

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE ENFERMERIA

CARRERA TERAPIA FISICA

**DISERTACIÓN DE GRADO PARA OBTENER EL TITULO DE LICENCIADA EN
TERAPIA FISICA**

**EVALUACION ANTROPOMETRICA DE MANOS EN ESTUDIANTES DE LA
CARRERA DE TERAPIA FISICA DE LA PUCE PARA LA ELABORACION DE
UNA BASE DE DATOS ANTROPOMETRICA DE MANO APLICADA EN EL
REDISEÑO DE UN EXOESQUELETO.**

Elaborado por:

Jennifer Ortiz y Gabriela Tonato

Quito, Febrero 2018

INDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|----|
| INTRODUCCION | 1 |
| CAPITULO 1: Aspectos básicos de la investigación | 3 |
| 1.1. Descripción del Tema | 3 |
| 1.2. Planteamiento del problema | 5 |
| 1.3. Justificación | 9 |
| 1.4. Objetivos | 11 |
| 1.4.1. Objetivo general | 11 |
| 1.4.2. Objetivos específicos | 11 |
| 1.5. Metodología | 11 |
| 1.5.1. Tipo de estudio | 12 |
| 1.5.2. Población y muestra..... | 12 |
| 1.5.3. Fuentes, Técnicas e Instrumentos..... | 12 |
| 1.5.4 Recolección de la información: | 13 |
| 1.5.5 Análisis de la información..... | 15 |
| CAPITULO 2: Marco Teórico | 16 |
| 2.1. Anatomía de la mano | 16 |
| 2.2. Funciones de la mano | 20 |
| 2.2.1. Clasificación de la presión..... | 20 |

| | |
|---|-----------|
| 2.3. Exoesqueletos..... | 22 |
| 2.3.1. Ejemplos de exoesqueletos..... | 24 |
| 2.3.2. Importancia de los exoesqueletos..... | 25 |
| 2.3.3. Diseño del exoesqueleto | 26 |
| 2.4. Antropometría..... | 28 |
| 2.5. Matriz de operacionalización de variables | 30 |
| CAPITULO 3: Resultados y Discusión..... | 32 |
| 3.1. Resultados..... | 32 |
| 3.2. Discusión de resultados..... | 43 |
| CONCLUSIONES..... | 46 |
| RECOMENDACIONES | 47 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 48 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Zonas de la muñeca (I, II, III, IV, V)..... | 18 |
| Tabla 2: Zona de la mano (I, II, III, IV, V, VI) | 19 |
| Tabla 3: Clasificación de los exoesqueletos | 22 |
| Tabla 4: Descripción de las variables presentes en el estudio. | 30 |
| Tabla 5: Longitud de la mano, palma, falanges proximales, falanges medias, falanges distales, tenar opuesto y flexión a 90°. | 33 |
| Tabla 6: Perímetro de la base de las falanges proximales, muñeca y muñeca a 1 cm..... | 33 |
| Tabla 7: Diámetro de agarre, ancho de la mano, interfalanges proximales y biestiloide. | 34 |
| Tabla 8: Longitud de la mano, palma y falanges proximales masculinas. | 35 |
| Tabla 9: Longitud falanges medias masculinas. | 36 |
| Tabla 10: Longitud falanges distales, tenar opuesto y flexión a 90° masculinas | 36 |
| Tabla 11: Perímetro de la base de las falanges proximales, muñeca y muñeca a 1 cm en hombres..... | 37 |
| Tabla 12: Diámetro de agarre, ancho de la mano, interfalanges proximales y biestiloide de los hombres..... | 38 |
| Tabla 13: Longitud de la mano, palma y falanges proximales femeninas..... | 39 |
| Tabla 14: Longitud falanges medias femeninas. | 40 |
| Tabla 15: Longitud falanges distales, tenar opuesto y flexión a 90° femeninas..... | 40 |
| Tabla 16: Perímetro de la base de las falanges proximales, muñeca y muñeca a 1 cm en mujeres. | 41 |

Tabla 17: Diámetro de la base de las falanges media, agarre, ancho de la mano y articulación

biestiloide de las mujeres. 42

LISTA DE GRAFICOS

| | |
|---|----|
| Grafico 1: Surcos Palmares..... | 17 |
| Grafico 2: Pinza bidigital..... | 20 |
| Grafico 3: Pinza trípode palmar..... | 20 |
| Grafico 4: Pinza lateral | 21 |
| Grafico 5: Presión cilíndrica | 21 |
| Grafico 6: Garra polidigital..... | 21 |
| Grafico 7: Presión en gancho..... | 21 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| ANEXO 1: Documento de Consentimiento Informado para Antropometría de Manos | 56 |
| ANEXO 2: Consentimiento informado..... | 57 |
| ANEXO 3: Hoja de Registro de Medidas Antropométricas | 58 |

Resumen

El presente estudio antropométrico de mano es de tipo observacional, descriptivo y transversal. Tenemos como objetivo principal evaluar la antropometría de manos en estudiantes de la PUCE, para la elaboración de una base de datos antropométrica de mano. La recolección de datos fue realizada de junio a septiembre del 2017, periodo en el cual se midió las manos de 257 estudiantes presenciales de la carrera Terapia Física.

En la actualidad existe un gran porcentaje de lesiones traumáticas, neurológicas y reumáticas que afectan al sistema músculo esquelético. A medida que la tecnología avanza, se ha podido demostrar que el ser humano es capaz de construir diferentes tipos de ayudas, para que los pacientes con lesiones puedan recuperar su independencia. Ahora nos encontramos ante la necesidad de dar una mejor comodidad y adaptación a un exoesqueleto y así lograr un diseño capaz de cumplir con el movimiento humano funcional, todos los movimientos deben ser hechos de acuerdo al requerimiento del paciente y no a una máquina, así mejoramos cada vez más la calidad de vida de la persona.

El propósito de obtener las medidas antropométricas es rediseñar un exoesqueleto ajustable a las necesidades de diferentes pacientes. En la base de datos antropométrica se pudo evidenciar que la longitud de la mano de una mujer tiene una longitud máxima 19,60 cm y la longitud mínima de la mano 15 cm, la longitud máxima en el sexo masculino de la mano 21,50 cm y la longitud mínima 16 cm y así demostramos la diferencia de 1,90 cm con respecto al valor máximo. Mientras que la longitud del agarre entre el pulgar y el índice, es de 4,50 cm. en hombres y de 3,60 cm. en mujeres.

Datos como estos nos indican la necesidad de que el exoesqueleto sea capaz de ajustarse a cada centímetro del paciente que lo necesite porque un centímetro de libertad, puede alterar una correcta rehabilitación.

Palabras clave: Antropometría, Exoesqueletos, Discapacidad

Abstract

The present anthropometric hand study is observational, descriptive and transversal. Our main objective is to evaluate the anthropometry of people in PUCE students, for the elaboration of a hand-held anthropometric database. The data collection was carried out from June to September 2017, the period in which the hands of 257 face-to-face students of the Physical Therapy career were measured.

At present there is a large percentage of traumatic, neurological and rheumatic injuries that affect the skeletal muscle system. As technology advances, it has been possible to demonstrate that human beings are capable of constructing different types of aids, so that patients with a history can recover their independence. Now, there is an answer to the need to give a better adaptation and adaptation to an exoskeleton and thus achieve a design compatible with the functional human movement, all movements must be made according to the requirement of the patient and not a machine, so we improve more and more the quality of life of the person.

The purpose of obtaining anthropometric measurements is to redesign an adjustable exoskeleton to the needs of different patients. In the anthropometric database it was possible to demonstrate that the length of a woman's hand had a maximum length of 19.60 cm and the minimum length of the hand of 15 cm, the maximum length in the male sex of the hand 21, 50 cm and the minimum length 16 cm and thus we show the difference of 1.90 cm with respect to the maximum value. While the length of the grip between the thumb and the index, it is 4.50 cm. in men and of 3,60 cm. in women.

Data such as these indicate that the need for the exoskeleton to be able to adjust to every centimeter of the patient that is sufficient because a centimeter of freedom can alter a rehabilitation correction.

Key words: Anthropometry, Exoskeleton, Disability

Dedicatoria

Mi disertación está dedicada a mis padres, porque gracias a su esfuerzo y su apoyo incondicional he logrado culminar mi carrera, cada uno de sus consejos y su ejemplo de lucha y perseverancia han hecho de mí una mejor persona. A mi hermana Elizabeth, quien ha sido como una segunda madre y ha estado junto a mí en cada momento desde que era niña, siempre guiándome y cuidándome a pesar de las circunstancias, sin juzgarme y haciéndome ver que todo es posible. Joseph y Lía que aunque no estén físicamente sé que desde el cielo me protegen, gracias por darme la fuerza para seguir adelante, por enseñarme que soy capaz de lograr muchas y por enseñarme que en la vida todo llega cuando debe llegar.

Gabriela Tonato

Dedicatoria

Mi disertación la dedico a mi madre Lucia, a mi padre Iván a mi hermana Gabriela ya que todos me han apoyado cuando más los he necesitado, me han enseñado que nada es fácil en esta vida y que todo se puede con la ayuda de Dios. Infinitas gracias a todos mi amigos porque simplemente cada ser humano deja un granito bueno en mi corazón. Quiero que todos mis seres queridos se sientan orgullosos de mí, de la gran mujer que ahora soy gracias a sus valores, consejos y regaños, todo ha influido para poder llegar hasta donde estoy.

Muchas gracias

Jennifer Ortiz

Agradecimiento

Agradezco a Dios por haberme guiado en el transcurso de mi carrera, dándome sabiduría para tomar las mejores decisiones con el fin de llegar a este importante peldaño de mi carrera profesional. A mis padres por darme el estudio, a mi hermana, familia y amigos por brindarme su apoyo en todo momento.

A esta prestigiosa Universidad que forma excelentes profesionales y buenos seres humanos. A todos los docentes que en cada semestre compartieron sus conocimientos y que con su nivel de exigencia siempre me impulsaron a ser mejor.

A mi Director de Disertación Mgtr. Klever Bonilla, y lectores Mgtr. Ana Cristina Díaz y Livet Cristancho por su entrega constante, colaboración y paciencia durante la realización de la tesis.

Gabriela Tonato

Agradecimiento

Por la culminación de este trabajo de tesis agradezco ínfimamente a Dios por permitirme llegar hasta aquí. A mis padres que siempre estuvieron presentes en todos estos años, a mi hermana Gaby y a mis amigos.

Estoy eternamente agradecida con la prestigiosa Pontificia Universidad Católica Del Ecuador la cual fue mi segundo hogar durante 4 años, y que a su vez me permitió tomar datos para la presente disertación de grado, gracias a la comprensión y colaboración en estos años de todos mis queridos profesores, a mi Director de Disertación Mgtr. Klever Bonilla, y lectores Mgtr. Ana Cristina Díaz y Livet Cristancho.

Finalmente mente puedo decir que todos pusieron un granito de arena en mi vida para poder culminar con éxito.

Jennifer Ortiz

INTRODUCCION

Esta investigación tiene como propósito de estudio la antropometría de manos para generar una base de datos antropométrica. Esta información va a permitir rediseñar un exoesqueleto y a un futuro esta base de datos puede ser empleada en la fabricación de órtesis y prótesis de mano. En el estudio fueron medidos la longitud, diámetro y perímetro de la mano, muñeca, palma, articulaciones interfalángicas y falanges. Se realizó a través de un orden específico establecido en la hoja de recolección de datos, tomando la evaluación un tiempo aproximado de 5 a 6 minutos por persona.

La aplicación de esta base de datos en el diseño de un exoesqueleto permitirá que este dispositivo proporcione mayores beneficios, entre estos:

- Soporte e independencia a las personas con limitaciones crónicas o degenerativas en sus habilidades motoras, tal como en ancianos y en personas con discapacidades severas.
- En personas económicamente activas, permite su pronta incorporación al medio laboral, lo cual motiva a la persona a sentirse útil.
- Mejora la calidad de vida de las personas al recuperar la movilidad de sus manos y lograr así el mayor grado de independencia.
- Reduce la carga de trabajo a los terapeutas y da la posibilidad de tratar a varios pacientes teniendo un mayor control de su evolución.

Al conocer las características antropométricas de la población que va a utilizar el exoesqueleto, este podrá ser regulado de manera que sea adaptable a las necesidades de cada paciente sin generar alteraciones, déficits motores y brindar el máximo beneficio posible.

CAPITULO 1: Aspectos básicos de la investigación

1.1. Descripción del Tema

Según Gómez, Moreno, Gil, Becerra & Orozco (2016) la discapacidad de la mano es un problema social que va en aumento siendo la principal causa los eventos traumáticos seguida por aquellos de origen neurológico y reumático. Gispert et al. (2008) indican que algunas de estas patologías tienen relación con el envejecimiento progresivo de la población de los países occidentales, lo que proporcionalmente incrementaría la prevalencia de trastornos crónicos, así como la probabilidad de sufrir discapacidades a consecuencia de la enfermedad. Con respecto a los eventos traumáticos, la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional Norteamericana (OSHA), afirma que el 90% corresponden a accidentes laborales. De los 2 millones de trabajadores incapacitados cada año, cerca de 400.000 corresponden a lesiones de manos o de los dedos (Sirit, Fernández & Lubo, 2002). Las alteraciones neurológicas son generadas principalmente por accidentes cerebrovasculares, mismos que causan daños a nivel motor, sensorial o cognitivo, siendo la principal afectación la función motora de la extremidad superior lo que imposibilita la realización de actividades de la vida diaria (Norouzi, Archambault & Fung, 2012).

En Colombia, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en el año 2010, indicó que el 30,08% de las personas inscritas en el Registro de Localización y Caracterización de Personas con Discapacidad presentaban dificultad para llevar, mover y utilizar objetos con las manos. Así también, en el año 2010 según la Encuesta Nacional sobre Discriminación en México establece que tres de cada diez personas con discapacidad tienen

dificultad para usar sus brazos y manos. Según Pasquel & Pazmiño (2014) en un estudio realizado establecen que el tipo de discapacidad que más afecta a las personas son aquellas relacionadas con el movimiento del cuerpo, manos y brazos con el 23,1%.

López, Aguilar, Salazar, Lozano & Torres (2014) establecen que el empleo de órtesis es una parte importante en el proceso de rehabilitación de personas con alteraciones motoras en manos ya que estas permiten tratar aspectos como la rigidez articular, atrofia muscular, dolor y edema. Los exoesqueletos son un tipo de órtesis que se acoplan a las extremidades del cuerpo humano y cuya función es incrementar la fuerza, velocidad y rendimiento de la misma (Camacho & Castillo, 2015). Dichos dispositivos logran emular una sesión de rehabilitación física ya que trabajan a través de movimientos pasivos, resistidos y mixtos, aspectos que son ajustados de acuerdo al nivel de impedimento del paciente (Song, et al., 2013). Según Herrera (2014) la estructura de estos dispositivos es lo suficientemente fuerte para sostener el peso del cuerpo. Por otra parte, Bravo (2017) establece que los exoesqueletos están fabricados de materiales ligeros como soportes, resortes elásticos, bandas de caucho y otros sistemas que proveen una asistencia dinámica, además de permitir que el exoesqueleto sea graduable de acuerdo a las características antropométricas del paciente.

Pheasant & Haslegrave (2015) opinan que son pocas las situaciones donde es posible diseñar un producto o una estación de trabajo para un solo usuario, en general se diseña dentro de una gama de tamaños. Debido a esto es importante conocer las características antropométricas de la población que va a utilizar dicho producto, para que de esta manera sea adaptable a las necesidades de cada paciente sin generar alteraciones, déficits motores y brindar el máximo

beneficio posible. Según Delgado, Rodríguez & Alberto (2015) establece que con un estudio de las proporciones y medidas del cuerpo se puede lograr que el exoesqueleto diferencie elementos, movimientos, limitaciones y así garantizar la comodidad y seguridad del paciente.

En el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) se diseñó el robot MIT-MANUS, destinado a la rehabilitación del miembro superior parético, a consecuencia de un accidente cerebrovascular. Los resultados fueron muy prometedores, mostrando que la terapia robótica es segura, bien tolerada y que tiene un impacto positivo en los pacientes (Duret et al., 2015). La principal ventaja es que estos dispositivos permiten al paciente entrenar de manera independiente sin la constante supervisión del fisioterapeuta, lo que en primera instancia disminuye en los terapeutas la fatiga y lesiones por el esfuerzo excesivo y en segundo lugar incrementa la confianza del paciente en sí mismo (Sale et al., 2013). Norouzi et al. (2012), Gómez et al. (2016) informan que los diseños de exoesqueleto hasta hoy realizados se basan en las medidas antropométricas de un individuo específico sin considerar las posibles variaciones por lo cual es importante conocer las características antropométricas de la población para mejorar la funcionalidad de estos dispositivos y así generar mayor beneficio a los pacientes.

1.2. Planteamiento del problema

Según Gómez et al. (2016) la discapacidad de la mano es un problema social que va en aumento siendo la principal causa los eventos traumáticos seguida por aquellos de origen neurológico y reumático. Según el Registro Nacional de Discapacidades emitido por el Ministerio de Salud Pública (MSP) en el 2018, en el país existe 432.209 personas con discapacidad, a esto el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS) afirma que el 46,71% de estas personas registradas, corresponden a discapacidades físicas. La mayoría de estos casos se presentan en personas jóvenes, lo que hace que el costo económico del tratamiento, rehabilitación y pérdida de años de vida productiva sea muy elevado (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2006).

Los eventos traumáticos pueden ser por diversos motivos como: cortes, pinchazos, laceraciones, contusiones, desgarros, amputaciones y lesiones múltiples debido a politraumatismos resultantes de accidentes (Anónimo, s.f.). Con respecto a esto, la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional Norteamericana, afirma que el 90% corresponden a accidentes laborales. De los 2 millones de trabajadores incapacitados cada año, cerca de 400. 000 corresponden a lesiones de mano o dedos (Sirit et al., 2002).

Las discapacidades de origen neurológico se deben esencialmente a accidentes cerebrovasculares, seguido por los traumatismos craneoencefálicos, mismos que puede causar daños a nivel motor, sensorial o cognitivo, siendo la principal afectación la función motora de la extremidad superior lo que imposibilita la realización de actividades de la vida diaria (Norouzi et al., 2012). Por otra parte, las enfermedades reumáticas son también una causa importante de

discapacidad laboral, sobre en personas entre los 25 a 50 años. Algunas de las patologías que generan discapacidad son: artrosis, artritis reumatoide y estenosis del canal lumbar o cervical (Tornero, Piqueras, Carballo & Vidal, 2002).

En la actualidad se ha puesto a disposición de la terapia física, dispositivos que ayudan a los pacientes a lograr un mejor desempeño en sus sesiones de rehabilitación y a su vez realizarlas con mayor autonomía (Álvarez, Pisarello & Monzón, 2014). Entre estos dispositivos se encuentran los exoesqueletos los cuales son un tipo de órtesis que se acoplan a las extremidades del cuerpo humano y cuya función es incrementar la fuerza, velocidad y rendimiento de la misma (Camacho & Castillo ,2015).

Pérez et al. (2012) establecen que el principal problema con estos dispositivos es que no logran emular el movimiento natural del cuerpo humano debido a aspectos relacionados con la anatomía, biomecánica y antropometría de la mano. Así también Gopura, Kazuo & Bandara (2011), Pons (2008) afirman que existe escasa información disponible en torno a las medidas que deben emplearse en la fabricación de los exoesqueletos. Además, los modelos actuales poseen pesos insostenibles para los pacientes, no logran completar los rangos de movimiento de la extremidad, generan tirones o vibraciones, son ruidosos y antinaturales influyendo negativamente en la cosmética del dispositivo. Lo esencial es que estos dispositivos tengan menor tamaño, sean más duraderos y de mayor rendimiento. Para esto se debe considerar no sólo las características anatómicas externas del paciente sino también la demanda fisiológica del mismo.

Es muy conocido que el ser humano se caracteriza por su variabilidad, si se toma, por ejemplo, una muestra de individuos del mismo sexo, edad, raza y condición socioeconómica, y se observa sus características físicas, se va a encontrar con una variedad de formas, tamaños, proporciones, colores de piel, tipos de cabello, etc., tan amplia como lo puede ser la misma muestra. (Ávila, Prado & Gonzales, 2007, p.13)

Panero & Zelnik (1996), Pons (2008) establecen que hoy en día la antropometría es utilizada fundamentalmente para diagnósticos de índice de obesidad, nutrición y otros aspectos de estudio médico. Sin embargo, en la parte de diseño y ergonomía son muy pocos los datos con los que se cuenta, al ser esta información de carácter médico impide que estos sean utilizados en la fabricación de un exoesqueleto. Además, los cambios ocurridos en el estilo de vida, nutrición y composición racial de nuestra población han generado cambios en la distribución de las dimensiones corporales de las personas. Esto forja la necesidad de crear constantemente bases de datos antropométricas actualizadas.

En Ecuador desafortunadamente no existen bases de datos antropométricas de las diferentes extremidades del cuerpo humano, lo cual fue el principal limitante que se encontraron los diseñadores del exoesqueleto al momento de fabricarlo. Hasta hoy los proyectos robóticos realizados aquí, se han basado en bases de datos antropométricos obtenidos en otros países, siendo estos datos no adecuados ya que están ligados a las dimensiones de personas con rasgos y medidas que tienen una realidad muy diferente a la población ecuatoriana. Muso (2015) establece que el cambio de región, la forma y calidad de vida, la alimentación y otros factores hacen que las medidas antropométricas varíen de un país a otro, por lo que no se pueden utilizar datos de otros

países para exoesqueletos destinados a la rehabilitación de la población ecuatoriana. Con este estudio se intenta que esta situación cambie, generando bases de datos antropométricos adecuadamente realizados, cuyos resultados sean confiables y aplicables a futuros proyectos.

1.3. Justificación

Aspectos de carácter personal, social y tecnológico motivaron a desarrollar esta investigación. En primer lugar al tratarse de un tema novedoso como lo es la rehabilitación robótica, ámbito que ha tomado auge en los últimos años en nuestro país y que hasta hoy ha sido muy poco estudiado. A nivel social debido a los altos índices de discapacidad que se evidencia en el Ecuador y a nivel tecnológico por la carencia de información que existe en torno a la elaboración de exoesqueletos. Los diseños existentes han demostrado que la principal limitación es la ausencia de bases de datos antropométricas basadas en la población ecuatoriana que determine las medidas exactas que debe tener el dispositivo.

Según Gudiño & Arteaga (2006) los exoesqueletos dan soporte e independencia a las personas con limitaciones crónicas o degenerativas en sus habilidades motoras, tal como en ancianos y en personas con discapacidades severas. Es importante tener en cuenta que la discapacidad afecta no sólo a la persona, sino también al núcleo familiar y a la comunidad de la que forma parte. Uno de los beneficios de la rehabilitación mediante exoesqueletos en personas económicamente activa es que va a permitir su pronta incorporación al medio laboral. Lo cual motiva a la persona a sentirse útil al apoyar económicamente a su familia (Vélez & Moreno, s.f.).

El actual exoesqueleto presenta varias complicaciones relacionadas con el peso, estética y fundamentalmente con la biomecánica. En primer lugar, el peso del dispositivo es excesivo aun siendo usado en la mano de una persona que no tiene ningún tipo de alteración motora, es muy complicado realizar los movimientos de la mano, por tanto será mucho más complicado para una persona que si tenga un déficit motor. La estética que si bien debería ser uno de los últimos aspectos a tenerse en cuenta, se debe recalcar que la gran variedad de alambres y velcros que posee el exoesqueleto lo hace ver demasiado aparatoso lo cual podría generar aversión en el paciente al momento de utilizar el dispositivo. Por otro lado se encuentra la biomecánica del dispositivo, pues este carece de la funcionalidad del principal órgano prensor como es el dedo pulgar, impidiendo en la persona que pueda realizar las pinzas pulgar-digitales disminuyendo la funcionalidad de la mano en un 40%. Así también la existencia de una placa de plástico en la zona palmar del exoesqueleto, produce que este dispositivo no pueda realizar la flexión metacarpofalángica de los dedos, con lo que se limita al paciente a que pueda agarrar objetos colocados sobre una superficie.

Mediante la evaluación antropométrica se intenta que la mayor cantidad de personas puedan utilizar dicho dispositivo, mejorando el exoesqueleto en los tres aspectos ya mencionados de manera que este sea más eficiente y logre cumplir con el principal objetivo de su elaboración es mejorar la calidad de vida de las personas al devolverles la movilidad de sus manos y lograr así el mayor grado de independencia en ellas (Espinoza, 2014).

En el área de Terapia Física, Blanco (2016) establece que estos dispositivos permitirán intensificar las sesiones de rehabilitación, reduciendo la carga de trabajo a los terapeutas y dando así la posibilidad de tratar a varios pacientes a la vez llevando seguimiento del progreso de dichos

pacientes, puesto que recoge datos como la velocidad en la ejecución de la tarea o precisión en el movimiento. Así también este estudio motivara a mas estudiantes de la carrera de Terapia Física a seguir estudiando la antropometría de otras regiones del cuerpo, y hará que se ponga mayor énfasis en el estudio de este tema en los programas académicos de las universidades que oferten esta carrera. Fortaleciendo así un estrecho vínculo entre la ingeniería robótica y la terapia física.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Describir los resultados de la evaluación antropométrica de manos en estudiantes de la carrera de Terapia Física de la PUCE para determinar parámetros necesarios en el desarrollo de un futuro rehabilitador de mano.

1.4.2. Objetivos específicos

- Comparar las medidas antropométricas de acuerdo al sexo.
- Analizar la utilidad de la aplicación de las medidas antropométricas en el rediseño del exoesqueleto.
- Crear una base estadística de datos antropométricos de los estudiantes de la carrera de Terapia Física de la PUCE.

1.5. Metodología

1.5.1. Tipo de estudio

Este estudio es de tipo observacional porque no se interviene o manipula las variables de estudio, únicamente se limita a medirlas. Descriptivo porque detalla las características de la población basándose en los resultados obtenidos en cada una de las variables. Transversal porque las medidas fueron tomadas en una sola medición durante el periodo Junio a Agosto del 2017.

1.5.2. Población y muestra

La población está conformada por los estudiantes de la Carrera de Terapia Física de la Facultad de Enfermería de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. La muestra será todos aquellos estudiantes que acudieron a clases el día de la recolección de datos.

1.5.2.1. Factores de inclusión

Se incluirá en el estudio a los estudiantes que se encuentren dentro del rango de edad de 18 a 25 años, que firmen del consentimiento informado (Anexo 1) y que asistan a clases el día de la recolección de datos.

1.5.2.2. Factores de exclusión

Se excluirá del estudio a los estudiantes que no se encuentren dentro del rango de edad de 18 a 25 años y que no formen parte de la carrera de Terapia Física de la PUCE.

1.5.3. Fuentes, Técnicas e Instrumentos

Los datos obtenidos fueron recolectados directamente por los investigadores a través de la medición realizada a cada uno de los estudiantes, además para sustentar el presente trabajo se extrajo información procedente de libros, artículos científicos y tesis, todo esto corresponde a fuentes de información primarias. Para complementar esta información se utilizó fuentes de información secundarias como páginas web.

La técnica empleada es la antropometría y los instrumentos utilizados son: la hoja de registro en donde se encuentra establecido cada uno de los datos a ser medidos, el consentimiento informado necesario para proceder a la medición, la balanza marca CAMRY modelo J0805282883 con capacidad de 260 libras y precisión de 100 gr. que se utilizó para determinar el peso de los estudiantes, la cinta métrica de marca Stanley de 8 metros y precisión de 2 mm. Que fue utilizada para medir la estatura, el calibrador Pie de Rey Dual Stanley modelo 78 – 201 con precisión de 0,02 mm. utilizado para medir los diámetros requeridos y finalmente la cinta métrica de 1, 52 cm que se empleó en la medida de las longitudes y perímetros de la mano.

1.5.4 Recolección de la información:

Para tomar las medidas se elaborara un cronograma de las aulas que serán visitadas durante el mes, y con la ayuda del Coordinador de la carrera de Terapia Física, el Mgtr. Klever Bonilla, se informara previamente a los Docentes que se encuentren impartiendo clases ese día y hora en dichos paralelo. El día de la medición se instalara en el pasillo de la facultad una mesa con todos los implementos necesarios, posterior a esto se ingresara a la clase, se explicara el objetivo del estudio, se responderá posibles dudas que existan en los estudiantes y finalmente

firmaran el consentimiento informado quienes estén de acuerdo en participar en la investigación. La modalidad consistirá en que un estudiante salga de clase durante un tiempo aproximado de 5 minutos, tiempo en el cual se medirá su mano, una vez terminado ingresara nuevamente al aula y otro estudiante saldrá a ser medido. Esto permitirá que el docente no se vea afectado en sus clases y que los estudiantes tampoco pierdan materia.

Para iniciar la medición, el estudiante se sentara a la derecha del examinador mientras que al frente se encontrara el anotador. Se anotara las longitudes de la palma y la mano para lo cual esta debe encontrarse en supinación y con los dedos en extensión. La longitud de las falanges se tomara con la mano en pronación colocada sobre la mesa, tomando como referencia los extremos óseos. La medida de tenar opuesto se tomara solicitando flexión metacarpofalángica de 90° y con la cinta métrica se medirá desde la base del primer dedo hasta el centro de la muñeca. La flexión metacarpofalángica a 90° se tomara en esta misma posición, desde el centro de la mano hasta el centro de la muñeca.

Los perímetros se tomaran con la mano en pronación, y en el caso de las falanges se solicitara abducir los dedos para facilitar la medición. Los diámetros serán medidos con el calibrador, para esto el diámetro de agarre se tomara solicitando al estudiante juntar la punta del dedo índice y pulgar de manera que entre ambos formen una especie de circulo, se medirá la distancia desde la mitad de un dedo al otro. El ancho de la mano se medirá solicitando al estudiante juntar todos los dedos y apoyando la mano sobre la mesa. La interfalángica proximal requiere que el estudiante abduzca lo más que pueda los dedos, finalmente el diámetro biestiloide

se mide con la mano en pronación sobre la mesa tomando como referencia la apófisis estilóidea radial y cubital.

1.5.5 Análisis de la información

Los datos obtenidos serán registrados y tabulados en Microsoft Excel versión 2017, obteniendo la moda, desviación estándar y los valores mínimos y máximos de las variables cuantitativas, obteniendo todos estos valores hemos realizado una división entre sexo masculino y femenino para así realizar tablas con un respectivo análisis.

CAPITULO 2: Marco Teórico

2.1. Anatomía de la mano

Las manos son un órgano fundamental para el desenvolvimiento diario, un daño puede ocasionar problemas, tales como: impotencia funcional, dolor, desplazamiento dorsal o radial, acortamiento, etc (Milián, Moncada & Borjas, 2014). Así también el daño en alguno de los tendones debido a un accidente puede causar incapacidad permanente o temporal. Sin embargo, un adecuado proceso de rehabilitación puede devolver la independencia a la extremidad afectada, por ello se establece el diseño de un exoesqueleto con movimientos controlados que asista los movimientos de la mano (Pallo, Ruiz, Tuarez & Zurita 2017).

La mano y muñeca forman parte de la macro unidad estructural del miembro superior, además están constituidas por una serie de articulaciones, es la extremidad más activa del cuerpo humano y a la vez la más desprotegida ya que es vulnerable a lesionarse (Hoppenfeld, 2000).

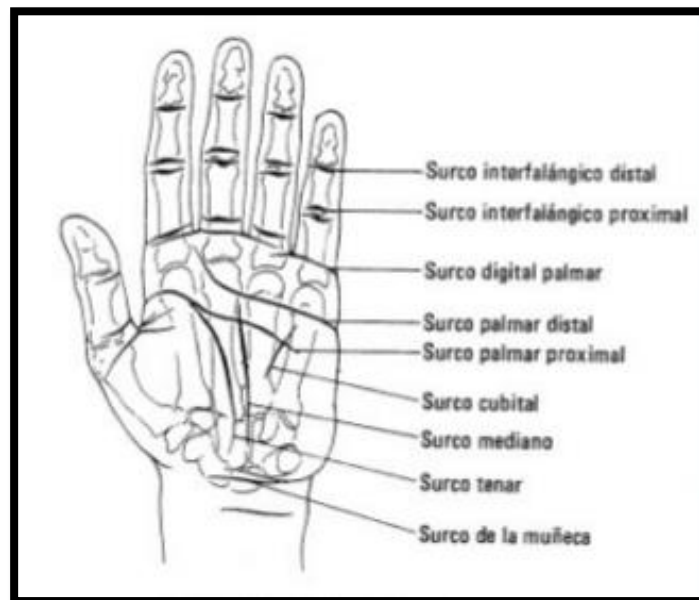
La principal función de la mano es la prensión acompañada de la oposición del pulgar, siendo esta una característica del hombre. Entre sus características biomecánicas la articulación radiocarpiana tiene una libertad de movimiento en el sentido de la flexión 90°, extensión 70°, abducción o inclinación radial 15° y aducción o inclinación cubital 40° - 45 °. La palma de la mano tiene dos áreas, una externa la eminencia tenar y otra interna la eminencia hipotenar estas contienen varios surcos gracias a la diferenciación tisular (epidermis gruesa, dermis delgada).

Estos pliegues o surcos son:

- Pliegues palmar distal a la altura aproximada de las articulaciones metacarpo falángica.

- Pliegues digital palmar proximal ubicado en la base de los dedos.
- Pliegue interfalángico proximal que cruza las articulaciones interfalángicas proximales de todos los dedos.
- Pliegue interfalángico distal que corresponde a las articulaciones interfalángicas distales de los cuatro últimos dedos.
- Surco tenar que define el área de la eminencia tenar.
- Surco mediano ubicado aproximadamente en la parte media del inicio de la palma de la mano
- Surco cubital o hipotenar parcialmente circunscribe la eminencia hipotenar.
- Pliegue metacarpo falángico del pulgar en la raíz del dedo pulgar.
- Pliegue de la muñeca.

Grafico 1: Surcos Palmares



Fuente: Recuperado de “Órtesis prótesis y ayudas técnicas para discapacitados”, de Dr. Cifuentes Luis M., 2002, p. 69, Quito, Ecuador: PH ediciones

Tabla 1: Zonas de la muñeca (I, II, III, IV, V)

| ZONAS DE LA MUÑECA | ESTRUCTURA |
|--|---|
| <p>Zona I: Apófisis estiloides radial</p> | <p>La tabaquera anatómica se vuelve visible cuando se extiende el pulgar, está compuesta por el tendón del abductor largo del pulgar y corto del mismo. Por el lado cubital está el extensor largo del pulgar y el piso del escafoides. En esta estructura se puede palpar la arteria radial.</p> <p>TUNEL I: contiene músculos como el abductor largo del pulgar y extensor corto del pulgar, estos tendones constituyen el borde radial de la tabaquera anatómica.</p> |
| <p>Zona II: Tubérculo radial o tubérculo de Lister</p> | <p>TUNEL II: en el lado radial, están los tendones de los músculos primer radial externo y segundo radial externo.</p> <p>TUNEL III: extensor largo del pulgar.</p> <p>TUNEL IV: extensor común de los dedos, extensor propio del índice.</p> |
| <p>Zona III: Apófisis estiloides cubital</p> | <p>TUNEL V: extensor del meñique.</p> <p>TUNEL VI: cubital posterior.</p> |
| <p>Zona IV:</p> | <p>Tendón del cubital anterior.</p> |

| | |
|--|--|
| Pisiforme | Túnel de Guyton arteria, nervio cubital. |
| Zona V: | Musculo palmar menor. |
| Tendón del musculo palmar menor y T. Carpiano | Túnel carpiano. |
| | Palmar mayor. |

Fuente: Fisiología Articular

Elaborado por: Jennifer Ortiz y Gabriela Tonato

Tabla 2: Zona de la mano (I, II, III, IV, V, VI)

| ZONAS DE LA MANO | ESTRUCTURA |
|---|---|
| Zona I: eminencia tenar | Abductor corto del pulgar, oponente del pulgar, flexor corto del pulgar. |
| Zona II: eminencia hipotenar | Abductor del meñique, oponente del meñique y flexor corto del meñique. |
| Zona III: Palma | Los tendones son apenas palpables en la profundidad de la fascia palmar, no es posible palpar nervios y vasos. |
| Zona IV: Dorso | Los tendones extensores corren a lo largo del dorso de la mano. |
| Zona V: Falanges | Se puede observar Nódulos de Herberden, |
| Zona VI: yemas de los dedos | Observamos: Deformidad en cuello de ganso, deformidad de botonero, dedo en mazo, paroniquia, infección de las yemas de los dedos. |

Fuente: Exploración física de la columna vertebral y las extremidades

Elaborado por: Jennifer Ortiz y Gabriela Tonato

2.2. Funciones de la mano

Función Prensil corresponde a la acción de poder ejecutar las más vareadas formas de prensión. Función Táctil esta pone en contacto al ser humano con el entorno para así poder completar la función prensil, en la función táctil se presentan; las sensaciones vibratorias, la percepción de tamaños, la propiocepción consciente, el tacto fino que incluye el tacto ligero, la presión suave y la sensación táctil.

2.2.1. Clasificación de la presión

La presión se clasifica en seis formas o modalidades las cuales la pinza, la garra y el gancho se consideran formas básicas. La pinza trípode palmar, la pinza latero-lateral y la presión cilíndrica son variantes adquiridas.

Grafico 2: Pinza bidigital

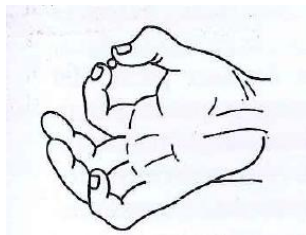


Grafico 3: Pinza trípode palmar

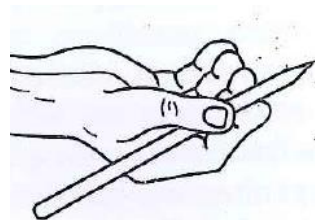


Grafico 4: Pinza lateral

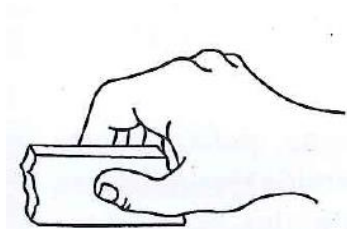


Grafico 5: Presión cilíndrica

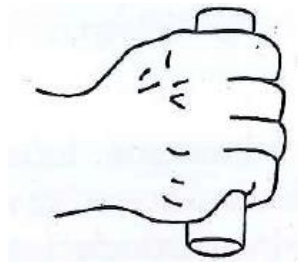


Grafico 6: Garra polidigital

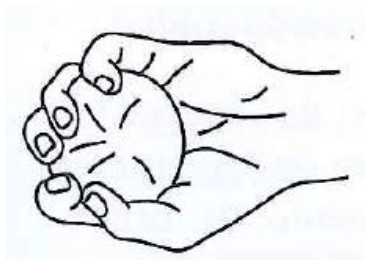
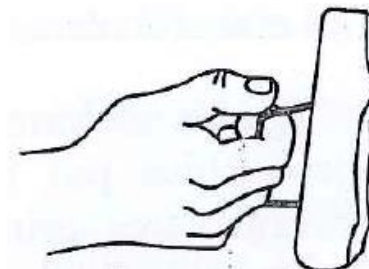


Grafico 7: Presión en gancho



Fuente: Órtesis prótesis y ayudas técnicas para discapacitados

Elaborado por: Luis M. Cifuentes

2.3. Exoesqueletos

Según López et al. (2014) establecen que los exoesqueletos son estructuras acopladas a las extremidades del cuerpo humano cuya función es incrementar la fuerza, velocidad y rendimiento. Este dispositivo tiene como objetivo: desarrollar un modelo de entrenamiento que ayude a los pacientes a recuperar el movimiento de las manos y la capacidad de agarrar objetos, permitiendo que la mano alterada participe en actividades de la vida diaria (Schabowsky, Godfrey, Holley & Lum, 2009).

Los dispositivos robóticos, debido a su capacidad programable pueden replicar algunos movimientos de la mano como flexión y extensión, de igual manera permite completar y prevenir movimientos inapropiados (Bairros, 2015). Con el paso del tiempo, se han creado varios dispositivos robóticos para rehabilitación de miembros superiores, los cuales es posible dividirlos en Tabla 3.

Tabla 3: Clasificación de los exoesqueletos

| Clasificación | Características |
|---|--|
| Según especificidad lateral | Entrenamiento unilateral Entrenamiento bilateral |
| Según la parte del miembro superior en la que la terapia está enfocada | - Movimiento del hombro - Movimiento del codo - Movimiento de la muñeca - Movimiento de la mano |

| | |
|---|--|
| <p>Según sus características mecánicas</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Exoesqueleto - Máquinas operativas / efectores finales |
| <p>De acuerdo con la estrategia de control</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Movimiento pasivo en el que el dispositivo robótico mueve el brazo del paciente. - Activo no asistido en el que el sujeto ejecuta el ejercicio y el robot no proporciona ayuda. - Modo de asistencia activa en el que el sujeto intenta moverse, y el robot proporciona asistencia cuando hay algunos movimientos voluntarios pero inadecuados. - Modo resistivo cuando el sujeto es requerido para realizar un ejercicio contra una fuerza antagonista proporcionada por el robot. - Ejercicio bimanual en el que el movimiento activo del brazo no afectado se refleja mediante el movimiento simultáneo activo / pasivo / asistido del brazo afectado por medio del dispositivo robótico. |

Fuente: Development of an EMG controlled hand exoskeleton: towards an application for post-stroke rehabilitation

Elaborado por: Jennifer Ortiz y Gabriela Tonato

2.3.1. Ejemplos de exoesqueletos

Entre algunos exoesqueletos diseñados se encuentran el Benchmarking la cual es una férula diurna para el síndrome del túnel carpiano ofrece un soporte necesario que alivia los síntomas del dolor y la férula mantiene la posición de la mano (Pallo, Ruiz, Tuarez & Zurita 2017).

El Handtutor fue diseñado por la empresa Meditouch, consiste en un guante portátil ergonómico y software de terapia de rehabilitación física. Su completa combinación hace posible mejorar la motricidad fina, la capacidad de movimiento sensorial y cognitiva a través de terapia física controlada de mano. Según Zvi (2014) cumple con la rehabilitación tanto de dedos como de muñeca y logra cubrir enfermedades como esclerosis múltiple, parálisis cerebral, enfermedad de Parkinson, TCE, lesiones de nervios periféricos, lesiones de tejidos blandos y debilidad muscular.

El Rapael Smart Glove es un rehabilitador que presenta control de velocidad, aceleración y posición, permitiéndole controlar distintas terapias con sus sensores. Le permite al paciente realizar flexión, extensión, pronación, supinación, etc. Existe una aplicación Android que le permite al guante conectarse al dispositivo y simular lecciones animadas como exprimir una naranja, tirar dardos (Rogers, 2016).

El MIME (Mirror- Image Motion Enabler), es un rehabilitador que posee seis grados de libertad para la mano, tiene una modalidad pasiva en la que el robot se mueve a lo largo de una ruta programada mientras el paciente permanece pasivo y una asistencia activa en la que el paciente inicia el movimiento y el robot asiste y guía los mismos. Este sistema fue utilizado en ensayos

clínicos para comparar entre la terapia tradicional y la asistida evidenciando grandes progresos en la terapia con exoesqueleto (Lum, et al., 2005).

Hardinam es un robot fabricado por General Electric en 1965, fue el primero en intentar la creación de un exoesqueleto para los seres humanos. El objetivo era que se permitiera levantar 1500 libras con gran facilidad. Sin embargo, en 1970 solo uno de los brazos se completó, este podía levantar 750 libras. Por otra parte, en España se crea un exoesqueleto para la población infantil en situaciones de discapacidad o movilidad limitada, estos dispositivos aún se encuentran en desarrollo ya que la mayoría de exoesqueletos se enfocan en aspectos y mediciones antropométricas de pacientes adultos (Mondelo, Gregori & Barrau, 1994).

2.3.2. Importancia de los exoesqueletos

El exoesqueleto facilita el movimiento promoviendo así la recuperación de los pacientes, mejorando su calidad de vida, aumentando las capacidades del miembro superior ya que este es usado sobre el cuerpo humano a manera de prenda de vestir (Chávez, Rodríguez & López, 2010).

La intención del exoesqueleto es simular dos tipos de interacción: precisión y exploración superficial. Jones & Ledermanin (2006) describen el agarre de precisión como la acción que se realiza mientras se sostiene y manipula un objeto entre las yemas del dedo pulgar e índice. La exploración superficial es la acción común de explorar la superficie de un objeto acariciando diferentes partes con nuestras manos. Tanto el agarre de precisión como la exploración superficial son tipos extremadamente complejos de interacciones mano-objeto.

Estos robots reemplazan la acción del fisioterapeuta. Esto puede ser útil en los casos en que el esfuerzo del terapeuta es muy intensivo, lo que lleva a limitaciones en la disponibilidad, incluso en lesiones. En el marco general de estos sistemas robóticos, el terapeuta sigue siendo responsable de la interacción no física y la observación del paciente manteniendo un papel de supervisión del entrenamiento, mientras que el robot realiza la interacción física real con el paciente (Veneman, et al., 2007).

2.3.3. Diseño del exoesqueleto

Riener et al, (2005) y Yang, Zhang, Chen, Dong & Zhang (2007) establecen que para desarrollar un exoesqueleto se debe considerar aspectos tanto psicológicos, médicos y ergonómicos. El diseño debe ser capaz de adaptarse a cada individuo con respecto a longitudes de segmentos, rango de movimiento y el grado de libertad característico de la articulación. Además, es importante que el exoesqueleto este apto para realizar las terapias tradicionales y procese información tanto de los sensores de los dispositivos como de la evolución del paciente.

Según Bairros (2015) la mano humana es una de las partes más complejas del cuerpo humano. Se caracteriza por un agarre potente y a la vez su habilidad para la manipulación de pequeños objetos con gran precisión. La mano posee una compleja disposición de músculos, tendones, ligamentos y huesos, cualquier alteración en alguno de estos puede generar dificultad en la movilidad lo que conlleva enormes desafíos.

Las articulaciones del exoesqueleto están alineadas con las articulaciones anatómicas, lo que permite una coordinación adecuada entre las articulaciones anatómicas. En base a este enfoque fue diseñado el Hand Wrist Assistive Rehabilitation Device (HWARD), un robot de tres rangos de movimiento que controla directamente la rotación de los dedos alrededor de la articulación metacarpofalángica, (abducción-aducción del pulgar y extensión-flexión de la muñeca (Schabowsky et al., 2009).

El funcionamiento del exoesqueleto deber ser en la posición correspondiente al musculo representativo de la extremidad, de forma que se simule el actuar de los músculos durante el movimiento (Yang et al., 2007).

Según Schabowsky et al. (2009) el exoesqueleto puede accionarse a través de una estrategia llamada "control de punto final", esta consiste en aplicar fuerzas a las falanges distales de los dedos. HandCARE utiliza bucles de cable unidos a los extremos de cada dígito. Un sistema de motor y polea aplica fuerzas a los dedos, y un diseño de embrague permite el accionamiento individual de los dedos y el pulgar con un solo motor. El Rutgers Hand Master II es un guante de retroalimentación impulsado por pistones neumáticos ubicados en la palma de la mano, este demostró ganancias clínicas y funcionales en pacientes con ictus crónico.

Otra estrategia recibe el nombre de "objetos accionados" en la cual el dispositivo se expande o contrae. El InMotion Hand Robot utiliza una doble manivela y un mecanismo deslizante accionado por un motor eléctrico, todos encerrados en un objeto cilíndrico. El funcionamiento del motor controla el radio del cilindro y guía los movimientos de agarre (Riener et al., 2005).

Una desventaja del control del punto final y de los objetos accionados es el control limitado de las articulaciones proximales de los dedos, lo que puede conducir a una cinemática de la articulación fisiológicamente inexacta, especialmente en sujetos con un tono flexor anormalmente aumentado (Schabowsky et al., 2009).

2.4. Antropometría

Milián et al. (2014) afirma: “La antropometría se define como el estudio del tamaño, proporción, maduración, forma y composición corporal con el objetivo de describir las características físicas, evaluar y monitorizar el crecimiento, nutrición y los efectos de la actividad física” (p.3). El ser humano se caracteriza por su variabilidad, si se toma por ejemplo, una muestra de individuos del mismo sexo, edad, raza y condición socioeconómica, y se observa sus características físicas, se va a encontrar con una variedad de formas, tamaños, proporciones, colores de piel, tipos de cabello, etc., tan amplia como lo puede ser la misma muestra (Ávila et al., 2007). Ávila et al. (2007) los estudios y datos de base antropométricos deben considerar aspectos como:

- La herencia genética;
- El sexo, que siempre denota diferencias entre femenino y masculino, uno de los más notables es la estatura;
- La edad, las dimensiones del cuerpo no son estáticas estas se van modificando en longitud de 0 a 24 años y en anchura a partir de los 24 años;

- Las condiciones socioeconómicas, esto relacionado con el nivel nutricional, hábitos de aseo, actividad física, determinados por factores económicos y educativos.

2.5. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 4: Descripción de las variables presentes en el estudio.

| Variables | Definición | Dimensión | Conceptualización | Indicadores | Escalas |
|---------------------------|--|------------------|---|---|------------------------|
| Antropometría de la mano. | Dimensiones de la manos que son variables en cada individuo. | Longitud | Es la dimensión máxima de un cuerpo o figura plana. | Valor máximo (mano más grande) Valor mínimo (mano más pequeña) | Cuantitativo continua |
| | | Diámetro | Es la línea recta que une dos puntos de una circunferencia pasando por su centro. | Valor máximo (muñeca ancha) Valor mínimo (muñeca delgada) | Cuantitativo continua |
| | | Perímetro | Es la línea o conjunto de líneas que forman el contorno de una superficie o una figura. | Valor máximo Valor mínimo | Cuantitativo continua |
| | Conjunto de características físicas, biológicas, | Femenino | Ser vivo que está dotado de órganos para ser fecundado. | Número de mujeres / Total de personas | Cualitativo dicotómica |

| | | | | | |
|------|--|--|--|---|------------------------|
| Sexo | anatómicas y fisiológicas de los seres humanos, viene determinado por la naturaleza. | Masculino | Ser vivo que está dotado de órganos para fecundar. | Número de hombres / Total de personas | Cualitativo dicotómica |
| Edad | Es el tiempo que ha transcurrido desde el nacimiento de un ser vivo. | Adolescencia tardía (17 a 20 años). Adultos jóvenes (18 a 35 años). | 18 a 20 años | Número de personas entre 18 a 20 años/Total de personas | Cuantitativo discreto |
| | | | 21 a 22 años | Número de personas entre 21 a 22 años/Total de personas | |
| | | | 23 a 25 años | Número de personas entre 23 a 25 años/Total de personas | |

CAPITULO 3: Resultados y Discusión

3.1. Resultados

De acuerdo al estudio realizado en los 380 estudiantes de la carrera de Terapia Física la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Se obtuvo una muestra de 236 estudiantes de los cuales 146 son mujeres, que equivale al 62 % de la muestra; y 90 son hombres que representa el 38 % de la muestra. A partir de esto se pudo realizar la interpretación mediante valores como; moda, desviación estándar, valor mínimo y valor máximo de todas las medidas que se manifiestan en cada cuadro. Estos valores serán comparados con las medidas del exoesqueleto existente.

Medidas antropométricas del exoesqueleto

El exoesqueleto fue elaborado en base a las medidas antropométricas del diseñador del dispositivo quien es estudiante de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional, tiene 23 años, peso de 69 kg y estatura de 1,79 m.

Tabla 5: Longitud de la mano, palma, falanges proximales, falanges medias, falanges distales, tenar opuesto y flexión a 90°.

| Estructura | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| De la mano | 19 | | | | |
| De la palma | 11 | | | | |
| Falange proximal | 4,3 | 4,6 | 5,0 | 4,5 | 3,8 |
| Falange media | | 2,6 | 3,1 | 3,0 | 2,1 |
| Falange distal | 2,8 | 1,9 | 2,3 | 2,3 | 1,9 |
| Tenar opuesto | 7,2 | | | | |
| Flexión mtf 90° | 6,9 | | | | |

Fuente: Evaluación antropométrica de manos

Elaborado por: Jennifer Ortiz y Gabriela Tonato

Tabla 6: Perímetro de la base de las falanges proximales, muñeca y muñeca a 1 cm

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------------|------|-----|-----|-----|-----|
| Base falange proximal | 6,2 | 6,0 | 5,7 | 5,5 | 5,0 |
| Base muñeca | 17,2 | | | | |
| Base muñeca a 1 cm | 20,9 | | | | |

Fuente: Evaluación antropométrica de manos

Elaborado por: Jennifer Ortiz y Gabriela Tonato

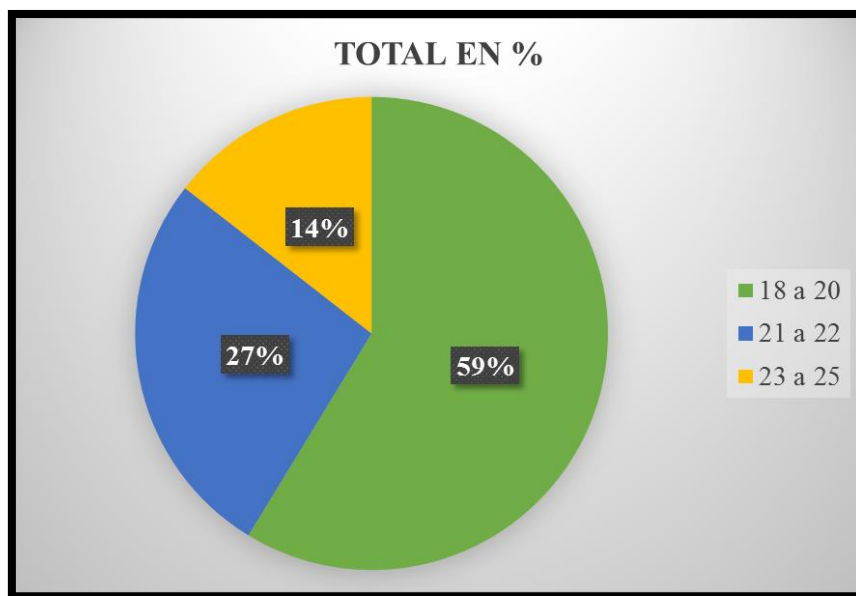
Tabla 7: Diámetro de agarre, ancho de la mano, interfalanges proximales y biestiloide.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|
| De agarre | 4,49 | | | | |
| Ancho de la mano | 9,40 | | | | |
| Interfalange proximal | 1,70 | 1,60 | 1,70 | 1,50 | 1,30 |
| Biestiloidea | 5,6 | | | | |

Fuente: Evaluación antropométrica de manos

Elaborado por: Jennifer Ortiz y Gabriela Tonato

Grafico 8: Cantidad de la muestra en porcentajes por edades.



Estudiantes de 18 años a 20 años cumplen con el 59 % siendo este un total de 138 estudiantes de la muestra, de 21 años a 22 años cumplen con el 27 % siendo este un total de 63 estudiantes, de 23 años a 25 años cumplen el 14 % con 34 estudiantes de la carrera de terapia física de la universidad Católica del Ecuador.

Medidas antropométricas de estudiantes de la Carrera de Terapia Física de la PUCE

Tabla 8: Longitud de la mano, palma y falanges proximales masculinas.

| | Longitud mano | Longitud palma | Longitud falange proximal 1 | Longitud falange proximal 2 | Longitud falange proximal 3 | Longitud falange proximal 4 | Longitud falange proximal 5 |
|---------------------|---------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Moda | 19 | 10,7 | 3.5 | 4.5 | 5 | 5 | 4 |
| Desviación estándar | 1,04 | 0,88 | 0,39 | 0,48 | 0,43 | 0,44 | 0,50 |
| Mínimo | 16 | 9,40 | 2,60 | 3,10 | 4,10 | 3,50 | 2 |
| Máximo | 21,50 | 16,90 | 5,20 | 5,50 | 6,40 | 6,00 | 5,20 |

Fuente: Evaluación antropométrica de manos

Elaborado por: Jennifer Ortiz y Gabriela Tonato

La longitud máxima de la mano en hombres es de 21,50 cm., la longitud mínima es 16 cm. y la moda 19 cm. Por su parte el exoesqueleto mide 19 cm. es decir coincide con el valor que más se repite en este parámetro.

La longitud máxima de la palma es de 16,90 cm, la longitud mínima es 9,40 cm. y la moda es 10,7 cm. en contraste con el exoesqueleto que mide 11 cm. es decir no cubriría toda la demanda de pacientes en este parámetro.

En las falanges proximales, la 3ra falange proximal posee la mayor longitud máxima con 6,40 cm. y la 5ta falange proximal presenta la menor longitud mínima con 2 cm. mientras que el exoesqueleto presenta 5 cm. y 3,8 cm. respectivamente evidenciando que no sería adecuado para todos los pacientes.

Tabla 9: Longitud falanges medias masculinas.

| | Longitud falange media 2 | Longitud falange media 3 | Longitud falange media 4 | Longitud falange media 5 |
|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Moda | 2,50 | 3 | 3 | 2 |
| Desviación estándar | 0,27 | 0,34 | 0,33 | 0,33 |
| Mínimo | 2 | 2,30 | 2 | 1,40 |
| Máximo | 3,40 | 4,70 | 3,70 | 3,60 |

Fuente: Evaluación antropométrica de manos

Elaborado por: Jennifer Ortiz y Gabriela Tonato

En las falanges medias, la 3ra falange media presenta la mayor longitud máxima con 4,70 cm. y la 5ta falange media la menor longitud mínima con 1,40 cm. por su parte el exoesqueleto tiene 2,3 cm. y 1,9 cm. respectivamente mostrando que no cubre toda la demanda de pacientes, mientras que en otros usuarios el dispositivo sería demasiado grande.

Tabla 10: Longitud falanges distales, tenar opuesto y flexión a 90° masculinas

| | Longitud falange distal 1 | Longitud falange distal 2 | Longitud falange distal 3 | Longitud falange distal 4 | Longitud falange distal 5 | Longitud Tenar Opuesto | Longitud Flexión 90 |
|------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------|------------------------|
| Moda | 2,5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 5 | 7 |
| Desviación estándar | 0,31 | 0,24 | 0,24 | 0,26 | 0,45 | 0,74 | 0,64 |
| Mínimo | 1,90 | 1,60 | 1,60 | 1,70 | 1,50 | 3,4 | 5,40 |
| Máximo | 4 | 2,70 | 3 | 3,50 | 4,90 | 6,7 | 9 |

Fuente: Evaluación antropométrica de manos

Elaborado por: Jennifer Ortiz y Gabriela Tonato

En las falanges distales de los 5 dedos, 5ta falange distal tiene la mayor longitud máxima con 4,90 cm., a su vez la mínima longitud mínima con 1,50 cm. la medida del exoesqueleto en la 5ta falange es de 1,9 cm. mostrando que no cubriría a la mayor parte de la demanda.

La longitud del tenar opuesto tiene como longitud máxima 6,7 cm., longitud mínima 3,4 cm., en contraste con el exoesqueleto que mide 7,2 cm. evidenciando que es demasiado grande en base al rango requerido.

La longitud en flexión a 90° tiene una longitud máxima 9 cm. y una longitud mínima de 5,40 cm. mientras que el exoesqueleto mide 6,9 cm. en este parámetro.

Tabla 11: Perímetro de la base de las falanges proximales, muñeca y muñeca a 1 cm en hombres.

| | Perímetro Base Falange Proximal 1 | Perímetro Base Falange Proximal 2 | Perímetro Base Falange Proximal 3 | Perímetro Base Falange Proximal 4 | Perímetro Base Falange Proximal 5 | Perímetro Muñeca | Perímetro Muñeca 1cm |
|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------|----------------------|
| Moda | 6,40 | 6,50 | 6,30 | 5,70 | 5,40 | 16,00 | 20,60 |
| Desviación estándar | 0,42 | 0,44 | 0,45 | 0,59 | 0,34 | 0,89 | 2 |
| Mínimo | 5,20 | 5,40 | 5,40 | 2,70 | 4,60 | 14,20 | 12,5 |
| Máximo | 7,40 | 7,70 | 7,50 | 7,50 | 6,20 | 18,22 | 28,50 |

Fuente: Evaluación antropométrica de manos

Elaborado por: Jennifer Ortiz y Gabriela Tonato

El perímetro de la base de la falange proximal, la 2da falange proximal presenta un valor máximo de 7,70 cm. y la 4ta falange proximal un valor de 2,70 cm. El exoesqueleto en

estos parámetros tiene 6 cm. y 5,5 cm. respectivamente, mostrando que no cubriría toda la demanda de pacientes.

El perímetro de la muñeca presenta valor máximo de 18,22 cm. y un valor mínimo de 14,20 cm., mientras que el exoesqueleto tiene un perímetro de 17,2 cm. evidenciado que cubriría a la mayor parte de la demanda, pero no a la totalidad.

El perímetro de la muñeca a un 1cm hacia distal presenta un valor máximo de 28,50 cm. y mínimo de 12,50 cm., por su parte el exoesqueleto mide 20,90 cm. es decir que al menos el 50% de los pacientes no podrían utilizar este dispositivo por ser demasiado pequeño para sus requerimientos.

Tabla 12: Diámetro de agarre, ancho de la mano, interfalanges proximales y biestiloide de los hombres.

| | Diámetro Agarre | Diámetro Mano | Diámetro interfalang e proximal 1 | Diámetro interfalang e proximal 2 | Diámetro interfalang e proximal 3 | Diámetro interfalang e proximal 4 | Diámetro interfalang e proximal 5 | Diámetro Biestiloide |
|---------------------|-----------------|---------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| Moda | 1,70 | 9,50 | 1,70 | 1,70 | 1,40 | 1,70 | 1,70 | 5,2 |
| Desviación estándar | 0,76 | 0,74 | 0,16 | 0,14 | 0,19 | 0,82 | 0,22 | 0,59 |
| Mínimo | 1,40 | 5,40 | 1,20 | 1,30 | 1,10 | 1,10 | 1,10 | 4,40 |
| Máximo | 4,50 | 11,70 | 1,90 | 2 | 2 | 4,10 | 2 | 9,70 |

Fuente: Evaluación antropométrica de manos

Elaborado por: Jennifer Ortiz y Gabriela Tonato

El diámetro de agarre tiene un valor máximo 4,50 cm. y mínimo de 1,40 cm. por su parte el exoesqueleto mide 4,40 cm. encontrándose dentro de los rangos requeridos.

El diámetro del ancho de la mano tiene un valor máximo de 11,70 cm. y mínimo de 5,40 cm. mientras que el exoesqueleto mide 9,40 cm.

En el diámetro de la interfalángica media, la 4ta interfalángica media presenta un valor máximo de 4,10 cm. y un valor mínimo de 1,10 cm. el exoesqueleto en este parámetro mide 1,5 cm. mostrando que es demasiado pequeño en este parámetro y sería incómodo para un alto número de pacientes.

El diámetro de la articulación biestiloide, tiene un valor máximo 11,30 cm. y mínimo 4,40 cm., por su parte el exoesqueleto tiene 5,6 cm. es decir que es demasiado pequeño para los requerimientos.

Tabla 13: Longitud de la mano, palma y falanges proximales femeninas.

| | Longitud mano | Longitud palma | Longitud falange proximal 1 | Longitud falange proximal 2 | Longitud falange proximal 3 | Longitud falange proximal 4 | Longitud falange proximal 5 |
|---------------------|---------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Moda | 17,10 | 9,50 | 3 | 4,0 | 4,50 | 4,20 | 3,50 |
| Desviación estándar | 0,83 | 0,61 | 0,34 | 0,38 | 0,34 | 0,37 | 0,33 |
| Mínimo | 15 | 4,60 | 2,50 | 2,70 | 3,90 | 2,90 | 2,20 |
| Máximo | 19,60 | 10,90 | 4,11 | 5,10 | 5,50 | 5,50 | 4,50 |

Fuente: Evaluación antropométrica de manos

Elaborado por: Jennifer Ortiz y Gabriela Tonato

En la longitud de la mano se obtuvo un máximo de 19,60 cm., mínimo de 15 cm. y un valor repetitivo de 17,10 cm. Mientras que el exoesqueleto mide 19 cm., lo que demuestra que el dispositivo es muy grande para la mano de una mujer pues se aproxima al valor máximo.

En la longitud de palma existe un máximo de 10,90 cm., mínimo de 4,60 cm. y el valor que más se repite es 9,50 cm. El exoesqueleto mide 11 cm. demostrando que el dispositivo es muy grande para la mano de una mujer pues excede el valor máximo requerido.

En las falanges proximales, la longitud máxima es de 5,50 cm. y la longitud mínima es 2,20 cm. El exoesqueleto mide 5 cm. y al igual que en los caso anteriores se encuentra cercano al valor máximo.

Tabla 14: Longitud falanges medias femeninas.

| | Longitud falange media 2 | Longitud falange media 3 | Longitud falange media 4 | Longitud falange media 5 |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Moda | 2,50 | 2,70 | 2,70 | 2 |
| Desviación estándar | 0,21 | 0,23 | 0,26 | 0,23 |
| Mínimo | 2 | 2,30 | 1,70 | 1,30 |
| Máximo | 3 | 3,50 | 3,50 | 2,70 |

Fuente: Evaluación antropométrica de manos

Elaborado por: Jennifer Ortiz y Gabriela Tonato

En las falanges medias femeninas, la 3ra falange media obtuvo la mayor longitud máxima con 3,50 cm y la 5ta falange media obtuvo la menor longitud mínima con 1,30 cm. en contraste el exoesqueleto mide 3,1 cm. y 2,1 cm. respectivamente, es decir que sería demasiado grande para algunos pacientes.

Tabla 15: Longitud falanges distales, tenar opuesto y flexión a 90° femeninas

| | Longitud falange distal 1 | Longitud falange distal 2 | Longitud falange distal 3 | Longitud falange distal 4 | Longitud falange distal 5 | Longitud Tenar Opuesto | Longitud Flexión 90 |
|---------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------|
| Moda | 2,50 | 1,70 | 2 | 2 | 1,60 | 4,50 | 6 |
| Desviación estándar | 0,25 | 0,20 | 0,23 | 0,21 | 0,28 | 0,68 | 0,50 |
| Mínimo | 2 | 1,20 | 1,30 | 1,20 | 1,10 | 2,50 | 4,40 |
| Máximo | 3,60 | 2,60 | 2,70 | 2,80 | 4,20 | 6,90 | 7,20 |

Fuente: Evaluación antropométrica de manos

Elaborado por: Jennifer Ortiz y Gabriela Tonato

En las falanges distales femeninas, la 1ra falange distal tiene el mayor valor máximo con 3,60 cm. y la 5ta falange distal el menor valor mínimo con 1,10 cm. el exoesqueleto por su parte mide 2,8 cm. y 1,9 cm. respectivamente, evidenciando que no cubre a toda la demanda de pacientes.

El tenar opuesto presenta una longitud máxima de 6,90 cm. y mínima de 2,50 cm. mientras que el exoesqueleto en este parámetro mide 7,2 cm., es decir que es excesivamente grande en comparación de los valores requeridos.

La longitud desde la muñeca hasta los dedos flexionados a 90 presenta un valor máximo de 7,20 cm., mínimo de 4,40 cm. El exoesqueleto mide 6,90 cm. en este mismo parámetro por tanto estaría cubriendo las necesidades de la mayor parte de la población.

Tabla 16: Perímetro de la base de las falanges proximales, muñeca y muñeca a 1 cm en mujeres.

| | Perímetro Base Falange Proximal 1 | Perímetro Base Falange Proximal 2 | Perímetro Base Falange Proximal 3 | Perímetro Base Falange Proximal 4 | Perímetro Base Falange Proximal 5 | Perímetro Muñeca | Perímetro Muñeca 1cm |
|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------|----------------------|
| Moda | 5,80 | 5,60 | 5,80 | 5,60 | 4,90 | 15,00 | 19,00 |
| Desviación estándar | 0,37 | 0,38 | 0,35 | 0,49 | 0,32 | 1,06 | 1,44 |
| Mínimo | 4,90 | 4,90 | 4,90 | 1,4 | 4,20 | 10,50 | 12,10 |
| Máximo | 6,70 | 7,00 | 6,90 | 6,8 | 5,70 | 19,60 | 23,50 |

Fuente: Evaluación antropométrica de manos

Elaborado por: Jennifer Ortiz y Gabriela Tonato

En el perímetro de la base de las falanges proximales, la 2da falange proximal obtuvo el mayor perímetro máximo con 7 cm. y la 4ta falange proximal en menor valor mínimo con 1,4 cm. en contraste con el exoesqueleto que mide 6 cm y 5,5 cm respectivamente, mostrando que el dispositivo sería demasiado grande para un número importante de personas.

El perímetro de la muñeca nos indica un valor máximo de 19,60 cm., mínimo de 10,50 cm. y un valor repetitivo de 15 cm., por su parte el exoesqueleto mide 17,2 cm. es decir que no cubre toda la demanda de pacientes.

El perímetro de la muñeca a un 1cm. hacia distal presenta un valor máximo de 23,50 cm., mínimo de 12,10 cm. y un valor repetitivo de 19 cm. por su parte el exoesqueleto mide 20, 90 cm., evidenciando que se encuentra dentro de los parámetros requeridos pero no cubriría toda la demanda.

Tabla 17: Diámetro de la base de las falanges media, agarre, ancho de la mano y articulación biestiloide de las mujeres.

| | Diámetro Agarre | Diámetro Mano | Diámetro interfalang e proximal 1 | Diámetro interfalang e proximal 2 | Diámetro interfalang e proximal 3 | Diámetro interfalang e proximal 4 | Diámetro interfalang e proximal 5 | Diámetro Biestiloide |
|---------------------|-----------------|---------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| Moda | 1,50 | 8,70 | 1,50 | 1,40 | 1,30 | 1,4 | 1,5 | 4,8 |
| Desviación estándar | 0,50 | 0,50 | 0,10 | 0,11 | 0,15 | 0,63 | 0,16 | 0,30 |
| Mínimo | 1,30 | 7,40 | 1,30 | 1,30 | 1,10 | 1,20 | 1,10 | 4,10 |
| Máximo | 3,60 | 10,20 | 1,90 | 1,90 | 1,70 | 4,30 | 1,90 | 5,90 |

Fuente: Evaluación antropométrica de manos

Elaborado por: Jennifer Ortiz y Gabriela Tonato

El diámetro de agarre tiene un valor máximo de 3,60 cm. y mínimo de 1,30 cm., mientras que el exoesqueleto mide 4,40 cm., es decir que es demasiado grande para los requerimientos. El diámetro de la mano presenta un valor máximo de 10,20 cm., mínimo de 7,40 cm. y un valor repetitivo de 8,70 cm., en contraste con el exoesqueleto que mide 9,40 cm.

En las interfalanges proximales, la 4ta interfalángica próxima tiene el mayor valor máximo con 4,30 cm. y 5ta falange proximal el menor valor mínimo con 1,10 cm, por su parte el exoesqueleto mide 1,5 cm. y 1,3 cm. respectivamente, es decir que sería muy pequeño para un número significativo de pacientes.

El diámetro biestiloideo tiene un valor máximo de 5,90 cm. y mínimo de 4,10 cm., el exoesqueleto en este parámetro mide 5,6, encontrándose dentro de los parámetros requeridos.

3.2. Discusión de resultados

Al analizar los resultados se determinó que la mano masculina es más grande que la mano femenina en las 33 medidas antropométricas registradas, considerando los valores máximos la longitud de la mano en hombres es de 21,50 cm. y en las mujeres es de 19,60 cm. evidenciando una notable diferencia de 1,9 cm. En un estudio realizado en la población indígena de la comunidad Miguel Egas ubicado en Otavalo provincia de Imbabura establece que el valor máximo de mano es de 20 cm. en hombre y 19,8 cm en mujeres, valores similares a los obtenidos en este estudio (Ramírez, 2016).

La longitud de la palma también muestra una notable diferencia, en hombre se obtuvo un valor de 16,90 cm. y en mujeres 10,90 cm. denotando una diferencia de 6 cm. En un estudio realizado en trabajadores de mantención de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, en este parámetro se obtuvo un valor único de 12 cm. en dicha investigación no existe especificaciones entre hombres y mujeres, sin embargo el valor obtenidos se encuentra dentro de los rangos de nuestro estudio (Cubillos & Medina, 2010).

Con respecto a las falanges proximales, la longitud de la 1ra falange proximal es la que demuestra mayor diferencia entre hombres y mujeres con 5,20 cm. y 4,11 cm. respectivamente. En un estudio realizado en 1.196 manos pertenecientes a habitantes de ambos sexos de la región de Chile –Maule, presenta valores de 4,1 cm. en hombres y 3,7 cm. en mujeres, siendo estos valores más pequeños que los obtenidos en este estudio (Binignat, Almagia, Lizana & Olave, 2012). El perímetro medido a un centímetro de la muñeca también evidencio valores con una notable diferencia, en hombre se obtuvo un perímetro de 28,50 cm y en mujeres 23,50 cm, mostrando una diferencia de 5 cm. entre ambos sexos. Con respecto a este parámetro un estudio realizado en una población de trabajadores de la ARP Bolívar, establece un valor de 15,6 cm.

siendo un valor considerablemente pequeño en comparación a los resultados obtenidos en esta investigación (Mayorga & Nova, 2010).

Analizando las 33 medidas antropométricas se determinó que en el sexo femenino la longitud desde el surco inferior de la muñeca hasta la base del semilunar esta entre 6,90 cm. y 2,50 cm, en el sexo masculino esta entre 6,7 cm. y 3,4 cm., con ello podemos determinar que la diferencia de un 1cm lo marca el sexo masculino. Así como la longitud en mujeres del pliegue proximal de muñeca hasta los dedos flexionados a 90° presenta una longitud entre 7,20 cm. y 4,40 cm., en el sexo masculino la longitud del pliegue proximal de muñeca hasta los dedos flexionados a 90° se encuentra entre 9 cm. y 5,49 cm., aquí la diferencia es marcada por el sexo masculino con 0,77 cm. Por otro lado analizando la población, tiene una distribución homogénea, la muestra es bastante notable y nos ayuda a realizar un estudio más amplio.

Otros datos relevantes son aquellas longitudes de las falanges proximal, media y distal. En un estudio realizado en Chile a 39 funcionarios de edades entre 20 y 65 años, se puede observar como longitud de las falanges a la suma de todas (proximal, media y distal), donde no se puede apreciar la medida exacta simplemente se obtiene un resultado promedio de toda la falange de cada dedo (Cubillos, 2010). Se ha obtenido en el presente estudio datos relevantes en el sexo femenino: longitud de la tercera interfalángica proximal valor máximo 5,50 cm, mientras que la primera interfalángica proximal presento el menor valor máximo con 4,11 cm. En el sexo masculino: longitud de la cuarta interfalángica proximal valor máximo 6,40 cm.

Finalmente se puede señalar que este estudio, ayuda y facilita el rediseño de un exoesqueleto, por la muestra tan numerosa que se logró recolectar en un solo intervalo de edad joven.

CONCLUSIONES

En este estudio se logró la aplicación de conocimientos básicos en antropometría a fin de obtener datos estadísticos que permitan el rediseño de un exoesqueleto, de manera que este dispositivo se adapte a las necesidades del ser humano, consiguiendo así un ajuste apropiado entre la mano y el exoesqueleto considerando siempre el déficit motor que presente el miembro. Al ser elaborados estos dispositivos en base a medidas antropométricas, se brindará mayor confianza al paciente al momento de realizar su rehabilitación diariamente, así también se disminuirá el riesgo de presentar lesiones y se incrementará la probabilidad de que en un futuro los movimientos que realice el paciente pasen de ser movimientos controlados a movimientos automáticos.

Los exoesqueletos diseñados previamente poseen bastantes dificultades en ámbitos de movilidad y fuerza, aspectos que se encuentran estrechamente relacionados con las longitudes, diámetros y perímetros de las estructuras de la mano; es por esto que la elaboración de esta base de datos es bien recibida, y más aún si se considera que es la primera base de datos antropométrica de manos realizada en este país.

Mediante este estudio se pudo comparar las medidas obtenidas tanto en hombres como mujeres. Entre los resultados más destacados y que mayor diferencia se evidencio en los resultados, se encuentra:

- La longitud de la palma cuyos valores en mujeres reporto un máximo de 10,90 cm.; mínimo 4,60 cm. y en hombres un máximo de 16,90 cm.; mínimo de 9,40 cm. demostrando notables diferencias de aproximadamente 6 cm.
- La longitud desde la muñeca hasta el centro de la mano cuando esta se encuentra con una flexión metacarpofalángica de 90°, evidencio en mujeres un máximo de 7,20 cm. y 9 cm. en hombres.

- El perímetro de la base de la falange proximal 4 que en mujeres presento un máximo de 6,8 cm.; mínimo 1,4 cm. y en hombres un máximo de 7,50 cm.; mínimo 2,7 cm.
- El perímetro de la muñeca a 1 cm presento en mujeres un máximo 23,50 cm.; mínimo 12,10 cm. y en hombres máximo de 28,50 cm.; mínimo 12,50 cm.
- El Diámetro de agarre máximo en mujeres 3,60 cm. y en hombres 4,50 cm.

La literatura revisada demostró que los resultados obtenidos en esta investigación son en algunos casos similares a los valores registrados en bases de datos antropométricas de otros países de Latinoamérica como Chile, sin embargo en la mayoría de estudios revisados los resultados obtenidos en este estudio son cantidades más grande que las obtenidas en otras regiones, esto fundamenta la importancia de tener una base de datos propia de nuestra población para el desarrollo de exoesqueletos o demás implementos de utilidad en mano.

RECOMENDACIONES

Es importante continuar realizando bases de datos antropométricas de otras estructuras del cuerpo, como el brazo, antebrazo, muslo, pierna y pie para a un futuro pensar en la elaboración de exoesqueletos, y ya no solo de mano, sino también de otras extremidades, pues cuando una persona sufre algún tipo de discapacidad esta generalmente afecta a más de un miembro. Así también estos datos pueden ser utilizados en el diseño de implementos de rehabilitación como tobilleras, rodilleras, cuellos ortopédicos, entre otros. Así conocer estas medidas permitirá que estos implementos sean más estéticos y brinden mayor funcionalidad.

Además, se recomienda capacitar más a los estudiantes de Terapia Física con técnicas de medición antropométrica, de manera que conozcan los puntos óseos específicos que se deben ubicar al momento de determinar una longitud ósea, de igual manera el uso correcto de los materiales necesarios para dicho objetivo.

También sería importante realizar estudios de evaluación antropométrica en otras regiones del país como la Costa y el Oriente, para poder determinar si existen diferencias considerables en torno a los resultados obtenidos en la región Sierra, esto permitiría cubrir un mayor número de personas con discapacidad.

BIBLIOGRAFIA

1. Álvarez, C., Pisarello, M. & Monzón, J. (2014). *Model of Optimal Energy Regulation for the Articulation of a Robotic Manipulator*. doi: 10.1007/978-3-319-13117-7_230
2. Anónimo. (s.f.). Lesiones traumáticas. Recuperado de <http://www.jmcpri.net/GLOSARIO/LESIONES%20TRAUMATICAS.htm>
3. Ayala, J.F., Urriolagoitia, G., Romero, B., Torres, C., Aguilar, L. & Urriolagoitia, G.M. Diseño mecánico de un exoesqueleto para rehabilitación de miembro superior. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 17(1), 79-90. Doi: <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v17n1.44188>
4. Ávila, R., Prado, L. & Gonzales, E. (2007). *Dimensiones antropométricas de población latinoamericana*. Guadalajara, Jalisco: Editorial México
5. Bairros, A. (2015). *Development of an EMG controlled hand exoskeleton: towards an application for post-stroke rehabilitation* (Tesis de maestría). Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal.
6. Binvinat, O., Almagia, A., Lizana, P. & Olave, E. (2012). Aspectos Biométricos de la Mano de Individuos Chilenos. *International Journal of Morphology*. Recuperado de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022012000200040
7. Blanco, A. (2016). *Desarrollo de un exoesqueleto robótico para rehabilitación y asistencia del movimiento de pronosupinación de la muñeca* (Tesis de maestría). Universidad Miguel Hernandez de Elche, España.
8. Bravo, M. (2017). *Exoesqueleto para rehabilitador de mano*. Quito, Pichincha, Sierra.
9. Butler, T. (2016, Septiembre). La tecnología del exoesqueleto (trabajadores más seguros y productivos). Recuperado de http://www.asse.org/assets/1/7/Septiembre_1.pdf

10. Cabello, E. V. (2014). *Antropometría*. Recuperado de <http://www.insht.es/Ergonomia/2/Contenidos/Promocionales/Diseno%20del%20puesto/DTEAntropometriaDP.pdf>
11. Camacho, F. & Castillo, D. (2015). *Diseño y simulación de un exoesqueleto para la rehabilitación de un tobillo* (tesis de grado). Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, México D.F.
12. Chávez, Rodríguez & López, (2010). *Exoesqueletos para potenciar las capacidades humanas y apoyar la rehabilitación*. Escuela de Ingeniería de Antioquia-Universidad CES, Medellín.
13. Cifuentes L. (2002). *Órtesis prótesis y ayudas técnicas para discapacitados*. Quito, Ecuador: PH ediciones
14. Cohen, A. (2004). Handtutor. Meditouch. Recuperado de <http://meditouch.co.il/products/handtutor/>
15. Comité de Evaluación Ética de la Investigación CEI. (S.F.). *Consentimiento Clínico*. Recuperado de <file:///C:/Users/SAMSUNG-PC/Downloads/formulario%20de%20consentimiento%20informado%20pdf.pdf>.
16. Consejo Nacional Para la Igualdad de Discapacidades. (2018). *Información estadística de personas con discapacidad registradas*. Recuperado de <http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadistica/index.html>
17. Cubillos, N. & Medina, O. (2010). *Estudio piloto de medidas antropométricas de la mano y fuerzas d prensión, aplicables al diseño de herramientas manuales* (Tesis de pregrado). Universidad de Chile, Chile.
18. Delgado, C., Rodríguez, F., & Alberto, P. (2015). *Diseño de un exoesqueleto*. Escuela Superior De Ingeniería y Tecnología Sección de Ingeniería Industrial, España.

19. Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. (2010). *Reportes del Registro de Localización y Caracterización de la Población con Discapacidad del Distrito de Cartagena*. Colombia
20. Duret, C., Courtial, O., Grosmaire, A. & Hutin, E. (2015). *Use of a Robotic Device for the Rehabilitation of Severe Upper Limb Paresis in Subacute Stroke: Exploration of Patient/Robot Interactions and the Motor Recovery Process*. doi: 10.1155/2015/482389
21. Espinoza, A. (2014). *Diseño y elaboración de una prótesis de mano electrónica para personas con discapacidad física transradial., controlada inalámbricamente con el pie* (tesis de pregrado). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador.
22. Fontana, M., Fabio, S., Marcheschi, S. & Bergamasco, M. (2013). Haptic hand exoskeleton for precision grasp simulation. doi: 0.1115/1.4024981
23. Gispert, R., Clor, G., Rivero, A., Freitas, A., Ruiz, M., Ruiz, C., Argimón, J. (2008). El perfil de la dependencia en España: un análisis de la encuesta de discapacidades de 1999. *Revista Española de Salud Pública*, 82(6), 653-665
24. Gómez, J., Moreno, J., Gil, G., Becerra, J. & Orozco, C. (2016). Rehabilitación de la mano con órtesis robóticas. *Revista Colombiana de Medicina Física y Rehabilitación*, 26(2), 174-179.
25. Gopura, R., Kazuo, I. & Bandara, D. (2011). A brief review on upper extremity robotic exoskeleton systems. *6th International conference on industrial and information systems*, Sri Lanka.
26. Gispert, R., Clor, G., Rivero, A., Freitas, A., Ruiz, M., Ruiz, C., Argimón, J. (2008). El perfil de la dependencia en España: un análisis de la encuesta de discapacidades de 1999. *Revista Española de Salud Pública*, 82(6), 653-665

27. Gudiño, L. & Arteaga, M. (2006). Dynamic Model, Control and Simulation of Cooperative Robots: A case study. doi: 10.5772/4724
28. Herrera, C. D. (Julio de 2014). *pdf*. Obtenido de pdf: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5776/1/56802_1.pdf
29. Hoppenfeld, S. (2000). *Exploración física de la columna vertebral y las extremidades*. México: El manual moderno.
30. Homayoon K, (2016, 02 de febrero). SuitX Wins \$1M USD Top Prize of the UAE AI Robotics for Good Competition for Pediatric Medical Exoskeleton. Recuperado de <http://www.marketwired.com/press-release/suitx-wins-1m-usd-top-prize-uae-ai-robotics-good-competition-pediatric-medical-2095786.htm>
31. Jones, L. & Lederman, S. (2006). *Human Hand Function*. New York: Oxford University Press
32. Kapandji, A. I. (2006). *Fisiología articular*. Madrid. Maloine.
33. López, R., Aguilar, H., Salazar, S., Lozano, R. & Torres, J. (2014). Modelado y control de un exoesqueleto para la rehabilitación de extremidad inferior con dos grados de libertad. *Revista iberoamericana de automática e informática industrial*, 11, 304-314.
34. Lum, P., Burgar, C., Van der Loos, M., Shor, P., Majmundar, M. & Yap, R. (2005). The MIME robotic system for upper-limb neuro-rehabilitation: results from a clinical trial in subacute stroke. *9th International Conference on Rehabilitation Robotics*, Chicago, USA
35. Mantilla, J.I, Martínez, J. (2016). Tecnología de asistencia: exoesqueletos robóticos en rehabilitación. *Movimiento Científico*. Recuperado de <http://ibero-revistas.metabiblioteca.org/index.php/Rmcientifico/article/view/1232>
36. Mayorga, G. & Nova, J. (2010). *Evaluación de medidas antropométricas (mano) como factor de riesgo individual para síndrome de Túnel Carpiano en pacientes de ARP*

- Bolívar – Bogotá -2010* (Tesis de pregrado). Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario, Colombia.
37. Mendez,S., Montiel,A., & González,L. Diseño de un Prototipo de Exoesqueleto para Rehabilitación del Hombro. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 38(1),330-342.Doi: [dx.doi.org/10.17488/RMIB.38.1.29](https://doi.org/10.17488/RMIB.38.1.29)
38. Milián, Moncada & Borjas (2014). Manual de medidas antropométricas. Recuperado de <http://www.repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/8632/MANUAL%20ANTROPOMETRIA.pdf?sequence=1>
39. Ministerio de Salud Publica. (2015). *Registro Nacional de Discapacidades*. Recuperado de http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/registro_nacional_discapacidades.pdf
40. Mondelo, P., Gregori, E. & Barrau, P. (1994). *Ergonomía I fundamentos*. Barcelona España: Editorial Mutua Universal.
41. Muso, A. (2015). *Evaluación antropométrica de trabajadores del área de montaje en a empresa de calzado Wonderland* (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
42. Norouzi, N., Archambault, P. & Fung, J. (2012). Effects of robot-assisted therapy on stroke rehabilitation in upper limbs: Systematic review and meta-analysis of the literatura. *Journal of rehabilitation Research & Development*, 49 (4) ,479-496.
43. Organización Mundial de la Salud. (2016). Discapacidad y salud. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs352/es/>
44. Palacios, C. (2014). *Diseño y construcción de un exoesqueleto para rehabilitación de la extremidad superior derecha* (Tesis pregrado). Universidad Técnica Equinoccial, Quito, Ecuador.

45. Panero J. & Zelnik, M. 1996. *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*. Barcelona, España. Editorial Gustavo Gili.
46. Pasquel, A. & Pazmiño, G. (2014). *Diagnóstico Georeferenciado de la Discapacidad en las Comunidades de Agualongo, Larcacunga, Panecillo, Gualsaquí, Achupallas, Tangalí, Moraspungo y Cambugán de la Parroquia de Quichinche – Otavalo Enero a Junio de 2014* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
47. Pérez, M., Velázquez, A., Torres, C., Martínez, L. Huerta, P., Urriolagoitia, G. (2012). Prototipo de mano robótica antropométrica sub-actuada. *Revista facultad de ingeniería de la universidad de Antioquia*, 65, 46-59.
48. Pheasant, S. & Haslegrave, C. M. (2005). *BodySpace Anthropometry, Ergonomics and the design of work*. New York: Taylor & Francis Group.
49. Pons, J. (2008). *Wearable Robots: Biomechatronic Exoskeleton*. Washington, USA: Jhon Wiley & Sons, Ltd.
50. Ramírez, E. (2016). *Determinación de la fuerza de agarre y medidas antropométricas de mano en la población indígena de la comunidad Miguel Egas – Otavalo, provincia de Imbabura año 2016* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ecuador.
51. Riener, R., Nef, T. & Colombo, G. (2005). Robot aided neurorehabilitation of the upper extremities. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 43(1), 2-10.
52. Rodríguez, & Casasola, (2013). *Diseño y accionamiento de un dispositivo rehabilitador de muñeca*. Instituto Politécnico Nacional, México.
53. Rogers, S. A. (2006). Helping Hand: Neofect Smart Glove is a High-Tech Rehab Device. US. Dornob. <http://dornob.com/helping-hand-neofect-smart-glove-is-a-high-tech-rehab-device/>

54. Sale, P., De Pandis, M., Le Pera, D., Sova, I., Ciolin, V. , Ancillao, ...Franceschini, M. (2013). *Robot-assisted walking training for individuals with Parkinson's disease: a pilot randomized controlled trial*. doi: 10.1186/1471-2377-13-50
55. Sánchez, R., Sanfilippo, F., Reinaldo, J. & Forner, A. (2015). *Modular exoskeleton Design: Methodology of Requirements Definition*. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Jose_Silva23/publication/305771711_Modular_Exoskeleton_Design_Requirement_Engineering_with_KAOS/links/57a6914708aee07544bc6a22.pdf
56. Schabowsky, C., Godfrey, S., Holley, R. & Lum, P. (2009). Development and pilot testing of HEXORR: Hand EXOskeleton Rehabilitation Robot. Doi: 10.1186/1743-0003-7-36
57. Sirit, Y., Fernández, J. & Lubo, A. 2002. Accidentes de la mano en trabajadores de la Costa Oriental del Lago de Maracaibo del Estado Zulia, Venezuela, 1986-1993. *Investigación Clínica*, 43 (2), 79-87.
58. Song, Z., Guo, S., Pang, M., Zhang, S., Xiao, N., Gao, B. & Shi, L. (2013). Implementation of Resistance Training Using an Upper-Limb Exoskeleton Rehabilitation Device for Elbow Joint. *Journal of Medical and Biological Engineering*, 34(2), 188-196.
59. Tornero, J., Piqueras, J., Carballo, L. & Vidal, J. (2002). Epidemiología de la discapacidad laboral debida a las enfermedades reumáticas. *Revista Elsevier*, 29(8), 373-384.
60. Torregrosa C. & Gómez, M. (2011). Recuperación de las actividades de la vida diaria en pacientes en fase crónica usuarios de un centro de día. *Revista de Terapia Ocupacional Galicia*, 8(14), 1-18.

61. Vélez, D., Moreno, S. (s.f.). Sistemas Inteligentes en exoesqueletos de rehabilitación. Recuperado de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/xikua/article/view/1165/1165>
62. Veneman, J., Kruidhof, R., Hekman, E., Ekkelenkamp, R., Van, Asseldonk, E. & Van der Kooij. (2007). Design and evaluation of the LOPES exoskeleton robot for interactive gait rehabilitation. *IEEE transaction on neural systems and rehabilitation engineering*, 15 (3), 379-384.
63. Yang, C., Zhang, J., Chen, Y., Dong, Y. & Zhang, Y. (2007). *A review of exoskeleton-type systems and their key technologies*. doi:10.1243/09544062JMES936

ANEXO 1: Documento de Consentimiento Informado para Antropometría de Manos

Documento de Consentimiento Informado para Antropometría de Manos.

Este formulario de Consentimiento Informado se dirige a hombres y mujeres, estudiantes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y que se les invita a participar en la Evaluación antropométrica de manos para el rediseño de un exoesqueleto rehabilitador de mano. Nosotras somos Jennifer Ortiz y Gabriela Tonato, estudiantes de la PUCE y estamos realizando un estudio sobre la antropometría de manos, daremos información y les invitamos a participar de esta investigación. Puede que haya palabras que no entiendan, por favor háganos saber.

Un exoesqueleto consiste en un mecanismo estructural, que a través de estructuras externas rígidas proporcionan soporte a las funciones de movilidad de la persona. Esta órtesis se adapta o acopla a una persona de modo que el contacto físico entre el paciente y el exoesqueleto permite transmisión señales de información que posibilita realizar los movimientos de la mano. El exoesqueleto está dirigido a pacientes con alteraciones motoras de diversa índole y a través de este se busca recuperar el máximo nivel de funcionalidad de la mano, por tanto, debe ser ajustable o adaptable al paciente. Para esto se requiere el conocimiento de medidas estándar de las manos de la población en la cual se va a utilizar este dispositivo. Este estudio requiere la toma de medidas de las estructuras anatómicas de la mano, para lo cual invitamos a todos los estudiantes de la PUCE a participar en este proyecto. Su participación en esta investigación es totalmente voluntaria, puede elegir participar o no hacerlo. Usted puede cambiar de idea más tarde y dejar de participar aun cuando haya aceptado antes.

La medición se realizará en un único día, en las instalaciones de Facultad de Enfermería de la PUCE por un tiempo aproximado de 15 minutos. La información que se recoja para este estudio se mantendrá confidencial y nadie tendrá acceso a ellos. Al participar en esta investigación usted no se expone a algún tipo de riesgo y tampoco recibirá algún tipo de incentivo por su participación en este proyecto. Usted no tiene por qué participar en esta investigación si no desea hacerlo y el negarse a participar no le afectara en ninguna forma. Puede dejar de participar en la investigación en cualquier momento que desee. Si tiene cualquier pregunta puede hacerlas ahora o más tarde, incluso después de haberse iniciado el estudio.

ANEXO 2: Consentimiento informado

He sido invitado a participar en el estudio de antropometría de manos para el rediseño de un exoesqueleto rehabilitador de mano. Entiendo que realizaran medidas de mis manos en

un solo día durante un tiempo aproximado de 15 minutos. He sido informado de que no existen riesgos y tampoco habrá algún tipo de incentivo.

He leído la información proporcionada. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente participar en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento (Comité de Evaluación Ética de la Investigación [CEI], S.F.)

Nombre del Participante _____

C.I. _____

—

Firma **del** **Participante**

Fecha

ANEXO 3: Hoja de Registro de Medidas Antropométricas

N°:

Hoja de Registro de Medidas Antropométricas

Nombre: _____
Fecha de nacimiento: _____ **Edad:** _____

Fecha de evaluación: _____

Evaluador: _____ Anotador: _____

MEDICIONES BASICAS

Peso corporal (kg)

Estatura (m)

LONGITUDES (cm)

| Estructura | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| De la mano | | | | | |
| De la palma | | | | | |
| IF proximal | | | | | |
| IF medial | | | | | |
| IF distal | | | | | |
| Tenar opuesto (marcar pliegue medir base semilunar) | | | | | |
| Flexión mtf 90° (marcar pliegue y medir hasta el semilunar) | | | | | |

PERIMETROS (cm)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------------|---|---|---|---|---|
| Base falange proximal | | | | | |
| Base muñeca | | | | | |
| Base muñeca a 1 cm | | | | | |

DIAMETRO (cm)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|---|---|---|---|---|
| De agarre(dedo medio y pulgar 1 MTC-base de falange media) | | | | | |
| Ancho de la mano | | | | | |
| Falange media | | | | | |
| Biestiloideal | | | | | |