

Desarrollo de un programa para el Robot NAO basado en una rutina terapéutica para la atención de la parálisis cerebral infantil (DIF municipal de la ciudad de Ajalpan, Puebla)



Colaboración

Víctor César Olguín Zárate; Lorena Santos Espinosa; Miguel Flores Zárate, Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan

RESUMEN: La Parálisis cerebral infantil (PCI) es un término usado para describir un grupo de incapacidades motoras producidas por un daño en el cerebro del niño que pueden ocurrir en el período prenatal, perinatal o postnatal. El tratamiento debe ser individualizado, en función de la situación en que se encuentra el niño (edad, afectación motriz, capacidades cognitivas, patología asociada), teniendo en cuenta el entorno familiar, social, escolar. En este artículo se describe el desarrollo de una terapia programada en el robot NAO la cual tiene como objetivo evaluar el uso del Robot NAO como una herramienta que pueda llegar a ser significativa en el proceso de mejoras motrices en niños con PCI, este proyecto se desarrolla en vinculación con el DIF municipal de la Ciudad de Ajalpan, Puebla donde personal especializado define las rutinas que el robot NAO efectuará y estas tendrán que ser replicadas por el paciente.

PALABRAS CLAVE: Robot NAO, Programación de terapia con robot, Tratamientos Terapéuticos, Parálisis Cerebral Infantil, Rehabilitación de Pacientes.

ABSTRACT: Children Cerebral Palsy (CCP) is a term used to describe a group of motor disabilities caused by damage to the child's brain that may occur in the prenatal, perinatal or postnatal period. The treatment must be individualized, depending on the situation in which the child, taking into account the family, social, school environment. This article describes the development of a programmed therapy in the NAO robot, which aims to evaluate the use of the NAO Robot as a tool that can become significant in the motor improvement process in children with PCI, this project is developed in Linking with the DIF municipality of the City of Ajalpan, Puebla where specialized personnel define the routines that the robot NAO performed and these will have to be replicated by the patient.

KEYWORDS: NAO Robot, Robot therapy programming, Therapeutic Treatments, Child Cerebral Palsy, Patient Rehabilitation.

INTRODUCCIÓN

La tecnología mejora día a día y aparecen nuevas aplicaciones en diferentes campos del saber humano. Una de tantas áreas que está revolucionando las nuevas tecnologías es el área de la salud humana. Los avances en la recopilación de información, la investigación, los tratamientos y las comunicaciones han dado a los responsables de la salud nuevas herramientas para trabajar y lograr la pronta recuperación de pacientes ayudando a mejorar su calidad de vida. Para el proyecto que se describe a continuación se atiende la patología de la Parálisis Cerebral Infantil, la cual es un grupo de trastornos que pueden comprometer las funciones del cerebro y del sistema nervioso como el movimiento, el aprendizaje, la audición, la visión y el pensamiento [1]. Hay algunos tipos diferentes de parálisis cerebral, entre ellas: espástica, discinética, atáxica, hipotónica y mixta. La parálisis cerebral es causada por lesiones o anomalías

del cerebro. La mayoría de estos problemas ocurre a medida que el bebé crece en el útero. Sin embargo, se pueden presentar en cualquier momento durante los primeros 2 años de vida, mientras el cerebro del bebé aún se está desarrollando [2]. Este proyecto está focalizado en el DIF municipal de la ciudad de Ajalpan, Puebla, lugar donde se colabora con los especialistas en la atención de niños con PCI para definir las rutinas de atención que serán programadas en el Robot NAO. Este proyecto tiene como objetivo evaluar el impacto de utilizar un Robot NAO como una herramienta de ayuda en las terapias de movilidad en pacientes con PCI. La factibilidad de utilizar al Robot NAO como una herramienta está apoyada en el hecho de que no existe un tratamiento específico para la PCI, el objetivo de cualquier tratamiento es ayudar a la persona a ser lo más independiente posible [3]. Cada actividad desarrollada en este proyecto deberá ser evaluada para definir indicadores que permitan determinar si el uso de esta tecnología contribuye a la mejora en el desarrollo de las pacientes con PCI, además de poder evaluar el nivel de aceptación entre la población atendida con el Robot NAO.

MATERIAL Y MÉTODOS

Recolección de Datos

La obtención de datos de atención de pacientes para este estudio se llevó a cabo dentro de la Unidad Básica de Rehabilitación (UBR) del DIF municipal de la ciudad de Ajalpan, Puebla, para este proceso se contó con el apoyo del encargado de esta unidad (L.T.F. José Sánchez Solís). El proceso de recolección de datos fue a través de un censo donde se identificaron las edades y patologías que presentaban los pacientes al ingresar o al acudir regularmente a Terapias en la UBR.

Para este estudio no fue necesaria la toma de una muestra, debido a que fue posible identificar a toda la población atendida a través de un censo, esto generó una mayor representatividad. Es importante mencionar que solamente se tomaron en cuenta para este análisis a pacientes recurrentes a las terapias, ya que se observó que existían casos de pacientes que no le daban seguimiento a la atención y rehabilitación de la PCI [4].

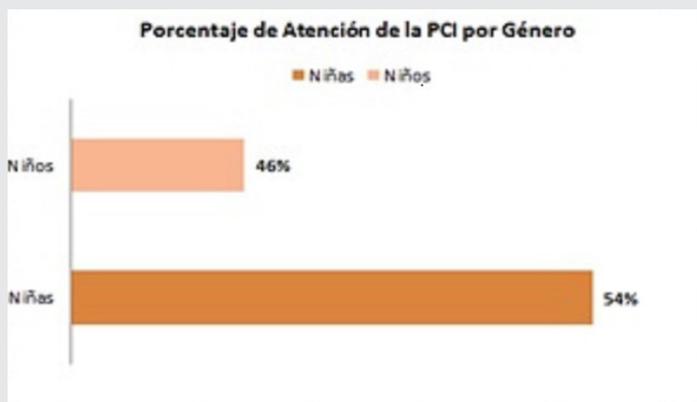


Figura 1. Porcentaje de Atención de la PCI por género en el DIF Municipal de la Ciudad de Ajalpan.

Parálisis Cerebral Infantil

Para tener un marco conceptual sobre la patología sobre la cual se desarrollaron las rutinas en el Robot NAO, fue necesaria todas las referencias posibles acerca de la PCI. La parálisis cerebral infantil (PCI) es la causa más común de discapacidad física grave en la infancia. Una de las definiciones más aceptadas la describe como “un grupo de alteraciones no progresivas del movimiento y la postura que limitan la actividad, debido a una lesión del cerebro no progresiva ocurrida durante el desarrollo cerebral del feto o el niño pequeño”.

Los trastornos motores se acompañan frecuentemente de alteraciones sensoriales, perceptivas, cognitivas, de la comunicación, epilepsia y/o problemas musculoesqueléticos secundarios [5].

La causa más frecuente de PCI es el déficit de suministro sanguíneo a un encéfalo en desarrollo, debido a hemorragias, inflamación o ictus. Las causas son diversas y, a veces no se conocen con certeza.

Por definición la lesión es estable (no progresiva) y los trastornos son persistentes, pero cambian con la edad. Las manifestaciones de la PCI dependen de la extensión y la localización de la lesión cerebral, así como de la capacidad del cerebro a adaptarse a ella. En los últimos años el pronóstico ha mejorado gracias a nuevas herramientas y enfoques terapéuticos.

El tratamiento se basa en los síntomas de la persona y en la necesidad de prevenir complicaciones[6].

Por último, en función de la severidad con la que se manifiesta la parálisis cerebral, podemos dividirla en:

Parálisis Cerebral Leve

Se produce cuando la persona no está limitada en las actividades de la vida diaria, aunque presenta alguna alteración física.

Parálisis Cerebral Moderada

En este caso el individuo tiene dificultades para realizar las actividades diarias y necesita medios de asistencia o apoyos.

Parálisis Cerebral Severa

La persona requiere de apoyos para prácticamente todas las actividades de la vida diaria.

En esta investigación de acuerdo a los datos analizados se identificó que la mayoría de pacientes atendidos en la Unidad Básica de Rehabilitación presentan Parálisis Cerebral Severa, es con este tipo de pacientes (previa autorización) con los cuales se realizarán en una siguiente etapa las pruebas de rehabilitación con el Robot NAO.

Robot NAO (NAO – H25)

El robot Nao es del tipo Humanoide y mide 58 cm de al-

tura, pesa 4.3 kg y tiene una carcasa fabricada en plástico (véase Figura 2). Usa una batería de litio de 21.6V, con una autonomía aproximada de 45 minutos con el robot en actividad. El consumo en uso normal es de 30W, y en actividad 70W. Permite conexión con cargador de 24V [7].

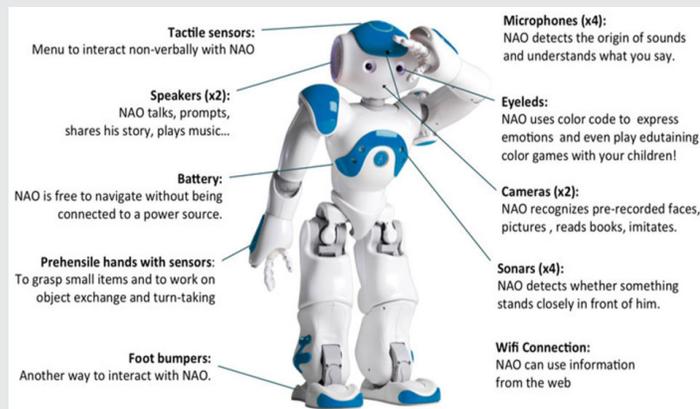


Figura 2. Robot NAO

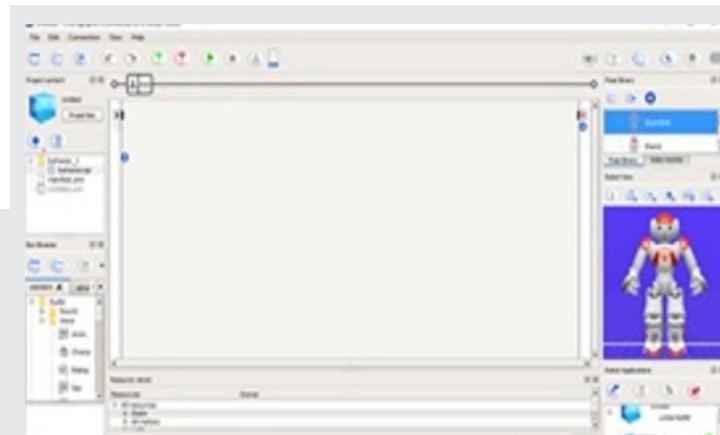


Figura 3.-Interfaz de programación de CHOREGRAPHE

Características Técnicas

- 25 Grados de Libertad
- Caminado omnidireccional
- Dos manos prensiles
- CPU ATOM Z530 1.6 GHz
- Memoria Flash de 256 MB SDRAM / 2 GB
- Sensor de Inercia con Giroscopio de dos ejes y Acelerómetro de 3 ejes.
- 1x Puerto Ethernet RJ45 - 10/100/1000 base T y Wi-Fi IEEE 802.11b/g
- 2x Cámaras de video (960p@30fps), mejor sensibilidad en VGA. Visión -horizontal de 239°, visión vertical de 68°. Resolución de alta definición.
- Capacidad de procesamiento de visión
- Reconocimiento de objetos
- Dos altavoces y síntesis vocal multi-idioma (Español e Inglés precargados)
- Cuenta con software especial de programación y simulación [8].

Choregraphe

Diseñado por Aldebaran Robotics, es el software de programación que permite crear y editar fácilmente movimientos y comportamientos para NAO.

La interfaz gráfica, librería estándar de comportamientos y las avanzadas funciones de programación permiten tanto iniciarse como profundizar en la relación con el Robot NAO.

La forma de programación en CHOREGRAPHE se pueden iniciar comportamientos ya existentes arrastrándolos o copiándolos desde la librería o crearlos personalizando cajas y guardándolas en librerías propias [9].

Las cajas de comportamientos ya programadas son fácilmente configurables, y además se pueden crear cajas nuevas editando movimientos propios o escribiéndolos en un script de Python. Además, es multiplataforma, compatible con Windows, Mac OS y Linux.

Una vez que se finaliza la programación de los comportamientos del Robot NAO podemos decir que tenemos un BEHAVIOR finalizado, así se le conoce al conjunto de Instrucciones que pueden ser enviadas o instaladas en el Robot NAO.

PROGRAMACIÓN DE TERAPIA

Actualmente existen diversos tratamientos y terapias, las cuales tienen como objetivo ayudar a los pequeños con PCI a tener una mejor calidad de vida, mejorar su condición postural y sobre todo poder realizar actividades básicas en forma independiente.

Los niños con parálisis cerebral se retrasan en la adquisición de habilidades motoras en diversos grados, pero por lo general alcanzan su máximo potencial para la movilidad independiente a la edad de 6 años.

En esta investigación a través del encargado de la Unidad Básica de Rehabilitación del DIF Municipal de la ciudad de Ajalpan, Puebla se definieron las rutinas que el Robot desarrollará y el paciente reproducirá a través de instrucciones por voz. Estas rutinas están enfocadas a mejorar la condición postural de los pacientes, ya que les permitirán una independencia en actividades básicas [10].

Las actividades que definieron los especialistas para poder desarrollar una etapa de pruebas fueron las siguientes:

- Sentadillas
- Marcha
- Abdominales



Figura 4.-Forma de Ejecución de una sentadilla

La interfaz de programación (Choregraphe) del robot NAO ofrece a través de su librería de Cajas diversos comportamientos organizados por categorías (Sonidos, Voz, Sensores, Comunicación, etc.).



Figura 6.-Panel de la Librería de Cajas en Choregraphe

Modelado

La fase inicial para la programación de la terapia en el Robot NAO consistió en desarrollar el esquema general de la terapia postural. Se eligió un Diagrama de Flujo debido a su fácil interpretación y comprensión, sobre este se plasmaron los procesos que se llevarían a cabo en el Behavior del Robot NAO.

La ventaja de modelar este proceso, con ayuda de una representación gráfica (diagrama de flujo de proceso), permitió apreciar con facilidad las interrelaciones existentes entre las distintas actividades. Así, es posible analizar cada actividad, definir los puntos de contacto con otros procesos e identificar los subprocesos comprendidos. Al mismo tiempo, los problemas pueden ponerse de manifiesto claramente dando la oportunidad al inicio de acciones de mejora. Un ejemplo de esto es que las etapas más generales como los tipos de postura que tenía que ejecutar el Robot fueron atendidas de manera específica y más detallada [11].

Para utilizar las cajas del panel solo hay que arrastrar y soltar cualquiera de los cuadros contenidos en una biblioteca del panel en el diagrama de flujo, esto permitirá enriquecer un comportamiento o una caja [12].

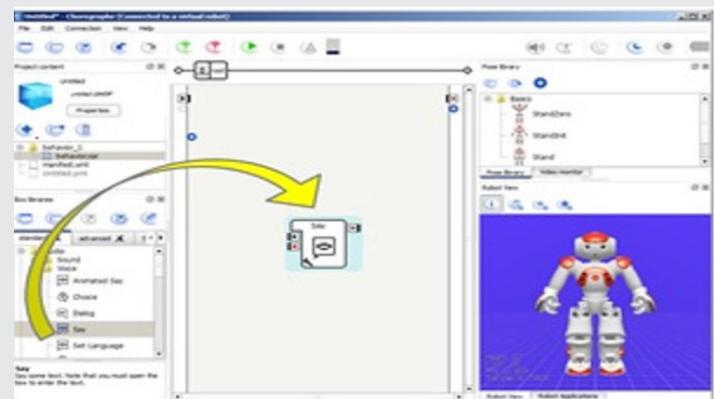


Figura 7.-Uso de Cajas de comportamientos en Choregraphe.

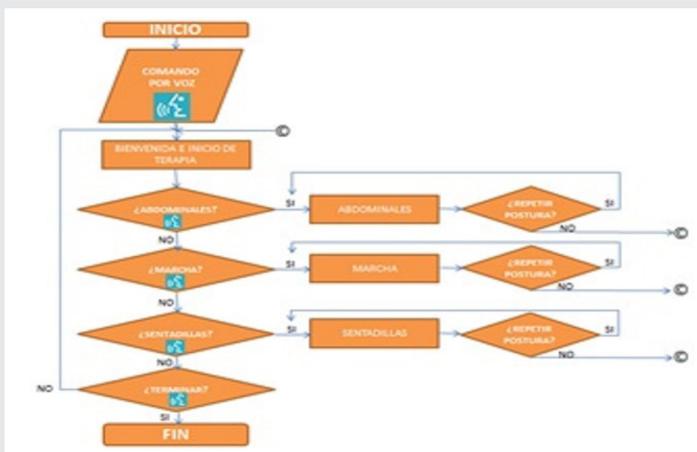


Figura 5.-Diagrama de Flujo General de la Rutina Terapéutica

Codificación.

El proceso de programación del Robot NAO fue a través del entorno de Desarrollo Integrado denominado Choregraphe.

Cada caja en Choregraphe ofrece la posibilidad de editar el comportamiento a través de la modificación del código contenido en la caja utilizando el lenguaje de programación Python, al igual es posible personalizar y crear cajas utilizando la codificación, para realizar las posturas en el Robot NAO se crearon cajas utilizando Python.

NAOqi API

Para llevar a cabo la programación de clases en una caja utilizando Python es necesario conocer los módulos de la Interfaz de Programación de NAOqi. NAOqi es el nombre del software principal que se ejecuta en el Robot NAO y permite controlarlo. Para el acceso a los métodos que permiten la utilización de sensores o definición de comportamientos es necesario conocer

el esquema de Módulos, cada módulo esta nombrado y categorizado de acuerdo al comportamiento o uso de sensores [13].

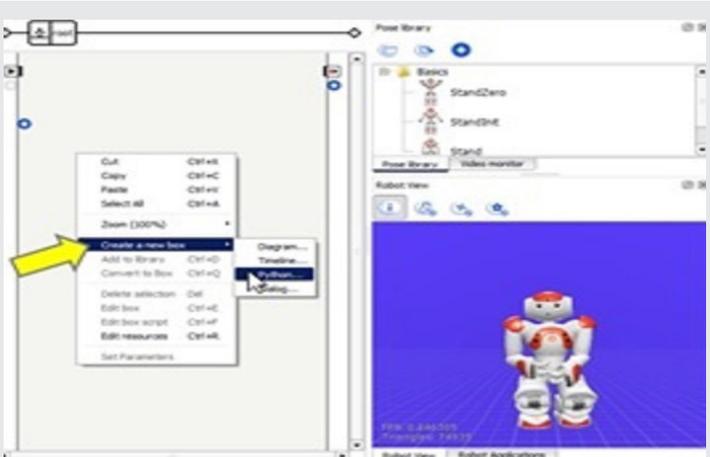


Figura 8.-Creación de Cajas personalizadas utilizando Python.

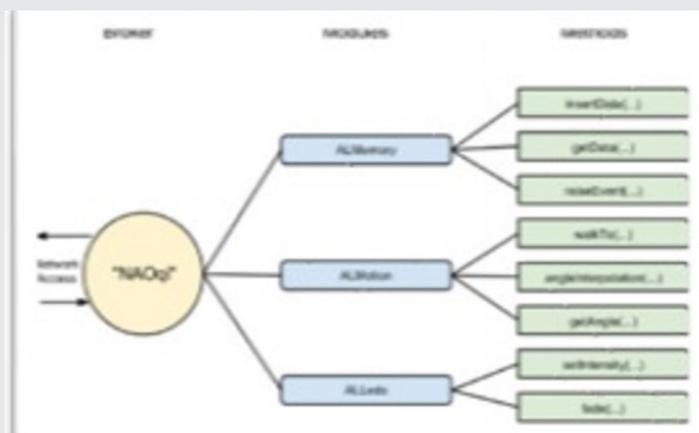


Figura 9.-Esquema de Módulos de NAOqi API

A continuación, se enlistan los módulos más utilizados en la fase de codificación de las cajas para poder desarrollar las posturas y movimientos en el Robot NAO, estos fueron definidos por los especialistas.

Audio

- 1.-ALAnimatedSpeech
- 2.-ALSoundLocalization
- 3.-ALSpeechRecognition
- 4.-ALTextToSpeech

Movimiento

- 1.-ALMotion
- 2.-ALRobotPosture

Sensores

- 1.-ALSonar

Pruebas

La ejecución de cada parte de código desarrollado se llevó a cabo en el Robot Virtual incluido dentro de Choregraphe, esto con la finalidad de resguardar la integridad del Robot Real, debido a un mal ajuste en sus puntos de equilibrio [14].

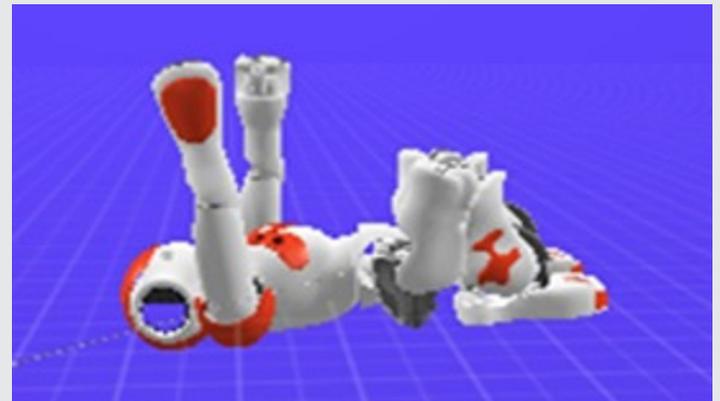


Figura 10.-Ejecución de una Rutina de Abdominales en el Robot NAO Virtual.

Ejemplo de Codificación utilizando los módulos de NAOqi.

```
from naoqi import ALProxy
tts = ALProxy("ALTextToSpeech", "<IP of your robot>", 9559)
tts.say("Hello, world!")
```

Tabla 1. Parámetros para los módulos de programación.

tts	Es el nombre que le otorgamos a la instancia creada.
ALProxy()	Es una clase que permiten el acceso a todos los métodos de un módulo a través de un proxy.
ALTextToSpeech	Es el nombre del módulo de NAOqi que utilizaremos.
IP	Dirección IP del Robot conectado vía WiFi o LAN. Si esta se desconoce basta con oprimir una vez el botón del pecho con el robot encendido y el Robot la dirá.
PUERTO	Usualmente es el 9559.

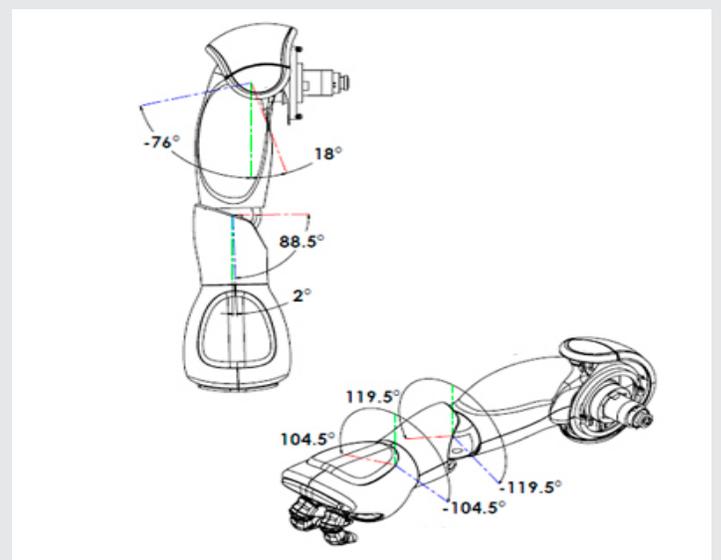


Figura 11.-Rango de Movimientos en las Articulaciones del Brazo Izquierdo del Robot NAO (<http://doc.aldebaran.com>)

Una vez que se terminaba la codificación total de alguna postura, esta se ejecutaba en el Robot Real para observar el comportamiento de una manera más certera, se encontró que había que ajustar ángulos, velocidades y movimientos para mantener el punto de equilibrio en cada una de las diferentes posturas ejecutadas por el Robot NAO, por lo cual fue necesario conocer el total de Articulaciones del Robot y los rangos de movimientos, la información sobre las articulaciones y rango de movimientos del Robot NAO se encuentran disponibles en la página web de Aldebaran Robotics (<http://doc.aldebaran.com>).

RESULTADOS

Concluida la fase de codificación y pruebas, la terapia programada para el Robot fue cargada en la memoria de este, la cual se ejecuta por medio de un comando por voz, una vez que es detectada la instrucción se debe seleccionar el tipo de postura que el Robot ejecutará. Es necesario tener las condiciones adecuadas para que el Robot NAO pueda funcionar correctamente como lo son:

- Un espacio adecuado con una temperatura máxima de 25° C, esto evitará que los motores internos se sobrecalienten de una manera muy rápida.

- La duración de la Terapia utilizando al Robot como herramienta no deberá ser mayor a 60 minutos, debido a la duración de su batería.

- El Robot debe estar en una superficie con una textura adecuada (lisa preferentemente) evitando aquellas que tengan imperfecciones o rugosidades.



Figura 12. Robot NAO ejecutando abdominales.

La rutina fue desarrollada conforme a los requerimientos solicitados por los especialistas, en una siguiente etapa, se realizarán las pruebas con pacientes, las cuales tendrán que ser evaluadas.

CONCLUSIONES

Debido a los 25 grados de libertad con los que cuenta el Robot NAO fue posible desarrollar los comportamientos solicitados por los especialistas.

Es necesaria la prueba de esta rutina con pacientes con PCI, esto permitirá tener indicadores que midan el impacto del Robot NAO y ayuden a contestar las preguntas planteadas en esta investigación.

La utilización del Robot NAO puede enfocarse a diversas áreas y se ha demostrado en otras investigaciones como, por ejemplo: la atención de personas con Autismo (uno de sus principales usos en el mundo), personas con problemas de aprendizaje, interacción y conversación con personas de la tercera edad. El alcance del Robot NAO en una terapia para niños con PCI es funcionar como una herramienta para el terapeuta, en la siguiente fase de pruebas se podrán comparar las ventajas y desventajas de una terapia tradicional con respecto a la terapia con el Robot NAO [15].

BIBLIOGRAFÍA

[1] Panizo, A. (2018, Enero 10). *¿Qué puede hacer la osteopatía por tu bebé?* CUERPOMENTE. Retrieved Octubre 27, 2019, from https://www.cuerpomente.com/salud-natural/terapias-naturales/osteopatia-bebes_1747

[2] Francois Ricard, Elena Martínez (2005). *Osteopatía y Pediatría* (pp. 167-180). Buenos Aires, Argentina: Editorial Médica Panamericana.

[3] Huijnen, C. L. (2019). *Roles, strengths and challenges of using robots in interventions for children with autism Spectrum disorder (ASD)*. *J. Autism Dev. Disord.* 49, 11-21. Retrieved from Google Scholar

[4] Gozávez Pérez, V., González Fernández, N., & Caldeiro Pedreira, M. C. (2014). *La competencia mediática del profesorado: un instrumento para su evaluación*. *Revista electrónica de investigación educativa*, 16(3), 129-146.

[5] Kleinsteuber Saa, K., Avaria Benaprés, M., & Varela Estrada, X. (2014). *Parálisis Cerebral*. *Revista Pediatría Electrónica*, 11(2), 54-70. Retrieved from https://www.revistapediatria.cl/volumenes/2014/vol11num2/pdf/PARALISIS_CEREBRAL.pdf

[6] Olea R. (1990). *Tratamiento de la parálisis cerebral infantil*. *Revista chilena de pediatría*, 31(9), 447-449.

[7] Hoyos-Gutiérrez, J. G., Peña-Solórzano, C. A., Garzón-Castro, C. L., Prieto-Ortiz, F. A., & Ayala-Garzón, J. G. (2017). *Hacia el manejo de una herramienta por un robot NAO usando programación por demostración*. *TecnoLógicas*, 17(33), 65-76.

[8] A. Billard, S. Calinon, R. Dillmann, and S. Schaal, "Robot Programming by Demonstration," in *Springer Handbook of Robotics*, B. Siciliano and O. Khatib, Eds. Springer, 2008, pp. 1371-1394.

[9] Qidwai, U., Abul Kashem, S., & Cono, O. (2019). *Humanoid Robot as a Teacher's Assistant: Helping Children with Autism to Learn Social and Academic Skills*. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*. Retrieved from file:///C:/Users/HP/Documents/Mega/investigaci%C3%B3n/art%C3%ADculos%202019/Ingeniantes/s10846-019-01075-1.pdf

[10] So, W., Wong, M., Lam, W., Cheng, C., Ku, S., Lam, K., Huang, W., Wong, W.: *Who is a better teacher for children with autism? Comparison of learning outcomes between robot-based and human-based interventions in gestural production and recognition*. *Res. Dev. Disabil.* 86, 62-75 (March 2019). <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2019.01.002>
CrossRefGoogle Scholar

[11] Khosla, R., Nguyen, K., & Chu, M.-T. (2018). *Socially Assistive Robot Enabled Home-Based*. *PACIS 2015 Proceedings*. 12. Obtenido de <https://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1246&context=pacis2015>

[12] S. Shamsuddin et al., "Initial response of autistic children in human-robot interaction therapy with humanoid robot NAO," *2012 IEEE 8th International Colloquium on Signal Processing and its Applications, Melaka, 2012*, pp. 188-193.

[13] SoftBank Robotics. (2014). *NAOqi Documentation Center*. 22/04/2017, de SoftBank Robotics Sitio web: <http://doc.aldebaran.com/>

[14] B. D. Argall, S. Chernova, M. Veloso, and B. Browning, "A survey of robot learning from demonstration," *Rob. Auton. Syst.*, vol. 57, no. 5, pp. 469-483, May 2009.

[15] Bugle, C., & Lorente, I. (1988). *Tratamiento de la parálisis cerebral infantil*. *Neurología Pediátrica*. Buenos Aires: El Ateneo, 4, 14.