



del 26 al 30 de noviembre de 2012
**16 CONVENCIÓN CIENTÍFICA
DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**
PALACIO DE CONVENCIONES DE LA HABANA



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO SISTEMA MOTRIZ PARA TRASLADO DE DISCAPACITADOS: FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA

Sofía Liliana Herrera Garcés¹, Gloria Milena Henríquez Díaz², Claudio Urrea Oñate³

Grupo de Automática. Departamento de Ingeniería Eléctrica. Universidad de Santiago de Chile.
Avda. Ecuador N° 3519. Estación Central. Santiago. Chile.

sofia.herrera@usach.cl, gloria.henriquez@usach.cl, claudio.urrea@usach.cl

RESUMEN

En este *paper* se evalúa la factibilidad técnica y económica para diseñar e implementar un nuevo dispositivo mecánico, tipo grúa, que permita realizar el desplazamiento cama-silla (o viceversa) de un paciente. Esta propuesta considera, además, una completa automatización del dispositivo, la que actualmente no está disponible en el mercado comercial e incluso económicamente más asequible. Se especifican características del diseño considerando que la discapacidad física genera una serie de necesidades de infraestructura básica, que habitualmente no es posible encontrar en los hogares, tales como la distribución y tamaños de los espacios hasta la disconformidad de tales espacios en que se permanece por largo tiempo o cuando se requiere desplazamiento. Esto, debido al desconocimiento sobre qué tipo de arreglos puede hacerse para mejorar la calidad de vida y a la falta de recursos económicos, entre otras causas. Producto de esto no sólo se afectan los enfermos, sino que también sus cuidadores (principalmente familiares), quienes muchas veces comienzan a presentar enfermedades físicas y mentales derivadas de esta tarea. En el mercado existen dispositivos, equipos y aparatos cuyo fin es facilitar las actividades diarias, siendo la silla de ruedas el más conocido, pero de aquí surge el problema para el cuidador y el paciente sobre cómo trasladarlo entre esta última y la cama, puesto que se requiere del uso de fuerza física, sobre todo si el enfermo es adulto. Para realizar este desplazamiento existen dispositivos tipo grúa y con sistemas de rieles los que, independiente de su funcionamiento, tienen como desventajas sus elevados costos, algunos de difícil instalación, en muchos países se depende de terceros debido a su escasa o nula disponibilidad local del producto e incluso se hace necesaria su importación.

PALABRAS CLAVES: Automatización, discapacidad física, dispositivo tipo grúa, desplazamiento cama-silla.

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A NEW MOTION SYSTEM FOR MOVING DISABLED PEOPLE: TECHNICAL AND ECONOMICAL FEASIBILITY

ABSTRACT

In this paper is evaluated the technical and economical feasibility for the design and implementation of a new, crane-type mechanical device, aimed to allow bed-to-chair (and reverse) displacement of a disabled person. The proposal also includes full automation of the device, a feature not currently available in the market, which makes it even more affordable. Design characteristics are specified, considering that physical disabilities generate a series of needs for basic infrastructure that's not usually available in homes, like size and distribution of spaces as well as the nonconformity of those spaces when long stays are needed, or when movements are required. This is due to the lack of knowledge about what kind of arrangements can be done in order to improve life quality and the lack of financial resources, amongst other causes. Because of that, not only the disabled persons are affected, but also their care providers (mainly the family group), who often begin to show physical and mental illnesses derived from this task. There already are in the market many devices, equipment and apparatuses designed for easing daily activities, being the wheelchair the most well known, but is precisely here where the problem arises for both the patient and the keeper when it comes to move him or her from here to the bed (or vice versa),



del 26 al 30 de noviembre de 2012
**16 CONVENCIÓN CIENTÍFICA
DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**
PALACIO DE CONVENCIONES DE LA HABANA



since this process requires a big amount of physical strength, especially if the patient is an adult. In order to carry out this kind of movements, there are crane-type devices with rail systems that, despite their performance, are quite expensive and very difficult to install. In many countries this process has to be done exclusively by people, since such devices are scarce or even unobtainable in local markets, making it necessary to import them.

KEY WORDS: Automation, physical inabilities, crane-type devices, bed-to-chair displacement.

1. INTRODUCCIÓN

En muchos países del mundo existen dispositivos que permiten realizar labores de movimiento y traslado de enfermos desde una cama a una silla de ruedas, y viceversa, además de combinaciones de éstas con inodoros, sillas, etc. Algunos de estos dispositivos también incluyen la posibilidad de desplazamiento entre diferentes ambientes.

Es intuitivo pensar que con el avance de las tecnologías se ha acrecentado también el interés por el desarrollo de estos dispositivos de apoyo a los discapacitados, y por ende, los avances en esta área han permitido mejorar la vida de muchas personas y familias. Sin embargo, aún hay grandes limitantes y desventajas asociadas a la adquisición de estos dispositivos, siendo el desconocimiento de la existencia de dichos dispositivos, por parte de las personas, y los precios que actualmente rigen en el mercado, las principales.

En particular, existen dispositivos tipo grúa que permiten cubrir las necesidades de los pacientes y cuidadores, pero la gran mayoría de éstos tiene un inconveniente general, que es la dependencia y supervisión de un tercero, el cual, además de intervenir en la adaptación del arnés para algunas grúas, también es el encargado de trasladar a la persona entre diferentes ambientes, lo que inmediatamente limita la autonomía del paciente, sobre todo en aquellas situaciones en que sólo hay discapacidad física y no mental, como sucede en muchos casos.

A continuación, se expondrá un estado del arte general de este tipo de dispositivos, considerando aquellos de mayor uso y de mayor acceso, sin abarcar aquellos de alta tecnología, de uso hospitalario o que actualmente se están utilizando de manera experimental o en minorías en países desarrollados.

Dispositivos tipo grúa

Las estructuras tipo grúa cumplen diferentes funciones y existen de varios tipos; se destacan aquellas que son estructuras ancladas, pudiendo ubicarse tanto en techos como en pisos, como también estructuras libres para el traslado a diferentes ambientes, las cuales generalmente suelen ser semi-automáticas [1], [2], [3]. Específicamente, las estructuras ancladas al piso permiten realizar el cambio de ubicación de la persona sólo en un punto específico de la casa, por lo tanto, queda inhabilitado para usarlo en el resto de los lugares. Este tipo de grúas presentan precios comerciales desde 1.500.000 pesos chilenos a los 3.500.000 pesos chilenos (USD\$ 3.118 a USD\$ 7.276, respectivamente), sin incluir los gastos de envío [4], [5].

Las estructuras ancladas al techo permiten, mediante rieles, desplazar al paciente por todo el espacio delimitado. Este tipo de instalaciones se utiliza principalmente en hospitales y clínicas, dado el costo y la infraestructura necesaria para su implementación. Los precios comerciales de este tipo de dispositivos van desde los 700.000 pesos a 1.800.000 pesos chilenos, aproximadamente, sin considerar costos de envío [4], [6].

A diferencia de las estructuras ancladas, las estructuras libres corresponden a dispositivos similares a una grúa, que poseen ruedas y un control remoto. Este último regula el movimiento de elevación y descenso, mientras que para realizar el traslado de un lugar a otro se necesita que un tercero ejerza fuerza de empuje sobre la estructura, es decir, en ambos procesos el enfermo debe ser asistido. Los precios en el extranjero



del 26 al 30 de noviembre de 2012
**16 CONVENCIÓN CIENTÍFICA
DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**
PALACIO DE CONVENCIONES DE LA HABANA



se encuentran en el rango de 500.000 hasta 1.500.000 pesos chilenos, aproximadamente, sin incluir nuevamente gastos de envío [4], [5].

Otra característica importante a destacar es que la gran mayoría de las estructuras para elevación de personas requieren de arnés o estructuras extendidas que permitan sostener su peso, procurando tener los requerimientos de seguridad necesarios de manera de otorgar comodidad para el paciente como también la facilidad de instalación para el cuidador.

Los arneses son útiles para el traslado de enfermos tanto a sillas como a camas, o viceversa y, además, para la suspensión del paciente en el aire, pero son inservibles para personas con rigidez de articulaciones y pacientes que deben mantener su cuerpo en extensión. Las estructuras extendidas son utilizadas para el traslado de un paciente de una cama a otra, o mantener a la persona en suspensión, pero inservible para traslado hacia o desde sillas [1], [3].

Situación en Chile

En Chile existe un gran número de personas con discapacidad física severa, así como también cuidadores a su cargo. A pesar de la existencia de fundaciones y centros de atención para discapacitados, existe un gran desconocimiento en cuanto a los avances y nuevas tecnologías asociadas a la ayuda para este tipo de pacientes y sus familias. Por lo tanto, es común encontrarse con personas que se limitan a adquirir y emplear dispositivos básicos de desplazamiento, como es la silla de ruedas, y aquellas carencias que éstos no pueden cubrir son reemplazadas usando la fuerza física, lo cual conlleva a una serie de inconvenientes, tanto para los enfermos como para sus cuidadores.

Se hace necesario un análisis general de las características que poseen los discapacitados físicos, sus cuidadores y el entorno en que se desenvuelven y, a partir de ello, poder determinar las necesidades que conllevan la creación de un dispositivo motriz automatizado de ayuda para personas con discapacidad física severa.

La información descrita a continuación fue obtenida mediante encuestas realizadas a un total de 51 personas, entre cuidadores y pacientes, el día 23 de junio de 2012 en las afueras de un centro de rehabilitación en Santiago de Chile.

Análisis general de personas con discapacidad física

A través de los estudios realizados para la determinación del grupo objetivo, se evidenciaron características como su condición de dependencia, sus intereses, sus enfermedades, su desplazamiento en el hogar, entre otras.

Se debe destacar que no todas las personas con discapacidad física severa alcanzan una dependencia total de un cuidador. Es por ello que muchos han logrado desarrollar y realizar sus actividades diarias con una mínima ayuda por parte de otras personas y sólo en actividades muy particulares requieren de mayor apoyo. Otro conglomerado de personas con esta limitante se caracteriza por presentar enfermedades que les impiden realizar una vida normal sin la supervisión de un cuidador y, finalmente, un tercer grupo estudiado corresponde a aquellos absolutamente dependientes de un tercero, a los cuales pertenecen principalmente ancianos y pacientes con enfermedades neuromusculares severas. Estos últimos también desarrollan otro tipo de enfermedades derivadas de su postración, por ejemplo pulmonares, las que empeoran su situación. Todo esto dificulta el desplazamiento entre los diferentes ambientes dentro y fuera del hogar.

Sin importar el grado de dependencia del paciente, la gran mayoría de dificultades que se presentan son generalmente en el cuarto de baño, principalmente en las duchas y en el inodoro, como también en el dormitorio, dado que muchos de los pacientes pasan el mayor tiempo en él.



Análisis de familias y cuidadores a cargo de personas con discapacidad física severa

Las familias a cargo de personas con discapacidad física severa pertenecen a todas las clases sociales, abarcando familias con muchas carencias hasta aquellos con recursos y comodidades, los que se reflejan claramente en el cuidado del paciente. Obviamente, las familias con menos recursos económicos se ven obligadas a utilizar los recursos más básicos para el traslado del paciente, es decir, la fuerza física, lo cual al mediano o largo plazo se traduce en enfermedades y molestias que pueden transformarse en problemas crónicos de salud para el cuidador. En las familias con menos recursos económicos, las que pasaron a formar el grupo objetivo, se constató que en la gran mayoría de los casos en que el paciente a su cuidado padecía de la discapacidad física desde el nacimiento, los problemas de salud crónicos aumentaban notoriamente, aun más en cuidadores del sexo femenino.

Necesidad de implementación de un dispositivo motriz automatizado

Con respecto a las necesidades del grupo objetivo, las principales corresponden a la ayuda en cuanto al desplazamiento en las residencias, o sea, una limitante fundamental corresponde al tamaño y peso del dispositivo, carga límite que puede sostener y las dimensiones de las habitaciones del hogar.

Otra necesidad a considerar corresponde al desplazamiento que permita el dispositivo, idealmente la transferencia a diferentes ambientes y no solamente el uso limitado a un único lugar o a una sola función, por lo tanto, es fundamental el material del cual éste se debe desarrollar, dado que debe ser resistente al agua como a otros fluidos. De manera específica, se requiere un dispositivo que permita realizar actividades de desplazamiento de la cama del paciente a su silla de ruedas, desplazamiento de la silla de ruedas al inodoro, desplazamiento a la ducha y elevación del paciente desde su cama o desde el lugar en que se encuentre.

Como los pacientes con discapacidad física severa, principalmente personas postradas o de la tercera edad, desarrollan heridas (escaras) y otras alteraciones corporales por falta de movimiento y circulación de la sangre, se requiere que el dispositivo aproveche el grado de elevación al que se pueda someter al paciente y para que también le ayude, de algún modo, a permitir su rehabilitación física, prevención de complicaciones y, como valor agregado, la rehabilitación mental y/o emocional al mejorar su contacto con el medio.

Aceptación de los potenciales usuarios y beneficiarios

A partir de la descripción y estudios realizados, se confirmó el interés y necesidad que existe en adquirir un aparato que cubra las necesidades del paciente (incluyendo el desplazamiento) y de cuidadores. Es por esto que en este trabajo se propone el diseño de un dispositivo tipo grúa automatizada para el traslado de pacientes con discapacidad física severa, el cual tuvo una gran aceptación, más aun considerando que el material y costos asociados están bajo el precio del mercado actual.

Cabe destacar que en familias y pacientes en que la discapacidad física se extendía desde el nacimiento, el interés era mayor, dada la posibilidad de entregar una autonomía que, actualmente, no pueden ofrecer otros dispositivos; ya que éste al ser automatizado y a su vez poder ser controlado por el mismo paciente en caso de sólo existir discapacidad física.

2. DIMENSIONES GENERALES: PERSONAS Y ESPACIOS

Una gran limitante respecto al diseño de un dispositivo que cubra carencias de peso y tamaño, como también de precio, debe considerar puntos fundamentales como dimensiones, tanto de los potenciales usuarios como de los espacios de desenvolvimiento del dispositivo motriz.



Las dimensiones de mujeres y hombres pueden ir variando según edades, contexturas, actividad física, nivel de sedentarismo, entre otras. Es por ello que el peso que pueda soportar y desplazar el dispositivo propuesto es una limitante fundamental, dado que esto define inmediatamente el material a utilizar, las dimensiones mínimas de construcción que pueden obtenerse en su implementación, como también las especificaciones de alcance que debieran considerarse para el caso del control.

A grandes rasgos, una silla de ruedas (la cual se encuentra estandarizada para poder circular en una casa) generalmente abarca un ancho de 0,41 m a 0,47 m, desde una vista frontal, lo cual permite determinar un estándar básico del espacio que utiliza el paciente y las dimensiones mínimas que pueden ser utilizadas en una habitación [7].

Es de gran relevancia considerar los datos estructurales del cuerpo y de pesos en adultos, los cuales permitirán determinar las limitantes de dimensiones de un dispositivo a generar. Las alturas de pie y sentado, además del peso de hombres y mujeres en percentiles, corresponden respectivamente a: percentil cinco en hombres de 1,62 m de pie y sentado 0,60 m y 58 kg, en mujeres de 1,50 m de pie y sentado 0,54 m y 47 kg, así finalmente, el percentil 95 en hombres de 1,85 m de pie y 0,63 m sentado y 98 kg, en mujeres de 1,70 m de pie y 0,60 m sentado y 90 kg [7], [8].

De acuerdo a la ergonometría funcional y a las dimensiones de sillas de ruedas estandarizadas, se puede determinar que una persona promedio puede alcanzar un objeto (utilizando la silla de ruedas) desde 0,30 m sobre el suelo, como también determinar que el ancho de una silla de ruedas corresponde a una dimensión que debiera permitir el paso a través de una puerta, y en caso de no ser así se convierte en una limitante importante, más aún considerando que las dimensiones del dispositivo serán consideradas para su uso en una residencia promedio [7].

En términos generales, una mujer sentada alcanza una distancia de entre 1,40 m a 1,25 m, medida desde la base del asiento hasta su extremidad superior extendida en el eje vertical y en hombres alcanza una distancia de entre 1,31 m a 1,50 m, lo cual es importante destacar para poder determinar el alcance aproximado limitado para una persona [7]. La Tabla 1 refleja las dimensiones y pesos del cuerpo humano en adultos.

Tabla 1: Dimensiones estructurales del cuerpo y en pesos en adultos.

Aspectos del cuerpo	Hombres (según percentil)			Mujeres (según percentil)		
	5	50	95	5	50	95
1. Altura	162	173	185	150	160	170
2. Altura sentado, erguido	84	91	97	79	85	91
3. Altura sentado, normal	80	87	93	75	82	88
4. Altura de la rodilla	49	54	59	46	50	55
5. Altura poplíteo	39	44	49	36	40	45
6. Altura del codo en descanso	19	24	30	18	23	28
7. Separación brazo muslo	11	15	18	10	14	18
8. Longitud glúteo-rodilla	54	59	64	52	57	63
9. Longitud glúteo-poplíteo	44	50	55	43	48	53
10. Anchura de hombro a hombro	35	42	51	31	38	49
11. Anchura de asiento	31	36	40	31	36	43
12. Peso	54	75	98	47	62	90



del 26 al 30 de noviembre de 2012
**16 CONVENCIÓN CIENTÍFICA
DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**
PALACIO DE CONVENCIONES DE LA HABANA



Todas estas medidas tienen una relevancia primordial dado que las distancias que limitan el movimiento y alcance de una persona son los rangos en los que se puede trabajar para incluir el control del dispositivo, tanto para su manejo como desplazamiento entre diferentes ambientes, además del control de elevación y descenso, de manera de fomentar la autonomía del paciente prescindiendo así de un tercero.

Según los antecedentes estudiados, los lugares de mayor riesgo y necesidad de ayuda correspondieron a dormitorios y cuartos de baño. Claramente no existe un estándar estricto de las dimensiones de las habitaciones y de las viviendas en general, por esto, existen lugares que permiten tener mayor espacio y más accesorios, como también lugares con un espacio limitado para muebles o simplemente disponibilidad de lo básico, siendo una cama para las habitaciones e inodoros y lavamanos para cuartos de baño.

3. APORTES, LIMITANTES Y PROPUESTA

Principalmente, y como ya fue mencionado, la desventaja más importante que se pretende remediar corresponde al precio de adquisición comercial de estos dispositivos. Una de las remediales a esta dificultad corresponde a la inclusión de materiales y manufactura nacional, porque al evitar la importación, inmediatamente disminuye los costes asociados.

Respecto a los tamaños, se pretende realizar un dispositivo para ser usado principalmente en residencias y casas particulares, lo cual permite mayor comodidad, uso diario y rehabilitación (en algunos casos). Éstos son los lugares en que existen mayores problemas, claramente es donde el desgaste tanto en pacientes como cuidadores es mayor y, además, se pretende otorgar un bienestar y confort para ambos.

No se ha descartado la posibilidad de modificación, respecto a dispositivos o aparatos ya existentes, como tampoco la posibilidad de diseñar un dispositivo desde lo más básico. Es imperativo incluir un control al dispositivo mediante automatización, ya sea por medio de un panel de control o en forma inalámbrica, otorgando una mayor comodidad tanto a pacientes (capacidad para poder manejar un control sin ayuda), como a cuidadores, a los que este dispositivo les puede aliviar en gran manera su labor.

Específicamente, en cuanto a las modificaciones consideradas, por el momento se ha escogido la opción de modificación de grúas con arneses, con el fin de cubrir las desventajas que éstas entregan al realizar el traslado moviendo toda la estructura, limitando inmediatamente el espacio de habitaciones y fomentando el balanceo del paciente, lo que crea una sensación de inestabilidad. Es por ello que, mediante una estructura superior en forma de rueda, se obtendrá la estabilidad mecánica del sistema (actuando como una grúa fija), sin embargo, otorgando las comodidades y garantías de equilibrio óptimo al momento de su traslado.

Cabe destacar que, a pesar de las estandarizaciones de los dispositivos (tanto de grúas como aparatos), gran parte de los cuales son considerados para la utilización en residencias; lamentablemente existen lugares en que una silla de ruedas abarca dimensiones mucho mayores a las que se disponen realmente, lo cual se traduce principalmente en una disconformidad, dado que en vez de entregar una ayuda para los pacientes, ésta termina siendo un aparato inservible, la cual sólo permite el traslado fuera del hogar.

La sencillez de diseño e implementación corresponden a los principales puntos a considerar, ya que la filosofía de esta propuesta es solucionar problemas y no complicarle la vida a los usuarios a causa de manuales complejos y controles que, erróneamente se encuentran dirigidos a personas con altos conocimientos técnicos, más aún, considerando que los potenciales usuarios corresponderán a personas de todas las edades y de diferentes niveles educacionales.

La seguridad es un componente importante a considerar, de manera de evitar riesgos innecesarios y así otorgar tranquilidad tanto a los pacientes como a sus cuidadores, por lo tanto, los materiales empleados en la implementación cumplen un papel fundamental, requiriéndose resistencia, durabilidad, facilidad de limpieza, capacidad de ser compatibles con diferentes medios y espacios, etc.



A través de la búsqueda de materiales que potencialmente pudiesen ser utilizados, se consideraron acero galvanizado, acero quirúrgico, aluminio y hierro, entre otros, de los cuales muchos fueron descartados por el alto costo, aunque la gran mayoría cumplía con los requisitos mínimos necesarios. El peso del dispositivo también tiene inconvenientes que pueden variar desde ocasionar un deterioro físico en el lugar donde se utilizan (principalmente en el piso), lo cual puede traer consecuencias graves de seguridad, hasta simplemente producir bajo interés en los posibles usuarios debido al excesivo peso del dispositivo a desplazar.

Las baterías necesarias para el accionamiento del dispositivo claramente tienen algunas limitaciones, desde el peso hasta la seguridad, en cuanto a emisión de sustancias tóxicas que pueden ser perjudiciales. Dado que se entiende que el uso de ellas debe ser cotidiano y reiterado, también se requiere que éstas sean recargables, con potencia y autonomía suficiente que permitan desplazar el dispositivo por diferentes ambientes y tener la capacidad de entregar la energía necesaria para poder levantar al paciente. Cabe destacar que a pesar de considerar la opción de instalar sólo una batería por dispositivo, no se ha descartado el empleo de la corriente eléctrica de uso domiciliario como alternativa, en caso de que la batería se encuentre descargada, como también contar con una recarga de emergencia o con un sistema de emergencia para el manejo manual del mecanismo.

En cuanto a la automatización, se pretende desarrollar la programación empleando un microcontrolador PIC, que sea capaz de controlar las variables de desplazamiento: adelante y atrás, derecha e izquierda, giro y, finalmente, ascenso y descenso del paciente. La elección de este tipo de microcontrolador se debe a que, por medio de él, se tiene la posibilidad de implementar las variables de desplazamiento requeridas, son bastante accesibles en términos de precios y disponibilidad en el mercado.

Se espera que el dispositivo propuesto soporte como mínimo un peso de 150 kg. A continuación, la Fig. 1 esquematiza el diseño propuesto para tal dispositivo.

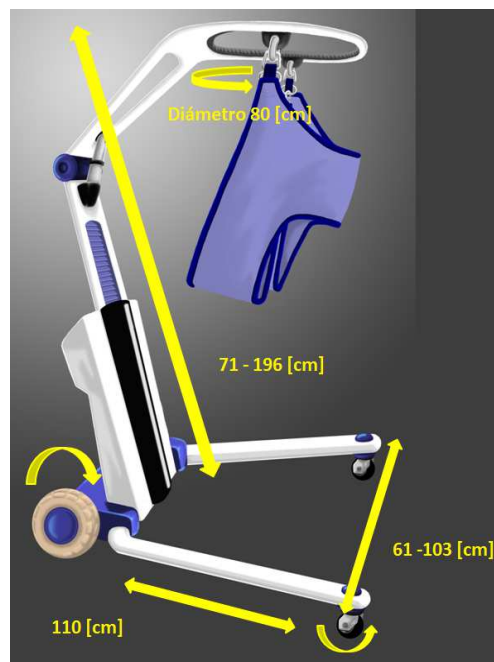


Figura 1: Diseño propuesto.



del 26 al 30 de noviembre de 2012
**16 CONVENCIÓN CIENTÍFICA
DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**
PALACIO DE CONVENCIONES DE LA HABANA



La propuesta expuesta aún está en proceso de formación, pues está abierta a cambios y modificaciones que pudiesen surgir de aquellas ventajas y desventajas de los dispositivos ya existentes y de los materiales que se pueden obtener en el mercado, siempre con el fin de cumplir con los objetivos ya expuestos.

4. COSTOS APROXIMADOS

Respecto a los costos asociados a la implementación de un dispositivo motriz automatizado, se deben considerar tres puntos importantes, los cuales son fundamentales y corresponden a costos de materias primas, costos de mano de obra y otros costos asociados a la fabricación.

El diseño propuesto para la implementación de este dispositivo considera desarrollos propios de sistemas de control, de automatización y de un sistema mecánico tipo grúa, es por ello que se realizaron dos cotizaciones presupuestarias, para conocer los rangos superiores e inferiores de costos asociados, las cuales revelaron la factibilidad de poder implementar un dispositivo con mayores prestaciones que las ofrecidas actualmente en el mercado, a un precio muy por debajo del que hoy en día éste ofrece, por tanto, esto evidenció que la nueva propuesta es viable.

El primer presupuesto realizado consideró las piezas y partes que generarían mayores costos, es decir, el precio final fue considerado como el máximo a desembolsar para lograr la implementación. Por otra parte, en el segundo presupuesto realizado se consideraron los precios más bajos presentes en el mercado, por lo tanto, éstos permitieron determinar el mínimo de inversión necesario para poder desarrollar el dispositivo esperado.

Básicamente el presupuesto más alto alcanza un monto total aproximado de 400.000 pesos chilenos y el presupuesto más bajo, un monto de 320.000 pesos chilenos, equivalentes a USD\$ 840 y USD\$ 672, respectivamente. En ambos presupuestos se consideraron de manera detallada los precios para la construcción de la estructura metálica, el precio de las baterías (preferentemente las empleadas en algunos modelos de sillas de ruedas eléctricas), el precio de las ruedas capaces de soportar la estructura y el peso de un paciente de hasta 150 kg, el precio de arneses presentes en el comercio, entre otros.

5. CONCLUSIONES

La principal conclusión que se puede obtener es que sí es factible técnica y económicamente diseñar e implementar un dispositivo (con las características descritas en este trabajo) de ayuda para personas con discapacidad, ya que el precio de implementación de tal dispositivo no sobrepasa los \$500.000 pesos chilenos (aproximadamente USD\$ 1.000), lo cual está muy por debajo del valor de dispositivos similares que actualmente se comercializan en el mercado, sin embargo, esta propuesta también incluye su automatización de tales dispositivos. Además, el contar con materias primas y mano de obra nacionales son factores que bajan los costos de fabricación, pero lamentablemente hay ciertas piezas fundamentales que se deben comprar a importadores porque no se fabrican en Chile.

También se debe mencionar que, actualmente, el desarrollo y comercialización de tecnologías para discapacitados no están centrados en las actividades intradomiciliarias, sino que básicamente están orientados a hospitales y espacios públicos o comunes, como medios de transporte, calles, etc. De lo anterior se desprende que no sólo es necesario diseñar e implementar este tipo de dispositivos, sino que también se debe realizar estudios que permitan sondear cuáles son las otras necesidades que los pacientes, cuidadores y sus familias desean y/o deben satisfacer, lo cual abre un abanico enorme de perspectivas futuras relacionadas con lo que aquí se propone realizar.

Un aspecto importante que siempre se debe considerar es el precio que eventualmente el comprador debe pagar, sin embargo, la relación costo-beneficio que este dispositivo genera permite pensar que las personas podrán hacer un esfuerzo en adquirirlo, sobre todo si se toma como punto de referencia que hay



del 26 al 30 de noviembre de 2012
**16 CONVENCIÓN CIENTÍFICA
DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**
PALACIO DE CONVENCIONES DE LA HABANA



familias que, actualmente, pagan un precio muy alto por un producto similar, no automatizado, que obviamente no ofrece tantas garantías.

El diseñar e implementar este tipo de dispositivos no sólo facilita el diario vivir de las personas discapacitadas y su familia, sino que también genera un gran nicho de nuevas posibilidades para el desarrollo e innovación tecnológica y, con ello, de negocios futuros.

RECONOCIMIENTOS

Los autores de este artículo agradecen el apoyo brindado por:

- El Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Santiago de Chile, por medio del Proyecto DICYT 060713UO.
- Al Sr. Rodrigo Ahumada Espinoza quien, gracias a sus conocimientos en diseño gráfico, contribuyó en el desarrollo de este trabajo. chronoss999@gmail.com, www.keisersozecomics.tk
- El Grupo de Automática, con su constante inspiración e impulso a la investigación científica. <http://www.die.usach.cl/>

REFERENCIAS

1. J&CARD5 MOBILIARIO GERIÁTRICO [ref. de 03 de septiembre de 2012]. Disponible en Web: <http://www.mobiliariogeriatrico.com>>.
2. INDEPENDI [ref. de 03 de septiembre de 2012]. Disponible en Web: <http://www.independi.es>>.
3. Su Ortopedia [ref. de 03 de septiembre de 2012]. Disponible en Web: <http://www.suortopedia.com>>.
4. GRÚAS TRASLADO [ref. de 03 de septiembre de 2012]. Disponible en Web: <http://www.gruastraslado.com>>.
5. TEKVO BIOTECNOLOGÍA [ref. de 03 de septiembre de 2012]. Disponible en Web: <http://www.tekvobioingenieria.com>>.
6. QUIRUMED [ref. de 03 de septiembre de 2012]. Disponible en Web: <http://www.quirumed.com/es/>>.
7. FERNÁNDEZ, M. "Diseño de un sistema de ayudas técnicas para personas de la tercera edad que carecen de sus extremidades inferiores". Tesis para obtener título de Ingeniero en Diseño, Universidad Tecnológica de la Mixteca, Ciudad de Huajuapán de León, 2005.
8. U.S. NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE. *Weight, Height and Selected Body Dimensions of Adults United States 1960 - 1962* [en línea]. Washington, 1965 [ref. de 04 de septiembre de 2012]. Disponible en Web: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14338862>>.

SOBRE LOS AUTORES

Sofía Herrera Garcés, Licenciada en Ciencias de la Ingeniería. Estudiante de Ingeniería Civil en Electricidad. Universidad de Santiago de Chile.

Gloria Henríquez Díaz, Médico Cirujano, Licenciada en Medicina, Licenciada en Ciencias de la Ingeniería. Estudiante de Ingeniería Civil en Electricidad. Universidad de Santiago de Chile.

Claudio Urrea Oñate, Ph.D. en Ciencias de la Ingeniería, mención: Automática y Producción, INPG, Francia. Profesor/Investigador Jornada Completa del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la USACH. Director del Programa de Modelación Industrial y Simulación Computacional de la Facultad de Ingeniería, USACH.