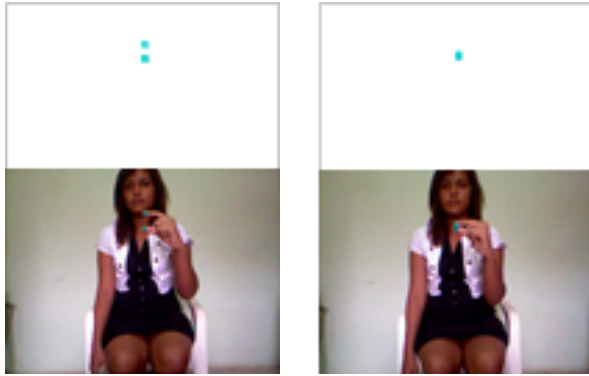


Figura 8. Reconocimiento de la actividad golpeteo de los dedos de la mano en una imagen binarizada y RGB.

4.2. Movimiento de apertura - cierre de las manos

Esta actividad requiere cuantificar el número de repeticiones que el paciente abre y cierra la mano en rápidas sucesiones y con la mayor amplitud posible en un intervalo de tiempo adecuado y definido por el doctor, ver Figura 7b. Este análisis del movimiento de pronación –supinación de las manos es necesario para verificar si el temblor postural de las manos ha disminuido desde el momento que se registra al paciente tomando el medicamento antiparkinsoniano recetado por el doctor en la terapia. A lo alegado, se consideró dos metodologías para medir este movimiento.

La primera metodología del algoritmo consiste en enmarcar en un ROI la mano del paciente, sea esta la izquierda o derecha según requerimientos del doctor, con el propósito de extraer características de color únicamente de la mano a través de su binarización. Para determinar el movimiento se cuantifica la relación entre el número de píxeles que conforman la mano y el número de píxeles contenidos en el resto del ROI. Sí, a un instante de segundo el número de píxeles de la mano aumenta y el resto de píxeles del ROI disminuye se considera que la mano está abierta, en proceso inverso de las instancias, la mano se considera cerrada. A este tipo de extracción de característica se le denominó extracción de información por áreas. Un ejemplo claro se puede visualizar en la Figura 9.



Figura 9. A la derecha de cada imagen de profundidad se muestra el área de píxeles que cubre el ROI seleccionado para seguir el movimiento de la mano.

La segunda metodología de este algoritmo consiste en el uso del API propio del SDK de Kinect para extracción de características, el cual contiene una interfaz de gestos natural para el usuario con interacción de movimientos básicos como controles para selección y manipulación de objetos virtuales. De estos movimientos se usó el gesto *grip-to-pan*, gesto capaz de identificar el cambio de estado de un mano de abierta a cerrada. Esta librería en síntesis tiene la capacidad de reconocer si la mano del paciente está en estado de apertura o cerrado como se ilustra en la Figura 10.



Figura 10. Reconocimiento de estados de la mano por el SDK en la actividad apertura - cierre de las manos.

4.3. Movimiento de pronación – supinación de las manos

La actividad movimiento de pronación – supinación de las manos, requiere cuantificar el número de repeticiones que el paciente rota la mano en sentido vertical, esto es, realiza el movimiento de pronación (rotación del antebrazo situando la palma hacia adelante) y supinación (rotación del antebrazo situando la palma hacia atrás), con la mayor amplitud posible en un intervalo de tiempo adecuado y definido por el doctor, ver Figura 7c.

El análisis de este movimiento es necesario para verificar si el temblor de acción de las manos ha disminuido desde el momento que se registra al paciente tomando el medicamento antiparkinsoniano recetado por el doctor en la terapia. Por lo mencionado se usó la técnica de extracción de características basada en marcas tal como se realizó en el movimiento de golpeteo de los dedos. De esta forma, el paciente usó una marca en forma de un dedal de dos colores (un color en la parte frontal y uno distinto en la zona posterior) para ser colocado en el dedo medio de su mano como se muestra en la Figura 11. La librería Emgu CV se encarga de extraer el parámetro de color, rasgo implícito en el dedal, encapsulado en un ROI, con la finalidad de determinar si el ROI que identifica al dedo pulgar pertenece a la región frontal o posterior de la mano concluyendo el estado del movimiento de la mano.

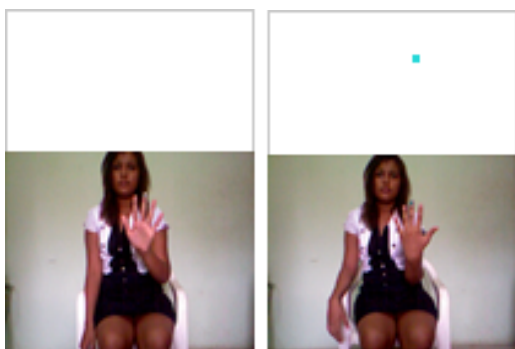


Figura 11. Reconocimiento del cambio de estado en el movimiento de pronación – supinación de las manos en una imagen binarizada y RGB.

5. Resultados obtenidos

Una vez representado los datos de los movimientos de forma gráfica se procede a revisar en análisis si los resultados obtenidos son similares a los resultados esperados en la valoración realizada por el sistema. En esta sección se listan los movimientos de Parkinson escogidos para realizar las pruebas y se muestra el análisis de cada uno de ellos.

El objetivo del análisis de los resultados experimentales es comprobar que la valoración obtenida por el sistema sea igual o mejor a la esperada.

En la fase experimental de este trabajo por dificultades de trámites no se realizó las pruebas con pacientes reales de Parkinson, pero en su caso se escogió a ocho personas de un rango de edad de entre 18 a 62 años sin ningún tipo de enfermedad asociada que simulen los movimientos realizados por paciente enfermos de Parkinson. A estas personas se les indicó que se simularía los movimientos de las manos de un paciente de Parkinson durante tres sesiones (equivalente a tres días diferentes de la semana) y cada movimiento sería realizado con cada mano por separado.

5.1. Análisis de resultados del movimiento de golpeteo de los dedos

Al finalizar las 3 sesiones realizando el movimiento de golpeteo de los dedos por parte de las personas escogidas, se puede observar los mejores resultados en la Tabla 3. Los resultados obtenidos finalmente muestran un 50% de exactitud en el movimiento con la mano izquierda y un 75% de exactitud del movimiento con la mano derecha para un global del 62.5% de exactitud del movimiento. A estos resultados se puede agregar que mientras se realizaba la experimentación se observó un incremento de ruido en la segmentación del color de las marcas, especialmente en movimientos rápidos de las personas. Para disminuir el ruido observado en cada sesión realizada se hizo uso de algoritmos de eliminación de ruido, propios de la marca de los dedos que el sensor Kinect capturaba.

Tabla 3. Resultados del movimiento *golpeteo de los dedos* - Sesión #3

Golpeteo de los dedos - Sesión # 3				
UID	Resultados			
	Mano Izquierda		Mano Derecha	
	Esperado	Obtenido	Esperado	Obtenido
56985510	11,5	11,5	13,5	13,5
73663304	11	13,5	11	11
24684222	6,5	6,5	11,5	11,5
43976084	10	19,5	12,5	12,5
1383552	11	13,5	10,5	10,5
93849221	11	22,5	11,5	11,5
6889491	10,5	10,5	10	13,5
82828362	11,5	11,5	10	19,5

Luego del análisis completo de este movimiento se debe considerar que el uso de marcas para este tipo de actividad no llega a ser el óptimo en resultados esperados. Parámetros como el material o superficie de la marca a usar puede afectar el tratamiento de la información.

5.2. Análisis de resultados del movimiento de apertura - cierre con las manos

El análisis realizado al movimiento de apertura - cierre de las manos después de culminar las 3 sesiones de prueba a las personas seleccionadas arrojaron los resultados mostrados en la Tabla 4. En estos resultados se puede notar un 100% de exactitud en la mano izquierda y un 87.5% en la mano derecha para un global de 93.75% de exactitud finalmente en el movimiento. En este caso de análisis el porcentaje de error se concluye que es debido a la indicación de realizar el movimiento lo más rápido posible, resultando en que el seguimiento del movimiento se salga de escena.

Tabla 4. Resultados del movimiento de apertura y cierre de las manos - Sesión #3

Apertura/ Cierre de las manos - Sesión # 3				
UID	Resultados			
	Mano Izquierda		Mano Derecha	
	Esperado	Obtenido	Esperado	Obtenido
56985510	10	10	10	10
73663304	11	11	11	11
24684222	10	10	11	11
43976084	11	11	11	7
1383552	11	11	11	11
93849221	11	11	11	11
6889491	9,5	9,5	10,5	10,5
82828362	11	11	12	12

Luego del análisis completo de este movimiento se debe considerar que al realizar los movimientos por la persona y pedirle que haga repeticiones rápidas en ciertas ocasiones el ícono de reconocimiento del estado de la mano sale disparado de la escena de captura. Además considerar que a las personas que realizaron la actividad sentados a una distancia próxima al sensor Kinect en ocasiones el sensor no puede detectar a exactitud el esqueleto del usuario, necesario para que se pueda realizar el movimiento sin problemas. Si se hubiera tenido un Kinect con la funcionalidad de modo cercano, posiblemente los resultados hubieran sido mejor de lo esperado.

5.3. Análisis de resultados del movimiento de pronación – supinación de las manos

Los resultados mostrados en la Tabla 5 correspondientes al movimiento de pronación – supinación de las manos representan un 87.5% de exactitud en la mano izquierda y un 62.5% de exactitud en la mano derecha para un global de la actividad de un 75% de exactitud. Un caso similar al primer movimiento se suscitó con la existencia de ruido en el escenario de trabajo alrededor de la marca provista en el dedal, así que también se recurrió a la eliminación de este ruido a través de un filtro de eliminación de ruido sal y pimienta.

Tabla 5. Resultados de pronación/supinación con las manos - Sesión #3

Pronación/Supinación de las manos - Sesión # 3				
UID	Resultados			
	Mano Izquierda		Mano Derecha	
	Esperado	Obtenido	Esperado	Obtenido
56985510	10	10	13,5	13,5
73663304	11,5	11,5	12	28
24684222	10,5	10,5	13	13
43976084	10,5	10,5	13	13
1383552	12,5	12,5	14,5	14,5
93849221	11	11	11	19
6889491	10	13	13	13
82828362	11,5	11,5	10,5	26

Luego de analizar el movimiento se debe considerar que el uso de marcas para este tipo de actividad no llega a ser el óptimo en resultados esperados.

6. Conclusiones

A partir del trabajo realizado y de los resultados obtenidos, las siguientes conclusiones pueden ser anunciadas:

- Se implementaron 3 algoritmos para detectar y analizar 3 tipos de movimientos de la mano para un paciente de Parkinson; estos son:
 - Golpeteo de los dedos.
 - Movimientos con las manos.
 - Movimientos de pronación – supinación de las manos.
- Los datos resultantes de la detección y análisis de los movimientos de la mano son almacenados a lo largo del tiempo durante el proceso de rehabilitación del paciente. Esta información posteriormente puede ser visualizado y representado mediante gráficos.
- Los datos obtenidos y almacenados pueden ser usados como una valoración cuantitativa de apoyo para el doctor, dentro de la toma de decisiones al calificar un movimiento del paciente a través de la escala UPRS.
- Se puede analizar el progreso del paciente dentro de un tratamiento, esto es, con la visualización comparativa que provee la interfaz del proyecto para cada movimiento, es posible contrastar el número de repeticiones, tiempo en que se ejecutó el movimiento, velocidad media del movimiento y el medicamento provisto al paciente para cada actividad realizada en una sesión del tratamiento.
- A partir de las estadísticas almacenadas, por cada tratamiento realizado por el paciente, es posible determinar que medicamento y que dosis del mismo pueden controlar en mayor medida los síntomas de la enfermedad de Parkinson.
- Para la adquisición correcta de datos es necesario que el ambiente de trabajo y la ubicación del paciente sea como se menciona en la calibración del proyecto, esto, con la finalidad de que los gráficos resultantes tengan la menor cantidad de datos aberrantes ya que pueden alterar el análisis de los resultados.
- Al usar equipo de hardware de bajo presupuesto el proyecto se presta como una herramienta de telemedicina a ser usado para dar seguimiento a los pacientes desde la comodidad de su hogar. Esto, brinda la facilidad del paciente realizar sus movimientos y del doctor realizar evaluaciones y visitas remotas en cualquier instante de tiempo sin complicaciones

7. Recomendaciones

Entre las posibles mejoras o recomendaciones que se podrían realizar al proyecto propuesto se destacan:

- Realizar pruebas con pacientes reales para obtener resultados más acordes a la realidad de la enfermedad y ajustar a medida el tratamiento de la información y el análisis de los mismos.
- Se puede plantear el uso de varios sensores de Kinect ubicados en diferentes ángulos de visión, esto con la importancia de obtener valores más

- precisos de los movimientos del paciente y realizar un análisis más detallado.
- Se recomienda el almacenamiento de los archivos de video en caso de que el doctor tratante de la enfermedad del paciente quiere volver a hacer un análisis visual de algún movimiento.
- Si se usa la versión 2.0 del Kinect con su respectivo SDK es posible eliminar el uso de marcas de colores para la detección de los dedos, ya que esta versión de Kinect es capaz de manipular información de los dedos de las manos sin necesidad de elementos externos.
- Si se usa la versión 2.0 del Kinect con su respectivo SDK es posible detectar la orientación de la mano como dato complementario para el movimiento de pronación – supinación de la mano del paciente.
- Aumentar el número de filtros existentes en la interfaz del proyecto para facilitar el resumen de información al doctor encargado de manipular la aplicación.
- Se recomienda estudiar la implementación de algoritmos capaces de detectar datos aberrantes que se pueden dar al iniciar o terminar la captura de los movimientos de un paciente.

8. Bibliografía

[1] Kupryjanow A., Kunka B., Kostek B., *UPDRS tests for Diagnosis of Parkinson's Disease Employing,*

Virtual-Touchpad, Workshops on Database and Expert Systems Applications, 2010, pp. 132.

[2] Beltrán D., Basañez L., *Microsoft Kinect*, Instituto de Organización y Control de Sistemas Industriales, 2014.

[3] Using the Kinect for robotic manipulation. Consultado febrero 2015. Disponible en <http://blog.robotiq.com/bid/40428/Using-The-Kinect-For-Robotic-Manipulation>.

[4] Enfermedad de Parkinson: Lo Que Usted y Su Familia Deben Saber. Consultado diciembre 2014. Disponible en http://www3.parkinson.org/site/DocServer/Lo_Que_Usted_y_Su_Familia_Debe_Saber.pdf?docID=200.

[5] Sandoval Ll., Jiménez F., Soto J., Velasco F., Carrillo-Ruiz JD., Gómez P., Suarez R., *Resultados del tratamiento quirúrgico de la enfermedad de Parkinson en la Unidad de Neurocirugía Funcional, Estereotaxia y Radiocirugía del Hospital General de México en el periodo de 1992-2009*, Revista Mexicana de Neurociencia, 2010, pp. 21.

[6] Rodríguez M., Cervantes A., *La escala unificada de la enfermedad de Parkinson modificada por la Sociedad de Trastornos del Movimiento (MDS-UPDRS): aplicación clínica e investigación*, Arch Neurocién, 2014, pp. 157 – 159.

[7] Condiciones de iluminación de la sala para Kinect. Consultado diciembre 2014. Disponible en <http://support.xbox.com/es-MX/xbox-360/kinect/lighting>.