



## Evaluación de la motricidad gruesa en niños con Síndrome de Down

C. Martínez-Alarcón<sup>a</sup>, L. A. Morales-Rosales<sup>a</sup>, Ignacio Algreto-Badillo<sup>b</sup>, M. Lobato-Báez

<sup>a</sup>Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Veracruz, [142t0774@itsm.edu.mx](mailto:142t0774@itsm.edu.mx),  
[lamorales@itsm.edu.mx](mailto:lamorales@itsm.edu.mx)

<sup>b</sup>Universidad Politécnica de Tlaxcala, Tlaxcala, [ignacio.algreto@uptlax.edu.mx](mailto:ignacio.algreto@uptlax.edu.mx)

<sup>b</sup>Instituto Tecnológico Superior de Libres, Puebla, [elegancia\\_14@hotmail.com](mailto:elegancia_14@hotmail.com)

### RESUMEN

El presente estudio presenta el diseño de un modelo para la evaluación de la capacidad motora en niños con síndrome Down de entre 8 a 10 años, se quiere realizar la captura de trayectorias de las intenciones de movimiento para mejorar la precisión de las evaluaciones. Con la ayuda del sensor Microsoft Kinect se realizará la captura de los movimientos, para que a través del modelo se realice su evaluación. El modelo utilizará una red neuronal artificial para la obtención de las trayectorias y un mapa cognitivo difuso para la evaluación de los datos extraídos de las trayectorias obtenidas.

### 1. INTRODUCCIÓN

Los niños con síndrome de Down no desarrollan las destrezas motoras del mismo modo que lo hacen los niños con desarrollo típico. Por ello requieren llevar a cabo rutinas de ejercicios para el desarrollo de la motricidad gruesa con el apoyo de un especialista. Se realizan las rutinas de ejercicios por medio de juegos, mientras el niño realiza los ejercicios el especialista está evaluando como los está ejecutando, utiliza para medir el nivel de motricidad del niño, test especializados, como el Primary M/PAC, PAC 1 y PAC 2, para posteriormente hacer la recomendación de los ejercicios de acuerdo a las necesidades de cada niño.

El objetivo principal de este estudio es evaluar las intenciones de movimiento en las articulaciones de la parte superior del cuerpo para recomendar ejercicios logopédicos de motricidad gruesa en niños con síndrome Down de entre 8 a 10 años. Con la ayuda del sensor Microsoft Kinect se realiza la captura de los movimientos. Se diseñó un modelo de evaluación que utiliza una red neuronal modelo del cerebelo para el control de la articulación (CMAC) para la obtención de trayectorias de movimiento esperando obtener una mejora en la precisión de 2 cm de error para la articulación del hombro, alcanzadas por Loconsole, C., et. al (2012), con ello se podrá evaluar la trayectoria de las intenciones de movimiento realizadas por el niño, los resultados obtenidos serán enviados a un mapa cognitivo difuso para determinar el estado motriz del niño y a su vez realizar la recomendación de las rutinas de ejercicios logopédicos adecuados de acuerdo a lo que el niño realizó. En los sistemas ya desarrollados tales como los propuestos por Rafiuzzaman, M., et. al (2015) y Loconsole, C., et. al (2012), estas dos partes se hacen por separado y en presencia de un especialista, lo cual dificulta que las evaluaciones se puedan realizar desde el hogar, además de implicar que el niño se tenga que trasladar hasta los centros especializados para el cuidado de niños con discapacidades.



## 2. ESTADO DEL ARTE

Con la ayuda del sensor de Microsoft Kinect Rafiuzzaman, M., et. al (2015) desarrollaron un sistema de rehabilitación física para pacientes con SCI u otra discapacidad física. La idea central de su técnica de rehabilitación basada en realidad virtual es utilizar el Kinect para la captura y evaluación cuantitativa de los movimientos de los pacientes en tratamiento para seguir su progreso con mayor precisión y facilidad. También el programa funciona como un sistema remoto con la ayuda de Windows Azure. Los resultados de los ejercicios realizados por los pacientes son enviados a la nube para que los médicos de los hospitales puedan supervisarlos, de esta manera podrán monitorear el progreso de la rehabilitación física de los pacientes mientras realizan las terapias desde la comodidad de sus hogares.

El estudio realizado por Obdrzalek, S., et. al (2012) para comprobar la fiabilidad y la precisión de la estimación de la pose humana con Kinect como un sistema de medición, donde comparan la esqueletización que realiza Kinect con técnicas más establecidas para la estimación de la posición de los datos de captura de movimiento. Uno de los principales inconvenientes del esqueleto Kinect para el propósito de la asistencia sanitaria es en un modelo cinemático no muy antropométrico con longitud de las extremidades variables. En una postura corporal más controlada, la exactitud de la estimación conjunta es comparable a la captura de movimiento. Sin embargo en las posturas generales, la variabilidad de la implementación de la estimación de pose es de unos 10 cm. Concluyeron que en general el Kinect tiene una precisión suficiente para la evaluación de la cinemática de todo el cuerpo con fines de diagnóstico y control postural.

El algoritmo desarrollado por Loconsole, C., et. al (2012) basado en Kinect para la identificación y seguimiento de objetos genéricos dentro de un sistema robótico para el brazo denominado L-Exos, permite que el brazo derecho del usuario pueda moverse, tanto en modo pasivo y semi-activo, con el fin de llevar a cabo las tareas de largo alcance y con el cual se puede calcular la trayectoria en el espacio de las articulaciones, obteniendo que las trayectorias de la articulación del hombro dieron lugar a lecturas de menos de 2 cm de los valores correctos de acuerdo con una línea de base.

El sensor Microsoft Kinect presenta muchas ventajas en su utilización para la realización de terapias. La principal desventaja que se encuentran en los trabajos realizados en comparación con el que se está proponiendo, es tener que requerir de un especialista para que realice las evaluaciones mientras se están realizando los ejercicios.

## 3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Para la realización de las evaluaciones se propone llevarlas a cabo a través de una interfaz virtual con la cual el niño va a interactuar por medio del sensor Microsoft Kinect, el niño estará recibiendo instrucciones desde la interfaz para la ejecución de la rutina de evaluación, la rutina se lleva a cabo a través de ritmos musicales que serán de ayuda para facilitar tanto la ejecución como mantenerlo motivado para llevar a cabo toda la rutina de evaluación.

Para el diseño de la rutina se deben seleccionar las articulaciones y los movimientos de las mismas que serán evaluados, y establecer los tiempos de espera y ejecución de cada uno de los movimientos, esto permitirá establecer cuando un movimiento es voluntario o involuntario, así como también seleccionar los ritmos musicales adecuados.



El modelo encargado de realizar la evaluación está integrado por una red neuronal artificial y un mapa cognitivo difuso. Con la red neuronal artificial propuesta por James Albus (1975) denominada CMAC se obtendrán las trayectorias tentativas para evaluar las intenciones de movimiento. En el proceso del desarrollo motor grueso interviene el proceso cognitivo del desarrollo psicomotor del cual se derivan conceptos que tienen causalidad y/o efecto en dicho proceso y que podrán ser evaluados a través del mapa cognitivo difuso para ofrecer una evaluación cuantitativa de la motricidad gruesa.

La interacción del niño con la interfaz permitirá que el modelo a través de la red neuronal capture las trayectorias de cada uno de los movimientos que se le vayan indicando. En este proceso se obtendrán las variables que sirven de entrada en cada uno de los conceptos incluidos en el mapa cognitivo difuso, lo cual permitirá que se evalúe de manera particular cada articulación y al final de la evaluación hacer un promedio de los datos obtenidos para obtener una generalización del estado motriz del niño. Esta evaluación permitirá realizar una recomendación de los ejercicios logopédicos adecuados de manera particular con el fin de contribuir a la mejora de su capacidad motriz gruesa, en la figura 1 se representa cada una de las etapas descritas.

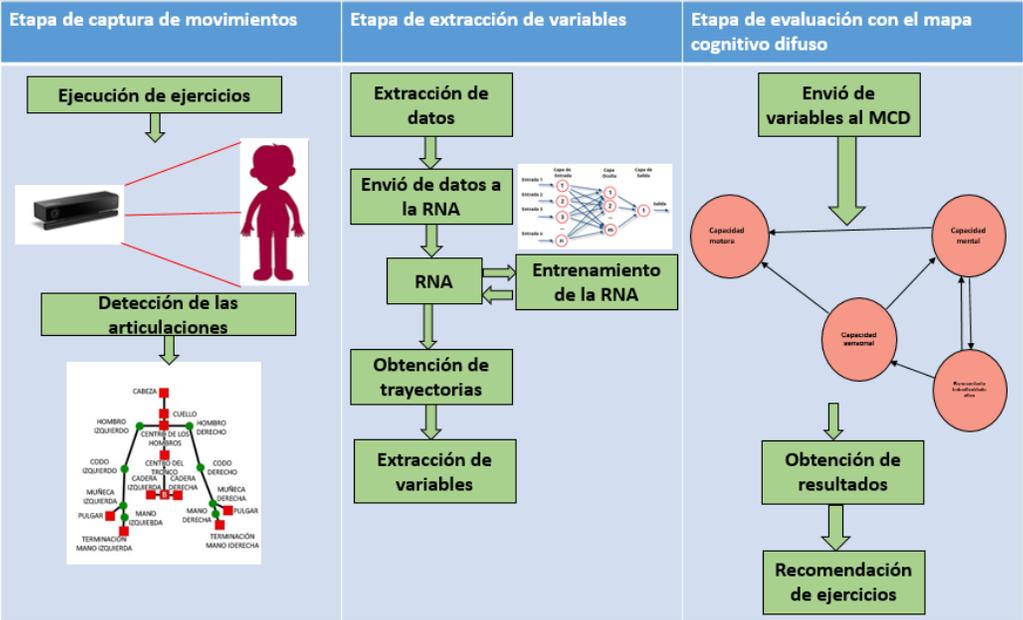


Figura 1 Esquema de evaluación

4. RESULTADOS

En esta sección se describen los métodos utilizados en la construcción del modelo que permitirá la realización de la evaluación de la motricidad gruesa en niños con síndrome de Down, en primera instancia se describe la obtención de los conceptos que formarán parte del mapa cognitivo difuso, en segundo lugar se describen las variables que estarán involucradas en cada uno de los conceptos del mapa, así como los rangos considerados como adecuados para su medición y por último la asignación de los valores causales de los arcos que muestran las relaciones causales entre los nodos.



**VII** CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD  
 "GENERACION DE NUEVAS TECNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"

**16-18**  
 junio 2016  
 Unidad de Seminarios, BUAP

Para la obtención de los conceptos se realizó un análisis de los test Primary M/PAC, PAC 1 y la experiencia de la especialista Lic. Raíza Isabel Jiménez Covarrubias, trabajadora adscrita al Centro de Atención Múltiple Dr. José de Jesús González. Esto permitió caracterizar un total de cuatro conceptos importantes para el proceso del desarrollo motor grueso, ver tabla 1. Los conceptos permitirán cuantificar mediante un mapa cognitivo difuso la afectación o madurez de la motricidad gruesa. Al realizar la evaluación se busca beneficiar el desarrollo de los niños mediante la recomendación de terapias logopédicas que fomenten sus capacidades motoras.

Tabla 1. Conceptos del mapa cognitivo difuso

Concepto	Descripción
Capacidad Mental	Nivel de capacidad intelectual que posee el niño.
Capacidad sensorial	Nivel de capacidad para obtener información de factores internos y externos
Razonamiento inductivo/deductivo	Nivel de capacidad para relacionar la información con conocimiento previo
Capacidad motora	Nivel de capacidad para realizar actividades motoras.

Cada concepto está compuesto por diferentes variables de tipo numéricas y discretas, las cuales tienen sus propios rangos para su cuantificación como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Conceptos con sus variables

Conceptos	Variables	
	Nombre	Rango
Capacidad mental	Tiempo inicio	0 – 10 s
	Tiempo acción	0 – 10 s
	Velocidad	0 – 10 m/s
	Capacidad mental	50 -150
Razonamiento inductivo/deductivo	Fuerza	0 – 100 N
	Dirección	0 – 100 cm
Capacidad sensorial	Posición	0 – 100 cm
	Ángulo del hombro	0 – 180 °
	Ángulo del codo	0 – 150 °
	Trayectoria (RNA CMAC)	0 – 100 cm
Capacidad motora	Distancia	0 – 100 cm
	Longitud	0 – 100 cm
	Aceleración	0 – 100 m/s <sup>2</sup>

Con los conceptos obtenidos se construye el mapa cognitivo difuso asignando los arcos necesarios para las relaciones causales entre los conceptos como se representa en la figura 2.

La evaluación es realizada a través de ejercicios acompañados de ritmos musicales asociando las instrucciones de movimiento de cada una de las articulaciones en función de un tiempo establecido. Ello permite que la evaluación se particularice para cada articulación, lo cual genera que los rangos de los valores de las variables sean diferentes en cada uno de los movimientos que



se evalúen. Los valores de las variables se introducirán al control difuso de tipo mamdani para obtener el valor causal de los arcos asociados a los conceptos a través del cálculo del centro de gravedad para variables discretas dada por la fórmula 1.

$$cog = \frac{\sum_{i=0}^n \mu(z)_i * z_i}{\sum_{i=0}^n \mu(z)_i} \quad (1)$$

Los resultados de cada movimiento se generalizarán para la obtención del resultado final de cada concepto. Con el valor de cada concepto del mapa cognitivo, ver figura 2, se podrá evaluar la capacidad motora gruesa para realizar la recomendación de los ejercicios logopédicos.

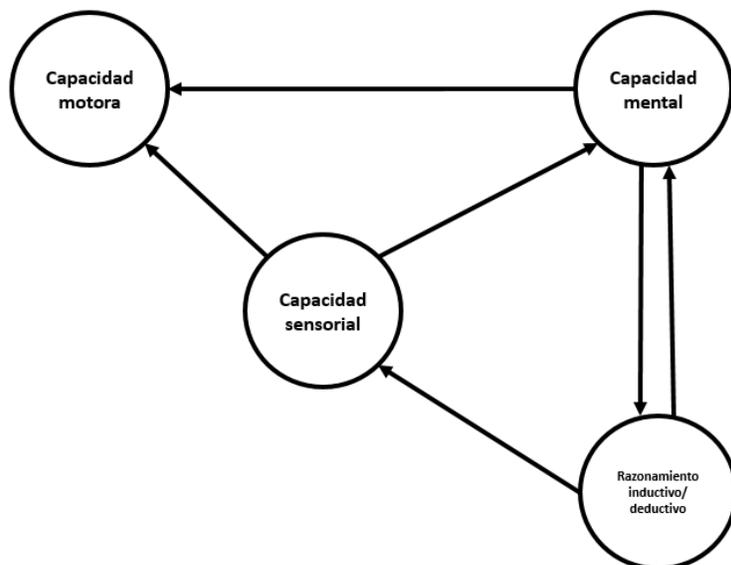


Figura 2 Mapa cognitivo difuso para la evaluación de la motricidad gruesa

## 5. CONCLUSIONES

Desarrollar el modelo para la evaluación de la motricidad gruesa donde además se incluye la evaluación de las intenciones de movimiento, permitirá obtener las trayectorias de dichos movimientos con lo cual se podrán obtener resultados más precisos de los ejercicios realizados, permitiendo hacer recomendaciones de ejercicios logopédicos de motricidad gruesa para niños con síndrome de Down de entre 8 a 10 años, de acuerdo a las necesidades propias de cada niño y sin la necesidad de la presencia de un especialista.

Los resultados obtenidos hasta este momento de la investigación son la obtención del mapa cognitivo difuso a través del análisis de los test Primary M/PAC y PAC1 y la ayuda del especialista del Centro de Atención Múltiple Dr. José de Jesús González, la licenciada Raíza Isabel Jiménez Covarrubias, dando como resultado cuatro conceptos considerados como los más importantes en el proceso del desarrollo de la motricidad gruesa ya que además de involucrar la evolución del desarrollo motor también toma en cuenta el desarrollo cognitivo del niño, con lo que se considera que se obtendrá una mejor precisión de las evaluaciones.



CONACYT    CCADET    CIO    PUEBLA    INNS

# VII

CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD  
"GENERACION DE NUEVAS TECNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"

16-18 junio 2016  
Unidad de Seminarios, BUAP

UASLP    UANL    CENIT    JOSLYN    Surge Suppression

Cada concepto posee sus propias variables, mismas que cambian constantemente el valor de los rangos dependiendo de la articulación y movimiento que se esté llevando a cabo en los tiempos establecidos para cada uno, al finalizar la evaluación se obtendrá un promedio de todos los valores obtenidos de cada movimiento para obtener el resultado final de cada uno de los conceptos, el resultado obtenido será introducido al control difuso tipo mamdani para obtener el valor causal del arco por medio de la fórmula para obtener el centro de gravedad. Con la obtención del valor de cada concepto del mapa cognitivo se podrá evaluar la capacidad motora gruesa para realizar la recomendación de los ejercicios logopédicos adecuados a las necesidades particulares del niño.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Loconsole, C., Banno, F., Frisoli, A., & Bergamasco, M. (2012, October). A new Kinect-based guidance mode for upper limb robot-aided neurorehabilitation. In *Intelligent Robots and Systems (IROS), 2012 IEEE/RSJ International Conference on* (pp. 1037-1042). IEEE.
2. Rafiuzzaman, M., & Öz, C. (2015). Distance Physical Rehabilitation System Framework with Multi-Kinect Motion Captured Data.
3. Obdrzalek, S., Kurillo, G., Ofli, F., Bajcsy, R., Seto, E., Jimison, H., & Pavel, M. (2012, August). Accuracy and robustness of Kinect pose estimation in the context of coaching of elderly population. In *Engineering in medicine and biology society (EMBC), 2012 annual international conference of the IEEE* (pp. 1188-1193). IEEE.
4. J. S. Albus, A New Approach to Manipulator Control: The Cerebellar Model Articulation Controller (CMAC), *J. Dyn. Syst. Meas. Control, Trans. ASME* 97, 220-227 (1975).