

# Diseño mecánico de una silla de ruedas con superación de obstáculos

■■■■  
Noelia Olmedo-Torre, Jordi Ivern-Cacho, Antoni Perez-Poch  
de Universitat Politècnica de Catalunya -  
BarcelonaTech (España)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/7669>

El inicio de la legislación sobre accesibilidad lo marca el Programa de Acción Mundial para las Personas con Discapacidad, aprobado por la Resolución 37/52, de 3 de diciembre de 1982, por el que se establecen medidas sobre prevención, rehabilitación e igualdad de oportunidades, y las Normas Uniformes sobre la igualdad de oportunidades para las personas con discapacidad, aprobadas por la Asamblea General de las Naciones Unidas mediante la Resolución 48/96, de 20 de diciembre de 1993 por la cual se adoptaron las normas estándar en materia de igualdad de oportunidades de las personas con minusvalía y que garantiza a todas las personas el ejercicio pleno de todos los derechos que les asisten como ciudadanos. En el año 2006 la Convención Internacional sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad de las Naciones Unidas dicta un Protocolo Facultativo de 13 de diciembre en el que se busca proteger tales derechos en relación con determinados colectivos. Tal y como reconoce este protocolo, unos 650 millones de personas con discapacidad, un 10 % de la población mundial, carecen de las mismas oportunidades que tiene la población en general.

Las barreras arquitectónicas, urbanísticas y de infraestructuras no solo limitan y discriminan sino que deterioran la calidad de vida de la población que presenta discapacidad motriz. El desarrollo de políticas de diseño y planificación de espacios urbanos debe contemplar la accesibilidad y la facilidad de acceso a recintos y edificaciones para todas las personas en general. Estos grupos sociales no disfrutan de los mismos niveles de participación que el resto y encuentran grandes dificultades para promover cambios de esta realidad, donde la "invisibilidad social" representa una barrera para que los sistemas democráticos representen en la práctica a todos

los ciudadanos [1]. Un entorno accesible para ser utilizado en igualdad de condiciones implica por igual a los gobiernos, instituciones, empresarios y a la sociedad en general, y aunque la legislación defiende los derechos de las personas con discapacidad, los entornos, productos o servicios inaccesibles vulneran estos derechos impidiendo su pleno ejercicio. En este sentido están directamente involucrados aquellos profesionales encargados del diseño, el desarrollo y la implantación de las infraestructuras que serán utilizados por los ciudadanos [2-3].

Los problemas de movilidad disminuyen la igualdad de oportunidades para socializar lo que conduce al aislamiento social, la ansiedad y la depresión. Por ejemplo, el 31 % de las personas con dificultades de movilidad dijeron haberse deprimido con frecuencia o tuvieron ansiedad, en comparación con sólo el 4 % de las personas sin dificultades de movilidad [4-5]. Para mejorar la calidad de vida de este colectivo se establecen políticas, no solamente adaptando el entorno sino también aplicando el diseño y la ingeniería, para crear vehículos que nos permitan superar estos obstáculos y capaces de compensar la carencia de adaptación de las ciudades, cuyo acceso queda limitado a personas de movilidad reducida que circulan y se mueven a diario con la ayuda de una silla de ruedas.

Superar un bordillo, escalones o rampas se convierte en un obstáculo para personas discapacitadas en silla de ruedas por lo que en los últimos años ha aumentado el uso de sillas de ruedas motorizadas debido a la aparición de nuevos diseños y desarrollos y el abaratamiento de los costes de fabricación permitiendo su acceso y mejorando la calidad de vida de las personas con discapacidad motriz. Las sillas comerciales cubren la gran mayoría de las necesidades de sus usuarios y a pesar de las nuevas normativas de edificación promovidas a favor de la movilidad de las personas con movilidad reducida, estas aún no son aplicadas en todos los entornos o terrenos por donde se pueden mover habitualmente las personas en su vida cotidiana; por tanto, aún se encuentran con escalones, escaleras y otros obstáculos

que no pueden ser superados por una silla estándar. Estas limitaciones son las que promueven la investigación y desarrollo de dispositivos con capacidades motoras mejoradas para superar obstáculos.

De la literatura significativa de los sistemas mecánicos de escalada y de las cuestiones relacionados con el desarrollo y la aplicación práctica para superar obstáculos en sillas de ruedas mencionamos la silla de ruedas *Zenith* desarrollada por Adam Wood y otros, la destinada a elevarse una altura considerable según el diseño de Jake Eadie, la silla de ruedas *Independence iBOT Mobility System* diseñada por Dean Kamen basada en un sistema computarizado de sensores, giroscopios y motores eléctricos para el uso en escaleras y superficies irregulares como arena, grava y agua o el *Scalamobil* de Alber GmbH que permite de forma segura y en su propia silla de ruedas subir y bajar escaleras.

La norma ISO 7176-5/2008, desarrollada por el Comité Técnico ISO/TC 173, Productos de asistencia para personas con discapacidad, Subcomité SC1, Sillas de ruedas; proporciona un marco recomendado para los procedimientos de medición de masas y dimensiones en sillas de ruedas manuales y propulsadas eléctricamente [6-7].

Las restricciones de diseño según los obstáculos a superar se contemplan según el Real Decreto 173/2010 que modifica el Código Técnico de la Edificación [8] aprobado mediante el Real Decreto 314/2006 que define los parámetros y procedimientos de accesibilidad que deben cumplir las edificaciones tanto privadas como públicas y de la Orden VIV/561/2010, de 1 de febrero, por el que se desarrolla el documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados. Según estos dos reglamentos, entre los obstáculos que deberá superar la silla de ruedas se encuentran el poder subir o bajar rampas de una pendiente máxima del 10 % por un tramo de hasta 3 m. (Artículo 14, Orden VIV/561/2010) y superar escalones con una altura máxima de 160 mm (Artículo 15, Orden VIV/561/2010) [9].

Las condiciones de nuestro diseño serán más restrictivas que la normativa mencionada donde se podrá subir o bajar una rampa con una pendiente de 20

% como máximo por un tramo de hasta 3 m, superar escalones con una altura máxima de 225 mm y conseguir una velocidad de desplazamiento mínima de 6,5 km/h y máxima de 8,1 km/h. Las restricciones de diseño contempladas según la ergonomía exigen que el conductor de la silla de ruedas deba poder sentarse cómodamente y acceder al asiento fácilmente. La distancia entre el suelo y el asiento de la silla debe estar entre 500 mm y 600 mm como máximo. Los reposapiés deberán estar diseñados para personas de entre 150 cm y 200 cm de altura para poder abarcar el máximo de usuarios y el ancho mínimo del asiento debe ser de 450 mm.

El diseño se realizó con el programa 3D *SolidWorks® Education Edition*. El complemento *Solidworks Simulation®* se utilizó para el cálculo de las resistencias, deformaciones y simulación de los esfuerzos y comportamientos estáticos de las piezas, así como el cálculo del factor de seguridad resultante de cada pieza. Con el complemento *Solidworks Motion®* se realizó el estudio de movimientos, la altura máxima que puede superar un escalón, la pendiente máxima en que puede circular o la velocidad de desplazamiento máxima permitiendo simular un movimiento real, considerando motores, gravedad, contactos, etc.[10]. Con el análisis de tensiones de *Von Mises* se calcularon los esfuerzos estáticos de la estructura del asiento y del brazo de dirección, así como la resistencia mecánica de dichos elementos.

## 2. METODOLOGÍA

La silla de ruedas está compuesta por dos ensamblajes: la dirección posterior y anterior y la estructura del asiento de la silla. Estos dos ensamblajes quedarán unidos a través del cuerpo de la silla y por tanto la dotarán de una gran movilidad como se puede apreciar en la Figura 1 que muestra la vista frontal y lateral.

La estructura del asiento de la silla está compuesta por 3 movimientos:

- Inclinación hacia adelante y atrás de la estructura del asiento: El servomotor lineal que está unido tanto al cuerpo como a la estructura de la silla realiza un movimiento lineal que empuja la silla adelante. Este movimiento lineal se transforma en rotativo gracias al eje que une el brazo de la estructura de la silla con el cuerpo.
- Desplazamiento a derecha e izquierda del asiento: El asiento de

la silla se puede desplazar de derecha a izquierda dentro del espacio que le permiten los dos brazos de la estructura de la silla gracias a un servomotor lineal atornillado en la barra horizontal de la estructura de la silla.

- Desplazamiento del brazo estabilizador hacia abajo: Los brazos de la estructura del asiento llevan incorporado un servomotor lineal donde en el extremo del cilindro hay una bola para apoyar en ella parte del peso de la silla cuando su estabilidad esté comprometida.

La dirección de la silla de ruedas está compuesta por 3 movimientos sobre los ejes x, y, z:

- Movimiento rotativo de la rueda: La silla está compuesta de cuatro ruedas que giran en sentido horario y antihorario sobre el eje "z" gracias a un servomotor rotativo.
- Movimiento rotativo de la dirección: La silla puede girar a derecha a izquierda sobre el eje en dirección "y" por el impulso de un servomotor rotativo.
- Movimiento rotativo de elevación de las ruedas: Gracias a un servomotor rotativo colocándose en dirección al eje "x" el brazo de la dirección se puede elevar dejando sólo una rueda apoyada en el suelo.

Con la combinación de estos tres movimientos conseguiremos que la silla supere obstáculos ya que el movimiento

rotativo de la rueda permitirá que la silla avance hacia adelante, y los otros dos movimientos combinados de manera adecuada permitirán que una rueda se eleve hacia arriba y hacia adelante, colocándose encima del obstáculo.

La Figura 2 muestra la descripción de los movimientos de la dirección.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. DISEÑO DE LOS MECANISMOS Y COMPONENTES

El diseño de los mecanismos y los componentes de la silla de ruedas comprenden el cuerpo, el brazo estabilizador de la estructura del asiento, el asiento, la dirección que incluye los mecanismos de elevación de las ruedas, el mecanismo de giro y el mecanismo de transmisión de movimiento de las ruedas.

El cuerpo es la estructura base de la silla y consiste en el punto de unión de todos los mecanismos que dan movilidad a la silla. En sus laterales se sueldan unos soportes que se unen mediante un eje a la estructura del asiento. La dirección se unirá con la polea motora para formar una transmisión por correa y permitir el giro a derecha e izquierda de la silla.

El brazo estabilizador de la estructura del asiento está compuesto por dos barras tubulares rectangulares y una barra en forma de U colocada horizontalmente y unida a las dos anteriores. Para calcular la fuerza de empuje requerida por el servomotor para mover la estructura del asiento se realizó una simulación del movimiento de balanceo de la estructura hacia adelante utilizando los 150 mm de carrera del servomotor. Se cargó sobre el asiento un bloque de 120 kg para simular el

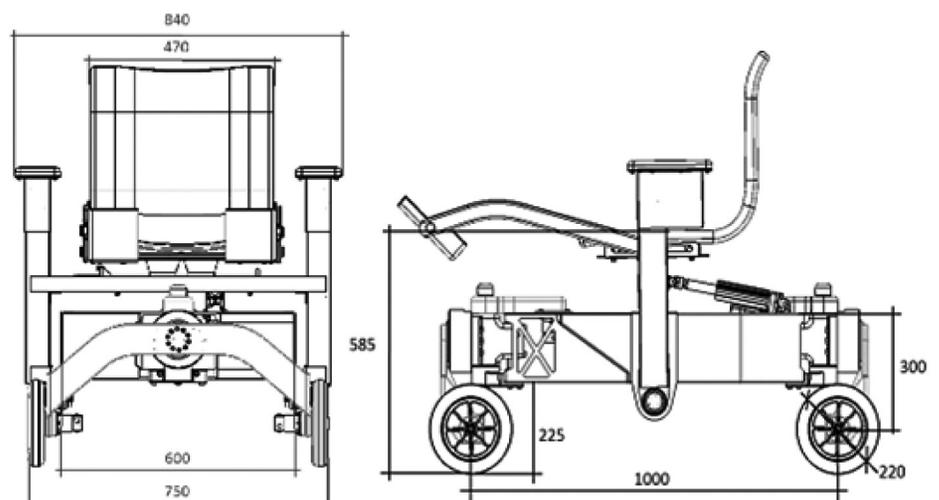


Fig. 1: Vista frontal y lateral de la silla de ruedas

peso de una persona sentada sobre la silla y la misma simulación pero a la inversa con el servomotor totalmente desplegado y totalmente plegado. La velocidad máxima de desplazamiento del servomotor es de 21 mm/s y la aceleración máxima de desplazamiento es de 18 mm/s<sup>2</sup>.

El mecanismo de desplazamiento del asiento a derecha e izquierda está compuesto por el servomotor lineal con guías atornillado sobre la barra horizontal de la estructura de la silla. En la placa se colocan las guías para montar los reposapiés que se pueden mover dentro la guía del soporte para adaptarse a la altura del ocupante de la silla.

Para poder seleccionar el servomotor adecuado para desplazar el asiento a derecha e izquierda debemos determinar la fuerza horizontal que debe aplicar el servomotor para poder mover el asiento con una aceleración determinada.

El peso máximo que debe soportar el servomotor es el de una persona de 120 kg más el peso de las piezas que tiene acopladas (15 kg). En total el servomotor soporta un peso en sentido vertical de 1350 N. El coeficiente de rozamiento estático entre las guías del servomotor y el apoyo es de  $\mu_e = 0,05$ , teniendo en cuenta que las dos piezas son de acero y están engrasadas. Suponemos que la aceleración máxima del servomotor será de 0,15 m/s<sup>2</sup>.

El mecanismo de elevación de las ruedas consiste en montar un servomotor rotativo en el interior del eje direccional que irá atornillado al palier para transmitirle el movimiento rotativo y en consecuencia poder elevar una rueda del suelo. El en-

granaje planetario se utilizará para aumentar el par motor del servomotor.

El mecanismo de giro de la silla funciona mediante un sistema de correa. El servomotor que le da movimiento está atornillado al cuerpo de la silla. En el eje de salida se acopla la polea motora que a través de la correa se une a la polea conductora que está unida al eje de dirección mediante una chaveta. Este movimiento rotativo tanto en sentido horario como antihorario en el eje de dirección permite a la silla poder girar de derecha a izquierda. El eje de dirección queda unido al cuerpo de la silla por la parte superior mediante la tapa de la transmisión por correa. Está fijado gracias a una pieza roscada que en su interior se acopla un rodamiento de bolas axial para evitar el rozamiento entre las dos piezas.

La parte inferior del eje de dirección está apoyado por el soporte inferior de dirección, en el que hay acoplado un rodamiento axial de bolas y donde quedan fijadas las dos piezas mediante un tornillo Allen.

El mecanismo de transmisión del movimiento de las ruedas se realiza utilizando un servomotor rotativo de 100 W. Cada rueda lleva un servomotor que funciona independientemente de los otros tres donde; así cada rueda puede girar o transmitir una fuerza diferente según las circunstancias.

### 3.2. VALIDACIÓN DE LOS ESFUERZOS ESTÁTICOS DE LA ESTRUCTURA

Para la validación de los esfuerzos estáticos de la estructura se aplica una fuer-

za vertical y hacia abajo de 1500 N simulando el peso de una persona de unos 120 kg más 20 kg del peso de los componentes que van montados encima del travesaño de la estructura como son el servomotor que hace desplazar el asiento, la placa de unión del asiento y el servomotor más el propio asiento y sus elementos de unión. La tensión máxima de Von Mises que soporta la estructura es de 80,33 MPa. No se observan desplazamientos excesivos y en el punto máximo la deformación es de 12,58 mm. El factor de seguridad del límite elástico del material tiene un valor mínimo de 2,69. Los factores de seguridad son el resultado del cálculo estático del programa de simulación y nos indica como aumentaría el esfuerzo resultante antes de que la pieza se rompa.

### 3.3. VALIDACIÓN DE LOS ESFUERZOS ESTÁTICOS DEL BRAZO DE DIRECCIÓN

Se realiza un estudio estático del brazo de dirección con el cilindro interior que da el movimiento para elevar las ruedas. De esta forma se evalúa la resistencia del diseño del brazo y los esfuerzos a los que estará sometido en el lugar donde se aprietan las ruedas y se une con el eje de dirección.

Se aplica una sujeción fija en el agujero de la parte posterior del cilindro interior donde irá apretado el eje de salida del engranaje planetario y una sujeción con rodamiento en la cara exterior del cilindro exterior. Los ejes de las 4 ruedas de la silla están sometidos al peso de la persona que conduce la silla más el propio peso de la silla que es aproximadamente 80 kg. El peso total que soporta la silla es de 2000 N. El peso que soporta cada eje es de 500 N sin aplicar ningún factor de mayoración de las cargas.

Las tensiones de Von Mises oscilan entre 30-35 MPa con una tensión máxima de 101 MPa en el punto más crítico. El factor de seguridad resultante mínimo de la pieza es de 4,86.

### 3.4. SELECCIÓN DE MATERIALES

Para la elección de los materiales se valora el peso, la alta resistencia a la rotura y a la flexión y el precio. Mediante cartas de selección de materiales para diseño mecánico se selecciona el material más ligero con la mejor relación entre tensión de fluencia y densidad.

El material escogido para la estructura del asiento es la aleación de aluminio 6061 T6-SS. Las aleaciones de aluminio son materiales con buenas propiedades mecánicas, baja densidad y precio mode-

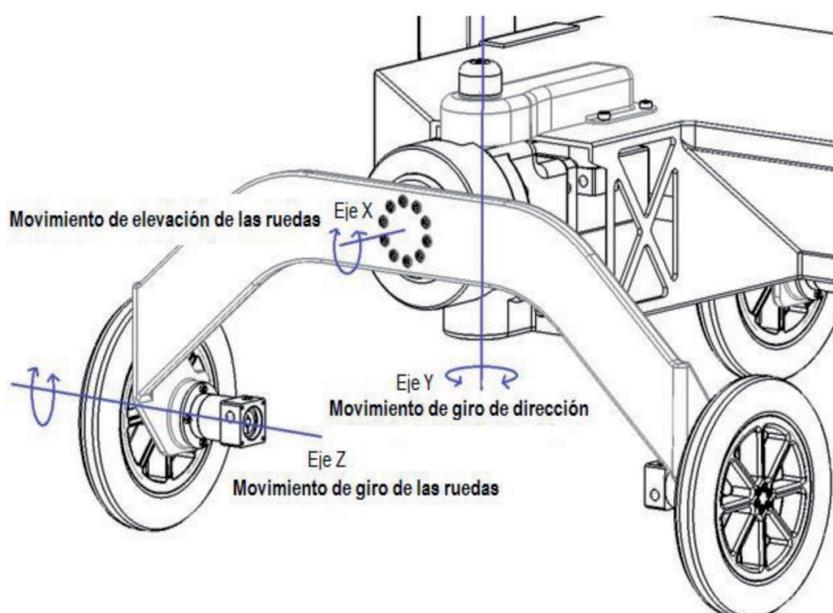


Fig. 2: Descripción de los movimientos de la dirección de la silla de ruedas

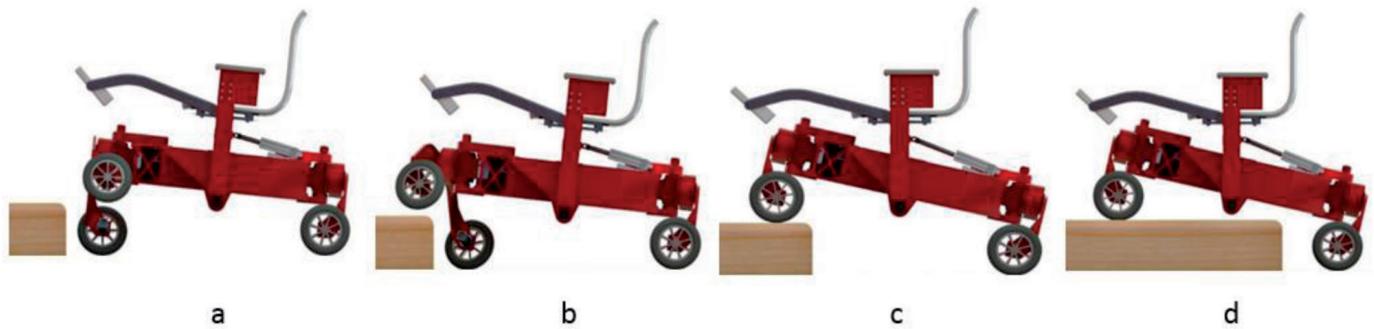


Fig. 3: Simulación de la superación de un obstáculo

rado comparado con otros materiales con propiedades similares. La selección de la aleación de aluminio más adecuada tendrá en cuenta los esfuerzos máximos a los que estará sometida, la resistencia a la corrosión, la maquinabilidad y la soldabilidad.

Bajo las mismas premisas, el material del brazo de dirección y el cilindro interior es aluminio 7075 T6. Para las uniones atornilladas se utilizará el acero inoxidable AISI 304, gama 300 con una buena resistencia mecánica y una gran resistencia a la corrosión.

Para el engranaje planetario, tanto para las ruedas dentadas como los soportes del planetario, se usará el acero AISI 1045 con contenido medio de carbono y gran resistencia y dureza para su uso en la fabricación de maquinaria pesada. Este material también se utilizará para los ejes que soportan la estructura del asiento.

Para las uniones atornilladas se usarán tornillos de acero inoxidable AISI 304 con cabeza Allen de calidad 10.9.

### 3.5. SIMULACIÓN DE LA MOVILIDAD DE LA SILLA DE RUEDAS

#### 3.5.1. Superación de una pendiente

Se simula con el complemento *Solidworks Motion*® el comportamiento de la silla de ruedas en un plano inclinado con pendiente máxima del 20 % pasando por un punto intermedio totalmente plano.

Se comprueba que los servomotores que dan movimiento a las ruedas no superan su pico máximo de par motor y por lo tanto son capaces de subir pendientes de un máximo del 20 % de inclinación y pendientes laterales de más del 25 % verificándose que el cuerpo no se inclina al circular por una pendiente lateral. Se observa como el servomotor lineal que da movimiento a la estructura mantiene el asiento de la silla en perpendicular a un suelo plano para que el conductor de la silla siempre se encuentre con una incli-

nación nula del asiento. En el momento del ascenso de la pendiente el servomotor lineal se desarrolla casi al máximo de su carrera que es de 150 mm para mantener el asiento vertical.

La estructura del asiento de la silla se mantendrá completamente vertical en una pendiente en ascenso con una inclinación máxima del 21 %. De igual manera la estructura del asiento de la silla se mantendrá completamente vertical en una pendiente en descenso que tenga una inclinación máxima del 28,1 %.

Con el cilindro del servomotor completamente extendido la estructura del asiento de la silla se mantendrá vertical en una pendiente en ascenso con una inclinación máxima de 11,9°, equivalente a una pendiente del 21 %.

Con el cilindro del servomotor completamente plegado la estructura del asiento de la silla se mantendrá completamente vertical en una pendiente en descenso con una inclinación máxima de 15,7°, equivalente a una pendiente del 28,1 %.

#### 3.5.2. Superación de un escalón

Para la superación de un escalón, se simula con el complemento *Solidworks Motion*® la secuencia de movimientos necesarios que debe ejecutar la silla para superar un obstáculo o escalón.

En la Figura 3 (a) se muestra la aproximación al escalón. El brazo de dirección inicia el movimiento de elevación de las ruedas hasta la altura del obstáculo.

La Figura 3 (b) muestra como el brazo de dirección inicia el giro hacia adelante para superar el obstáculo. Se produce la elevación de la rueda delantera izquierda por encima de la altura del escalón. Luego se produce el giro de la dirección hacia la derecha para que la rueda delantera izquierda quede totalmente encima del escalón. Inmediatamente se produce la elevación de la rueda delantera derecha por encima de la altura del escalón.

En la Figura 3 (c) se muestra como ya se ha realizado el giro de la dirección hacia la izquierda para colocar la rueda delantera derecha sobre el escalón.

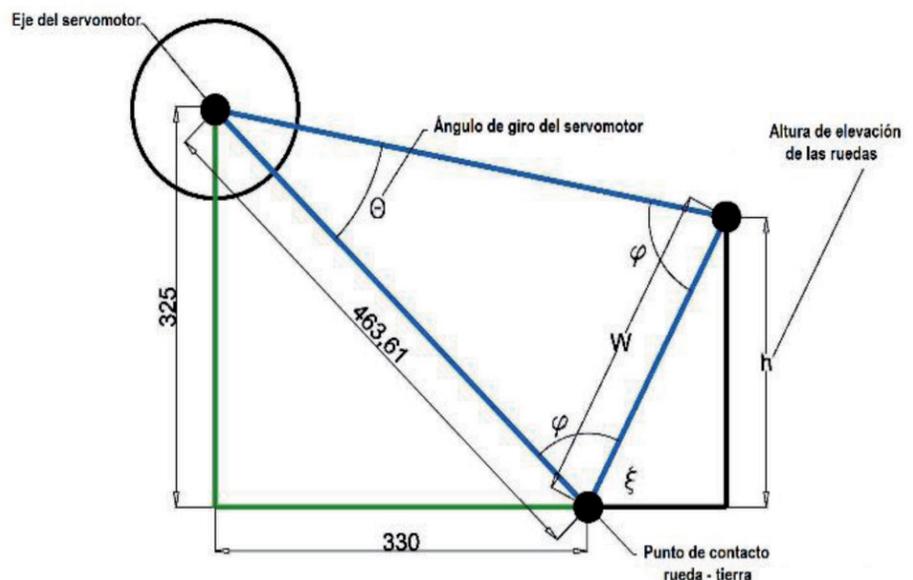


Fig. 4: Esquema del ángulo de giro del servomotor y de elevación de la rueda.

La silla comienza a avanzar hacia adelante para colocar las ruedas traseras cercanas al escalón. Figura 3 (d).

Para colocar las ruedas traseras encima del escalón se sigue la misma rutina de movimientos que en el paso anterior. En toda la secuencia de movimientos para superar el escalón el servomotor lineal que equilibra la posición del asiento de la silla de ruedas trabaja para mantener el asiento en posición vertical.

La función del giro que realizará el servomotor de elevación de las ruedas para superar una altura de un escalón se determina por la distancia que hay entre el eje del servomotor y el suelo, que es de 325 mm y la distancia del centro del eje del servomotor en el punto medio del neumático de la rueda, que es de 330 mm. Con estas dos medidas obtenemos el radio "R" de la circunferencia que describe el punto de la rueda que está en contacto con el suelo cuando se eleva para superar un obstáculo. Para superar un escalón, el punto más cercano al suelo de la rueda de la silla debe estar más elevado que la altura del escalón (h). Figura 4.

La altura máxima de escalón que puede superar la silla se obtiene trazando una línea tangente entre la rueda de la silla y el punto inferior del soporte del brazo. El ángulo que forma esta línea con el suelo nos determinará la inclinación máxima que puede tener la silla cuando tiene las dos ruedas delanteras encima del escalón. Cuando la silla queda inclinada 16,2°, el punto de contacto de la rueda delantera con el escalón y el punto más bajo del soporte del brazo quedan alineados por una línea imaginaria horizontal, la del escalón. Si la silla se inclina más de 16,2° el punto más bajo del soporte del brazo queda por debajo del punto de contacto de la rueda delantera, por lo tanto cuando la silla se mueva hacia adelante el apoyo del brazo tocará con el escalón. En esta posición elevada de un de los ejes de la silla, si medimos la distancia entre la parte inferior de la rueda elevada y el suelo, verificamos que la altura máxima de escalón que podemos superar es de 272,3 mm.

#### 4. CONCLUSIONES

Este trabajo se ha centrado en la realización del diseño mecánico de una silla de ruedas que tuviese la capacidad de superar obstáculos de cierta envergadura. Esto permitirá a las personas con discapacidad motriz afrontar las diferentes barreras arquitectónicas y otros obstáculos que no pueden ser superados por una silla estándar. Los estudios simulados de movilidad

realizados con las restricciones de diseño han verificado que la silla de ruedas es capaz de superar un escalón de una altura máxima de 272,3 mm, definiendo los movimientos que ésta debe ejecutar para conseguir superar el escalón.

El modelo simulado muestra que la silla puede subir o bajar pendientes con un máximo de un 20 % de inclinación y como la estructura del asiento se adapta a los cambios de pendiente manteniendo una posición vertical para una conducción confortable. En la simulación se ha conseguido que la silla se desplace a una velocidad de al menos 6,5 km/h.

Se ha verificado la resistencia mecánica de las piezas más importantes de la silla de ruedas como la estructura del asiento y el brazo de dirección y la capacidad a los esfuerzos estáticos a los que estarán sometidas con el análisis de tensiones de Von Mises.

Esta metodología secuencial propuesta puede ser utilizada para desarrollar otros proyectos de simulación y diseño mecánico en diferentes investigaciones y se pretende con este enfoque proporcionar beneficio para otras investigaciones.

#### PARA SABER MÁS

- [1] Rodríguez-Ascaso A. "Modelo de arquitectura para sistemas domóticos orientado a personas con necesidades especiales mediante la aplicación de criterios de Diseño para Todos". Directora: Arredondo-Waldmeyer, María Teresa. Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Tecnología Fotónica. 2003.
- [2] Accesibilidad universal y diseño para todos: Fundación ONCE, p. 11-12, ISBN: 978-84-88934-47-5. 1th ed. junio 2011.
- [3] De Benito Fernández J. et al, "Manual para un entorno accesible", Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Gobierno de España. Centro Español de Documentación sobre Discapacidad del Real Patronato. NIPO: 214-05-006-9, Depósito legal: M-30057-2006. 9th ed. 2005.
- [4] Simpson R. C., "Smart wheelchairs: A literature review" J. Rehabil. Res. Dev., vol. 42, no. 4, p. 423-436, 2005.
- [5] Lezzoni L, McCarthy E, Davis R et al, "Mobility difficulties are not only a problem of old age". J Gen Intern Med.; 16(4):235-43. 2001.
- [6] Norma ISO 7176-5:2008. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:7176:-5:ed-2:v1:en>. Acceso agosto 2015.
- [7] Wien F Et Johan I, "Working area of wheelchairs, Space requirements of wheeled mobility international workshop", 9-11 october, 2003, NY, USA.
- [8] España. Real Decreto 173/2010, "Modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo en materia de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad", Boletín Oficial del Estado, 11 de marzo de 2010, núm. 61, p. 24510
- [9] España. Orden VIV/561/2010, "de 1 de febrero, por la que se desarrolla el documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no

discriminación para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados", Boletín Oficial del Estado, 11 de marzo de 2010, núm. 61, p. 24563 a 24591.

- [10] González A, Morales R, Nieto A et al, "Un nuevo mecanismo para subir escaleras", Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica, Vol. 11, N° 1, 2007.