

APLICACIÓN DE LA ERGONOMÍA EN EL DESARROLLO DE UN PERIFÉRICO DE ENTRADA Y CONTROL DE DATOS PARA DISCAPACITADOS

MARIA FERNANDA MARADEI G

*Especialista en Ergonomía y Fisiología Aplicada al Trabajo
Magíster en Ergonomía y Cambios Tecnológicos
Docente Universidad Industrial de Santander
mafermar@uis.edu.co*

FERNANDO MALDONADO

*Estudiante de Diseño Industrial
Universidad Industrial de Santander
m1882@hotmail.com*

CARLOS AUGUSTO GOMEZ

*Estudiante de Diseño Industrial
Universidad Industrial de Santander
tutocarlin@hotmail.com*

Fecha de Recibido: 04/12/2008

Fecha de Aprobación: 15/07/2009

RESUMEN

La sociedad debe ofrecer todos los medios posibles para corregir o suplir la deficiencia de una persona. Si esto no se hace, él y la sociedad se enfrenta con el problema de la discapacidad. En Colombia, el 6.3% de la población posee algún tipo de discapacidad permanente, condición que obliga a la generación de estudios y desarrollos de ayudas o implementos que permitan la inclusión social y laboral de estas personas. El resultado final al cual llegó este proyecto de investigación, se resume en el diseño de un periférico para computador dirigido a amputados de la extremidad superior media, el que facilita la tarea del manejo y control. El sistema fue diseñado aplicando la ergonomía en cada una de las etapas del proceso, buscando generar un producto con calidad ergonómica. Para ello se utilizaron métodos de indagación en las etapas tempranas del proceso, métodos de experimentación ergonómica para el desarrollo del diseño detallado y dos pruebas de usabilidad que permitieron determinar la pertinencia del resultado con relación al objetivo inicial. El dispositivo permitirá al discapacitado, utilizar su extremidad afectada para el manejo de computadores, favoreciendo su inclusión social en el medio laboral.

PALABRAS CLAVES: Ergonomía, discapacidad, periféricos, inclusión social, Diseño centrado en el usuario.

ABSTRACT

The Society should offer all possible means to help disability people to integrate into the social security system as a productive people. If the Society fails to integrate disability people into the social system. Social problems may occur as a result. In Colombia, 6.3% of the population has some form of permanent disability, a condition which requires attention and the generation of research and development of aids or equipment to enable social inclusion and employment of these people. The result of this research project is summarized in the design of a computer peripheral for amputees to half of the upper limb, which facilitates the task of handling and control of computer machines. The system was designed to implement ergonomics on the process, generating a product with quality ergonomics. This method of investigation was used in the early stages of the process, where ergonomic testing methods for the development of detailed design and usability tests were applied for determining the relevance of the result with respect to the initial target. The device will enable disability people to use their affected limb to handle and use of computers machine, promoting social inclusion in the work environment.

KEY WORDS: ergonomics, disability, computer peripheral, social inclusion, user-centered design.

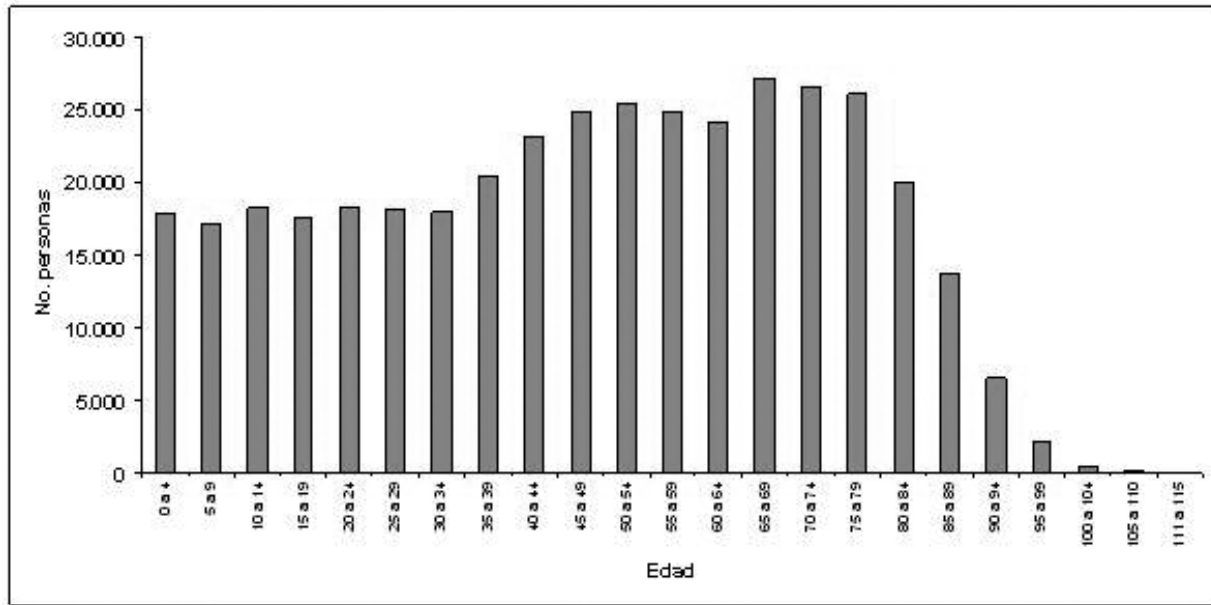


Figura 1. Distribución de población con limitaciones en brazos y manos por edad.

1. INTRODUCCIÓN

Las lesiones sufridas a nivel del antebrazo que causan amputaciones ya sea por un accidente o enfermedad, generan deterioro de los movimientos precisos de la extremidad, esto a su vez es la causa de traumas tanto físicos como psicológicos que inducen al sujeto a estados de incapacidad y deficiencia mental que los aleja de la posibilidad de un desarrollo normal en su crecimiento como persona. Algunas cambian radicalmente sus actividades cotidianas o incluso pierden sus trabajos por no poder rendir eficientemente en sus labores como lo haría un individuo sano; cabe señalar que la mayoría de las veces estos cambios no se deben a una decisión propia sino que se ven forzados por sus jefes, amigos y en general por el pensamiento de una sociedad que poco a poco los margina y señala como discapacitados.

El proyecto aquí expuesto nació en el taller de Diseño Industrial siete el cual concluyó en un trabajo de investigación. Pretende ayudar a personas con este tipo de deficiencia para que tengan facilidad de acceso a la información por medio del manejo de computadores, (actualmente en nuestra sociedad no es tan fácil adquirir dispositivos para usuarios con algún tipo de discapacidad) ofreciendo una alternativa de desarrollo, y la posibilidad de incorporarse a las labores que requieren del manejo de programas informáticos.

2. ESTADO DEL ARTE

En Colombia según datos obtenidos del censo de 2005 [1] realizado por el Departamento Nacional de estadística DANE, existe un 6.3% de la población colombiana con alguna discapacidad permanente de las cuales 390.178 tiene limitaciones para usar brazos y manos; cabe señalar que este elevado valor esta evidentemente marcado por el conflicto armado que afecta con mayor intensidad las zonas rurales de nuestro país y que se aprecia en la Figura 1, donde la distribución casi lineal del número de personas entre los 0 y 34 años de edad invita a una reflexión, debido a que es una población joven que puede desempeñarse productivamente en el medio laboral o que podría hacerlo a futuro. Sin considerar que el mayor porcentaje está en la población laboralmente activa (entre 35 y 69 años).

Estas discapacidades en brazos y manos según el Censo de 2005 corresponde a limitaciones en la movilidad de los miembros superiores como: tocar, coger y manipular objetos con las manos, mover y utilizar brazos, hombros, manos y dedos, debido a una amputación o una enfermedad congénita.

Técnicamente la amputación es la remoción o resección total o parcial de una extremidad seccionada a través de uno o más huesos, de forma irreversible y

perpendicular al eje longitudinal del miembro. Por otro lado, la malformación congénita se define [2] como uno u otra de las muchas anomalías macroscópicas que pueden darse en el recién nacido, aún cuando no sean observables inmediatamente después del nacimiento, y puede presentarse en extremidades superiores.

Los discapacitados han existido durante toda la historia de la humanidad, eran considerados poblaciones marginadas al no poseer las características “normales” que rige la sociedad. El término *Handicap* significaba textualmente mano en el sombrero, ya que aquellos que pedían limosna eran generalmente personas discapacitadas.

A través de los tiempos, aquellos interesados en mejorar la calidad de vida de estos *Handicap* o discapacitados han procurado desarrollar diversos tipos de ayudas técnicas para discapacitados, desde objetos artesanales hasta sistemas integrados que buscan mejorar la calidad de vida de ellos. Además, en la actualidad gracias a los avances tecnológicos, es una responsabilidad de la sociedad no permitir que una deficiencia [3], (pérdida o anomalía de una estructura o función psicológica, fisiológica o anatómica) se convierta en una discapacidad (restricción o ausencia de la capacidad de realizar una actividad adecuadamente debido a una deficiencia) al no existir un sistema o producto que corrija la deficiencia.

Desde esta perspectiva, la sociedad colombiana tiene el compromiso de suplir la deficiencia de toda persona actualmente denominada como discapacitada para que pueda vincularse tanto afectiva como productivamente en la sociedad. En este caso, y como lo muestra la Figura 1 se refiere a los considerados actualmente como discapacitados (con limitación en el movimiento de los miembros superiores) pero que, a través de un sistema o producto que corrija la deficiencia, puede tener o llegar a tener una vida laboral activa.

2.1 Dispositivos existentes

Haciendo una revisión de las diferentes soluciones que se han dado a nivel mundial, para el trabajo de los discapacitados con procesadores, se tiene [4]:

- Mouse de barra adaptado, que funciona por medio de una sistema que permite el movimiento a 360 grados, ubicando así el cursor en la pantalla. En su extremo superior tiene un pulsador con el cual puede activarlos.
- El Mouse por pulsadores, funciona ubicando cuatro botones en forma de cruz, los cuales permiten al

usuario “pulsar” en la dirección que quiera realizar el movimiento. Posee dos botones más, uno para activar y otro para bloquear.

- El Mouse por visión ocular, que funciona de manera tal que por medio de sensores capaces de registrar el movimiento del ojo (no se especifica claramente que parte del ojo) se puede controlar la ubicación del cursor sobre la pantalla; para ello se utiliza el sistema de seguimiento del movimiento del ojo.
- Científicos de la Universidad New York y del Departamento de Salud de la misma ciudad, han desarrollado una técnica que permite a personas sin movilidad, desplazar el cursor del computador con el uso de una orden mental, al transformar sus ondas cerebrales captadas por encefalograma, en órdenes computarizadas, según publica la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences* [5].

3. METODOLOGIA PROYECTUAL

Basándose en el diseño centrado en el usuario se contempló la siguiente metodología a seguir:

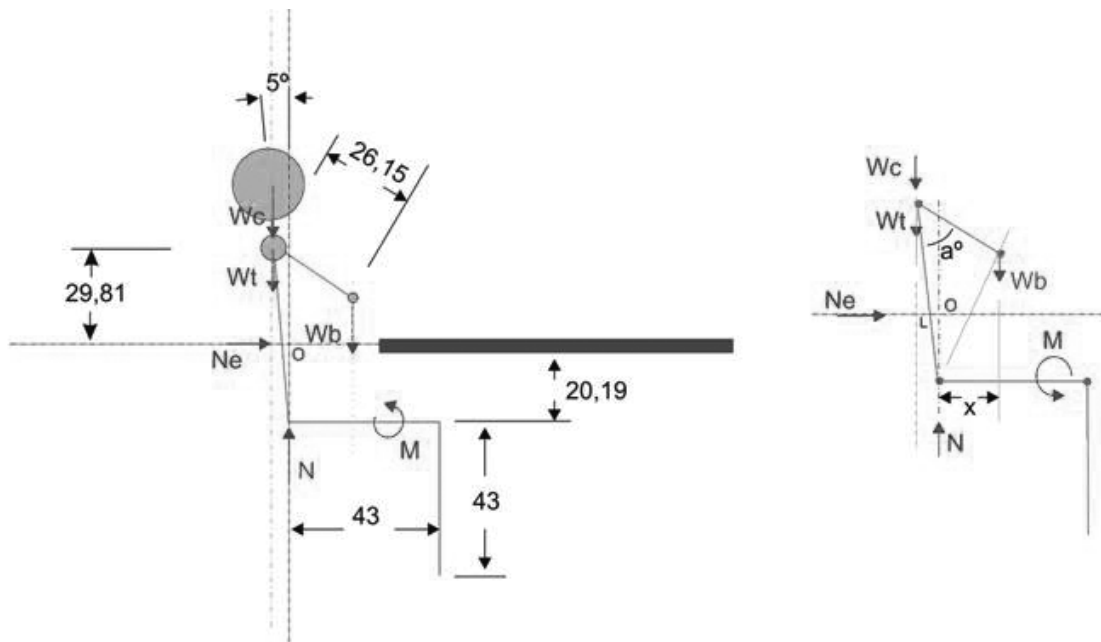
- 3.1 Etapa de investigación: por un lado se utilizó métodos de indagación para comprender y estudiar al usuario en el manejo del producto, y por otro lado la revisión bibliográfica.
- 3.2 Método KANO: Se utilizará para la aproximación individual a través de encuestas, cuestionarios y entrevistas que identifiquen determinados requisitos de usabilidad.
- 3.3 Aplicación de la herramienta QFD (Quality Function Deployment) a partir de la matriz, que permite determinar los parámetros más importantes a tener en cuenta para el diseño en función de las necesidades del usuario con discapacidad.
- 3.4 El desarrollo de prototipos permite el adelanto y la implementación de los diferentes métodos de inspección y test de evaluación del producto.
- 3.5 Las comprobaciones del funcionamiento correcto de la tecnología utilizada y a su vez las comprobaciones ergonómicas por medio de simulaciones de carácter verificativo en las cuales se buscará corroborar las hipótesis expuestas de manera física en el modelo; de este modo se expondrán las variables independientes que generen los resultados buscados en el diseño sometido a prueba.

4. PERFIL DEL USUARIO

El segmento poblacional al que va dirigido el proyecto lo constituye el sector de los discapacitados de la extremidad superior media, que en su gran mayoría constituyen un grupo social de bajos recursos. El estado tiene políticas de inclusión social [6] que permiten dotar a todo estamento público con ayudas para que los discapacitados se incluyan en la vida estudiantil y laboral. Estas organizaciones manejan recursos propios o asignados por el estado destinados a la rehabilitación e incorporación de personas que han sufrido daños físicos por medio de ayudas técnicas, sin embargo en Colombia no es fácil adquirir dispositivos más

específicos o puntuales para la realización de una tarea, ya sea por su elevado costo o por que no se pueden conseguir fácilmente en el país.

Como se mencionó anteriormente, las causas de la discapacidad en miembros superiores tienen su origen en la amputación o en una enfermedad congénita. Estas lesiones tienen orígenes diversos y donde puede presentarse una reducción de la motricidad fina (como pueden ser accidentes específicos que dañen el nervio o los músculos o enfermedades como la hemiplejía o hemiparesia). Es importante aclarar que debe existir un control mínimo sobre la extremidad, de esta forma el producto funcionará como una interfaz entre la



$\sum M_o = 0$

$W_t(L+L_2) + W_c(L+L_2) - W_b(x) + M = 0$

$W_t(4,368) + W_c(4,368) - W_b(x) + M = 0$

$M = W_b x - 4,368 W_t - 4,368 W_c$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{W_k}$

$M = kW$

siendo W el peso general del cuerpo
y K una constante positiva en función del
ángulo a°

$\tan 5^\circ = L/29,81$
 $L = 2,608$

$\tan 85^\circ = 20,19/L_2$
 $L_2 = 1,76$

Figura 2. Postura con inclinación de tronco de 5°

máquina y el hombre o para el caso de las personas que sufren alguna enfermedad pueda considerarse como un elemento de ejercitación muscular.

Desde esta perspectiva se analizaron y concluyeron los siguientes aspectos:

La posibilidad de realizar un movimiento en una extremidad del cuerpo depende de la combinación de muchos factores, los cuales a su vez tienen sus propias características para poderse producir. En el análisis biomecánico se tuvo en cuenta dos posiciones de trabajo [7] [8] (ver Figura 2 y Figura 3) y con el cual se buscó obtener la postura con menores esfuerzos.

Siendo W el peso, x y p las distancias en función de x que depende de el ángulo a (amplitud del brazo para alcanzar el Mouse). En términos generales se puede decir que la primera postura (figura 2) genera menores esfuerzos en el discapacitado.

Conociendo la postura de trabajo se continuó con el análisis antropométrico [9] en donde se trabajó con:

- la medida de alcance punta dedo en un percentil 5 equivalente a 60,77 cm,
- anchura codo-codo en un percentil 95 equivalente a 54.3 cm,
- altura de codo P50 equivalente a 24,38 cm,
- alcance lateral brazo P5 equivalente a 66,76 cm,
- altura hombro P95 equivalente a 151,14 cm,
- altura codo P95 equivalente a 116,74 cm,
- longitud codo-dedo P95 equivalente a 50 cm
- longitud mano P95 equivalente a 19,70 cm.

5. PARÁMETROS DE DISEÑO

5.1 Derivados del uso:

- Debe permitir el control del cursor en la pantalla por medio de los principios de funcionamiento del mouse óptico.
- Debe permitir señalar, y acceder a cualquier archivo, icono, desplazamiento por menús y demás opciones del entorno, por medio del diseño de la interfaz.
- Debe permitir desplegar los menús emergentes a través del diseño de la interfaz.

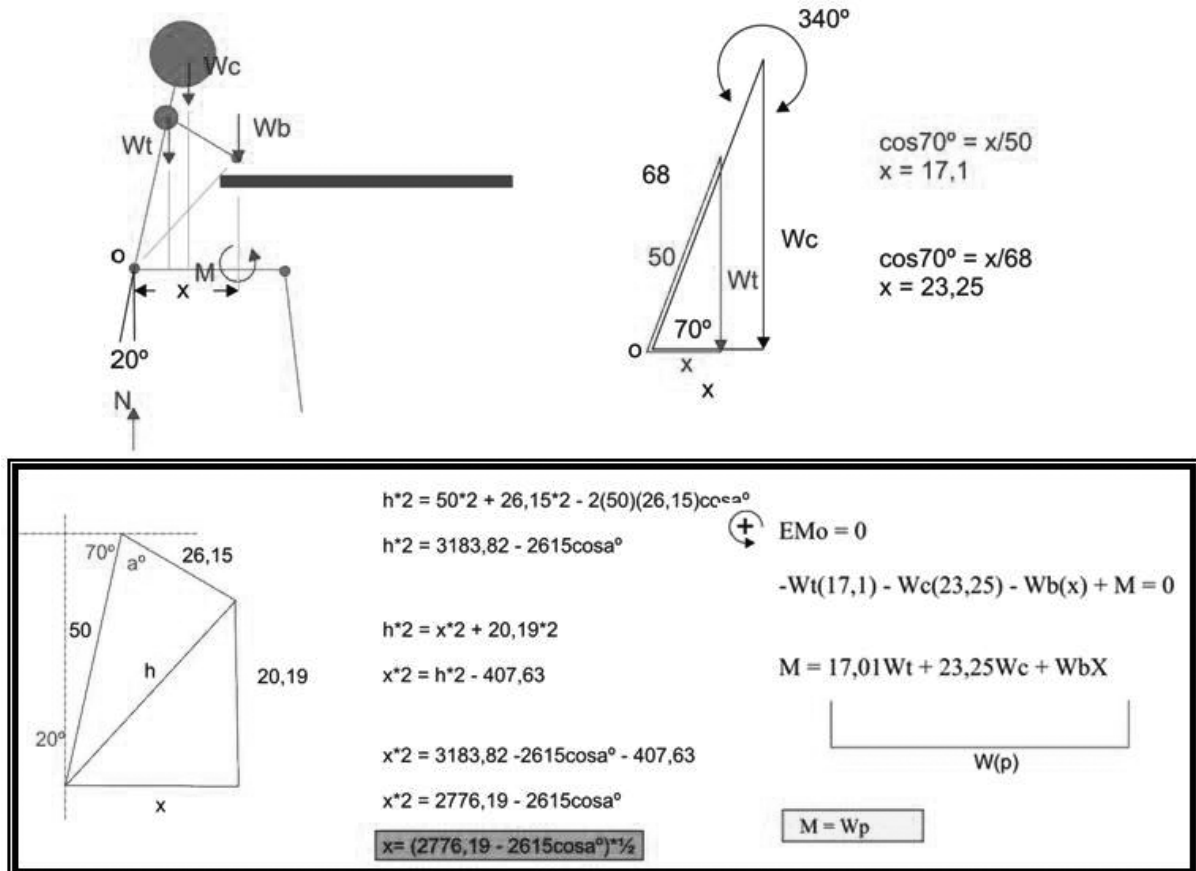


Figura 3. Postura con inclinación de tronco de 20°

- Debe permitir el desplazamiento vertical de los gráficos en el entorno de la pantalla por medio del diseño de una interfaz.
- Debe poderse adaptar a distintos niveles de amputación, codo, antebrazo y muñeca por medio de sistemas versátiles.
- No debe obstruir el espacio de trabajo por medio del manejo adecuado de la información antropométrica.
- Debe permitir su ajuste con el muñón.
- Reducir la carga tensional producida por largos periodos de trabajo a través de la disminución de movimientos.
- Seguimiento de las normas técnicas para electrodomésticos en Colombia. Norma NTC 2800.
- Normas técnicas colombianas NTC 2088

5.2 Derivados de la función:

- El periférico debe brindar una capacidad de respuestas a las órdenes de manera inmediata
- Debe mantener la misma o mejor fidelidad de los emuladores existentes.
- El periférico debe estar a la vanguardia tecnológica a través del análisis de los principios teóricos actuales para este tipo de artefactos.
- Debe permitir la adaptación a cualquier tipo de superficie de trabajo.
- Debe soportar choques y esfuerzos a compresión.
- No debe consumir cargas energéticas superiores a 5V, debido que es la usada normalmente por dispositivos electrónicos.
- No debe pesar más de 500g.
- No debe incluir sistemas invasivos en la extremidad del amputado.

6. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

A continuación se muestra algunas de las alternativas que se trabajaron en la lluvia de ideas.

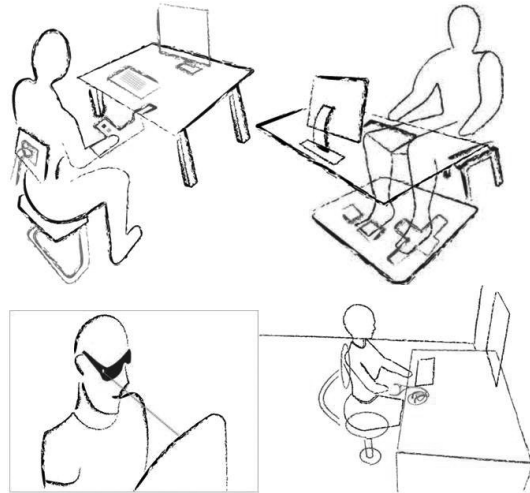


Figura 4. Primeras Alternativas de solución

A partir del método KANO se analizaron 12 atributos diferentes en el periférico. Este método determinó que los aspectos importantes a trabajar son:

1. Es indispensables que mantenga la velocidad de precisión y respuesta a las órdenes y que se adapte a la extremidad superior.
2. Los usuarios consideran atractivo que mantenga todos los comandos convencionales.
3. El costo debe ser el mismo que un Mouse convencional
4. Debe ser portátil.

Con base en lo anterior se evolucionaron las alternativas que cumplían con estos requisitos para luego ser analizadas bajo la matriz conceptual QFD. A continuación se muestra las alternativas resultado de este desarrollo.

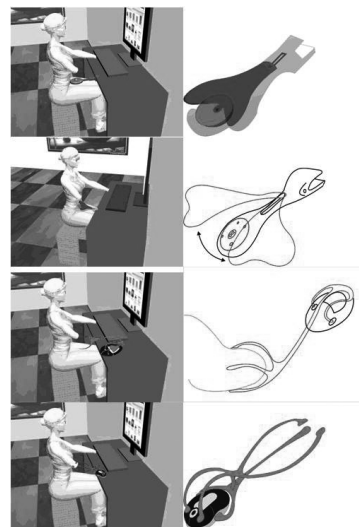


Figura 5. Propuestas de solución

Para la aplicación de la matriz conceptual de QFD se requiere las necesidades del usuario, éstas se obtuvieron por medio de la indagación y siguiendo los lineamientos de la metodología centrada en el usuario. Estas necesidades se evalúan relacionándolas con cada uno de los requerimientos del producto para la obtención de la matriz que está en la figura 6. De esta forma y como se observa se determina los requerimientos más importantes a tener en cuenta.

Para éste caso en particular, los requerimientos más importantes para tener en cuenta en el diseño según los usuarios son: la ergonomía del muñón y la aplicación de principios biomecánicos.

Una vez obtenidos los requerimientos de diseño más importantes para los usuarios, se aplicó estas respuestas a las características de cada alternativa, donde se obtuvo que la alternativa 1 cumplió mejor las expectativas del usuario con discapacidad (ver Figura 5).

		Concebir el diseño como un solo elemento	Aplicación de conceptos básicos en el manejo de comandos	Ergonomía del muñón	Utilización de materiales poliméricos	Diseño de mínima expresión	Mantener el principio electrónico del mouse óptico	Aplicación de principios biomecánicos	Aplicación de los conceptos antropométricos	Materiales impermeables o inertes	Carcasa con el mínimo de espacios acumulativos de polvo	Utilizar formas que permitan apilamiento
Usar por completo la extremidad en el control del mouse	4	9	3	9		1	9					
Facil de manejar	5	3	9	3		1	1	3	3			
Que se use con una sola mano	5	9	9	9		1		3	9			
Confiable	4		1				9			3		
Que no ocupe mucho espacio	3		1			3						
Evitar el cansancio por el uso constante	3			1	9			9	9			
Que sea cómodo	4			3	9			9	9		1	
Duradero	2					9	9			9	3	1
Que no pese mucho	3		1		3	9	1					
Limpio	2				3	9	1		9	9		
Facil de transportar	3		1		9	1	1		1	1		3
		105	121	201	111	47	41	132	126	48	28	11

Figura 6. Matriz conceptual de QFD

7. DISEÑO EN DETALLE

7.1 Aspectos electrónicos:

El principio de funcionamiento del circuito electrónico se definió con base en la selección de las alternativas a partir del método Kano, donde se descartaron otras soluciones tecnológicas por su complejidad y costo, encontrando como mejor alternativa la tecnología del mouse óptico convencional. Este sistema está compuesto por las siguientes partes: un sensor óptico, un transmisor de radio frecuencia y su respectivo

receptor, y un microcontrolador. El sensor óptico posee un prisma que se encarga de dirigir la luz hacia la superficie sobre la cual se esta trabajando y luego la concentra en el sensor. Se basa en la tecnología óptica de navegación, que mide cambios en la posición adquiriendo las imágenes superficiales secuenciales (marcos) y determinando matemáticamente la dirección y la magnitud de movimiento. El formato de la salida es la cuadratura de dos vías (dirección de X y de Y). La alineación óptica de la precisión no se requiere, facilitando el montaje del alto volumen.

7.2. Aspectos ergonómicos

A partir de diferentes experimentaciones ergonómicas se determinó parámetros indispensables en la usabilidad del periférico.

Se evaluaron 8 personas discapacitadas [10] [11] [12], 2 presentan amputación a nivel del codo, 2 a nivel de muñeca, 2 a nivel de antebrazo y 2 con problemas en el movimiento de la muñeca.

1ª experimentación:

El objetivo era evaluar la mejor configuración de los controles que permitiera el manejo más eficiente del periférico.

El la Figura 7 se muestra el orden de las configuraciones y en la Figura 8 el resultado de la tabulación de datos.

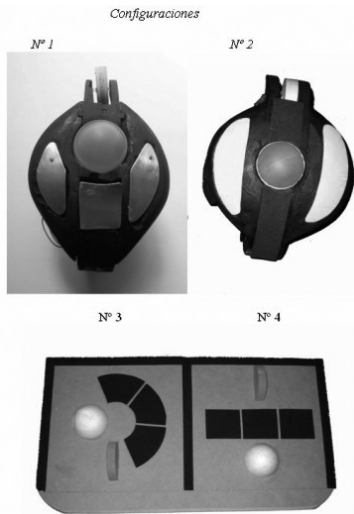


Figura 7. Modelos utilizados para la 1ª experimentación

Resultados:

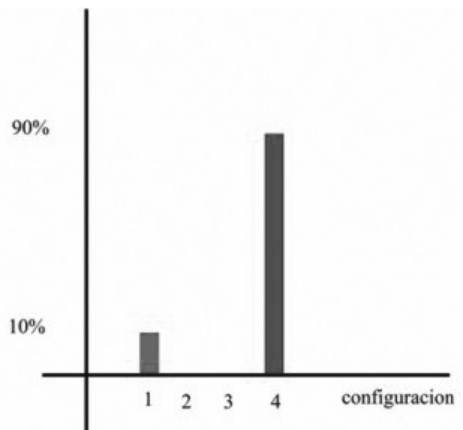


Figura 8. Tabulación de resultados

- Se encontró que todos los usuarios manifestaron sentirse cómodos teniendo los pulsadores en una misma línea, dejando claro que no necesariamente deberían estar en forma horizontal, sino seguidos en cualquier dirección.
- Por medio de la observación directa es de notar que cuando un pulsador queda por encima de la esfera de control se hace incómodo para su accionamiento.

2ª experimentación:

el objetivo fue evaluar el tamaño y altura más indicada para el tamaño del comando scroll en el periférico.

El la Figura 9 se muestra el orden de las configuraciones y en la Figura 10 el resultado de la tabulación de datos.

De izquierda a derecha: Scroll 1, 2, 3 y 4.



Figura 9. Modelo utilizado para la 2ª experimentación

Resultados:

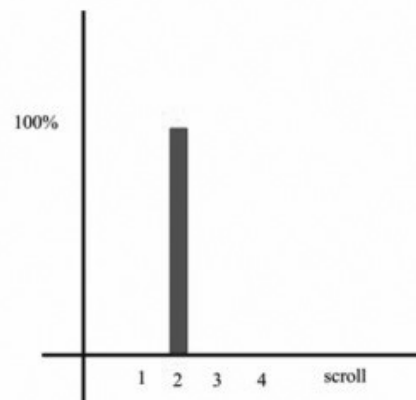


Figura 10. Tabulación de resultados

- En conclusión el scroll cuyo diámetro es de 6 cm. y con una altura con respecto al nivel del mouse de 1,5 cm mostró mejores resultados.

3ª experimentación:

Consistió en evaluar el tamaño más adecuado para la esfera que controla el cursor en el periférico.

El la Figura 11 se muestra el orden de las configuraciones y en la Figura 12 el resultado de la tabulación de datos.

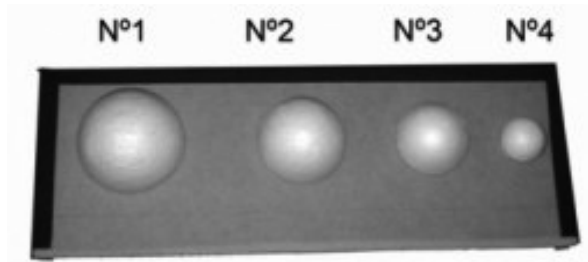


Figura 11. Modelos utilizados para la 3ª experimentación

Resultados:

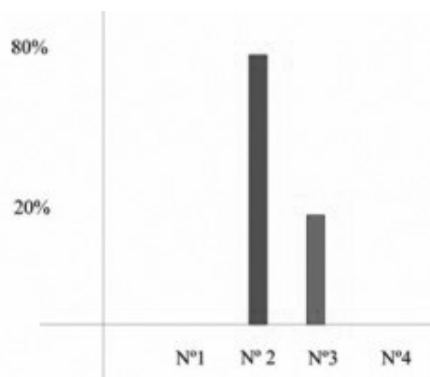


Figura 12. Tabulación de resultados

- Se encontró que el tamaño de la esfera, no influyó para que tuviera un control más confiable puesto que los usuarios dijeron sentirse a gusto con la esfera planteada o ligeramente mayor (5mm más grande), por otro lado es necesario hacer más suave el movimiento de la esfera dentro de la camisa y agregarle algún tipo de textura para mejorar el contacto.

4ª experimentación: Permitió evaluar el tamaño de los comandos de accionamiento.

El la Figura 13 se muestra el orden de las configuraciones y en la Figura 14 el resultado de la tabulación de datos.

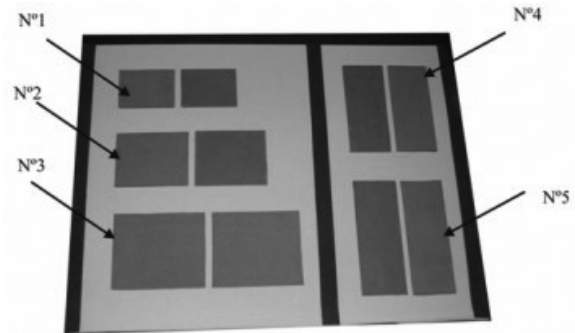


Figura 13. Modelo utilizado para la 4ª experimentación

Resultados:

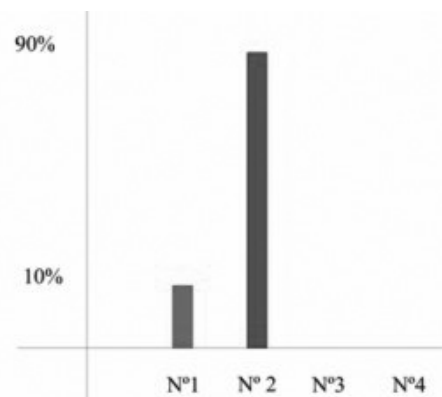


Figura 14. Tabulación de resultados 4ª experimentación

- El tamaño elegido por los usuarios es el mínimo de contacto, los usuarios dijeron sentirse indiferente con botones más grandes a este tamaño.

Buscando entregar un producto con calidad ergonómica se le realizó una primera prueba de usabilidad [13] cuyo objetivo fue calificar el uso integrado de los sistemas planteados en el periférico para evaluar la comprensión y entendimiento de estos por parte de los usuarios.



Figura 15. 1ª Prueba de usabilidad

Esta prueba de usabilidad de análisis integrado de los sistemas, permitió observar el rendimiento y aceptación por parte de los usuarios en el modelo realizado. Se pudo constatar que los materiales con los que se fabricó permitían el pandeo del periférico al aplicarse una fuerza cuando se oprimía el pulsador, siendo esto el principal aspecto observado por parte de los entrevistados. También se encontró que debía existir mayor suavidad en el control de la esfera y reducirse considerablemente el tamaño total del conjunto.

Cabe señalar que los usuarios con amputación a nivel del codo, dijeron no tener necesidad de utilizar la extensión en su dimensión completa (30 cm. desde la mesa) sino que preferían acercar la silla, haciendo innecesaria la mitad de la extensión. Esta medida es favorable, puesto que a menor longitud en la extensión menor es la posibilidad de pandeo por parte del periférico.

8. PRODUCTO FINAL



Figura 16. Producto terminado.

El periférico está diseñado para sujetarse a mesas con espesores entre 1 y 3 cm. Por medio del movimiento de la leva que presiona el resorte y obliga a cerrar a las tenazas contra la mesa, una vez sujetado, el usuario puede extender el cuerpo del periférico según su nivel de amputación. Se recomienda acomodarlo teniendo en cuenta que la extremidad no debe superar un ángulo de 45° para evitar cansancio.

Se realizó una segunda prueba de usabilidad con el objetivo de evaluar el nivel de comprensión que los usuarios tienen del prototipo funcional mediante la interacción con éste.

Se concluyó que:

- El sistema de sujeción a la mesa, el alcance según el nivel de amputación y el agarre efectuado por la extremidad afectada (similar a un agarre de tipo abarcar efectuado por la mano) funcionaron de la manera esperada aprobando los sistemas que se plantearon para este fin, por lo tanto se considera como adecuada esta solución.
- El usuario entendió la secuencia de uso para la sujeción, el agarre y la adaptabilidad del modelo.
- Según uno de los usuarios utilizados para esta prueba, el sistema posee elementos “fáciles y veloces de manipular”.
- Al indagar si el usuario reconoce cual es la función de cada botón o comando, las respuestas en torno al scroll, esfera, y los botones de los pulsadores principales, fueron acertadas. El usuario comparaba las funciones del periférico con las que reconoce habituales de un mouse convencional. Con relación al tercer botón, mostró sorpresa por su presencia y al conocer que respondía a la función añadida de pulsado sostenido, señaló su utilidad e importancia.
- De manera textual citamos las palabras del usuario: “es un periférico funcional”, dicho porque de acuerdo con su apreciación, el diseño presentado posee características que lo hacen útil, para mejorar la capacidad de manejo de un computador, por parte de las personas que han sufrido amputación.



Figura 17. 2ª prueba de usabilidad

9. DISCUSIÓN

Es satisfactorio saber que durante el proceso se contó con la colaboración de entidades y personas interesadas en el tema de la inclusión social y que apoyan el desarrollo de este tipo de productos, sin embargo y a pesar que ahora existen muchos grupos que dirigen sus esfuerzos a esta labor, aun no se cuenta con una base de datos o información de fácil acceso que permita evaluar la problemática para que el diseño industrial apoye en la solución de elementos más asequibles a los sectores vulnerables.

Durante el proceso se conoció y comparó información tecnológica a nivel local que permite una amplia variedad de aplicaciones en el campo de las ayudas técnicas así como diversos tipos de soluciones, sin embargo muchas de ellas no contribuyen a suplir la deficiencia y con esto lograr la inclusión social.

La variabilidad de los aspectos fisiológicos en la discapacidad de miembros superiores hace que cada caso sea particular y por tanto cada amputación genera un muñón diferente, aun siendo realizada a la misma altura de la extremidad, esta condición hace que el diseño sea particular, ya que la solución que puede ser útil para una situación específica, para otra no lo será.

10. REFERENCIAS

- [1] Censo 2005 DANE. <http://www.dane.gov.co/censo/>. [Citado 23 de Septiembre de 2008].
- [2] Determinación de los factores de riesgo en malformaciones congénitas en la ciudad de Medellín. <http://telesalud.ucaldas.edu.co/rmc/articulos/v2e4a3.htm> . [citado 23 de Septiembre de 2008].
- [3] Caballero M.R. and Pérez C. Revista MAPFRE seguridad. Fundación MAPFRE. España. Año 26 No 102. 2do trimestre 2006. pag 42- 46.
- [4] pregúntame sobre accesibilidad y ayudas técnicas. centro estatal de autonomía personal y ayudas técnicas. España. www.ibv.org/libros del instituto de biomecánica de valencia [citado el 22-11-2007]
- [5] Proceeding of the National Academy of Science www.pnas.org.. [citada el 24 de Septiembre de 2008].
- [6] Políticas de discapacidad. Políticas del Ministerio de Protección Social artículo 6 de la Ley 361 y el Decreto 276 de 2000. www.discapacidadcolombia.com. [citado 24 de Septiembre de 2008].
- [7] JHON CRONEY. Antropometría para Diseñadores. Editorial Gustavo Gilli S.A. 1978
- [8] JULIUS PANERO. Las dimensiones humanas en los espacios interiores. Editorial Gustavo Gilli, S.A. Barcelona 1983
- [9] F. Maradei, F. Espinel, A. Peña. Datos Antropométricos para el Diseño. Publicaciones UIS. 2008.
- [10] Mack, R. L., & Nielsen, J.. Usability inspection methods. SIGCHI Bulletin. 1993. vol 25, No.1, págs. 28-33.
- [11] Rubin, J. Handbook of usability testing: How to plan, design, and conduct effective tests. New York. 1994
- [12] Mayhew, D. J. The usability engineering lifecycle: A practitioner's handbook for user interface design. San Francisco, California: Morgan Kaufmann Publishers. 1999
- [13] DATUS. Como obtener productos con alta usabilidad. Instituto de biomecánica de valencia. Fundación CEDAT. www.ibv.org/libros [citado el 22-11-2007]