



Biomecánica y soluciones industriales

Trabajos de grado de los primeros tecnólogos en diseño de máquinas y productos industriales de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central

Alejandro Martínez Israel*
Autores de Trabajos**

Biomechanics and industrial solutions

Works of degree the first technologists in machines design and industrial products of the Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central

Resumen

En este artículo se presenta una síntesis de los trabajos de grado realizados por los estudiantes de la carrera de Diseño de Máquinas y Productos Industriales durante su formación en el ciclo Tecnológico. Uno de los objetivos fundamentales de estos Trabajos fue abordar temas de Investigación para el desarrollo de nuevos diseños, a partir de temáticas no convencionales y mucho más complejas que las tratadas en los proyectos desarrollados a lo largo del ciclo Técnico Profesional. Los temas de los proyectos partieron fundamentalmente de propuestas trabajadas en las asignaturas de Diseño Mecatrónico y Diseño de Prototipos, orientadas por los Ingenieros Luis Carlos Sarmiento y Jairo Martínez, respectivamente.

Palabras Claves: *Diseño, máquinas, productos Industriales*

Abstract

This article presents a synopsis of the work done by grade students at the Career of Machines Design and Industrial Products during their training in the technological cycle. One of the key objectives of these works was to address topics of research for the development of new designs, from unconventional themes and much more complex than those addressed in the projects developed throughout the cycle Technical Training. The themes of the projects started by proposals worked mainly in the subjects of Mechatronic Design and Design Prototype, driven by Engineers Luis Carlos Sarmiento and Jairo Martinez, respectively.

Key words: *Design, machines, industrial products*

Fecha de recepción: Noviembre 10 de 2008

Fecha de aprobación: Noviembre 25 de 2008

* Ingeniero Mecánico, Universidad Nacional de Colombia, Especialista en Pedagogía y Docencia Universitaria. Universidad de San Buenaventura, Diplomado en Tutoría en Ambientes virtuales de Aprendizaje AVA. UNAB, Docente de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central. E-mail: diprom2005@yahoo.com.mx

** **Héctor Rodríguez Casilimas**, hecrocau6@hotmail.com. **Sidney Garzón Bravo**, sidneygarzón@yahoo.es. **Julio C Luque León**, jluquel@gmail.com . **Blanca Quiroga Franco**, blanca.quiroga@grupophoenix.com. **Edwin Ricardo Ramírez**, ramirez_edwin2000@gmail.com. **Juan Carlos Díaz**, jucaditi@yahoo.com.mx. **Luis Hernando Pineda**, luishernando_pineda@yahoo.com. **Gonzalo Alberto Sierra Valero**, sierra.gonzalo@yahoo.es . **Carlos Enrique Ramírez Tabares**. **Germán Darío Duarte Pinilla**, duarterger@gmail.com. **Andrés Enrique Garzón**, andresegarzonb@hotmail.com . **Giovanni Hernández**, giovannidismaq@yahoo.com. **Wilmar Andrés Giraldo**, an-druck@hotmail.com. **Saúl Rodríguez**, srzing@yahoo.es. **Farid Milkez**. **Martín Deaza**, deazavar777@hotmail.com.



Foto modelo de uno de los trabajos de grado de los estudiantes de diseño de máquinas y productos industriales de la Escuela Tecnológica ITC

1. Introducción

Más allá del hecho obligatorio de presentar estos proyectos como requisito para optar el grado de tecnólogos, los estudiantes se enfocaron en temas de gran interés que les permitieron tomar conciencia de nuevas posibilidades en el ejercicio de su profesión acercándolos a problemáticas que no se ubican exclusivamente en la industria, sino que tocan aspectos humanos, sociales, económicos, físicos y de la salud, involucrando a los diseñadores en campos en los cuales su trabajo no solo es posible sino necesario.

La actividad profesional del diseñador ha de adaptarse a la dinámica propia de la tecnología buscando que esta responda al mejoramiento continuo de la calidad de la vida de los seres humanos, ello demanda adicionalmente su capacidad para trabajar en equipos interdisciplinarios.

La Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, por su carácter académico está llamada a formar profesionales que enfoquen sus conocimientos y sus esfuerzos no solamente al trabajo y a la industria, sino a la sociedad y a sus semejantes, con propuestas innovadoras, técnicamente sustentables y con alta proyección científica. Así, alcanzar las metas propuestas no es suficiente se debe continuar trabajando, mejorando los resultados obtenidos y generando nuevas alternativas, este es quizá uno de los sentidos más claros de la investigación en cualquier campo.



2. Los temas de trabajo

Biomecánica

Junto con la bioelectricidad y la bioquímica conforman la Bioingeniería, en la cual se aplican los principios de la ingeniería y los procedimientos de diseño para resolver problemas médicos. La biomecánica analiza el funcionamiento del cuerpo humano desde el punto de vista de un sistema compuesto por estructuras mecánicas, las cuales pueden sufrir daños propios de su funcionamiento o de agentes externos, y estos pueden ser corregidos con elementos especialmente diseñados para ser utilizados como correctores o sustitutos de las partes lesionadas, cuidando el hecho de ser adaptables y compatibles con el organismo del paciente.

Soluciones Industriales

En el campo de las aplicaciones industriales la actividad del diseñador, busca propuestas novedosas y creativas para solucionar problemáticas específicas, normalmente los diseños están encaminados a mejorar, facilitar o tecnificar procesos, desarrollando máquinas y dispositivos mecánicos óptimos. Dentro de ellas se desarrollo un Proyecto de innovación tecnológica.

Inicialmente se presentarán los trabajos relacionados con la Biomecánica y posteriormente el trabajo de solución industrial.

El problema de la discapacidad física



Foto 1. La discapacidad un problema de todos.

Fuente farm2.static.flickr.com

La población en situación de discapacidad, temporal o permanente, tiene unas necesidades especiales, tanto físicas como de aceptación por parte de la sociedad, que no se pueden satisfacer fácilmente teniendo en cuenta las condiciones socio económicas de la gran mayoría de estas personas quienes no pueden acceder a la adquisición de prótesis que les ayuden a mejorar la calidad de vida. Según los datos de los últimos censos¹ las personas en situación de discapacidad son el 10% de la población en Co-

¹ <http://www.discapacidad.gov.co/estadisticas/Registro/registro.htm>

http://www.asivamosensalud.org/descargas/Carrasquilla_CEIS.pdf



lombia, de ellas un número significativo requiere especialmente de prótesis de mano. Consciente de esta necesidad y buscando nuevas propuestas para el trabajo de los estudiantes de tecnología, el ingeniero Luis Carlos Sarmiento, docente de la asignatura diseño mecánico creó la iniciativa de desarrollar sistemas protésicos de mano tanto mioeléctricas como mecánicas. Con relación a este tema se desarrollaron cuatro trabajos.

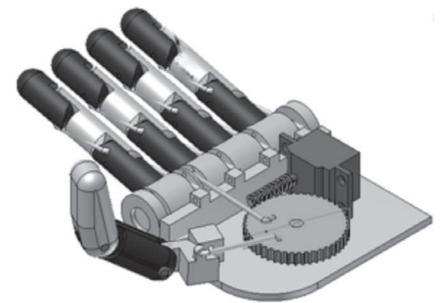
3. Proyectos que buscan el mejoramiento de la discapacidad física

3.1 Diseño de una prótesis de mano para presión palmar²

Abstract

The project is based on the design of a prosthetic hand to palm grip, which departed from the analysis of the functions of the human hand, were developed several virtual models, which are selected and developing an initial prototype whose fingers are made up by smugglers bar articulated and all controlled by a servomotor. A second design development work for the degree of which uses a four-bar mechanism to ensure the movement of the phalanges of the index fingers, heart and cancel little finger, the movement of extension (opening) and bending (closing) of the hand, including the thumb is achieved by a single drive unit powered by a battery and controlled by sensors, as seen in the pictures.

El proyecto esta basado en el diseño de una prótesis de mano para presión palmar, que partió del análisis de las funciones de la mano humana, se desarrollaron varios modelos virtuales, de los cuales se seleccionó y desarrolló un primer prototipo cuyos dedos están constituidos por barras articuladas mediante pasadores y todos controlados por un servomotor. Un segundo diseño se desarrolló para el trabajo de grado el cual utiliza un mecanismo de cuatro barras para lograr el movimiento de las falanges de los dedos índice, corazón, anular y meñique, los movimientos de extensión (apertura) y flexión (cierre) de la mano, incluyendo el pulgar se logra mediante un solo servomotor accionado por una batería y controlado por sensores, como se observa en las imágenes.



Figra 1. Diseño en inventor profesional v. 11. Primera versión , sexto semestre .

Fuente: Rodríguez, Garzón & Luque

² Trabajo de grado realizado por los estudiantes Héctor Rodríguez Casilimas, Sidney Garzón Bravo y Julio C Luque León.



Este diseño se desarrolló como proyecto Integrador en la asignatura mecatrónica, en el VI semestre de la Tecnología en Diseño de Maquinas y Productos industriales.

Para el VII semestre de tecnología, como trabajo de grado se propuso mejorar este diseño y se llegó a la siguiente alternativa donde se utilizaron entre otros materiales:

Barra cuadrada de aluminio de 5/8" para los dedos, Láminas en aluminio para el recubrimiento del torso y palma de la mano, Barras en aluminio internas que permitían realizar el movimiento de los dedos, abrir – cerrar "Prensión palmar" todo esto realizado a través de un sistema de sinfín-corona y accionados por un servomotor.

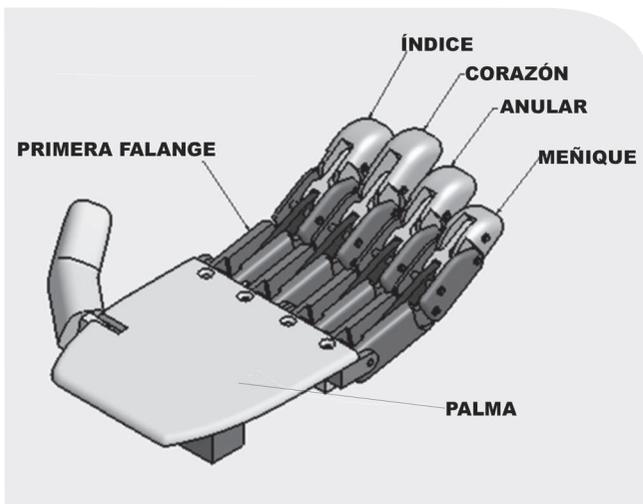


Figura 2. Diseño en inventor profesional v.11. Segunda versión. Séptimo semestre

Fuente: Rodríguez, Garzón & Luque

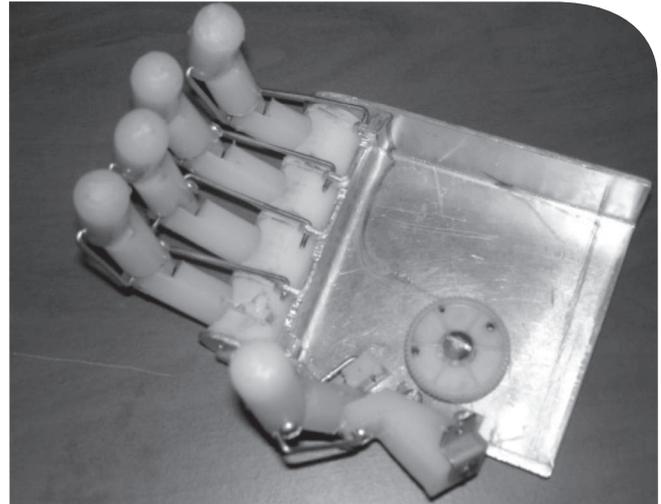


Foto 2. Prototipo en Nylon y aluminio presentado en mecatrónica.

Fuente: Rodríguez, Garzón & Luque

El sistema mecánico de la prótesis fue ensamblado y probado logrando un funcionamiento satisfactorio en el control del cierre (flexión) y apertura (extensión) de la mano. El prototipo se observa en la foto 2 muestra la posición de la mano parcialmente cerrada, se aprecia el mecanismo de accionamiento entre el dorso y la palma de la mano protésica y los cables de conexión a la batería y los sensores.

Actualmente en el Octavo semestre del ciclo de Ingeniería en Diseño de Maquinas y Productos Industriales, se desarrolla un trabajo de investigación encaminado al mejoramiento integral y rediseño de la prótesis teniendo en cuenta entre otros factores, reducción del peso, mejora en el funcionamiento, selección y aplicación de nuevos materiales y adaptación mas adecuada de la prótesis al paciente en el sócalo de fijación.



Foto 3 Prototipo para la obtención del título de Tecnólogo.

Fuente. Rodríguez, Garzón & Luque

3.2. Diseño de una prótesis de mano mecánica³

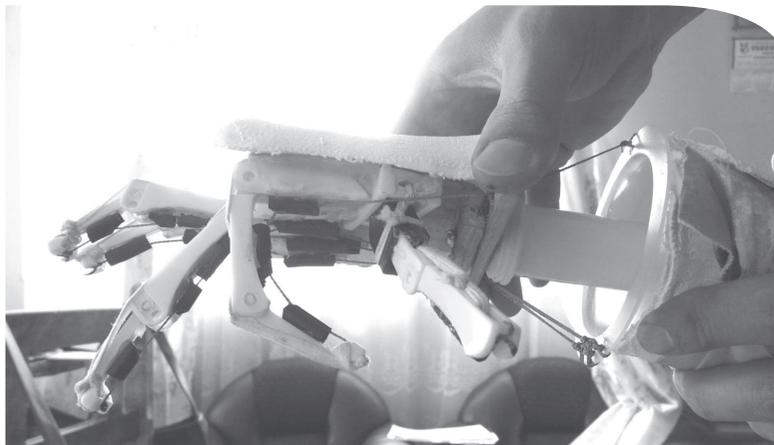


Foto 4. Primer prototipo mecánico de guayas, tensión por rotación.

Fuente: Quiroga, Ramírez, Díaz & Pineda

Abstract

We carried out the process of designing prosthesis for upper limb entirely mechanical, seeking to reduce costs and improve the functionality with respect to the accuracy and strength characteristic that presents the traditional mechanical systems. The hybrid systems that combine mechanics and electronics, are driven by servo motors powered by battery current, these systems typically do not control the force applied to the device at the time of grip, unlike the mechanical system that is powered with the own energy of the person who can calculate the force applied, so that they can manipulate things more sensitive to daily use, without fear that he was draining the energy of actuation of the prosthesis.

Se realiza el proceso de diseño de una prótesis de miembro superior totalmente mecánica, buscando reducir los costos y mejorando la funcionalidad con respecto a la precisión y fuerza característica que presentan los sistemas mecánicos tradicionales. Los sistemas híbridos que combinan la mecánica y la electrónica, son accionados por servomotores alimentados por baterías de corriente continua, estos sistemas normalmente no permiten controlar la fuerza aplicada al dispositivo en el momento de hacer presión, a diferencia del sistema mecánico que es accionado con la energía propia de la persona quien puede calcular la fuerza aplicada, de manera que puede manipular las cosas más delicadas que a diario utiliza, sin temor a que se le agote la energía de accionamiento de la prótesis. Ver figura 3.

La mano del hombre es una excelente herramienta, capaz de ejecutar innumerables acciones gracias a su función esencial: la presión. Pero, no solamente tiene la función prensil necesaria para desarrollar las actividades laborales, recreativas y de comunicación además es un instrumento altamente especializado, dotada de una gran riqueza funcional en las posi-

³ Trabajo de grado realizado por los estudiantes: Blanca Quiroga Franco, Edwin Ricardo Ramirez, Juan Carlos Diaz y Luis Hernando Pineda



ciones, los movimientos y las acciones, permite realizar funciones diversas como herramienta de fuerza y a su vez es un instrumento de alta precisión que interviene prácticamente en la totalidad de las actividades.

Un primer prototipo fue desarrollado para realizar pruebas antes del desarrollo final. *Ver foto 5.*

Este tipo de mano mecánica tiene la característica de abrir y cerrar a voluntad del paciente, y a través de un sistema de cables que serán colocados de manera que permita al paciente la movilización de la misma. La parte estética se logra con un guante sintético el cual presenta las características de la mano normal. El proyecto consiste en ofrecer un sistema biomecánico de mano muñeca, donde se canalizan los movimientos naturales del antebrazo; para lograr restaurar las funciones primordiales como son: La de afianzar objetos livianos de diferentes geometrías, empuñar dispositivos y herramientas.

Para el desarrollo del diseño se tuvo en cuenta:

Los dedos y la palma emplean compuestos plásticos como el nylon, las articulaciones se mecanizaron en torno y los tendones son reemplazados por guayas. Para el accionamiento completo de la mano se requiere girar el antebrazo 90° en sentido de las manecillas del reloj, a medida que el antebrazo gira, la mano se cierra proporcionalmente, si la persona lo desea puede devolverse para abrir la mano, pero si gira completamente los 90° llega hasta un mecanismo de enclavamiento donde permanece la mano cerrada, para que la mano vuelva a abrir se requiere que gire 90° en sentido anti-horario, así se completa el ciclo y vuelve a su posición inicial.

Toda la mano es accionada por la rotación del antebrazo en la sección cercana a la muñeca cuyo giro es a voluntad de la persona dependiendo la actividad que vaya a realizar.

Debido al mecanismo empleado en los dedos el prototipo no está diseñado para realizar prensiones de punta fina.

El prototipo tiene además una extensión que le permitirá adaptarse al muñón del amputado.

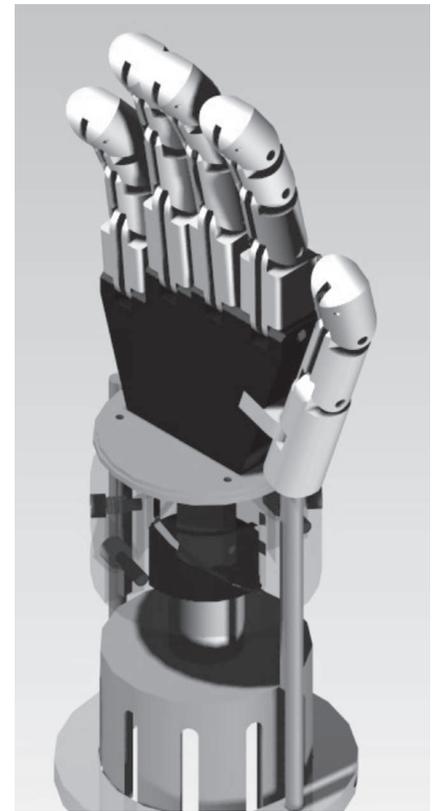


Figura 3. Diseño en inventor profesional v11. Segunda versión.

Fuente: Quiroga, Ramírez, Díaz & Pineda



Foto 5. Prototipo para la obtención del título de tecnólogo.

Fuente: Quiroga, Ramírez, Díaz & Pineda



3.3 Diseño y fabricación de un prototipo de una prótesis de mano ⁴

Abstract

The work is focused on the design and construction of the mechanical system of a prosthetic hand with five fingers on active flexion and extension (opening and closing), with two degrees of freedom. The shape, weight, volume and some movements are emulated by the human hand. The human hand meets a variety of functions ranging from the grip with maximum power up the possibility to implement actions with a high degree of accuracy, thereby using all the fingers, just a few of them or their fingers and palms.

Hence, the loss of all or part of it reduces the capacity to implement actions that are common and necessary for our daily activities whether personal, work or recreation.

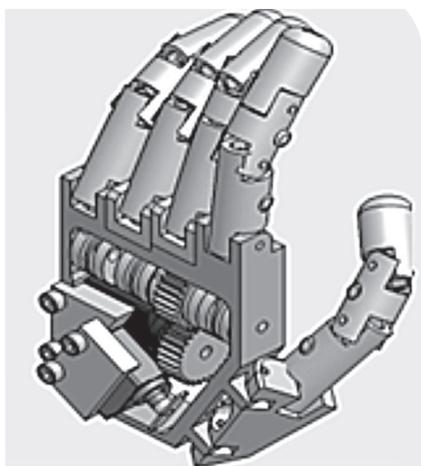


Figura 4. Propuesta 1. Diseño en Inventor Profesional v.11

Fuente: Sierra, Ramírez y Duarte

El trabajo esta enfocado en el diseño y construcción del sistema mecánico de una prótesis de mano, con cinco dedos activos en flexión y extensión (apertura y cierre), con dos grados de libertad. La forma, peso, volumen y algunos movimientos son emulados de la mano humana.

La mano humana cumple diversas funciones que van desde el agarre con máxima potencia hasta la posibilidad de ejecutar acciones con alto grado de precisión, utilizando para ello la totalidad de los dedos, solo unos de ellos o los dedos y la palma de la mano.

De allí que la perdida total o parcial de la misma reduce la capacidad para ejecutar acciones que son comunes y necesarias para nuestras actividades diarias ya sean personales, laborales o recreativas.

Las principales funciones de agarre que se ejecutan con la mano humana se observan en la figura 5.

A partir de un análisis biomecánico general se definieron los parámetros de diseño a partir de las funciones básicas que debe cumplir la prótesis y de las restricciones de peso, tamaño, ma-

⁴ Trabajo de grado realizado por los estudiantes Gonzalo Alberto Sierra Valero, Carlos Enrique Ramirez Tabares y German Dario Duarte Pinilla



Figura 5. Tipos de prensión de la mano humana .

Fuente <http://biocart.blogspot.com/2007/01/arquitectura-electronica-para-el-control.html>

teriales y costos, entre otros. Se desarrollaron así dos alternativas las cuales se evaluaron, seleccionando la primera de ellas, la cual, consiste en una mano que realiza los movimientos de cada falange por medio de dos hilos que cumplen la función de los tendones (agonista y antagonista) encargados de la flexión y la extensión de la mano. *Ver figura 6*

El prototipo final consistió en una prótesis cuyo mecanismo actuador es un eje sobre el cual se enrollan y desenrollan guayas que simulan la acción de los tendones para lograr las acciones de apertura (extensión) y cierre (flexión) de la mano, el mecanismo es accionado por servomotores independientes para el dedo pulgar y los demás dedos, de manera que los estímulos musculares del paciente controlan la mano a través de sensores ubicados en el sócalo de la prótesis. *Ver foto 6*

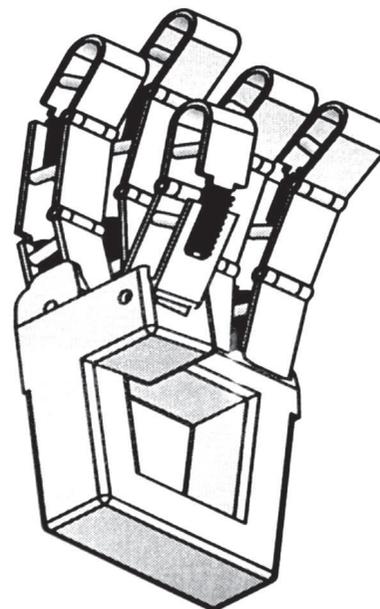


Figura 6: Propuesta 2. Diseño en Inventor Profesional v.11. Fuente Sierra, Ramírez y Duarte

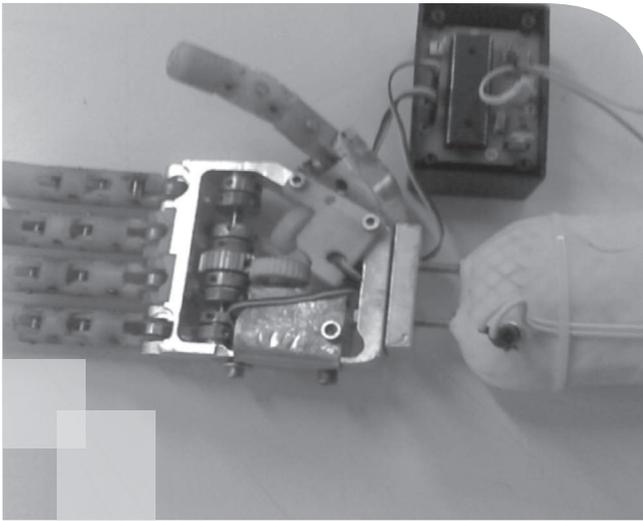


Foto 6. Prototipo para la obtención del título de Tecnólogo. Fuente: Sierra, Ramírez y Duarte

3.4 Diseño de una mano mecánica con servomotores⁵

Abstract

The main objective of this work is to lay the foundations for the development of a mechanical hand to fulfill the tasks of a multipurpose manipulator which is used in the future to perform tasks in various carriers in the industry in which there is high risk of accident compromising the integrity of workers mainly in their upper limbs and in this case, specifically his hands, the manipulator applications in high-risk environments to avoid the operator suffer accidents caused by entrapment, crushing, mutilation, abrasion or burns among others.

El objetivo principal de este trabajo es establecer las bases fundamentales para el desarrollo de una mano mecánica que cumpla con las tareas de un manipulador multipropósito el cual sea utilizado a futuro para realizar tareas diversas en áreas de la industria en las cuales existe alto riesgo de accidente com-

⁵ Trabajo de grado realizado por los estudiantes: Andrés Enrique Garzón, Giovanni Hernández y Wilmar Andrés Giraldo

prometiéndole la integridad de los trabajadores principalmente en sus miembros superiores y en este caso específicamente sus manos, Las aplicaciones del manipulador en ambientes de alto riesgo evitará que el operario sufra accidentes causados por atrapamiento, aplastamiento, mutilación, abrasión o quemaduras entre otras.

Inicialmente se analizaron los principios fundamentales de aprehensión que realizamos con nuestras manos para utilizarlos como modelo de diseño, como se aprecia en las fotos 7 y 8



Foto 7 Prehensión hecha por la mano a un objeto. Fuente Garzón, Hernández & Giraldo

Foto 8. Acción de pinza hecha por la mano a un objeto. Fuente Garzón, Hernández & Giraldo



Prehensión:

Acción de coger envolviendo un objeto, los dedos se cierran en torno al objeto envolviéndolo



Pinza

Acción de coger con las puntas de los dedos opuestos.

Posteriormente se definieron algunos criterios de diseño a partir de los cuales se desarrolló la propuesta, tales como:

- Diseño del modelo que contenga un sistema mecánico que abra y cierre la mano y que logre un enclavamiento.
- El accionamiento de la mano se controla por medio de un sistema electrónico,

PIC 16F877A para lograr el recorrido que se requiere para cada uno de los dos servomotores según sea la necesidad del caso.

- La mano soportará una carga de 250 gramos aproximadamente y cuenta de un adaptador para poderla anclar a un extensor o brazo multipropósito.
- Construcción del prototipo en madera mostrando su funcionamiento con sus mecanismos y control electrónico. Ver figura 7.

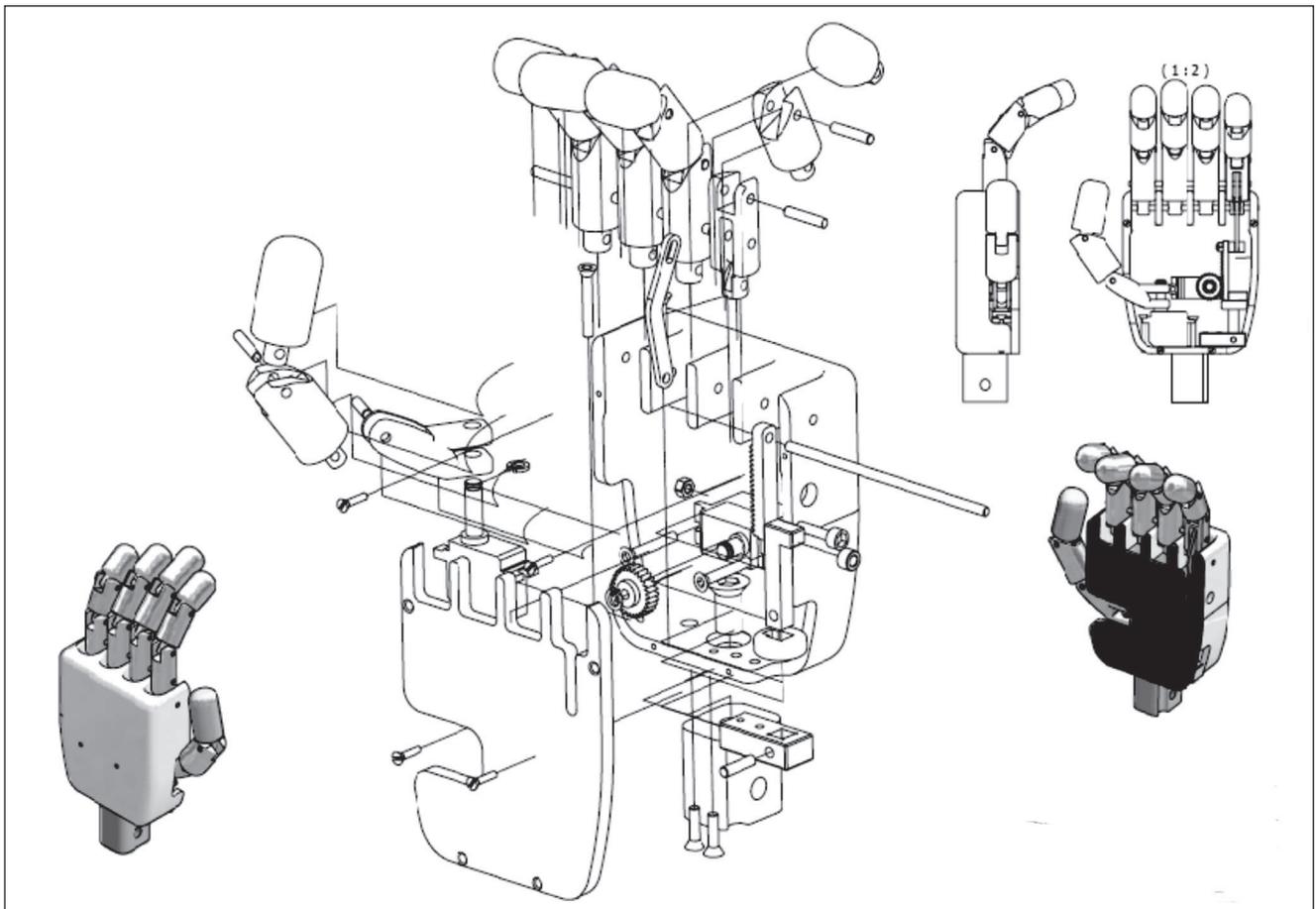


Figura 7. Diseño en Inventor Profesional v.11 Fuente Garzón, Hernández & Giraldo



3.5 Diseño de una electroerosionadora de corte por hilo ⁶

Abstract

WEDM's process (Wire electrical discharge machining) or known like electro erosion for thread, it(he, she) has helped to minimize times of design and manufacture, facilitating the mechanized one of pieces with thermal treatments and / or complex geometries, but to high costs of service and exclusivity of imported machineries. Consequently the need to know arises and to appropriate of the specific technology of the cut for WEDM with the intention of design a head electrical wire to provide these same benefits by applying engineering and Colombian resources.

El proceso de WEDM (*Wire electrical discharge machining*) o conocido como electro erosión por hilo, ha contribuido a minimizar tiempos de diseño y fabricación, facilitando el mecanizado de piezas con tratamientos térmicos y/o geometrías complejas, pero a elevados costos de servicio y exclusividad de maquinarias importadas. Por consiguiente, surge la necesidad de conocer y apropiarse de la tecnología específica del corte por WEDM con el propósito de diseñar un cabezal de electro erosión por hilo que brinde estos mismos beneficios aplicando recursos e ingeniería colombiana.

El mecanizado por descarga eléctrica EDM (*Electrical Discharge Machining*): o electro erosión, es un proceso de mecanizado que utiliza descargas eléctricas entre dos electrodos para eliminar material de la pieza de trabajo,

siendo ésta uno de los electrodos. Al electrodo que hace las funciones de herramienta se le denomina simplemente electrodo mientras que al electrodo sobre el cual se desea llevar a cabo el arranque se le conoce como pieza de trabajo. El área de trabajo se encuentra inmersa dentro de un fluido dieléctrico que retira el material desprendido en el proceso.

Los equipos de electro erosión tienen una serie de componentes básicos: electrodo, pieza de trabajo, fluido dieléctrico, sistema de filtrado y bombeo de dieléctrico, generador de corriente eléctrica, sistema de movimiento de avance del electrodo, las características de cada componente dependen del equipo al que van destinados y del tipo de pieza a mecanizar.

Se distinguen tres grupos de máquinas de electro erosión:

Las que tienen un electrodo sólido

Que entra dentro del material para mecanizarlo, que se denominan máquinas de penetración o electro erosión por penetración.

Las rectificadoras por electro erosión

Donde se ha sustituido la muela de la rectificadora por un electrodo.

Las que utilizan un electrodo de hilo

Que atraviesa el material a mecanizar de forma similar a como lo haría una sierra, denominadas máquinas de electro erosión por hilo.

Si el movimiento del hilo depende de un sistema de control numérico con cinco grados de

⁶ Trabajo de grado realizado por los estudiantes: Saul Rodriguez, Farid Milkez Y Martin Deaza



libertad, las posibilidades de mecanización de geometrías complejas aumentan. La figura 8 muestra el principio de funcionamiento de la electro erosión por hilo.

Diseño Del Cabezal

Teniendo en cuenta que en nuestro país son muy pocas las máquinas de WEDM, que se han comercializado, las mismas no cuentan con los últimos desarrollos tecnológicos para cortes especiales con geometrías complicadas y utilizando 5 ejes de control.

Para desarrollar el objetivo general, se escogió como máquina base una fresadora universal, teniendo en cuenta que esta es una de las herramientas que con mayor frecuencia se usan y se encuentran en los talleres especializados como los que fabrican moldes, troque-

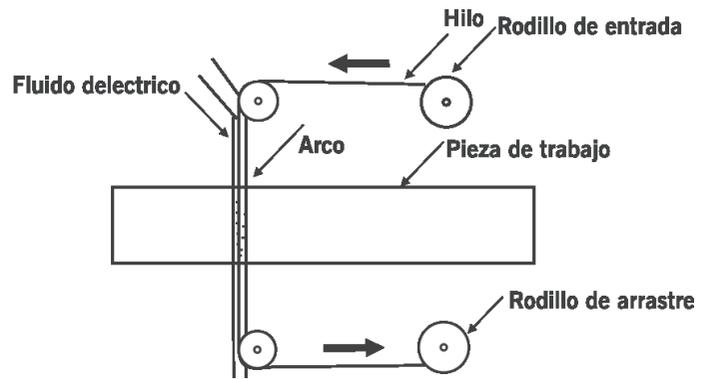


Figura 8. Esquema General de la Electroerosionadora por hilo.

Fuente Rodríguez, Milkes & Deaza

les y piezas especiales. El cabezal fue diseñado para ser montado en el eje vertical de la fresadora, el rollo de alambre y su sistema de control de avance se pueden montar fácilmente a la estructura de la fresadora, en la figura 9 se observa el plano general y vista isométrica del cabezal.

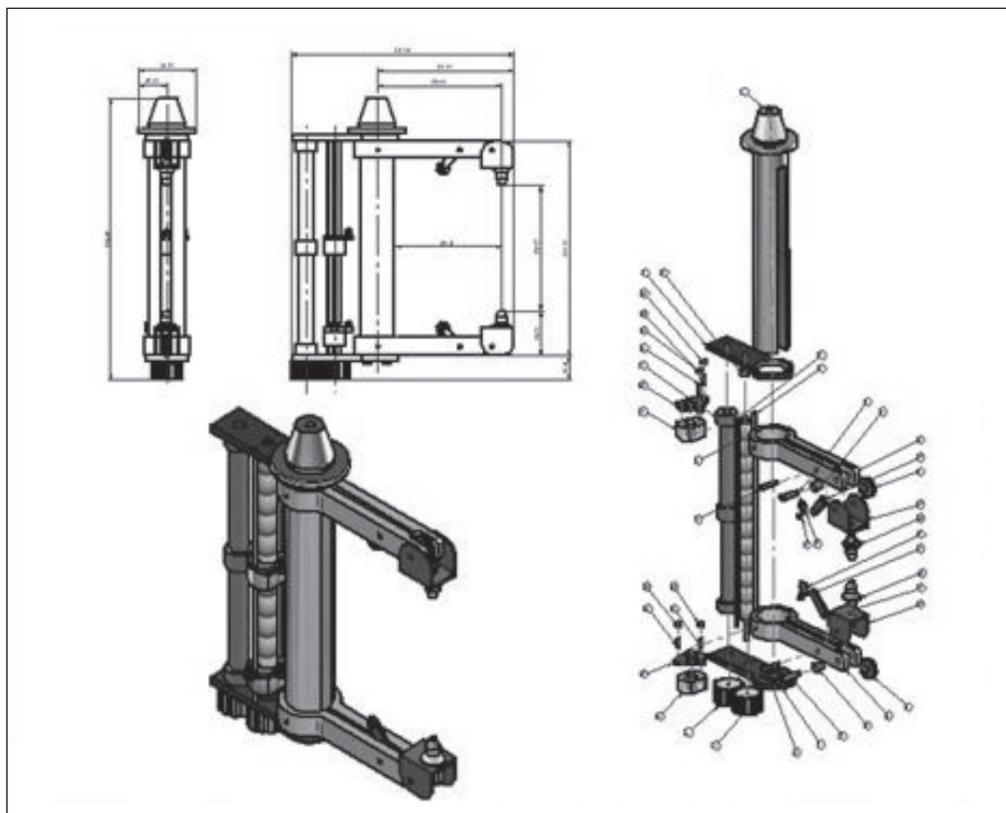


Figura 9. Diseño en Inventor Profesional v.11 fuente Rodríguez, Milkes & Deaza



4. Conclusiones

Los trabajos desarrollados en el ciclo tecnológico del programa de Diseño de Máquinas y Productos Industriales, alcanzaron resultados que se destacaron por ir más allá del sólo compromiso académico, son sin duda el reflejo de un buen trabajo en equipo en el que estudiantes y docentes remontaron el techo del ciclo técnico profesional, demostrando que los profesionales de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central y su cuerpo docente, corresponden con las expectativas y las responsabilidades de su carácter.

Los aspectos académicos, de proyección social y de investigación además de ser fundamentales en la formación superior, deben trabajarse en forma integral, no es posible pensar en excelentes profesionales sin un serio compromiso social, que refleje su capacidad humana para sensibilizar la ciencia y la tecnología en pro de sus semejantes y de la solución de problemas reales de nuestra sociedad y de nuestras personas; de igual forma no es posible concebir una Escuela Tecnológica, que no sea protagonista en el panorama de los nuevos desarrollos tecnológico de nuestro país.

5. Bibliografía

Appold, Hans y otros. (1985) *Tecnología de los Metales*. Barcelona Editorial Reverte S.A., 1985, 400 p.

Callister, Jr William D. *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. Editorial Reverte, S.A pág. 749 Tabla 23.3

Estrada, J. (1995) *Parámetros antropométricos de la Población laboral Colombiana 1995* (acopla 95), revista Facultad Nacional de Salud Publica, Universidad de Antioquia, Numero 15, Pág. 112-139

Mosquera, L. (2004) Guedez, V. *Estudio biomecánico de la Mano durante el agarre de herramientas manuales, y tercera conferencia internacional de prevención de riesgos ocupacionales, 2004*

Normas Técnicas Colombianas, Compendio sobre dibujo técnico, Bogotá: INCONTEC. 1997, 600 p.

Normas Técnicas Colombianas, Normas para la presentación de tesis de grado, Bogotá: INCONTEC. 1997, 132 p.



Rojas, L. D. (1997) *Las Manos*, Livraria Santos Editora, Pág. 4-5, 290-295

Shigley, J. E. (1972) *Diseño de Elementos Mecánicos*. New Cork: Editorial McGraw Hill. Edición, 600 p.

Singer, F. (1817) *Resistencia de Materiales*. México. Editorial Harla. Edición 1817, 636 p.

Bennet JB, Alexander CB.. "Amputation levels and surgical techniques". In: Atkins DJ, Meier.

Burrough SF, Brook, JA. "Patterns of acceptance and rejection of the upper-limb prosthesis".

Programa de derechos humanos y discapacidad, Vicepresidencia de la Republica, Informacion Estadistica, DANE 2005, <http://www.discapacidad.gov.co/estadisticas/Registro/registro.htm>

Carrasquilla, G., Martinez; S, *Situación de la discapacidad en Colombia, Centro de Estudios e Investigación en Salud*. Fundación Santa-fé de Bogotá.
http://www.asivamosensalud.org/descargas/Carrasquilla_CEIS.pdf

Dorador, González J Rios, Murillo Patricia Araceli, Florez, Luna Rosa Itzel, Juarez, Mendoza Ana Marissa, *Diseño de Prótesis Inteligentes*, División de Ingeniería Mecánica e Industrial, Departamento de Ingeniería Mecatrónica, Centro de Diseño y Manufactura, México 2004, http://www.unam.mx/simposio_investigacion2dic04/disenos_protesis_extenso

Medline, Plus, Informacion de Salud para Usted, Servicio de la biblioteca nacional de Medicina de los EE UU, y los Institutos Nacionales de Salud, Página actualizada: 30 octubre 2008.
<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/amputees.html>