



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

T E S I S
ERGONOMÍA DE MIEMBRO SUPERIOR

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERA INDUSTRIAL**

PRESENTAN:

**Alina Vanessa Santiago Isidro
Ileana Betsabé Valenzuela García**

**DIRECTOR DE TESIS:
DR. JESÚS MANUEL DORADOR GONZÁLEZ**



MÉXICO D.F.

MAYO 2005



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A Dios por todo lo que pone en mi camino.

A mi Padre (†) por su ejemplo y esfuerzo, a Mama por su amor y fortaleza, a Sonia por su compañía y entusiasmo, a Roberto por su valor y dedicación, a mis Abuelos, Tíos(as), Primos por la estrecha unión que existe como familia.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, al Departamento de Sistemas (Posgrado), al Centro de Diseño y Manufactura, a la Dirección General de Actividades Deportivas.

Al Dr. Sergio Fuentes Maya, Dr. Jesús Manuel Dorador, Ing. Enrique Jiménez Espriú, Dr. Miguel Aguilar Casas, M.I. Silvana Hernández García, Ing. Elizabeth Moreno Madrivis, por sus valores, conocimiento, y guía.

A mis amigas(os), Vanessa, Elena, Sara Ileana, Paty, Farah, Isela, Katya, Alejandra, Paulina, Socorro, Mayve, Marú, Karen, Martha, Nancy, Jesús, Jon, Gabriel, Ignacio, Miguel, Ángel, Ricardo, Juan Carlos, Israel, Andrés, Cesar, Gustavo, Osvaldo, Pablo, Rodrigo, Walter, por permitirme entrar en sus vidas y familia, brindándome momentos inolvidables, apoyo, compañía y cariño.

Alina Vanessa Santiago Isidro

La vida de todo hombre es un camino hacia sí mismo, la tentativa de un camino, la huella de un sendero. Ningún hombre ha sido nunca por completo él mismo; pero todos aspiran llegar a serlo....

Hermann Hesse

A manera de Dedicatoria

A mi madre

Porque con tu gran ejemplo has sabido guiarme en los momentos difíciles. Me siento muy orgullosa de tenerte a mi lado como madre, amiga y cómplice ; Te amo Mamá !

A manera de Agradecimientos

A mi padre porque todo lo que he vivido a tu lado ha servido en mi formación personal gracias por todo Te quiero papá.

A mis hermanos Lluvia María, Francisco Eduardo, Lluvia Angélica, Brenda y Grecia por todos los momentos hermosos que juntos hemos creado; inyectando gran alegría y entusiasmo para seguir creciendo.

Al Dr. Jesús Manuel Dorador por creer en mi, por su gran comprensión y amistad.

A Paty por todos los momentos que hemos compartido, por tu gran apoyo y cariño que me has brindado de manera ilimitada.

A todos mis amigos por su comprensión y la confianza que han depositado en mi en todo momento, me siento muy orgullosa de contar con ustedes.

A Juan Carlos por su gran paciencia y ayuda en este proyecto.

A la UNAM por la gran dicha de pertenecer a la Máxima Casa de Estudios haciéndola mi segundo hogar, donde pude crecer personal y profesionalmente.

Ileana B. Valenzuela García

**ÍNDICE**

Objetivo	1
Introducción	2

CAPITULO 1**Antecedentes de Ergonomía y Prótesis de Miembro Superior**

1.1	Ergonomía	4
1.1.1	Raíces Etimológicas de la palabra Ergonomía	6
1.1.2	Definiciones de Ergonomía	7
1.1.3	Objetivos de la Ergonomía	7
1.1.4	Meta de la Ergonomía	8
1.1.5	Ciencias que componen a la Ergonomía	9
1.1.6	Ambientes de Desarrollo de la Ergonomía	10
1.1.7	Alcance de la Ergonomía	10
1.1.8	Metodología de la Ergonomía	11
1.1.8.1	Variables Significativas	11
1.1.8.2	Puntos a considerar por la Ergonomía	11
1.1.8.3	Etapas de Intervención Ergonómica	13
1.1.9	Ramas de la Ergonomía	13
1.2	Antropometría	15
1.3	Definición de Prótesis	16
1.3.1	Raíces Etimológicas de la palabra Prótesis	16
1.3.2	Historia de la Prótesis del Miembro Superior	16
1.3.3	Historia de las prótesis en México	19



1.4	Antecedentes de las Amputaciones de Miembro Superior	20
1.4.1	Niveles de Amputación	21
1.5	Principales Componentes de una Prótesis de Miembro Superior	21
A.	Encaje o Socket	21
B.	Componentes de codo	23
C.	Dispositivo Terminal	23
D.	Unidad de Muñeca	23
E.	Medios de suspensión o sujeción	24
1.6	Tipos de prótesis de miembro superior	24
1.6.1	Prótesis Cosméticas	24
1.6.2	Prótesis Funcionales	25
1.6.2.1	Prótesis mecánicas	25
1.6.2.2	Prótesis Eléctricas	27
1.6.2.3	Prótesis mioeléctricas	27
1.7	Condiciones necesarias en una prótesis	28
1.8	Principales Objetivos de las Prótesis de Miembro Superior	29
1.8.1	Principales funciones que deben cumplir las prótesis de Miembro Superior	29
1.9	Potencial Funcional del Amputado	30
1.10	Factores que influyen en el resultado de la Protetización	31
1.10.1	Toma de medidas y diseño	31



1.11	Situación Actual de las Prótesis de Miembro Superior	33
1.12	Estadísticas de Discapacitados en México	34

CAPÍTULO 2

Antropometría Estática

2.1	Ergonomía de Producto o de Diseño	39
2.1.1	Trinomio Ergonómico	39
2.1.2	Diseño Centrado en el Usuario	40
2.2	Factores ergonómicos	41
2.2.1	Factor Anatomofisiológico	41
2.2.1.1	Introducción de Miembro Superior	41
2.2.1.2	Anatomía y Fisiología de la Mano	43
2.2.1.2.1	Articulaciones del pulgar	43
2.2.1.2.2	Articulaciones de los dedos	46
2.2.1.2.3	Articulaciones interfalángicas	49
2.3	Factor Antropométrico	50
2.3.1	Método de la Estimación Proporcional	52
2.3.2	Método Longitud de Segmentos	52
2.3.3	Serie de Fibonacci	53
2.4	Experimentación	55
2.4.1	Medidas Antropométricas a Tomar	55
2.4.2	Instrumentación Utilizada	56
2.4.3	Posturas Estandarizadas	58



2.4.4	Puntos de Referencia	58
2.4.5	Cédula Antropométrica	58
2.4.6	Toma de Mediciones	59
2.4.7	Resultados de Medidas Antropométricas	61
2.4.7.1	Medidas Antropométricas Bibliográficas	61
2.4.7.2	Medidas Antropométricas Experimentales	64
2.5	Factor Psicológico	65
2.5.1	Ergonomía Cognitiva	66
2.5.2	Usabilidad	66
2.5.3	Utilidad	67
2.5.4	Facilidad de uso	67
2.5.5	Facilidad de aprendizaje	67
2.6	Diseño de Productos	68
2.7	Factor Sociocultural	71

CAPÍTULO 3

Antropometría Dinámica

3.1	Antropometría Dinámica	72
3.2	Técnicas de análisis cinemática	73
3.2.1	Goniometría	73



3.2.2	Análisis de Tareas	87
3.2.2.1	Experimentación	88
3.2.2.1.1	Identificación y clasificación de movimientos realizados por la mano	88
3.2.2.1.1.1	Movimientos de Prensión Gruesa	88
3.2.2.1.1.2	Movimientos de Prensión Fina	89
3.2.2.1.2	Selección de Pruebas	89
3.2.2.1.3	Instrumentación utilizada	90
3.2.2.1.4	Pruebas y Filmaciones	91
3.2.2.1.5	Análisis de Pruebas	92
3.2.2.1.6	Resultados	98
3.2.2.1.6.1	Tomar una canica	98
3.2.2.1.6.2	Tomar una pelota	100
3.2.2.1.6.3	Abrir un candado	101
3.2.2.1.6.4	Escribir	103
3.2.3	Dinamometría	106
3.2.3.1	Raíces de la palabra Dinamometría	106
3.2.3.2	Definición de Dinamometría	106
3.2.3.3	Conceptos básicos para la descripción de fuerzas	106
3.2.3.4	Acciones de la mano que requieren fuerza	107
3.2.3.4.1	Agarre	108
3.2.3.4.1.1	Clasificación de los Tipos de Agarre	108



3.2.3.5 Experimentación	109
3.2.3.5.1 Identificación de los distintos tipos de fuerza realizadas por la mano	110
3.2.3.5.2 Selección de fuerzas a evaluar	110
3.2.3.5.3 Instrumentación utilizada	111
3.2.3.5.4 Cédula Dinamométrica	113
3.2.3.5.5 Toma de Mediciones	114
3.2.3.5.6 Resultados de las Fuerzas	114
3.2.3.5.6.1 Fuerzas Experimentales	114
3.2.3.5.6.2 Fuerzas Bibliográficas	115
3.2.4 Equipos de ultrasonidos	118
3.2.5 Estéreo-fotogrametría	118

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DE MATERIAL DIGITAL DE LA ERGONOMÍA DE MIEMBRO SUPERIOR

4.1 Introducción	120
4.2 Tutorial de Material Digital "Ergonomía de Miembro Superior"	120
4.2.1 Formas de Acceso	120
4.2.2 Estructura del Material Digital	122
4.2.2.1 Antropometría	125
4.2.2.2 Goniometría	126



4.2.2.3 Dinamometría	128
4.2.2.4 Análisis de Tareas	130
4.2.3 Información proporcionada	134
4.2.4 Utilidad del Material Digital	135
Conclusiones	139
Recomendaciones	141
ANEXO A	143
ANEXO B	161
ANEXO C	187
ANEXO D	196
ANEXO E	202
ANEXO F	212
Bibliografía	218



OBJETIVO GENERAL

Desarrollar la metodología para obtener las medidas ergonómicas de miembro superior de y para población mexicana necesarias para determinar los parámetros que debe cumplir una prótesis de miembro superior; teniendo como fundamento la ergonomía y sus ramas de estudio.

Para llevar a cabo este objetivo se requiere realizar las siguientes actividades:

- I. Realizar un estudio sobre ergonomía previo a su aplicación para determinar que rama de la misma se debe aplicar para obtener los parámetros deseados. Esto se muestra en el capítulo 1 de este trabajo.
- II. De acuerdo al estudio antes mencionado, se determinó realizar los siguientes estudios:
 - ❑ Estudio Antropométrico
 - ❑ Estudio Goniométrico
 - ❑ Estudio Dinamométrico
 - ❑ Estudio de Análisis de Tareas



INTRODUCCIÓN

La mano es un órgano importante que ayuda al desarrollo en un plano social, cultural y económico; que sin duda juega un papel muy importante a lo largo de las actividades desarrolladas cotidianamente desde el aseo personal, alimentación, transporte, trabajo, expresión corporal y artística.

Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU) el número de personas con capacidades diferentes representa un 13 % de la población total mundial y la Organización Mundial de la Salud (OMS) afirma que dos terceras partes de esta población habita en los países subdesarrollados; sin embargo el INEGI en sus estadísticas del Censo General de Población y Vivienda en el año 2000 menciona que en nuestro país existe un total de 1 795 300 personas que sufren algún tipo discapacidad, lo que significa que oficialmente en México únicamente representa el 1.8 % esta población.

La discapacidad durante años ha aquejado al mundo; sin embargo, las poblaciones especiales a lo largo de muchos siglos han sido rezagadas y discriminadas.

Actualmente la ciencia y la tecnología han tenido grandes avances beneficiando a muchas áreas como son la aeronáutica, robótica, telecomunicaciones, biomédica, entre otras. Algunas de estas áreas han trabajado conjuntamente con el fin de obtener mejores desarrollos; tal es el caso del actual proyecto "Diseño, fabricación y pruebas de un prototipo de prótesis inteligente de miembro superior" que la Facultad de Ingeniería de la UNAM el Departamento de Ingeniería Mecatrónica en colaboración con el Centro de Diseño y Manufactura desarrollan desde hace 2 años.

En la actualidad las prótesis han sido beneficiadas por estos avances tecnológicos, pero aún queda mucho por hacer ya que cada vez las necesidades y exigencias se hacen mayores debido a la calidad y ritmo de vida que se tiene. Los principales desarrollos en materia de prótesis tienen lugar en países como Alemania, y por ende las prótesis desarrolladas cuentan con una ergonomía para personas caucásicas.

La Ergonomía es una ciencia que tiene como principal finalidad el adaptar un producto, sistema o entorno de acuerdo a las características, limitaciones y necesidades, siempre buscando incrementar la calidad de vida del usuario; es por ello la necesidad de crear una prótesis cuyo diseño se adecue a las necesidades de una persona mexicana de acuerdo a la antropometría, rango de movimientos, fuerzas, tareas desarrolladas, costumbres entre otras siendo de vital importancia promover que la persona desarrolle sus actividades de manera independiente.



Por ello la intención al realizar el presente trabajo ha sido aplicar diferentes ramas de la ergonomía con el fin de desarrollar una metodología que al aplicar se pueda conocer las características del miembro superior de personas mexicanas de manera sencilla y práctica.

En el capítulo uno se identifican de manera teórica las ramas, objetivos, metas, alcances y evolución de la ergonomía debido a los cambios sociales, políticos y económicos; también se hace una reseña de las prótesis en México y el mundo; se da un panorama amplio acerca de las amputaciones, componentes de una prótesis y los tipos de prótesis existentes actualmente en el mercado y por último la situación actual que se vive en México en torno a la discapacidad.

El segundo capítulo se enfoca a la antropometría estática, se da una breve introducción a esta rama de la ergonomía así como a la fisiología del miembro superior; también se puede observar el desarrollo y resultados de la metodología aplicada para obtener medidas antropométricas de la población mexicana.

El tercer capítulo trata las diferentes técnicas ergonómicas de análisis cinemático de las cuales se desarrollaron la goniometría, dinamometría y análisis de tareas, obteniéndose para cada una de ellas una metodología la cual fue aplicada obteniendo resultados experimentales de los ángulos en los diferentes movimientos que puede realizar el miembro superior, valores de las principales fuerzas de prensión y agarre de la mano y ángulos resultantes de algunas tareas realizadas cotidianamente por el ser humano.

Se desarrolló un material digital el cual tiene la finalidad de proporcionar de manera sencilla y práctica los resultados obtenidos en los capítulos anteriores. Debido a la naturaleza de dicho material se anexa a la tesis como un CD interactivo. En el capítulo cuatro se puede conocer la forma como se maneja y se accesa a la información, como está estructurado y que tipo de información contiene y su utilidad.



CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES DE ERGONOMÍA Y PRÓTESIS DE MIEMBRO SUPERIOR

“La degeneración física ocasiona también un deterioro del espíritu”¹

1.1 Ergonomía

En sus comienzos la especie humana estuvo más preocupada por sobrevivir en un ambiente hostil dominado por animales salvajes, con los que tuvo que compartir y defenderse, que en desarrollar y mejorar su modo de vida. El hecho de que uno de los sustentos de estas tribus fuera la caza, obligó a los cazadores a hacer frente a los peligros relacionados, por lo que inventaron los primeros dispositivos de seguridad; por ejemplo, protectores confeccionados de piedra, hueso y barro y posteriormente de cuero y piel, que, atados a la muñeca, la protegían contra los golpes de la cuerda del arco después de disparada la flecha.

Se puede decir que la caza y la agricultura fueron las primeras ocupaciones laborales, seguidas posteriormente de otras propias de la vida sedentaria, y con toda seguridad originaron accidentes y enfermedades.

Estos primeros pobladores, con sus limitados recursos y conocimientos, desarrollaron las primeras incursiones en los aspectos preventivos de la Salud Ocupacional cuando modificaron y mejoraron el diseño de sus herramientas de caza y agricultura (Figura 1.1), en lo que sin duda constituye una aplicación clara de la ergonomía, aunque fuera de una forma rudimentaria e intuitiva.

El análisis de los primeros útiles que el hombre construyó muestra flechas, hachas y arcos, en los que estaban presentes las capacidades humanas y las características de los materiales. Las variables eran: materiales (hueso, piedra, madera, hierro, ...), capacidades y limitaciones de las personas (dimensiones de los dedos, de la mano, longitud del brazo,...) y efecto buscado (precisión, alcance, movilidad, fuerza,...); las cuales son fácilmente identificables en los restos arqueológicos.

Se cuentan con algunos estudios como son el de Leonardo da Vinci² en sus *“Cuadernos de Anatomía” (1498)*, quien investigó sobre los movimientos de los segmentos corporales, por lo que es considerado el precursor directo de la moderna biomecánica; Lavoisier³, como estudioso del gasto energético es precursor de los análisis de gasto del trabajo muscular; Coulomb⁴ analiza los ritmos de trabajo para definir la carga de trabajo óptima, Chauveau plantea las primeras leyes de gasto energético en el trabajo y Marey aporta técnicas de medición.

¹ Sócrates (c. 470-c. 399 a.C.)

² Leonardo Da Vinci (1452-1519)

³ Lavoisier Antoine Laurent (1743-1794)

⁴ Charles Augustin de Coulomb (1736-1806)

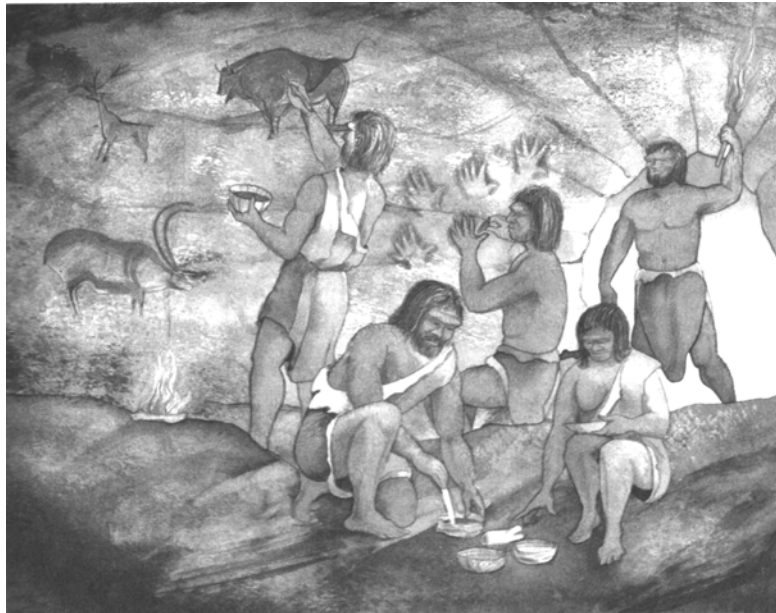


Fig. 1.1 Utensilios creados por el hombre⁵

Los análisis de Durero recogidos en *El arte de la medida* (1512) sobre estudios de movimientos y la ley de proporciones sirvió de inicio a la moderna antropometría; Juan de Dios Huarte, en *Examen de Ingenios* (1575), busca la adecuación de las profesiones a las posibilidades de las personas; Vauban, en el siglo XVII, y Belidor en el siglo XVIII pueden ser considerados pioneros en los planteamientos y el análisis con metodología ergonómica, ya que intentan medir la carga de trabajo física en el mismo lugar donde se desarrolla la actividad; Ramazzini (Fundador de la Moderna Medicina del Trabajo, 1700) hizo las primeras aproximaciones a la Ergonomía de nuestros días, haciendo recomendaciones acerca de los períodos de descanso en el trabajo de prolongada duración, e insistió sobre la necesidad de ejercicio y cambio de postura, convencido de la trascendencia de posturas defectuosas da origen a enfermedades de los trabajadores.

Durante los siglos XVIII y XIX, el rápido desarrollo de la industria trajo consigo condiciones y técnicas de trabajo que implicaban situaciones incontroladas de peligro para los obreros y propició condiciones y técnicas de trabajo que conllevaban ciertos riesgos para ellos; por esta razón comenzaron, los primeros intentos científicos por proteger a los trabajadores, analizando las enfermedades que aquejaban, las condiciones ambientales, y la distribución y diseño de la maquinaria; todo ello con la finalidad de prevenir los accidentes de trabajo.

⁵ Lecciones de Historia del Origen del Hombre a las Cruzadas; Alfonso Rodríguez, Enrique Ávila y Carlos Andaluz; Editorial Trillas; México 1992



El trabajo que desarrollaron Taylor (1903), Babbage y los Gilbreth representan un trabajo contrario al que se había desarrollado en el pasado, donde únicamente utilizaban los medios empíricos; ahora con su aportación identificaban al trabajo como un análisis de precisión, tiempos y gastos energéticos.

Según la teoría de Taylor, cada una de estas operaciones elementales requiere ser observada, analizada, experimentada y normalizada. El observador debe estudiar minuciosamente las operaciones y gestos que realiza el obrero para analizar, elaborar el método más adecuado consistente en suprimir movimientos inútiles y sustituirlo por otro más económicos desde el punto de vista de esfuerzo y tiempo. Todo el estudio en conjunto tiene como fin un incremento de la productividad; este sistema conocido como cronometrado, acaba estableciendo los tiempos necesarios para cada una de las operaciones elementales que componen una operación.

Durante la Segunda Guerra Mundial (1939-1945), las necesidades de producción en masa de material militar y el desarrollo de sistemas cada vez más complejos empleados en la maquinaria bélica, obligan a los ingenieros de diseño a tener en cuenta, explícita y sistemáticamente, las leyes fisiológicas y psicológicas del comportamiento humano y sus límites operativos bajo diferentes sollicitaciones y condiciones del medio.

Con la entrada de la Segunda Guerra Mundial, en Estados Unidos viene el desarrollo de lo que se ha denominado "human-engineering" o "factor humano", la base de este enfoque de la Ergonomía está basado en la adaptación de las máquinas al trabajador. A partir de este suceso, la Ergonomía continúa su evolución en Norteamérica, pasando a denominarse "human factors engineering"; esta corriente, junto con la conocida como "engineering psychology", posee actualmente una base sólida, desarrollada en las grandes universidades y en los institutos de investigación del ejército norteamericano.

La Edad Contemporánea trajo consigo importantes cambios en el trabajo que dieron lugar finalmente al nacimiento de la organización científica del trabajo, con todas las repercusiones que esto tuvo en la Salud Ocupacional.

En este contexto es donde puede situarse el verdadero origen de la Ergonomía tal como la entendemos en nuestros días. Surgiendo la primera sociedad de Ergonomía (Ergonomics Research Society) fundada en Inglaterra en 1949, la cual fue promovida por Murrell junto con otros ingenieros, fisiólogos y sociólogos, con el objetivo de adaptar el trabajo a las personas.

1.1.1 Raíces Etimológicas de la palabra Ergonomía

La palabra Ergonomía viene del griego Ergos, que significa trabajo, y Nomos, que significa conocimiento, ley o norma.



1.1.2 Definiciones de Ergonomía

La Asociación Española de Ergonomía define a la ergonomía como: “La ciencia aplicada de carácter multidisciplinario que tiene como finalidad la adecuación de los productos, sistemas y entornos artificiales a las características, limitaciones y necesidades de sus usuarios, para optimizar su eficacia, seguridad y confort”.

Existe un sin fin de definiciones de ergonomía; sin embargo tal proliferación suele reflejar la visión de un autor en un tiempo determinado, es por ello que podemos agrupar las distintas definiciones del concepto de ergonomía de la siguiente forma:

- I. La ergonomía como tradición acumulativa del conocimiento organizado de las interacciones de las personas con su ambiente de trabajo.
- II. La ergonomía como conjunto de experiencias, datos empíricos, y de laboratorio. Desde esta concepción la ergonomía es un conjunto de actividades planificadas y preparadas para la concepción y el diseño de los nuevos puestos de trabajo, y para el rediseño de los existentes.
- III. La ergonomía, como una tecnología, es una aproximación a la aplicación científica al trabajo y al ocio.
- IV. La ergonomía como plan de instrucción, haciendo hincapié en los procesos mentales de las personas.
- V. La ergonomía como herramienta en la resolución de problemas, sobre todo en el ámbito de los errores humanos y de toma de decisiones.
- VI. Una nueva visión de la ergonomía donde se enfatiza el carácter singular de su metodología que posibilita un estudio unitario y flexible de los problemas, tanto laborales como extralaborales, de interacción entre el usuario y el producto/servicio.

1.1.3 Objetivos de la Ergonomía

El objetivo esencial que persigue la ergonomía es el de mejorar la calidad de vida del usuario, de este se deslindan otros objetivos los cuales son los siguientes:

- Reducir los riesgos de error.
- Desarrollar la armonía entre el hombre y el entorno que le rodea.
- Obtener confort y eficiencia productiva.
- Mantener, mejorar la seguridad y el ambiente físico en el trabajo.
- Disminuir la carga física y nerviosa.
- Reducir el trabajo repetitivo.
- Mejorar la calidad del producto.
- Incremento de bienestar de los usuarios.



Los objetivos de la Ergonomía los podemos apreciar gráficamente en el Diagrama 1.

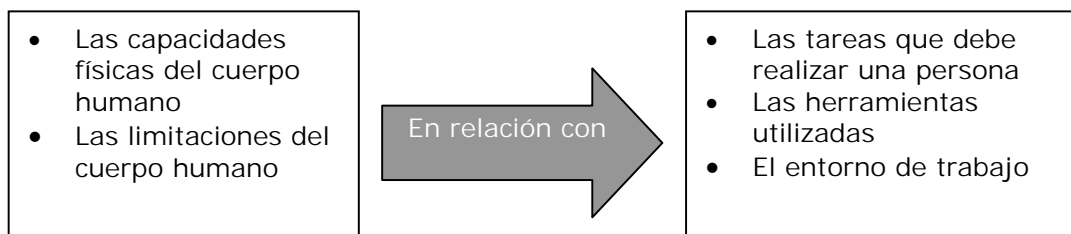


Diagrama 1. Objetivos de la Ergonomía⁶

1.1.4 Meta de la Ergonomía

La meta de la ergonomía es hallar una mejor correspondencia para facilitar la adaptación del usuario de los nuevos requerimientos funcionales e incrementar la eficiencia del sistema y las condiciones de trabajo.

La ergonomía examina:



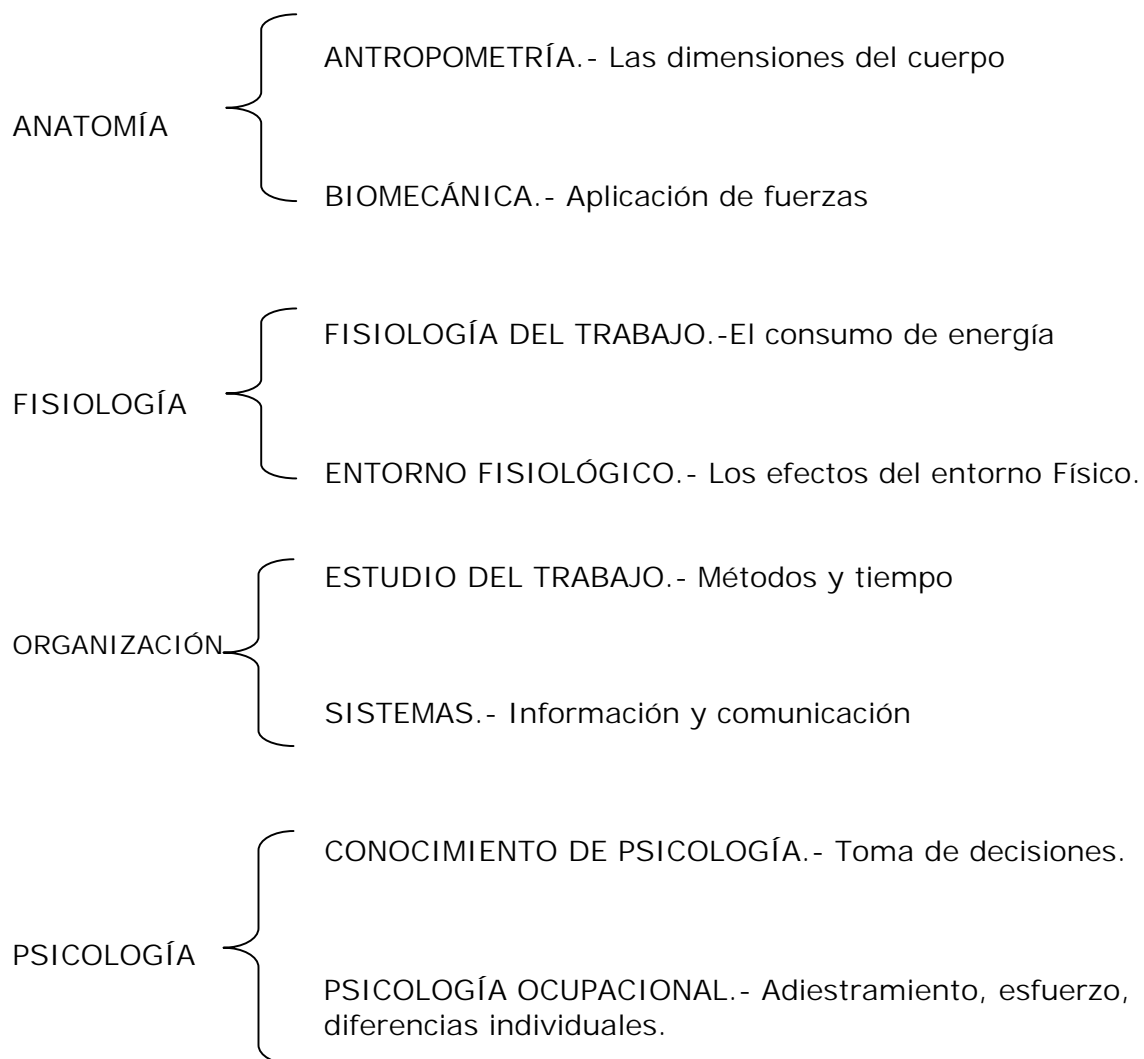
⁶ Ergonomía 1: Fundamentos; Pedro R. Mondelo, Enrique Gregori Torada, Pedro Barrau Bombardo; Editorial Alfaomega; México 2000



La intervención ergonómica no se limita a identificar los factores de riesgo y las molestias, ya que también propone soluciones positivas, que se centra en las potencialidades efectivas y reales de los usuarios, y de la viabilidad económica que enmarca cualquier proyecto.

La meta consiste en asegurar que los trabajadores no sufran lesiones, trastornos, trabajen sin peligro, con comodidad y sean productivos; teniendo como resultado reducción del índice de incapacidad de los trabajadores en sus años productivos por accidentes de trabajo y reducción en la exposición a las tensiones físicas.

1.1.5 Ciencias que componen a la Ergonomía



Ciencias que utiliza la ergonomía según Fernández de Pinedo ⁷

⁷ Idem



1.1.6 Ambientes de Desarrollo de la Ergonomía

FÍSICO	MENTAL	SOCIAL	SALUD
Condiciones Materiales de Trabajo	Contenido del Trabajo	Organización del Trabajo	EVITAR DAÑO
Seguridad Higiene Ingeniería Física Fisiología Sicología Estadística	Psicología Sociología Ingeniería Fisiología	Ingeniería Psicología Economía Sociología Legislación	
ERGONOMÍA			BIENESTAR
"LA SALUD ES EL BIENESTAR FÍSICO, PSÍQUICO Y SOCIAL DE LAS PERSONAS"			

Ciencias que utiliza la ergonomía para mantener la salud de los trabajadores según Fernández de Pinedo ⁸

1.1.7 Alcance de la Ergonomía

El alcance de la ergonomía se puede contemplar en tres aspectos:

- La ergonomía como una técnica de aplicación en el estudio del ser humano en su ambiente laboral en la fase de ergonomía de concepción o preventiva; o como una técnica de rediseño para la mejora y optimización (ergonomía correctiva).
- La ergonomía como una disciplina prescriptiva, que debe proporcionar a los responsables de los proyectos los límites de actuación de los usuarios para de este modo adecuar cualquier clase de producto o servicio a las limitaciones humanas.
- Por último, se entendería a la ergonomía como un campo de estudio interdisciplinario donde se debaten los problemas relativos de qué proyectar y cómo articular la secuencia de posibles interacciones del usuario con el producto, con los servicios, o incluso con otros usuarios.

⁸ Ibidem



1.1.8 Metodología de la Ergonomía

Al observar a la ergonomía como campo de investigación y práctica permite aprovechar el desarrollo de la tecnología, proyectar herramientas, máquinas, equipos y servicios, y adicionalmente se debe exigir a los proyectos que respeten y se adecuen a los límites de capacidad de respuesta humana.

Los ergónomos utilizan métodos clásicos de investigación en ciencias humanas y biológicas, pero van adaptando nuevos métodos, creando a su vez variantes mínimas de las metodologías ya conocidas.

1.1.8.1 Variables Significativas

Las variables significativas de los problemas que se le plantean en la intervención de la ergonomía, se pueden destacar los siguientes:

Informes subjetivos de las personas, ya que el grado de bienestar de una situación no sólo depende de las variables externas, sino de la consideración que de éstas haga el usuario.

Observación y mediciones: esta técnica permite recoger datos cargados de contenido. Una variación en la metodología de observación, como puede ser la observación conjugada de varias personas con diferencias de formación, sexo, cultura, edad, pericia, experiencia, etc..., esta técnica enriquece enormemente los resultados.

Simulación y modelos: debido a la complejidad de los sistemas o a la innovación; en ciertos momentos se debe recurrir a la modelación o simplemente a la simulación de las posibles respuestas del sistema.

Método de incidentes críticos: mediante el análisis de estos incidentes, se puede encontrar las situaciones caracterizadas como fuentes de error, y ahondar en el análisis de éstas.

1.1.8.2 Puntos a considerar por la Ergonomía

Los puntos que considera la Ergonomía y de los cuales se hará uso en la presente tesis se pueden situar los siguientes:

- I. *Objetivo:* Mejora de la interacción Hombre-Producto, de la forma que la haga más segura, cómoda y eficaz; esto implica selección, planificación, programación, control y finalidad.
- II. *Procedimiento* pluridisciplinario de ingeniería, medicina, psicología, economía, estadística, etc..., para ejecutar una actividad.



- III. *Intervención* del entorno en el que se desarrolla.
- IV. *Analizar* y regir la acción humana: incluye el análisis de actitudes, ademanes, gestos y movimientos necesarios para poder ejecutar una actividad; en un sentido más figurado implica anticiparse a los propósitos para evitar los errores.
- V. *Valoración de limitaciones y condicionantes del factor humano*, con su vulnerabilidad y seguridad, con su motivación y desinterés, con su competencia e incompetencia.
- VI. *Económico*: sin el cual tampoco se concibe la intervención ergonómica.

Entonces la ergonomía trata de alcanzar el mayor equilibrio posible entre las necesidades y posibilidades del usuario, prestaciones y requerimientos de los productos y servicios.

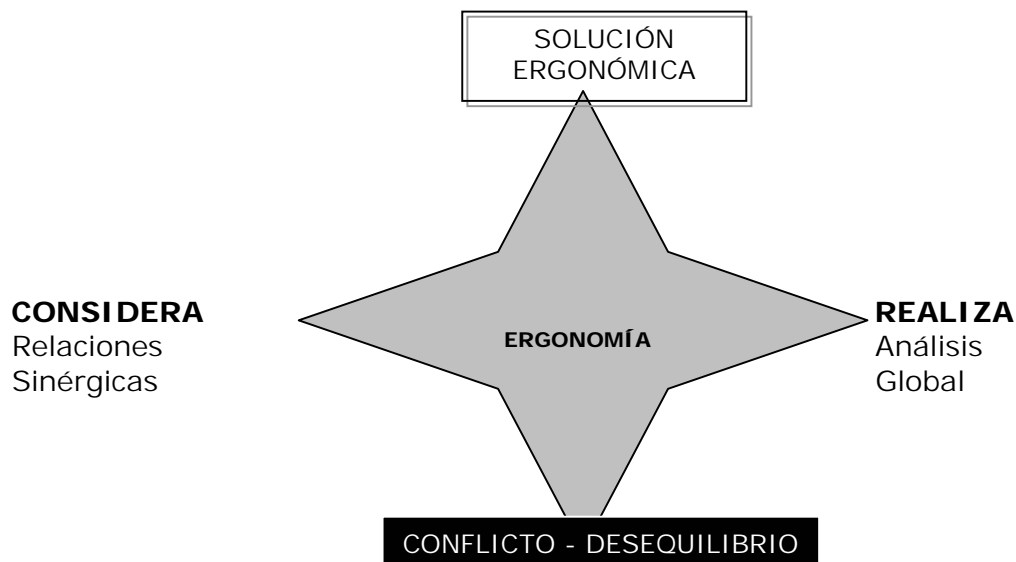


DIAGRAMA 2 *Intervención de la Ergonomía en los conflictos del sistema*⁹

⁹ Ibidem



1.1.8.3 Etapas de Intervención Ergonómica

Se puede reducir la intervención ergonómica a una serie de etapas fácilmente identificables en cualquier proyecto:

- a. **Análisis de la situación:** Se realiza cuando aparece algún tipo de conflicto.
- b. **Diagnóstico y propuestas:** Una vez detectado el problema el siguiente paso consiste en diferenciar lo latente de lo manifiesto, destacando las variables relevantes en función de su importancia para el caso.
- c. **Experimentación:** Simulación de las posibles soluciones.
- d. **Aplicación:** De las propuestas ergonómicas que se consideran pertinentes al caso.
- e. **Validación de los resultados:** Grado de efectividad, valoración económica de la intervención y análisis de factibilidad.
- f. **Seguimiento:** Por último cabe retroalimentar y comprobar el grado de desviación para ajustar las diferencias obtenidas a los valores pretendidos.

1.1.9 Ramas de la Ergonomía

En los últimos 20 años la Ergonomía ha ido cobrando cada vez más importancia, conforme los riesgos clásicos de trabajo, como los accidentes graves o las enfermedades profesionales clásicas han sido paulatinamente controlados.

Al desaparecer o disminuir estos problemas clásicos de la Medicina del Trabajo, fue desarrollándose la Ergonomía y surgiendo diferentes campos o especialidades dentro de la misma.

Debido a la brevedad de la Historia de la Ergonomía, han aparecido nuevas ramas en la Ergonomía de una manera más funcional que formal. Es por ello que hoy se puede hablar de:

- Ergonomía Posicional: Medidas antropométricas de las personas en el diseño y configuración del puesto de trabajo, de los elementos que forman parte de él. Las posturas más adecuadas.



- Ergonomía de Seguridad: Toma en consideración las medidas antropométricas de las personas para el diseño y construcción de los dispositivos de seguridad, defensas, resguardos, etc...
- Ergonomía Dinámica Operacional: Análisis de la operación en sí de la carga de trabajo, de los movimientos que se ejecutan, del correcto diseño de los mandos y mecanismos con objeto de aumentar la precisión, evitar errores y minimizar la fatiga y el cansancio.
- Ergonomía Ambiental: Se encarga de estudiar las condiciones físicas que rodean al ser humano, tales como la temperatura del ambiente y sus variaciones, los niveles de ruido, iluminación y vibraciones presentes en el lugar de trabajo, entre otras, ya que estas influyen en el desempeño del ser humano.
- Ergonomía Temporal: Disciplina que estudia cómo las personas, las máquinas y el ambiente se comunican entre sí, actuando entre sí o algunos de sus elementos, llegar a optimizar los criterios de eficacia, seguridad, comodidad y satisfacción.
- Ergonomía Psicosocial: Se ocupa de la interacción del hombre con el medio, ya sea éste el inmediato o el que abarca a la organización, con todo lo que ello conlleva.
- Ergonomía Biométrica: Desarrolla todos los aspectos del ser humano relacionados con su antropometría, carga física y postural, biomecánica y operatividad.
- Ergonomía Específica: Disciplina que estudia el como las personas se desarrollan en áreas específicas como:
 - Infantil y escolar
 - Microentornos autónomos (aeroespacial)
 - Minusvalías y discapacidades se enfoca principalmente al diseño, desarrollo, evaluación de equipo para personas que presentan alguna discapacidad física, también intervienen en la adaptación y adecuación de líneas de producción y puestos de trabajo, instalaciones de oficinas y casas, así como los medios de transporte.

La diferencia que presentan estos grupos específicos radica principalmente en que sus miembros no pueden tratarse en forma "general", ya que las características y condiciones para cada uno son diferentes y en muchas ocasiones no presentan una distribución normal como la población en general, o son diseños que se hacen para una situación única y una persona específica.



A lo largo de la presente tesis se hará uso de tres ramas específicas de la Ergonomía; las cuales se enuncian a continuación y la razón por la cual serán utilizadas:

- ERGONOMÍA DINÁMICA OPERACIONAL.- Por medio de ella se podrá llevar a cabo un análisis de los movimientos y cargas de trabajo en diferentes tareas que tanto la persona discapacitada como la no discapacitada llevan a cabo a lo largo de su jornada diaria. Todo ello con el fin de proporcionar una base de datos útiles para el diseño de una prótesis inteligente de miembro superior; de esta manera se asegurará el correcto diseño de los mandos y mecanismos y por consiguiente una mayor precisión, evitando errores y minimizando la fatiga del paciente.
- ERGONOMÍA BIOMÉTRICA.- Se obtendrán datos antropométricos de miembro superior, se analizarán las cargas físicas empleadas para algunas tareas cotidianas y se mostrará la metodología empleada con el fin de otorgar a los diseñadores una opción de aceptar o rechazar los datos según los requieran.
- ERGONOMÍA ESPECÍFICA.- Será utilizada básicamente tratando de lograr una adaptación ante una discapacidad física, como lo es una amputación de miembro superior.

1.2 Antropometría

La antropometría es la disciplina que describe las diferencias cuantitativas de las medidas del cuerpo humano, estudia las dimensiones tomando como referencia distintas estructuras anatómicas, y sirve de herramienta a la ergonomía con objeto de adaptar el entorno a las personas.

Existen dos tipos de antropometría:

- La antropometría estática, que mide las diferencias estructurales del cuerpo humano, en diferentes posiciones y sin movimiento. Registra dimensiones con antropómetro, calibrador y báscula. La antropometría estática será tratada más adelante en el Capítulo 2 y los datos obtenidos se presentan en el anexo A.
- La antropometría dinámica, que considera las posiciones resultantes del movimiento va ligada a la biomecánica; registra rangos de fuerza y movimientos como flexión, extensión, rotación, abducción, supinación y pronación de segmentos corporales como brazo, manos, pierna, entre otros. La antropometría dinámica será tratada más adelante en el Capítulo 3 y los datos obtenidos se presentan en los anexos B y C.



1.3 Definición de Prótesis

La prótesis funcional convencional para amputación de antebrazo es el dispositivo externo usado para reemplazar al segmento del miembro superior ausente o deficiente a nivel del antebrazo, por debajo del codo.

Según Bunch (1985), una prótesis es el aparato que proporciona apoyo, o sustituye al elemento perdido del cuerpo. Hay otras definiciones, como la de Gerlach (1980), que considera las prótesis como cualquier aparato, instrumento o dispositivo que puede ayudar a compensar la pérdida o parte-no-funcional del cuerpo, generalmente un miembro. Los ejemplos clásicos son los muslos o piernas artificiales, manos o brazos artificiales, pero también se emplea esta denominación para referirnos a la sustitución de un seno, un ojo, un diente, etc.

En resumen, el término prótesis se refiere al dispositivo que sustituye o compensa la pérdida de un miembro, total o parcialmente, con independencia de la causa que haya motivado esta pérdida.

1.3.1 Raíces Etimológicas de la palabra Prótesis

El término Protésica (Prosthetics) deriva del prefijo griego **pros** que significa "añadir a", del prefijo **tithenai** que significa "colocar, aplicar" y de la terminación **tics** que se refiere al campo de actividad de la raíz de la palabra. Así pues, etimológicamente la palabra Protésica se refiere a la actividad sistemática de "colocar y añadir a ", o de sustituir. Específicamente, la protésica se encarga de añadir o aplicar sobre el cuerpo, los dispositivos denominados prótesis, para sustituir parcial o totalmente los miembros u órganos perdidos o ausentes.

1.3.2 Historia de la Prótesis del Miembro Superior

La mano humana es un órgano que puede realizar numerosa cantidad de movimientos y es parte fundamental de la interacción del ser humano con su entorno.

Cada modo de organización social, en cada época histórica, con su "modus vivendi" y su nivel tecnológico, repercute interactivamente en el proceso salud-enfermedad-asistencia sanitaria. Es decir, cada tipo de organización social produce su propia patología y conlleva el desarrollo de su propia tecnología de asistencia sanitaria. Por otro lado, también se puede señalar que es una constante de la humanidad el hecho de aportar soluciones nuevas ante las nuevas dificultades planteadas.



Se puede decir que sólo cuando se plantea un problema surge la necesidad de resolverlo y se inician las acciones encaminadas a encontrar soluciones. En general, éste parece ser el algoritmo de funcionamiento del proceso de innovación científica y técnica y del progreso del conocimiento humano. Del mismo modo, éstas parecen haber sido las razones de la evolución de la Protésica y de la Ortésica.

Las prótesis son aparatos que compensan la ausencia parcial o total de una extremidad. Las primeras prótesis de miembro superior desarrolladas datan de épocas anteriores al nacimiento de las civilizaciones Griega, Romana y Egipcia, dichas prótesis buscaban únicamente sustituir la ausencia del miembro en forma estética y no funcional, debido a que estas eran de piel, madera o marfil, lo cual las hacía muy pesadas, además no contaban con articulaciones, si no más bien era un cuerpo rígido.

Durante la Edad Oscura, debido a las guerras surgió la necesidad de crear prótesis superiores más resistentes que permitieran a los combatientes que habían sufrido una amputación seguir siendo útiles en el campo de batalla, así como ocultar la supuesta debilidad por haber perdido un miembro. Primero se utilizaban ganchos o lanzas como miembros terminales, o simplemente sujetadores de escudo, esta prótesis eran generalmente hechas de acero, eran muy pesadas y eran útiles en la batalla, pero no para actividades cotidianas; posteriormente gracias al Renacimiento se empezaron a crear prótesis más funcionales con articulaciones, una de las primeras prótesis articuladas fue construida en 1509 para el caballero alemán Götz von Berlichingen (Figura 1.2), dicha prótesis era de hierro, pesaba 1,4 [kg] y tenía dedos articulados que permitían empuñar una espada o una lanza.



**Figura 1.2 Mano de Hierro
Götz von Berlichingen¹⁰**

A principios del siglo XIX se diseñó una mano con dedos que se extendían y flexionaban sin asistencia externa y que permitía sujetar objetos ligeros como plumas, pañuelos o sombreros. En 1851 en Francia se inventó un brazo artificial formado por una mano de madera anclada a un soporte de cuero que se fijaba firmemente al muñón (Figura 1.3).

¹⁰ <http://www.deutsches-museum.de/dmznt/ersatzteile/hand/prothesengeschichte/index.html>

Los dedos estaban semiflexionados, el pulgar giraba sobre un eje y podía presionar con fuerza sobre la punta de los otros dedos gracias a una potente banda de goma; esta pinza del pulgar se accionaba gracias a un mecanismo oculto desde el hombro.

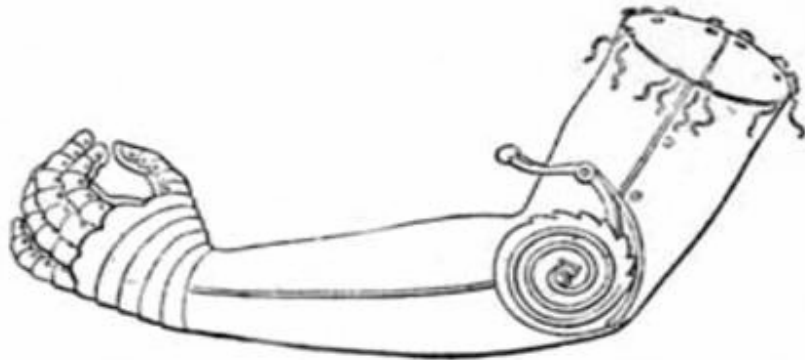


Figura 1.3 Brazo Protésico hecho por Ambroise Paré¹¹

Debido a que en la guerra civil americana más de 30,000 hombres sufrieron amputaciones, el gobierno de los Estados Unidos, se vio en la necesidad de crear mejores prótesis. En 1863 fue creada la mano de hule, la cual sustituyó a la madera y al hierro debido a su mayor resistencia, dicha mano resultó ser muy aceptada debido a que eran fabricadas en un molde cuyo modelo provenía de una mano natural, el cual la hacía tener una apariencia más natural y suave al tacto, los dedos eran flexibles y poseían suficiente elasticidad y adhesión para sujetar objetos ligeros.

Aunque hay numerosos antecedentes históricos sobre diversas prótesis a lo largo de la historia, el gran desarrollo se produjo tras las grandes guerras de este siglo, momento en que se plantean los problemas y las necesidades de investigación en Protésica en Europa. Pero fue después de la II Guerra Mundial cuando se experimentó un considerable avance. En 1945 se iniciaron programas de investigación y desarrollo financiados por el Gobierno de los EEUU, para la provisión de miembros artificiales a los mutilados de guerra. En este sentido se destacan los Laboratorios de la Universidad de California (Berkeley). También se mencionan tres grandes centros en el Reino Unido: el de Roehampton (Hospital Queen Mary), el de Glasgow (Universidad Strathclyde) y el de Dundee (Escocia). A raíz de esta situación aparecen los primeros laboratorios de Biomecánica para su análisis. En este período se produjo un intercambio de conocimientos entre los desarrollos protésicos utilizados en Europa y las innovaciones producidas en EEUU; también se produjo una gran evolución en el diseño y la construcción de prótesis, de modo que las técnicas de adaptación protésica dejaron de ser un arte y pasaron a transformarse en una ciencia.

¹¹ http://biomed.brown.edu/Courses/BI108/BI108_2003_Groups/Hand_Prosthetics/history.html

En la actualidad debido a las exigencias tecnológicas y sociales se busca que las prótesis de mano sean lo más parecidas a la mano humana tanto en funcionalidad como en estética.



Figura 1.4 Prótesis de mano que se activa con la voz ¹²

1.3.3 Historia de las prótesis en México

Desde 1924 existen antecedentes de algunas fábricas que se dedicaban a la manufactura de miembros artificiales, aparatos ortopédicos, sillas de ruedas y equipo de rehabilitación, fue hasta el inicio de la década de los 40's, cuando se inició una etapa en México en la cual diversos grupos clínicos, motivaron y patrocinaron la creación de los primeros talleres dedicados al diseño, fabricación y adaptación de sistemas protésicos.

A mediados de la década de los 40's mecánicos ortopedistas lograron diseñar y elaborar dispositivos, estructuras y componentes que aminoraron las secuelas de invalides que presentaba la población amputada de nuestro país; los materiales mas utilizados fueron la madera y el aluminio.

A principios de la década de los 50's y debido a la creciente demanda que existía de servicios protésicos, surgieron nuevos talleres ortopédicos que permitieron proporcionar mas ayuda a la población discapacitada.

En el año de 1959 se inició una etapa muy positiva para el campo de la rehabilitación de personas amputadas y quienes presentaban secuelas. El Sr. Romulo O´Farril Senior fundó el Instituto Mexicano de Rehabilitación para beneficio de los discapacitados de México y América Latina. Su objetivo fue procurar la rehabilitación integral de los discapacitados del sistema locomotor, basándose en la tesis de que "la rehabilitación consiste en lograr que las personas discapacitadas recuperen, hasta donde sea posible, su integridad física y desempeñen un puesto activo dentro de la sociedad".

¹² <http://www.terra.com.mx/general/historico>



En el Instituto Mexicano de Rehabilitación se utilizaron por primera vez, para la elaboración de las prótesis, materiales modernos como el nylon, aluminio y resinas plásticas poliéster, con los cuales se lograron obtener sistemas más funcionales y estéticamente satisfactorios. Asimismo, se desarrollaron componentes prefabricados como ensambles de rodilla, pantorrillas y pies artificiales; lo que permitió atender a un mayor número de pacientes, debido a que en menor tiempo se elaboraban más prótesis, en relación a las técnicas tradicionales.

La Asociación de Protesistas y Ortesistas de la República Mexicana, A.C. (1974), marcó otra importante etapa de mejoramiento. Esta asociación civil fue fundada mediante un grupo de propietarios de laboratorios dedicados a la atención de personas discapacitadas quienes requerían de la adaptación de prótesis y órtesis. Su objetivo primordial fue el de mantener un alto nivel de conocimientos técnicos y académicos. Para alcanzar esta meta la Asociación desarrolló un programa de educación continua, el cual contenía cursos cortos, conferencias magistrales y la presentación obligatoria de trabajos libres por parte de los asociados.

Después de 25 años de existencia la Asociación de Protesistas y Ortesistas de la República Mexicana, A.C. cumplió con su objetivo y dio paso a la fundación de La Sociedad Mexicana de Ortesistas y Protesistas, A.C. (1997).

1.4 Antecedentes de las Amputaciones de Miembro Superior

Siempre que se sufre una amputación del miembro superior se afectan las funciones asignadas al mismo y se pierden las funciones de la mano. Los amputados del miembro superior tienen pérdidas significativas en todos los planos de la persona, tanto en el aspecto físico o motor, como en el profesional, auto-imagen y seguridad.

Los problemas que se presentan en una persona con amputación del miembro superior pueden ser desde los relacionados directamente con la pérdida de funcionalidad, hasta los puramente estéticos o incluso los psicológicos, ya que la pérdida de un miembro puede ser mucho más invalidante que la simple pérdida de funcionalidad. Así pues, estas personas se ven sometidas a una situación de mayor riesgo en muchos ámbitos: físico, psicológico e incluso social.

La amputación se puede clasificar de la siguiente manera:

- a) Amputación Primaria o Traumática.- Es aquella producida por un agente traumático; es decir la que se produjo por un accidente.
- b) Amputación Secundaria o Quirúrgica.- Es aquella electiva o programada para ser realizada por medio de un acto quirúrgico.



En la actualidad las causas más comunes de una amputación son:

Deficiencias (congénitas) – Suponen una falta de funcionalidad de la mano o del antebrazo, por ejemplo: PVD (enfermedad de los vasos sanguíneos), agenesia, amelia, focomelia, diabetes, osteomielitis (infección en los huesos), etc.

Amputaciones de antebrazo (adquiridas) - Causadas principalmente por:

- Heridas – Especialmente en los brazos. El 65% de las amputaciones de extremidades superiores están relacionadas con un traumatismo.
- Cirugía – Para extirpar tumores de los huesos o los músculos, infecciones y enfermedades vasculares.

1.4.1 Niveles de Amputación

Una amputación puede ser clasificada en cuanto a su nivel de amputación como:

- Amputación interescapulo-torácica
- Desarticulación del hombro
- Amputación a nivel del cuello del húmero
- Amputación de húmero
- Amputación de antebrazo
- Amputación de la muñeca
- Amputación de mano
- Amputación de dedos

1.5 Principales Componentes de una Prótesis de Miembro Superior

La prótesis funcional convencional para amputación de antebrazo es una prótesis de miembro superior accionada por tracción, cuya fuerza se origina y controla a través de la musculatura corporal.

Está constituida por los siguientes elementos:

- A.** Encaje o socket
- B.** Componentes de codo.
- C.** Dispositivo terminal.
- D.** Unidad de muñeca.
- E.** Sistema de suspensión.
- F.** Sistema de control.

A. Encaje o Socket

Es el componente de la prótesis en contacto con la piel del paciente. Sirve para alojar al muñón. La elaboración es personalizada, realizando las modificaciones necesarias para que proporcione confort, protección y funcionalidad del muñón. El encaje de una prótesis para amputación de antebrazo está formado por dos paredes,

interna y externa. El *encaje interno* está realizado de forma que se adapte íntimamente al muñón y establezca un contacto total en toda la superficie muñón-encaje. Si no lo realizara, la prótesis no funcionaría bien y podría resultar incómoda. La pared o *encaje externo* debe tener el contorno y forma del antebrazo normal. Es importante durante su fabricación prestar especial atención a la distribución de presiones en los puntos óseos. Así se aprovecha al máximo las prominencias óseas y las características músculo-esqueléticas del muñón, y se logra un mejor anclaje de la prótesis evitando los movimientos relativos entre muñón y encaje, que representa un inconveniente.

Los encajes pueden ser de plástico laminado, material termoplástico conformado al vacío y silicona.

Dependiendo de la longitud del muñón y con el fin de conseguir una mejor función podemos encontrar varios tipos de encajes (Figura 1.5):

- ① Encaje tipo Múnster.- Se suele utilizar en el caso de muñones cortos. Se adapta mientras se mantiene el codo ligeramente flexionado.
- ② Encaje Convencional.- Es un encaje de doble pared que establece un contacto total con la superficie del muñón a través de una íntima fijación alrededor de este.
- ③ Encaje hendido con bisagra elevadora.- Este tipo de encaje es utilizado en aquellos casos donde no se puede aplicar el encaje convencional o el tipo Múnster, o en los casos con muñón muy corto y con una amplitud limitada de movimiento.

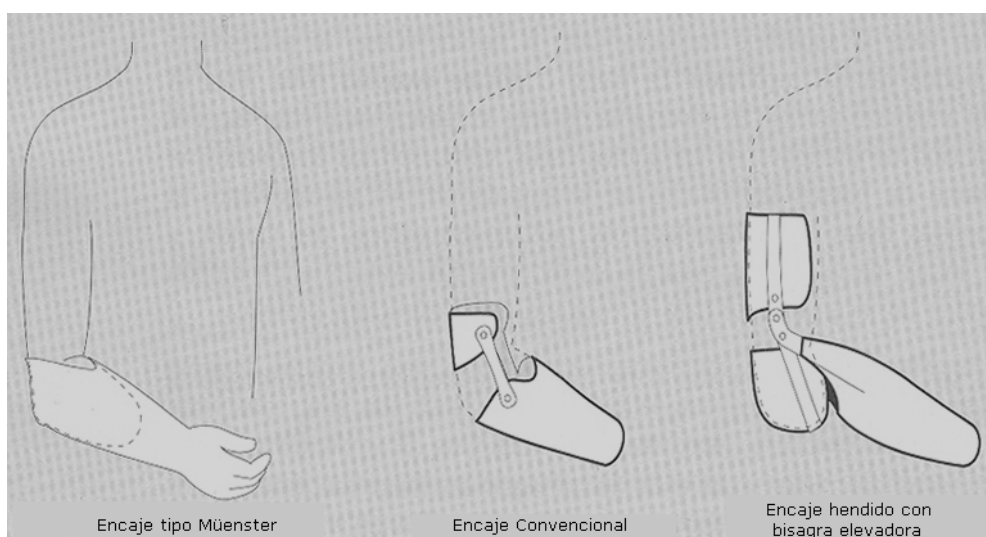


Figura 1.5 Diversos tipos de encaje¹³

¹³ Guía de Uso y Prescripción de Productos Ortoprotésicos a Medida; Jaime Prat.; IBV Instituto de Biomecánica de Valencia, España 1999.

B. Componentes de codo

Son unas tiras denominadas *bisagras* que facilitan la unión entre el arnés y el encaje. Pueden ser flexibles o rígidas. Las bisagras rígidas suelen utilizarse en muñones cortos, porque proporcionan mayor estabilidad al encaje sobre el muñón en todas las posiciones del codo; mientras que las bisagras flexibles, permiten en muñones largos la prono-supinación del antebrazo y adicionalmente se realizan con telas sintéticas para que no absorban la transpiración.

C. Dispositivo Terminal

Es el componente utilizado para poder agarrar y sostener objetos. Se hace con la forma de una mano o de distintos ganchos. Algunos son funcionales y otros estéticos. Pueden ser de apertura voluntaria o de cierre voluntario. Estos mecanismos suelen ser intercambiables, lo que permite la elección del instrumento que mejor se adapte a una tarea determinada (Figura 1.6 y Figura 1.7).

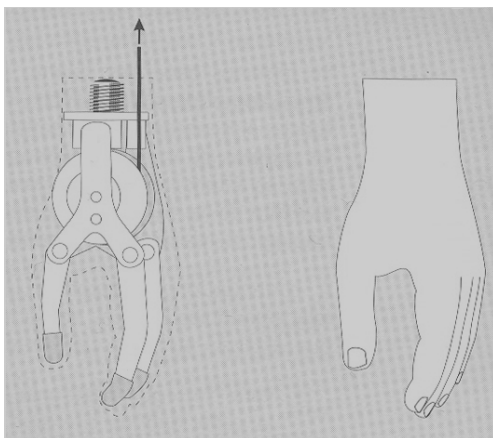


Figura 1.7 Dispositivo Terminal de apertura y de cierre voluntario¹⁵

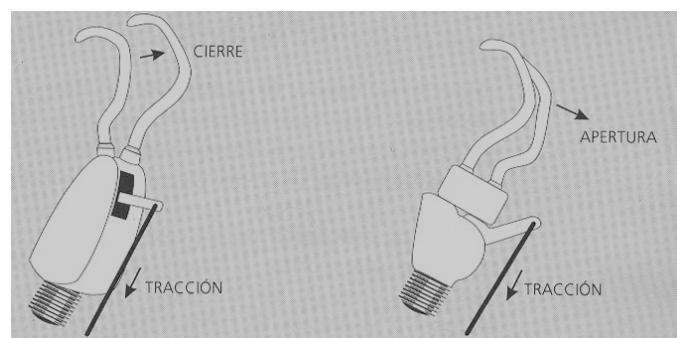


Fig. 1.6 Mano funcional anatómica¹⁴

D. Unidad de Muñeca

Es donde se fija el dispositivo terminal. Existen dos modelos básicos: las unidades de muñeca de cambio rápido, que requieren un adaptador metálico donde se atornilla el perno de cada dispositivo terminal, y las unidades de muñeca de fricción que pueden ser de dos formas, circulares y ovales.

¹⁴ Idem

¹⁵ Ibidem

E. Medios de suspensión o sujeción

Aseguran el anclaje de la prótesis sobre el muñón. Hay diversos elementos que lo consiguen. En la mayoría de las prótesis convencionales para amputación de antebrazo se consigue mediante unas tiras denominadas arnés. Éste proporciona a la vez suspensión de la prótesis y fijación para el cable de control del dispositivo terminal. Existen varios modelos, como el arnés con forma de ocho, el anillo en "O", o el arnés modificado de hombro en silla de montar (Figura 1.8).

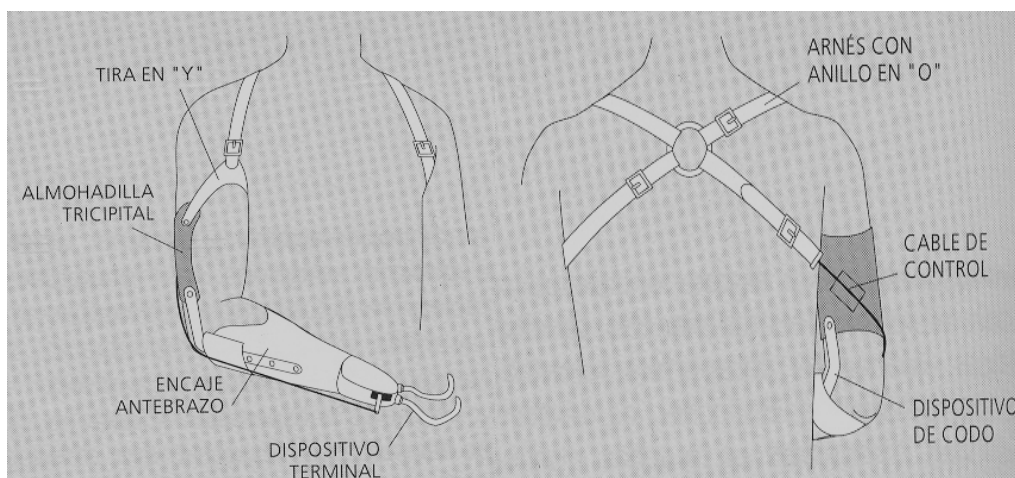


Figura 1.8 Sistema de Suspensión y Control¹⁶

1.6 Tipos de prótesis de miembro superior

Las prótesis de miembro superior en general pueden ser clasificadas como:

- Prótesis cosméticas
- Prótesis funcionales

1.6.1 Prótesis Cosméticas

Las **prótesis cosméticas** pueden parecer bastante naturales, pero a diferencia de las funcionales son más difíciles de mantener limpias, pueden ser más costosas y usualmente se sacrifica funcionalidad para incrementar la apariencia estética. En la actualidad se busca un equilibrio entre las prótesis cosméticas y funcionales (Figura 1.9).

¹⁶ Ibidem



Figura 1.9 Prótesis Cosmética¹⁷

1.6.2 Prótesis Funcionales

Las **prótesis funcionales** generalmente se dividen en tres categorías:

1.6.2.1 **Prótesis mecánicas**

Estas prótesis son comúnmente llamadas prótesis convencionales. En las prótesis convencionales la activación e inactivación son voluntarias. La fuente energética del movimiento es propia ya que es de origen muscular o corporal, procedente de la acción de la musculatura proximal del miembro. Se produce así una conducción, amplificación y multiplicación de la energía mecánica generada por la contracción de estos músculos proximales, mediante un arnés y un sistema de cables, poleas y cinchas; de esta manera se transmite la fuerza (aproximadamente 3 a 4 [Kg]) hacia el dispositivo terminal, a través de un cable de Borden (Figura 1.10).



Figura 1.10 Prótesis Mecánica¹⁸

¹⁷ <http://armdynamics.com/spanish/prosops.htm#nop>

¹⁸ Idem

Para controlar este tipo de prótesis es necesario que el usuario sea capaz de realizar por lo menos uno de los siguientes movimientos:

- Flexión glenohumeral (Figura 1.11)
- Abducción o aducción escapular (Figura 1.12)
- Depresión y elevación del hombro (Figura 1.13)
- Expansión de pecho

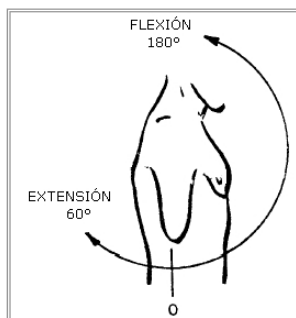


Figura 1.11 Flexión Glenohumeral¹⁹

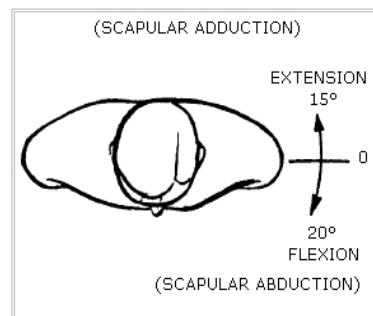


Figura 1.12 Abducción Escapular²⁰

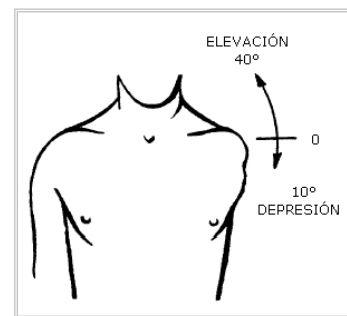


Figura 1.13 Depresión y Elevación de Hombro²¹

Ventajas

- Costo moderado
- Ligeras
- Poseen alta retroalimentación sensorial
- Durables
- Pueden ser utilizadas en actividades que involucren agua y polvo.
- Necesitan poco mantenimiento

Desventajas

- Poco cómodas
- Restrigen el movimiento del usuario
- Poco estéticas
- Requieren grandes movimientos para funcionar

¹⁹ <http://www.oandp.com/news/jmcorner/library/uclamanual/UCLA-02.pdf>

²⁰ Idem

²¹ Ibidem

1.6.2.2 *Prótesis Eléctricas*

Estas prótesis usan motores eléctricos en el dispositivo terminal, muñeca o codo con una batería recargable. Éstas prótesis se controlan de varias formas, ya sea con un servocontrol, control con botón pulsador o botón con interruptor de arnés (Figura 1.11).

Ventajas

- Control de varias formas.
- Combinan formas para mejorar su funcionalidad.

Desventajas

- Costosa adquisición y reparación
- Cuidado a exposición de un medio húmedo
- Peso de la prótesis.

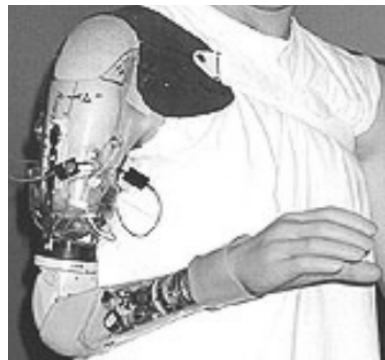


Figura 1.11 Prótesis Eléctrica²²

1.6.2.3 *Prótesis mioeléctricas*

En el caso de las prótesis mioeléctricas la activación, inactivación y control del sistema tienen su origen en una señal electromiográfica, es decir en la diferencia de potencial eléctrico generada por la contracción muscular voluntaria. Estas señales son diferenciadas, amplificadas, rectificadas y transmitidas mediante unos cables de conexión para lograr un control fiable del actuador. Estas señales se utilizan para “encender” el interruptor del actuador protésico de la mano, el gancho, o el codo. Los electrodos o sensores se incluyen dentro de la pared del encaje, para recoger los potenciales musculares. La potencia la efectúan unos pequeños motores eléctricos, que accionan el dispositivo terminal y están alimentados por una fuente energética consistente en una batería eléctrica recargable. Aquí se produce una conversión de energía eléctrica en energía mecánica. Esto supone para el amputado la *eliminación de varios movimientos corporales*, que resultaban necesarios en las prótesis convencionales funcionales para lograr resultados semejantes.

²² <http://armdynamics.com/spanish/prosops.htm#nop>



En cuanto al mecanismo de acción por el que se consigue la capacidad de *anclaje/suspensión* entre muñón y socket o encaje, los principios biomecánicos que intervienen pueden ser varios: unas veces se consigue mediante un sistema de *suspensión/anclaje* específico, basado en correas, cinchas, etc. Otras veces mediante el correcto diseño del socket, que busca una íntima adaptación y un contacto total con el muñón, para facilitar la adherencia ente ambos, así como cierto “efecto de succión o vacío”. También se diseña el encaje para producir cierto “efecto pinza”, anclándose y apretándose en determinados puntos anatómicos del muñón. Cuando es posible se aprovecha la forma bulbosa del muñón para favorecer el anclaje.

Ventajas

- Estéticas
- Cómodas

Desventajas

- Pesadas
- Costo elevado
- Poca retroalimentación sensorial
- Requieren más mantenimiento
- Para el uso de este tipo de prótesis requiere evaluación del paciente (generalmente están dirigidas a pacientes jóvenes, con suficiente nivel intelectual para usar y mantener la prótesis en buen estado, con buena disposición psicológica y motivación, buen estado de salud, sin problemas sensoriales visuales, en edad laboral productiva, que desempeñen profesiones que precisan cierta actividad manual, que no estén en ambientes muy húmedos o con mucho polvo, entre otras.)
- Cuenta con componentes más sensibles y susceptibles a estropearse

1.7 Condiciones necesarias en una prótesis

Haciendo especial hincapié en los objetivos funcionales. Para conseguir estas funciones es recomendable que la prótesis reúna ciertas condiciones que deben cumplir las prótesis como son:

- Ligeras
- Con gran movilidad
- Estéticas
- Fácil en su manejo
- Mantenimiento sencillo



1.8 Principales Objetivos de las Prótesis de Miembro Superior

Los objetivos terapéuticos de cualquier prótesis son: funcionales, estéticos y psicológicos. Todos ellos en conjunto son importantes, ya que ayudará enormemente al logro del resto de los objetivos terapéuticos, por ello son destacables.

Objetivos estéticos: Restituir el aspecto corporal externo que se pierde con la amputación, en el caso de prótesis de miembro superior este objetivo es más difícil de lograr, recordando que la mano es una parte de nuestro cuerpo que permanece desnuda, apareciendo siempre así en nuestro campo visual y en el de los demás.

Objetivos psicológicos: Lograr el máximo restablecimiento de la imagen corporal y la superación de los sentimientos de pérdida que toda amputación conlleva.

Objetivos funcionales: Conseguir la capacidad de prensión para permitir la manipulación, alimentación, aseo personal, así como otras actividades de la vida diaria y/o profesionales. Respecto al restablecimiento de las funciones principales de dicho segmento o extremidad, mencionaremos a continuación las principales funciones que deben cumplir las prótesis.

1.8.1 Principales funciones que deben cumplir las prótesis de Miembro Superior

Las funciones que deben ofrecer las prótesis del miembro superior son:

- Capacidad de efectuar la prensión (coger), liberación (soltar), el transporte y el alcance de los objetos en cualquier punto del espacio cercano a la superficie corporal. Para conseguir restaurar o mejorar la función del miembro superior, en concreto la capacidad de prensión y liberación de los objetos, se recurre a la adaptación de diferentes dispositivos terminales (gancho, mano funcional anatómica, etc).
- Capacidad de anclaje y suspensión de la prótesis sobre el cuerpo, para evitar que se descuelgue y desprenda durante la prensión y el transporte de objetos.
- Capacidad de control del movimiento e interacción entre el paciente y la prótesis, de forma que permita la acción de la musculatura del muñón y cierta información sensitiva, propiocepción, etc, que mejore la percepción del mundo exterior (textura, dureza, peso y otras características de los objetos).
- El restablecimiento del equilibrio/simetría de la masa corporal, que se había perdido con la amputación de la extremidad. De este modo, la prótesis consigue una mejor *redistribución* del centro de gravedad corporal y un mejor control de la postura corporal.



1.9 Potencial Funcional del Amputado

En términos generales se puede afirmar que el potencial funcional del amputado dependerá de:

- Factores *individuales*, entre los que destaca la capacidad intelectual, la motivación y el afán de superación personal, así como otros factores relacionados con el entorno familiar, laboral o social.
- Factores relacionados con la *discapacidad*, entre los que destaca el nivel de amputación.
- Y factores relacionados con el tratamiento, quirúrgico o rehabilitador.

Adicionalmente a estos factores existe una manera llamada “Modificantes de K”, los cuales ayudan a clasificar a las personas con una amputación basándose en el potencial de rehabilitación del paciente, determinado bajo la supervisión de un protésico y el médico.

Los criterios considerados para evaluar el nivel funcional son:

- Historia del paciente
- Estado del muñón
- Estado de salud
- Deseo del paciente por realizar sus tareas cotidianas

Los niveles de clasificación son:

K0 (Nivel 0) – No tiene habilidad ni potencial para realizar tareas cotidianas o desplazarse seguramente con o sin ayuda y una prótesis no realza la calidad de vida ni la movilidad.

K1 (Nivel 1) – Tiene la habilidad o potencial para utilizar una prótesis para realizar algunas tareas. Es típico de los que andan con límites y sin límites en la casa.

K2 (Nivel 2) – Tiene la habilidad o potencial para tareas cotidianas, con la habilidad para atravesar las barreras de las inmediaciones. Es típico de los que andan limitadamente en la comunidad.

K3 (Nivel 3) – Tiene la habilidad o potencial para realizar varias tareas. Es típico de los que andan en la comunidad que tienen la habilidad para atravesar la mayoría de las barreras de la intermediación y quizás hagan actividades vocacionales, terapéuticas, o de ejercicios que demandan la utilización de la prótesis.

K4 (Nivel 4) – Tiene la habilidad o potencial para andar con prótesis que excede las destrezas básicas de realizar algunas tareas cotidianas, exhibiendo niveles altos de energía o tensión. Es típico en personas jóvenes, adultos activos y atletas.



1.10 Factores que influyen en el resultado de la Protetización

Los factores que van a influir en el resultado podemos agruparlos en:

- **Factores que afectan a la interfase muñón-prótesis.** Entre ellos se destacan la adaptación de la prótesis, que depende fundamentalmente de dos aspectos: el tipo de socket o encaje y el tipo de suspensión.
- **Factores relativos al segmento intermedio;** se incluyen los mecanismos protésicos, los segmentos protésicos que funcionan como un brazo de palanca y otros accesorios. Permiten que el dispositivo terminal de la prótesis pueda situarse en distintos puntos del espacio para ejercer su función.
- **Factores relacionados con la porción distal.** Destaca aquí el mecanismo protésico terminal, que lleva a cabo la acción principal o funcional de la prótesis. Se tienen diferentes posibilidades anteriormente mencionados, salvo los puramente estéticos, que carecen de movilidad, todos ellos realizan una función de pinza (apertura y cierre) para manipular, transportar objetos y establecer una interacción con el medio ambiente.

En el momento de la prescripción protésica no sólo hay que tener presente la prótesis, (modelo más sofisticado, novedoso y caro) y los diversos componentes; sino todos los factores señalados anteriormente. De este modo se obtendrán condiciones de máxima capacidad funcional después de una amputación y con ello asegura la elección apropiada en cada caso. Para ello, se requiere una valiosa información del estudio cuidadoso del estilo de vida del paciente, desde un punto de vista médico, técnico y psicológico.

Parte de la información que antecede a la toma de decisión para la protetización es necesario tomar en cuenta los siguientes datos:

1.10.1 Toma de medidas y diseño

Evaluación del paciente

Previamente a la construcción de la prótesis es importante estudiar las características particulares de cada caso y llegar a una protetización adecuada. Por ello se valorarán atentamente todos los factores que puedan permitir individualizar el tipo de prótesis idóneo según el estado psíquico y la motivación del paciente, el tipo y nivel de amputación, las condiciones del muñón junto con la potencia muscular, función de las articulaciones existentes para permitir diseñar la terapia física adecuada de fortalecimiento, coordinación muscular y mejora de movilidad, y, por último, el ambiente en el que vive el paciente, ocupación, edad y otras necesidades funcionales y cosméticas.

Toma de medidas

Se procede a medir los contornos del muñón a intervalos regulares de 5 cm aproximadamente. Estas medidas servirán para comprobar después la forma del molde o rectificarlo si es preciso (Figura 1.12).



Figura. 1.12 Toma de medidas²³

En el amputado unilateral se realizan mediciones del brazo sano y para los pacientes bilaterales se pueden obtener las medidas mediante cálculos sobre una tabla de dimensiones. Se marcan en el muñón los lugares sensibles para evitar problemas posteriores en la piel por la presión en estas zonas.

Lo observado se anota en la hoja de información protésica junto con los datos personales del paciente y esta hoja llevará información sobre el diseño, medidas, materiales, componentes, accesorios y planos de la prótesis que servirán para su construcción.

Aunque en la actualidad las prótesis mioeléctricas están ganando gran número de consumidores, es importante que los pacientes sean evaluados cuidadosamente y seleccionados, pues los componentes electrónicos son más sensibles y susceptibles de estropearse que los sistemas convencionales.

En términos generales, cuanto mejor sea la indicación, elección y diseño del conjunto de los componentes protésicos, la adaptación y el chequeo de la prótesis, mejores prestaciones funcionales se obtendrán, satisfaciendo la finalidad de una prótesis. En las prótesis de miembro superior, tan importante como lo anteriormente mencionado, será tener en cuenta las características específica y particulares del individuo, ya que el éxito de la protetización depende de múltiples factores (anatómicos, fisiológicos, psicológicos, sociales, profesionales, etc).

²³ http://www.maitrise-orthop.com/corpusmaitri/orthopaedic/88_gagey/gagey.shtml



La protetización del miembro superior debe iniciarse lo más precozmente posible tras la amputación, únicamente esperando a que cicatrice la herida. Para obtener buenos resultados funcionales es imprescindible llevar a cabo un entrenamiento adecuado con la prótesis y el dispositivo terminal. Pero además, es indispensable efectuar una buena preparación psicológica con el objetivo de que el individuo acepte su discapacidad, esté dispuesto a llevar una vida profesionalmente activa e independiente, participe activamente en su rehabilitación y no rechace la prótesis.

1.11 Situación Actual de las Prótesis de Miembro Superior

El problema de la protésica del miembro superior es muy complejo ya que es muy difícil conseguir a la vez, en el mismo dispositivo, los objetivos funcionales y estéticos. Las funciones de la mano son tan complejas que no pueden ser reproducidas por ningún ingenio protésico. Éstos nunca alcanzan tal rendimiento en movilidad, ni en sensibilidad. Del mismo modo que la mano es la razón de ser del miembro superior, el dispositivo terminal es la finalidad de la prótesis de miembro superior. Hoy en día la técnica protésica sólo es capaz de resolver algunos de los problemas derivados de la pérdida funcional motora, pero aún hay mucho por hacer.

Por eso las prótesis funcionales, lo máximo que consiguen es ser una rudimentaria herramienta auxiliar del otro miembro, cuyo objetivo es sujetar un objeto o servir de segundo punto de apoyo, que debe usarse siempre bajo control visual para hacer la prensión.

Por otro lado, las prótesis del miembro superior se disimulan menos que las del miembro inferior. Hay que señalar que incluso la mano protésica más estética, debido a su misma inmovilidad y la no participación en la mímica, llamará continuamente la atención de terceras personas.

El estado actual de la técnica protésica se centra en el desarrollo de dispositivos que esencialmente reproducen 6 funciones motoras básicas del miembro superior (Figura 1.13):

- Apertura de la mano
- Cierre de la mano
- Pronación del antebrazo
- Supinación del antebrazo
- Flexión del codo
- Extensión del codo.

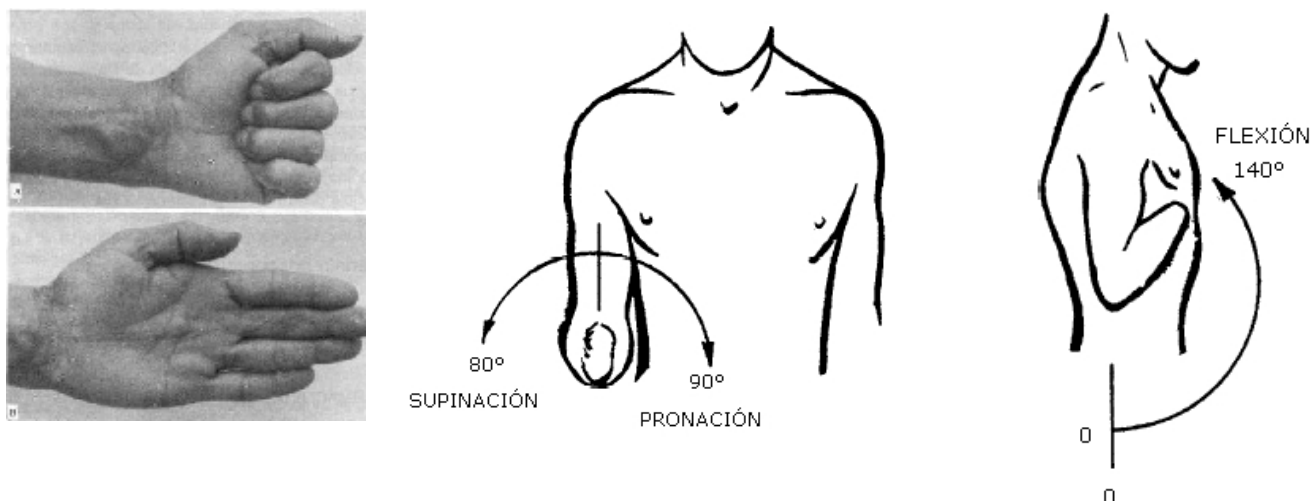


Figura 1.13 Funciones motoras básicas del Miembro Superior²⁴

Estas funciones pueden obtenerse mediante el uso de una energía corporal propia (prótesis funcionales) o externa (prótesis mioeléctricas). La investigación y desarrollo en este campo camina en la dirección de mejorar los dispositivos existentes en términos de fiabilidad, ligereza de peso, duración, escaso consumo energético y buena apariencia estética, así como en la dirección de integrar algunas funciones sensitivas.

1.12 Estadísticas de Discapacitados en México

Según la base de datos del INEGI en su XII Censo General de Población y Vivienda nos muestra que en México en el año 2000 existían 1 795 300 habitantes con algún tipo de discapacidad de los cuales *943 717 son hombres* y 851 583 son mujeres (Gráfico A); de los cuales el 50.97% cuentan con una edad promedio entre los *14 y los 64 años* (Gráfico B).

El 35.5% de los discapacitados desgraciadamente no cuentan con ninguna instrucción, es por esa razón que las principales ocupaciones que realizan son la industria agropecuaria, obreros, artesanos y comerciantes principalmente.

²⁴ <http://www.oandp.com/news/jmcorner/library/uclamanual/UCLA-02.pdf>

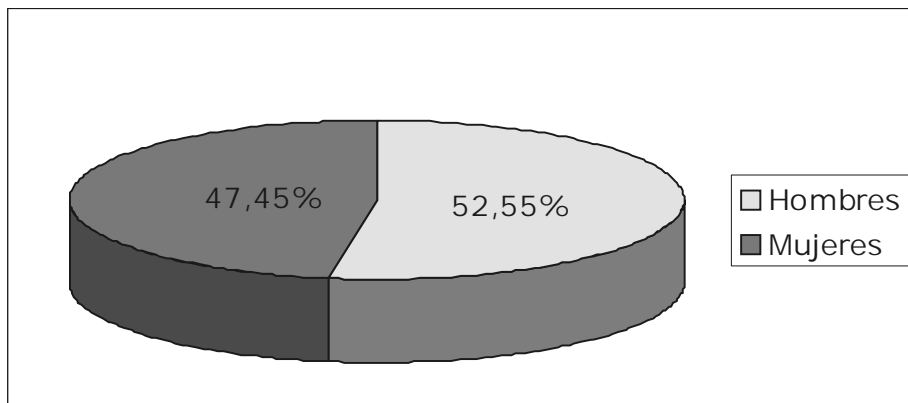


Gráfico A – Estadística Hombres y Mujeres Discapacitados
Fuente de Información INEGI Censo General de Población y Vivienda 2000²⁵

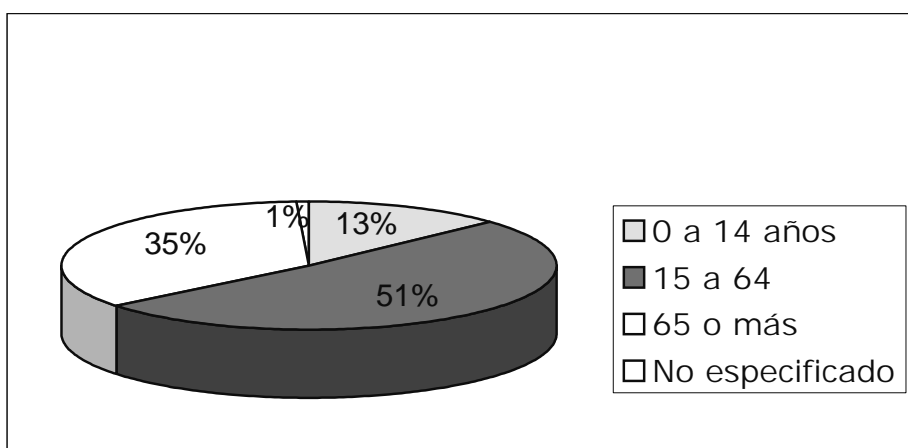


Gráfico B – Edades Frecuentes de Discapacidad
Fuente de Información INEGI Censo General de Población y Vivienda 2000²⁶

Los estados que cuentan con mayor número de personas discapacitadas (Gráfico C) están:

Guerrero (50 969 personas), Chihuahua (56 187), Distrito Federal (159 754), Guanajuato (88 103), Jalisco (138 308), Estado de México (189 341), Michoacán (85 165) y Puebla (82 833).

²⁵ <http://www.inegi.gob.mx>

²⁶ Idem

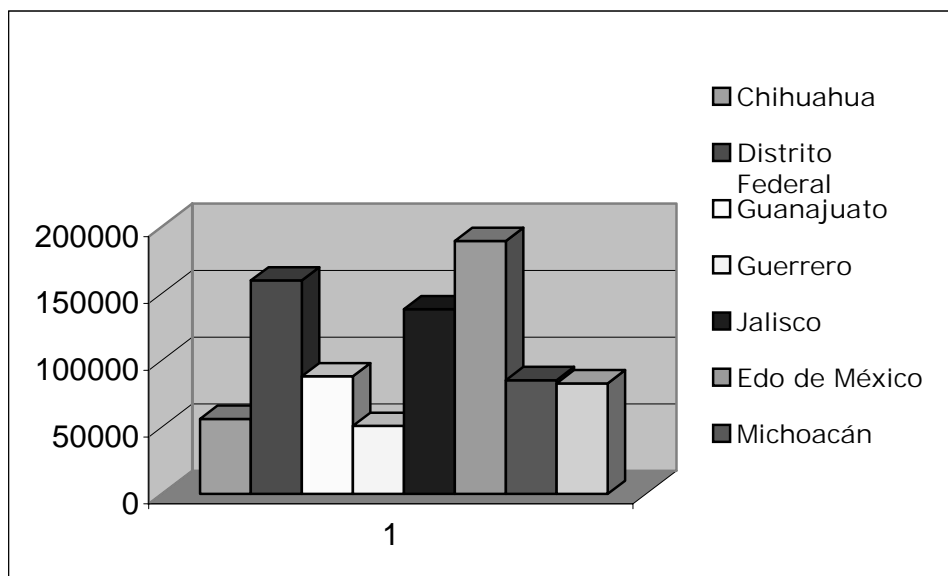


Gráfico C – Estados con mayor índice de discapacidad
Fuente de Información INEGI Censo General de Población y Vivienda 2000²⁷

Los tipos de discapacidad (Gráfico D) que mayor se presenta en nuestro país es la discapacidad motriz con un 45.3% (813 mil personas), seguido de la discapacidad visual con un 26%.

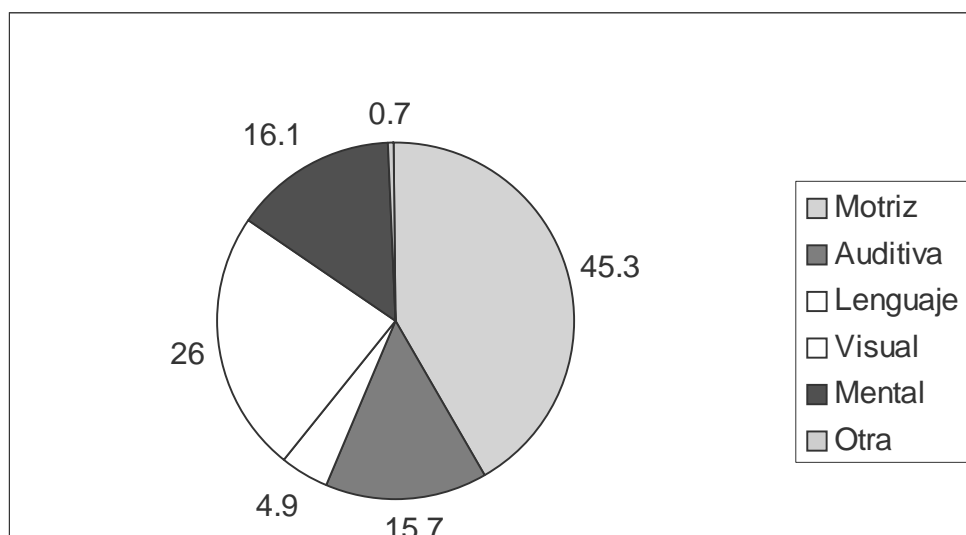


Gráfico D – Tipos de Discapacidad
Fuente de Información INEGI Censo General de Población y Vivienda 2000²⁸

²⁷ Ibidem

²⁸ Ibidem



Las principales causas de discapacidad (Gráfico E) son por enfermedad con un 31.6%, edad avanzada con un 22.7%, nacimiento con un 19.4% y accidente con un 17.7%.

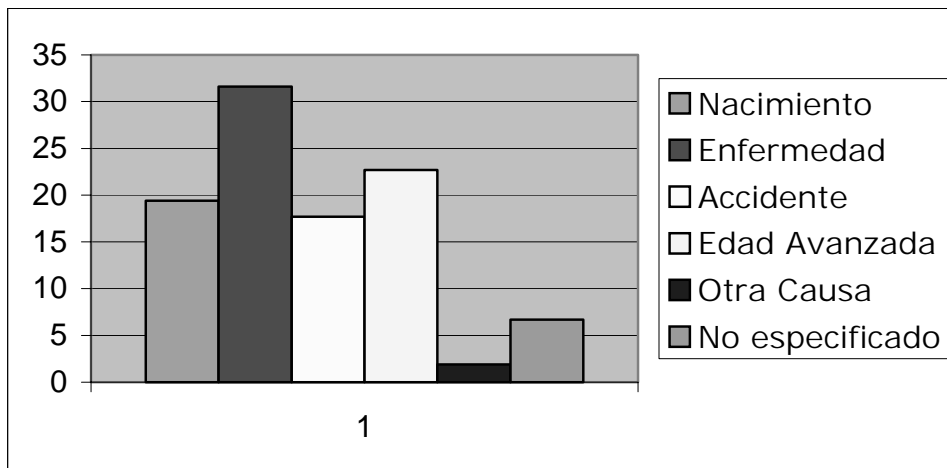


Gráfico E – Principales causas de Discapacidad
Fuente de Información INEGI Censo General de Población y Vivienda 2000²⁹

Del total de discapacitados un 39.63% son jefes de hogar y el 27.8% tienen escolaridad de primaria.

Las estadísticas de personas zurdas a nivel nacional, enuncia que en México existen aproximadamente 12 millones 675 mil personas zurdas, lo que representa un 13%; por esta razón, sin ser menos importantes es que se decidió enfocar el actual proyecto a personas diestras, situación que debe tomarse en cuenta en etapas posteriores del proyecto.

²⁹ Ibidem

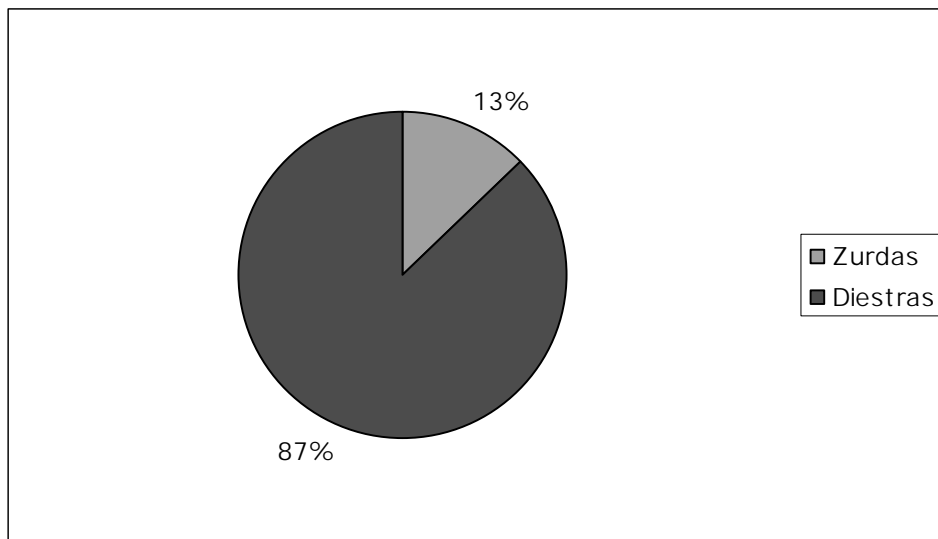


Gráfico F – Porcentaje de Personas Zurdas³⁰

Desgraciadamente la mayoría de la gente que sufre alguna amputación, no tiene la posibilidad de compensar su pérdida a través de una prótesis, además que aproximadamente el 53.9% de los discapacitados no son derechohabientes de ninguna institución y el 50.8% de ellos recibe entre 1 y 2 salarios mínimos. En México el costo promedio de una prótesis fluctúa entre 80,000 y 100,000 pesos, dependiendo de su estética y funcionalidad; este elevado costo se debe a la falta de desarrollo de nuevas, mejores y más eficientes prótesis tanto en nuestro país como en todo el mundo.

Observando estas estadísticas la Facultad de Ingeniería de la UNAM el Departamento de Ingeniería Mecatrónica en colaboración con el Centro de Diseño y Manufactura, en el actual proyecto "Diseño, fabricación y pruebas de un prototipo de prótesis inteligente de miembro superior", decidió desarrollar el actual proyecto enfocándolo a personas adultas, sexo masculino y en edad promedio, teniendo como justificación las Estadísticas mostradas anteriormente.

³⁰ http://prdleg.camara.gob.mx/trabajo/puntos/03_12_04/pun_59.htm



CAPÍTULO 2

ANTROPOMETRÍA ESTÁTICA

2.1 Ergonomía de Producto o de Diseño

El Diseño es la actividad responsable de proyectar, crear y producir objetos de uso cotidiano que sirven para satisfacer necesidades humanas. Es decir, todo objeto de diseño siempre estará en contacto con uno o varios seres humanos. Bajo esta premisa se debe entender que la Ergonomía es una herramienta fundamental del diseño y que por ende, en todo proyecto de Diseño habrá Ergonomía.

Otro punto a destacar es que todos los seres humanos satisfacemos nuestras necesidades por medio de algún objeto de diseño. Por lo tanto el Diseño tiene la facultad de poder proyectar y crear objetos para toda la población, de ahí que todos los seres humanos seamos *Usuarios*; y en la mayoría de las ocasiones también consumidores potenciales. Sin embargo, independientemente del rol que se desempeñe, todo ser humano tiende a buscar objetos que ofrezcan facilidad de uso, eficiencia, seguridad y comodidad. Es decir, que el objetivo de la ergonomía se manifiesta de manera inconsciente desde el momento mismo de seleccionar un objeto o producto.

2.1.1 Trinomio Ergonómico

Con base en las definiciones de Ergonomía dadas en el capítulo anterior se puede decir, lo siguiente:

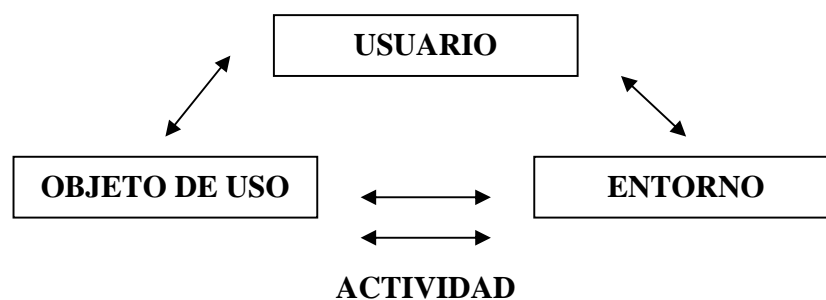


Diagrama 3 Trinomio Ergonómico¹

Y que tiene como objetivo aumentar la seguridad, comodidad, productividad y por ende la facilidad de uso. De ahí que la ergonomía tenga su foco de atención en el *uso* que el ser humano hace de los objetos durante su vida cotidiana.

¹ Apuntes Taller Diseñando para Poblaciones Especiales; Postgrado de Diseño Industrial UNAM; Ciudad Universitaria 2004

2.1.2 Diseño Centrado en el Usuario

El diseño centrado en el usuario es un método donde se enfatiza el involucrar de forma activa al usuario y el entendimiento claro de los requerimientos de la tarea y el usuario (Diagrama 4). Este tipo de diseño es muy utilizado cuando se trata de objetos destinados a personas con capacidades diferentes, en nuestro caso una prótesis de miembro superior.

En el diseño interactivo, la retroalimentación de los usuarios es una importante fuente de información; esta situación no debe olvidarse en etapas posteriores del proyecto.

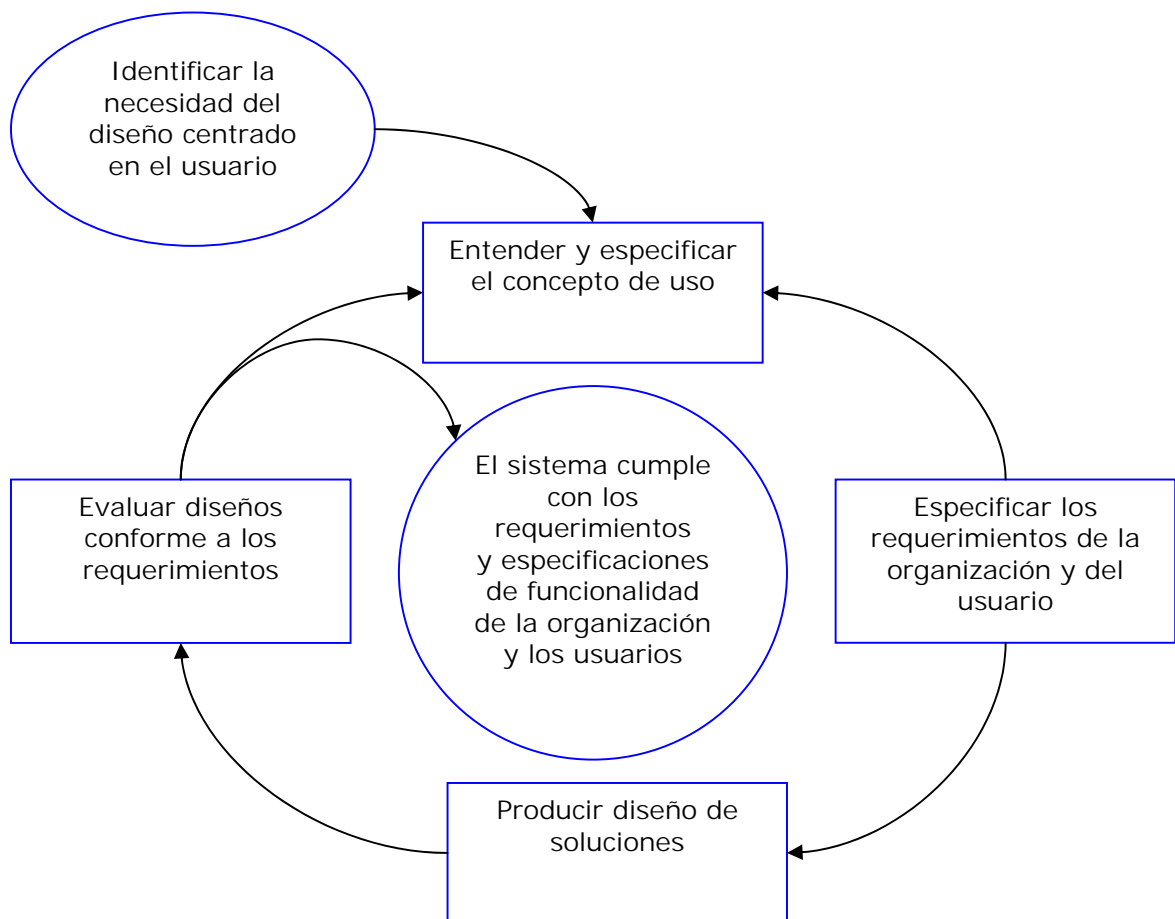


Diagrama 4 Diseño Centrado en el Usuario²

² Ergonomía Diseño y Evaluación; Postgrado de Diseño Industrial UNAM; Antologías D.I. Alberto Vega Murguía; Ciudad Universitaria 2003



2.2 Factores ergonómicos

Para poder sistematizar el estudio y análisis del componente de ergonomía dentro de un proyecto de diseño, este se ha dividido de acuerdo al sistema USUARIO-OBJETO-ENTORNO-ACTIVIDAD en:

- Factores Humanos: Estudian y analizan las propiedades, cualidades y características de los diversos usuarios.
- Factores Ambientales: Estudian y analizan todas las propiedades, cualidades y características de los espacios en donde se desarrollará la actividad.
- Factores Objetuales: Estudian y analizan todas las propiedades, cualidades y características de los objetos que se usarán o que se usan (según sea el caso).

Para limitar la presente tesis únicamente se tratará con los Factores Humanos; los cuales se divide de la siguiente manera:

1. Factor Anatomofisiológico
2. Factor Antropométrico
3. Factor Psicológico
4. Factor Sociocultural

A su vez los Factores Humanos no serán tratados en su totalidad debido al objetivo que persigue esta tesis; solo serán desarrollados el factor Anatomofisiológico y el Factor Antropométrico.

2.2.1 Factor Anatomofisiológico

En este factor se fusionan la Anatomía y la Fisiología con el fin de estudiar la estructura y función del cuerpo humano, para conocer y detectar las capacidades, características y limitaciones físicas del ser humano que se ven afectadas por su relación con el entorno y los objetos, con la intención de no poner en riesgo la integridad física de los usuarios.

2.2.1.1 Introducción de Miembro Superior

La mano es más que un órgano sensible por ello que gran parte de nuestras sensaciones se percibe mediante la mano (aproximadamente el 48%) y por supuesto otra gran función es la movilidad.



El miembro superior forma una unidad anatómico-funcional, cuya misión fundamental es permitir que la mano realice sus múltiples funciones y pueda alcanzar cualquier punto del espacio, especialmente de la superficie corporal del individuo. Así será posible desarrollar las actividades de manipulación y exploración del entorno cercano, necesarias para efectuar la alimentación, el autocuidado y la higiene personal, así como otras actividades de la vida diaria. También podrá desarrollar otras actividades asignadas a la mano, como son las de tipo cognoscitivo, de expresión artística o gestual, de tipo profesional o laboral y de comunicación interpersonal o social. Se destaca entre todas ellas la escritura, que permite transmitir ideas, expectativas, necesidades, sentimientos, estados emocionales, etc.

Se constituye la mano como un instrumento valioso para la comunicación de las personas, incluso entre distintas épocas históricas, trascendiendo el presente y superando las barreras del tiempo. Dada pues la dependencia del desarrollo cerebral con el proceso evolutivo de la mano, no es extraño que se considere como *órgano de expresión de la inteligencia humana*.

Es importante que la mano pueda aproximar, manipular y mover objetos, desde el cuerpo o hacia el mismo. Entre todos los puntos del espacio donde debe actuar y llegar la mano, cobra una especial relevancia y trascendencia la zona de la cara, la boca y el entorno del campo exploratorio visual inmediato.

Las articulaciones del hombro y del codo son uniones articuladas de los brazos de palanca constituidos por los segmentos del brazo y antebrazo. Todo el conjunto permite colocar la mano a distancia, en cualquier posición espacial, y poder alcanzar objetos relativamente alejados de nosotros, así como llegar a la mayoría de zonas de nuestro propio cuerpo.

Para conseguir estas actividades la mano debe poder desarrollar funciones motoras, táctiles (extero y propioceptivas) y reflejas. Entre las funciones motoras está la manipulación. Dentro de ella interesa destacar la función prensil, que permite a la mano coger objetos. Para que la capacidad de prensión sea útil y funcional es necesario que se den otras funciones asociadas; primero es el **alcance** del objeto, después la **prensión**, posteriormente el **transporte** y finalmente la **liberación** del mismo. Así la mano estará preparada para realizar de nuevo el alcance y la prensión.

Como se mencionó anteriormente, todos los movimientos son importantes y necesarios, pero tiene especial relevancia la posibilidad de que la mano se sitúe cerca de la cara y del campo visual, permitiendo así la alimentación y otras actividades asociadas a una prensión de precisión. Ello exige cierta capacidad de flexión del codo, de prono-supinación del antebrazo y de oposición del pulgar al resto de los dedos.

2.2.1.2 Anatomía y Fisiología de la Mano

La configuración de la mano representa el elemento diferenciador más destacado del aparato locomotor humano respecto del resto de especies del reino animal. Esta diferenciación viene dada por la enorme variedad de movimientos y funciones que puede realizar gracias a uno de sus elementos, el pulgar, cuya disposición especial le permite oponerse a todos los demás dedos.

Desde una perspectiva fisiológica la mano adopta una doble vertiente. Por un lado, se trata de un órgano de ejecución al constituir el elemento efector del miembro superior y, por otra parte, se comporta como un receptor sensorial capaz de captar múltiples sensaciones (temperatura, peso, discriminación espacial, etc) debido a la riqueza de conexiones con la corteza cerebral.

Esta diversificación funcional obedece a una compleja estructura anatómica. La mano está constituida por numerosos elementos óseos y articulaciones que se reparten en sus cinco dedos. La anatomía y la función de las articulaciones de cada dedo se complementan recíprocamente, de modo que actúan de una forma integrada como partes de un conjunto.

A continuación se tratará a grandes rasgos la anatomía de la mano.

2.2.1.2.1 Articulaciones del pulgar

La movilidad y la fuerza del pulgar le permiten realizar desde actividades finas y delicadas hasta movimientos de prensión amplios y vigorosos. La clave de esta gama de posibilidades es su capacidad de realizar la oposición respecto al pulpejo de los demás dedos.

La flexión-extensión se refiere a los recorridos que discurren en el mismo plano de la palma de la mano y los de abducción-aducción son los realizados en un plano perpendicular a la misma (Kaplan, 1965), (Figura 2.1).

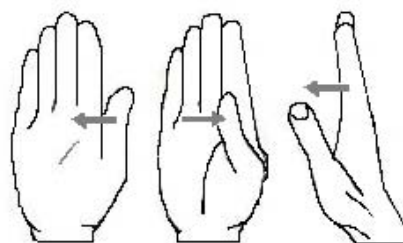


Figura 2.1 Representación de los movimientos de flexión-extensión y abducción del pulgar³

³ Biomecánica articular y sustituciones protésicas; Mario Comín, Jaime Prat y Ricardo Dejoz; IBV Instituto de Biomecánica de Valencia; España Valencia 1998

El pulgar está constituido por dos falanges (distal y proximal) y un metacarpiano como se muestra en la Figura 2.2, contando con articulaciones interfalángicas las cuales desempeñan una tarea primordial para realizar movimientos tanto de prensión fina como gruesa.

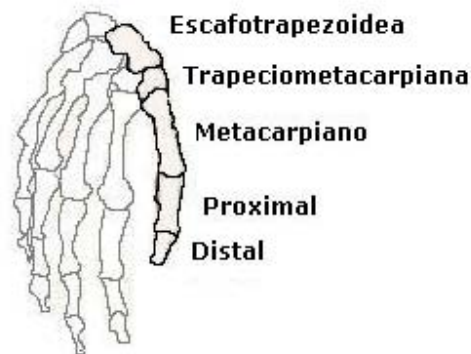


Figura 2.2 Elementos óseos que componen el pulgar⁴

La **cápsula articular**⁵ es suficiente para permitir cierta rotación, pero está protegida por una serie de ligamentos (Figura 2.3) que la refuerzan y le proporcionan estabilidad.

Estos **ligamentos** conducen el movimiento y aseguran, según su grado de tensión.

Se distinguen cinco ligamentos.

1. **Ligamento oblicuo anterior.**- Refuerza la cara anterior de la cápsula.
2. **Ligamento oblicuo posterior.**- Sirve de refuerzo posterior a la articulación, limita la flexión, la oposición y la pronación.
3. **Ligamento dorsorradial.**- También llamado dorsal o colateral radial, restringe la supinación y la aducción.
4. **Ligamento intermetacarpiano.**- Restringe la abducción, la oposición y la supinación.
5. **Ligamento lateral cubital.**- Se une al ligamento intermetacarpiano y previene la subluxación lateral del primer metacarpiano, controlando las cargas rotacionales.

⁴ Idem

⁵ Cápsula Articular: manguito fibroso que une las piezas óseas y se inserta en la periferia de las superficies articulares

Adicionalmente las **acciones musculares** (Figura 2.4 Músculos de la mano) que cada músculo resulta difícil de particularizar; sin embargo, mediante la Tabla A se trata de sintetizar los músculos que intervienen en las acciones ejecutadas por el pulgar.

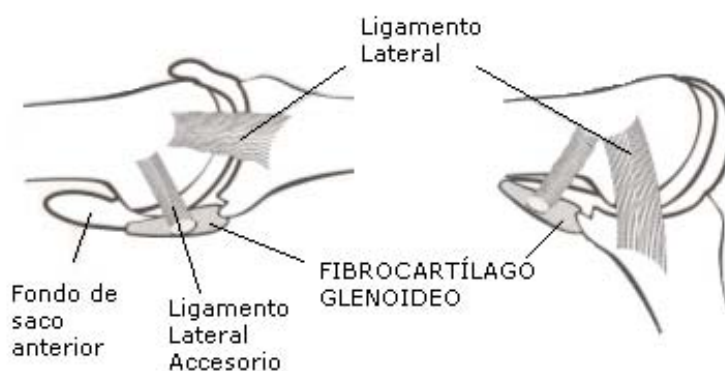


Figura 2.3 Ligamentos del Pulgar⁶

Acción	Músculos
Extensión del pulgar	1. Extensor largo del pulgar 2. Extensor corto del pulgar 3. Abductor largo del pulgar
Flexión del pulgar	1. Flexor corto del pulgar 2. Flexor largo del pulgar 3. Oponente del pulgar
Abducción del pulgar	1. Abductor largo del pulgar 2. Abductor corto del pulgar
Aducción del pulgar	1. Aductor del pulgar
Oposición del pulgar	1. Oponente del pulgar 2. Flexor corto del pulgar 3. Abductor corto del pulgar

Tabla A Músculos que actúan sobre el pulgar⁷

⁶ Biomecánica articular y sustituciones protésicas; Mario Comín, Jaime Prat y Ricardo Dejoz; IBV Instituto de Biomecánica de Valencia; España Valencia 1998

⁷ Idem

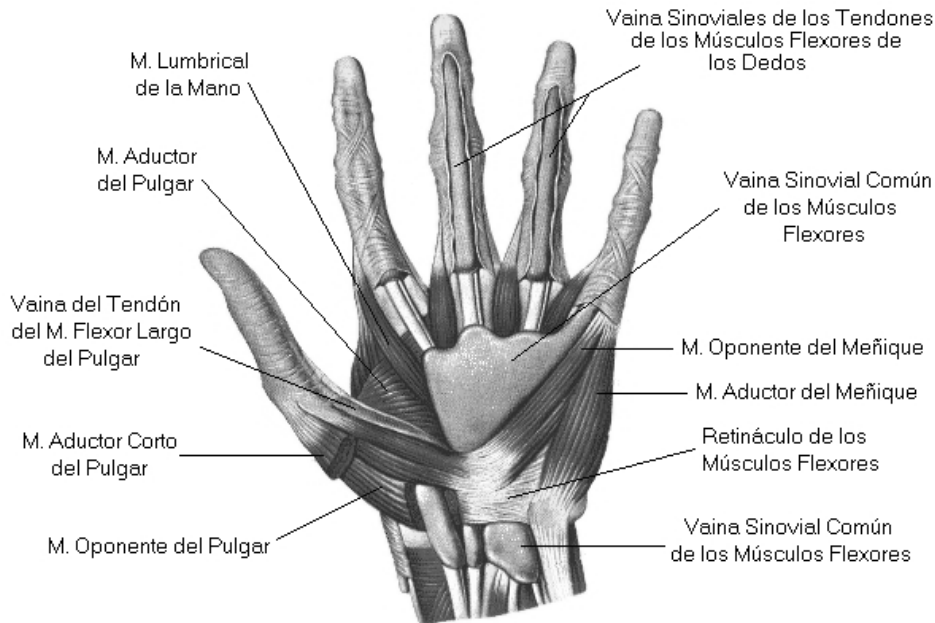


Figura 2.4 Músculos de la mano^B

La **flexión-extensión** tiene una amplitud que oscila entre los 40° y 50°. Se trata de movimientos combinados, puesto que tanto la flexión como la extensión no se realizan de forma aislada debido a la morfología de las superficies óseas. La **abducción-aducción** tiene una amplitud de 0 a 20° con una media de 10° (Barmakian, 1992).

2.2.1.2.2 Articulaciones de los dedos

El estudio de los cuatro últimos dedos se realiza en forma conjunta, por las similitudes encontradas en su morfología y su función parecida.

Las articulaciones metacarpo-falángicas son determinantes para la mayoría de las actividades de la mano, puesto que representa el punto de inicio de una cadena de segmentos articulares (Figura 2.5). Las cabezas de los metacarpianos están ligeramente rotadas con distintas orientaciones, de modo que esta orientación de las cabezas permite una correcta prensión. Las articulaciones metacarpo-falángicas no poseen rotación individualizada; pero cabe destacar que la flexión se acentúa a medida que nos acercamos al dedo meñique, en donde prácticamente el movimiento de oposición es simétrica al del pulgar.

^B <http://www.sidisalta.com.ar/Cuerpo/images/full/MUSCULOS%20DE%20LA%20MANO.jpg>

A medida que aumenta el grado de flexión articular disminuye la amplitud de los movimientos laterales y aumenta la amplitud de las rotaciones, mientras que en extensión el rango de los movimientos de abducción-aducción es máximo y la rotación está muy limitada.

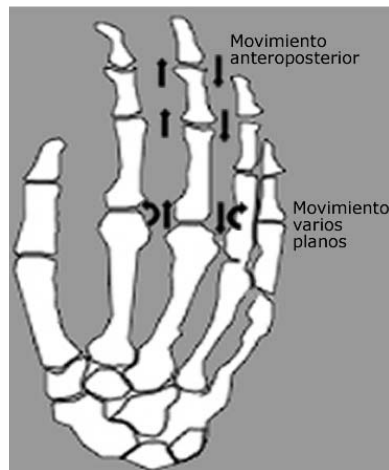


Figura 2.5 Diferencia entre las articulaciones de los cuatro últimos dedos con su posibilidad de desplazarse en dos planos del espacio y las articulaciones interfalángicas únicamente lo pueden hacer en el de flexión - extensión⁹

Los **ligamentos** son resistentes, se disponen a ambos lados de la articulación y básicamente su presencia facilita la flexión de la articulación. En cada uno de los lados se puede distinguir un componente grueso que constituye el **ligamento lateral** y representa la estructura con mayor influencia en la restricción de los movimientos laterales y las fibras restantes que forman el **ligamento lateral accesorio** (Figura 2.6).

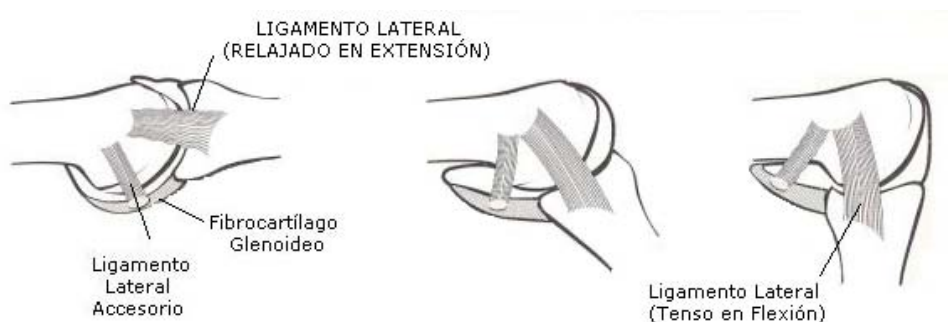


Figura 2.6 Ligamentos de los cuatro dedos¹⁰

⁹ Biomecánica articular y sustituciones protésicas; Mario Comín, Jaime Prat y Ricardo Dejoz; IBV Instituto de Biomecánica de Valencia; España Valencia 1998

¹⁰ Idem



El **ligamento intermetacarpiano** sirve para conectar las cuatro articulaciones metacarpofalángicas de los dedos 2° hasta el 5°, actuando como elemento de unión de las cabezas de los cuatro metacarpos y al mismo tiempo limita sus movimientos individuales.

Tratando de aplicar un criterio global al estudio de las **acciones musculares**, en la Tabla B se señalan de forma esquemática las acciones de los músculos que actúan sobre los cuatro últimos dedos considerando movimientos generales sin particularizar su incidencia en cada una de sus articulaciones.

Acción	Músculos
Extensión de los dedos	<ol style="list-style-type: none">1. Extensor común de los dedos2. Extensor propio del índice3. Extensor propio del meñique
Flexión de los dedos	<ol style="list-style-type: none">1. Flexor profundo de los dedos2. Flexor superficial de los dedos3. Lumbricales4. Interóseos5. Flexor propio del meñique
Abducción de los dedos (con los dedos en extensión)	<ol style="list-style-type: none">1. Interóseos dorsales2. Abductor del meñique
Aducción de los dedos (con los dedos en extensión)	<ol style="list-style-type: none">1. Interóseos palmares
Oposición del meñique	<ol style="list-style-type: none">1. Oponente del meñique

Tabla B Músculos que actúan sobre los últimos cuatro Dedos¹¹

Los **recorridos articulares** de las articulaciones metacarpofalángicas varían en cada dedo. El rango de **flexión** aumenta en dirección cubital, de forma que en el índice es de 90° y en el meñique de 110° como se muestra en la Figura 2.7 teniendo presente que la amplitud es variable en cada persona.

¹¹ Ibidem



Figura 2.7 Amplitud de flexión de las Articulaciones de los cuatro últimos dedos¹²

2.2.1.2.3 Articulaciones interfalángicas

Cada uno de los cuatro últimos dedos consta de tres falanges unidas (proximal, medial y distal) por dos articulaciones. Estas son la articulación interfalángica proximal, constituida por la cabeza de la primera falange y la base de la segunda falange, y la articulación interfalángica distal, que pone en contacto la cabeza de la segunda falange y la base de la tercera falange.

Los **ejes articulares** van perdiendo la perpendicularidad como se muestra en la Figura 2.8 y se dirigen hacia la base de la ¹³ eminencia tenar, teniendo que la oblicuidad va aumentando desde el índice hasta el meñique. Por tanto el movimiento resultante al flexionar los dedos para cerrar la mano converge hacia un punto común, la base del pulgar.

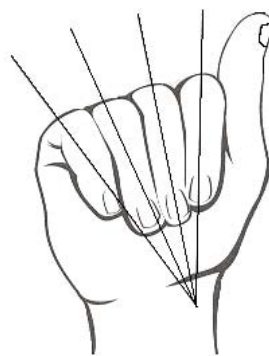


Figura 2.8 Cuando se realiza el movimiento de cerrar la mano, la oblicuidad de los ejes articulares obliga a los dedos a converger hacia la base tenar. Como se aprecia en el esquema¹⁴

¹² Ibidem

¹³ Eminencia tenar: Prominencia situada en la región tenar localizada al borde externo de la mano y en ella tiene su asiento el dedo pulgar

¹⁴ Biomecánica articular y sustituciones protésicas; Mario Comín, Jaime Prat y Ricardo Dejoz; IBV Instituto de Biomecánica de Valencia; España Valencia 1998



Debido a su estructura anatómica, los únicos recorridos articulares posibles en las articulaciones interfalángicas son los de flexión-extensión, aunque como se señaló anteriormente se puede producir un ligero desplazamiento lateral, sobre todo, en las articulaciones interfalángicas distales. El rango de las articulaciones interfalángicas proximales sobrepasa los 90° en todos los dedos. Como en las articulaciones metacarpofalángicas, los valores de este rango aumentan en dirección cubital hasta llegar a los 135° del meñique. La amplitud articular de las articulaciones interfalángicas distales es ligeramente inferior a los 90°. Al igual que para las articulaciones anteriores, esta amplitud aumenta del índice hacia el meñique, alcanzando en este último los 90°. La extensión activa en las articulaciones interfalángicas es mínima, no superando los 5° en las articulaciones interfalángicas distales y de apenas 2° en las articulaciones interfalángicas proximales. La extensión pasiva es bastante acentuada en las articulaciones interfalángicas distales, hasta 30°, pero nula en las articulaciones interfalángicas proximales.

2.3 Factor Antropométrico

Un principio ergonómico es adaptar la actividad a las capacidades y limitaciones de los usuarios, y no a la inversa como suele ocurrir con mucha frecuencia. Al menos una tercera parte de nuestro día lo dedicamos al trabajo y el resto del tiempo a trasladarnos, a realizar actividades en nuestro hogar, o actividades recreativas.

La antropometría es una de las áreas que fundamentan la ergonomía, y trata con la toma de las medidas del cuerpo humano que se refieren al tamaño del cuerpo, formas, fuerza y capacidad de trabajo, estudio y análisis de las medidas corporales de los seres humanos. La antropometría es la disciplina que describe las diferencias cuantitativas de las medidas del cuerpo humano, estudia las dimensiones tomando como referencia distintas estructuras anatómicas, y sirve de herramienta a la ergonomía con objeto de adaptar el entorno a las personas.

Para comenzar el estudio actual de antropometría se usará la clasificación usual de los tipos estructurales de las personas (Figura 2.9).

Cada individuo puede aproximarse a una estructura determinada o tener la combinación de alguna de las siguientes.

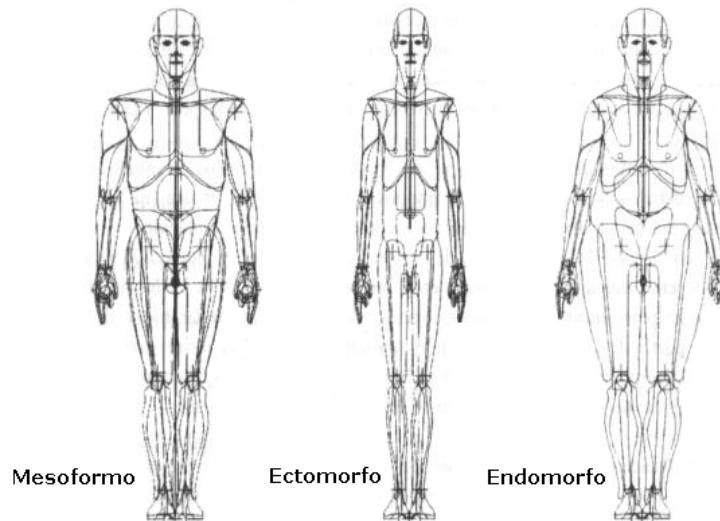


Figura 2.9 Clasificación usual de los tipos estructurales de personas Según Sheldon¹⁵

Existen dos tipos de antropometría:

- Antropometría estática
- Antropometría dinámica

La antropometría estática, la cual se trata en el presente capítulo; mide las diferencias estructurales del cuerpo humano, en diferentes posiciones, sin movimiento. Registra dimensiones con antropómetro, calibrador y báscula.

Existen numerosas tablas antropométricas; sin embargo, en la mayoría son de otros países lo cual no brinda datos antropométricos reales debido a la diferencia de razas. Es por esa razón que podemos afirmar que no existe una base de datos antropométrica exclusiva para la población mexicana; sin embargo, se utilizó una fuente bibliográfica específica que muestra las dimensiones antropométricas de población Latinoamericana (México/Cuba/Colombia/Chile). La cual nos brinda datos antropométricos que se mencionan más adelante.

Cabe mencionar que el actual proyecto "Diseño, fabricación y pruebas de un prototipo de prótesis inteligente de miembro superior", desarrollado por la Facultad de Ingeniería de la UNAM el Departamento de Ingeniería Mecatrónica en colaboración con el Centro de Diseño y Manufactura, está enfocado a personas adultas, diestras, sexo masculino y en edad promedio, teniendo como justificación las estadísticas mostradas en el Capítulo 1 ; es por esa razón que los datos antropométricos que más adelante se presentan pertenecen a este sector poblacional.

¹⁵ <http://www.edicionsupc.es/ftppublic/pdfmostra/OE00102M.pdf>



Existen algunas tablas que permiten determinar cualquier característica antropométrica de interés, de acuerdo a datos concretos del individuo, tales como edad, sexo, estatura, peso, raza, etc. Dichas tablas son denominadas técnicas indirectas de cálculo antropométrico, que se deben de tomar con criterios amplios, ya que no existe un estándar en los individuos; sin embargo, podrían ser de utilidad en los casos en que el paciente sea amputado bilateral y no se tenga la posibilidad de obtener datos de su miembro superior restante. Algunas de estas técnicas indirectas son:

- Método de la Estimación Proporcional
- Longitud de Segmentos
- Serie de Fibonacci

A continuación se describirán brevemente en que consisten.

2.3.1 Método de la Estimación Proporcional

Este método se basa en la comparación de dos poblaciones o más; una de las poblaciones ya ha sido medida y estudiada, por lo tanto, dispone de tablas antropométricas completas de esa población. Este método recurre a dichas tablas antropométricas de la población y compara a las poblaciones sujetas a estudiar solo conociendo la media y desviación típica de su estatura, de esta manera se obtendrán las dimensiones corporales que se deseen.

Este es un método simple y económico que sacrifica precisión; sin embargo, muy útil cuando se tratan de poblaciones que ya se han extinguido o bien mediciones muy difíciles, como son la información de órganos internos.

2.3.2 Método Longitud de Segmentos

Este método data del año 1966 y sus inventores son Drillis y Contini, los cuales nos definen un segmento como la porción corporal comprendida entre dos articulaciones. Y afirman que las dimensiones varían en función a la altura del sujeto fundamentalmente, pero también por la edad, sexo, raza, etc. Para ello sus inventores aplicaron este método basado en la obtención de un elevado número de medidas experimentales.

A continuación se presenta el método en la Figura 2.10, en el cual se puede determinar indirectamente la longitud de algunos segmentos corporales, solo conociendo la altura de la persona.

Este método es muy sencillo de aplicar y de gran utilidad cuando se trata de personas amputadas bilateralmente; sin embargo, en sus primeras etapas requiere obtener medidas antropométricas de un número significativo de personas y por tanto un tiempo largo en la toma de mediciones para obtener un patrón de comportamiento.

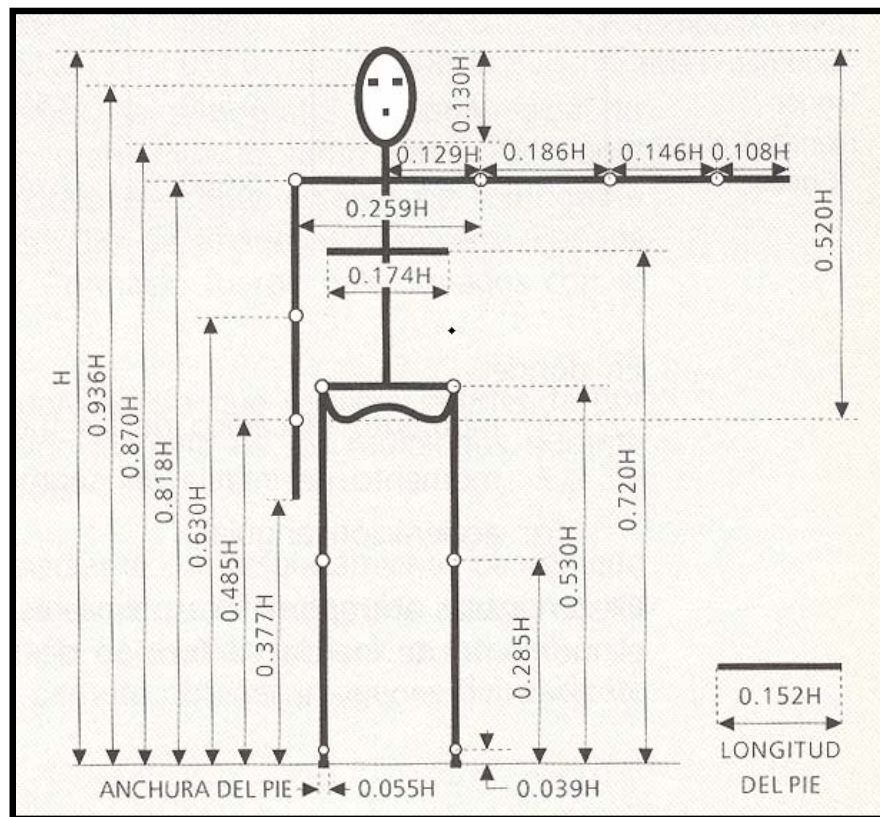


Figura 2.10 Modelo antropométrico dependiente de la altura del sujeto¹⁶

2.3.3 Serie de Fibonacci

Este es un método enfocado al miembro superior, en especial a la mano (falanges) y por tanto de gran importancia en este proyecto.

La Serie de Fibonacci es una forma sencilla de calcular las longitudes de las falanges y metacarpianos en cada dedo, para una persona en particular, consiste en usar la serie, de forma que la longitud de cada hueso, desde el distal al proximal, es la suma de la longitud de los dos anteriores como se muestra en la Figura 2.11 (Littler, 1973). Esta relación matemática es útil cuando se desconoce la longitud anatómicamente correcta de una falange o metacarpiano de un dedo, ya que con solo conocer la longitud de otro hueso largo del mismo dedo se puede determinar la longitud correcta.

¹⁶ Idem

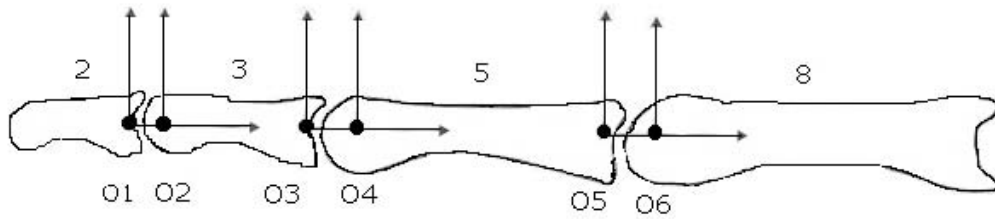


Figura 2.11 Serie de Fibonacci¹⁷

	O ₁ O ₂ (cm)	O ₂ O ₃ (cm)	O ₃ O ₄ (cm)	O ₄ O ₅ (cm)	O ₅ O ₆ (cm)
Pulgar	0.243±0.035	1.0±0	0.338±0.042	1.424±0.097	0.333±0.047
Índice	0.224±0.034	1.0±0	0.228±0.036	1.919±0.227	0.432±0.058
Medio	0.184±0.032	1.0±0	0.233±0.041	1.608±0.087	0.365±0.052
Anular	0.166±0.031	1.0±0	0.244±0.041	1.576±0.068	0.346±0.030
Meñique	0.230±0.042	1.0±0	0.304±0.046	1.797±0.145	0.506±0.082

Tabla C Longitud entre articulaciones según Fibonacci¹⁸

Adicionalmente la Serie de Fibonacci también proporciona la distancia entre las articulaciones con sus respectivos errores como se ve en la Tabla C, de esta manera poder obtener la dimensión de la mano, con la simple longitud de un hueso.

Todas estas técnicas pueden ser de utilidad en etapas posteriores al proyecto, cuando ya se haya obtenido un número significativo de mediciones antropométricas y por supuesto, cuando ya se hayan comprobado sus resultados en la aplicación; sin embargo, en nuestro caso por tratarse de un proyecto que se encuentra en sus primeras etapas, es necesario datos más exactos y particularizados para determinados individuos, por ello se decidió medir directamente.

¹⁷ Biomecánica articular y sustituciones protésicas; Mario Comín, Jaime Prat y Ricardo Dejoz; IBV Instituto de Biomecánica de Valencia; España Valencia 1998 pag. 602

¹⁸ Idem



2.4 Experimentación

La metodología que se aplicó para la experimentación antropométrica fue la siguiente y se desarrollará a lo largo de este apartado:

- Identificación de medidas antropométricas a tomar
- Selección de instrumentación utilizada para la toma de mediciones
- Selección de posturas estandarizadas
- Identificación de puntos de referencia
- Realización de Cédula Antropométrica
- Toma de mediciones
- Resultado de las mediciones antropométricas:
 - ◆ Medidas antropométricas bibliográficas
 - ◆ Medidas antropométricas experimentales

2.4.1 Medidas Antropométricas a Tomar

Debido a que no se cuenta con una fuente bibliográfica como anteriormente se mencionó, se decidió realizar mediciones particularizadas a personas del sexo masculino, diestras y en edad promedio (entre 14 y 64 años).

Las medidas seleccionadas se eligieron con el fin de:

1. Proporcionar una fuente de datos completa para el proyecto "Diseño, fabricación y pruebas de un prototipo de prótesis inteligente de miembro superior", tratando de que estas medidas acerquen al prototipo a las medidas "estándares" de la mano.
2. Que las personas encargadas del diseño, puedan tener datos acerca de los espacios con los que cuentan para la localización de los dispositivos necesarios.

Las medidas que a continuación se enumeran en la Tabla D son las medidas seleccionadas para su medición:



Número	Medida Antropométrica
1	Longitud del Codo a la Muñeca
2	Anchura del Codo
3	Circunferencia del Antebrazo
4	Circunferencia de la Muñeca
5	Longitud de la Mano
6	Longitud Palmar
7	Longitud de los Dedos
8	Anchura Palmar
9	Anchura de la Mano
Longitud de los Falanges	
10	Proximal meñique
11	Proximal anular
12	Proximal medio
13	Proximal índice
14	Proximal pulgar
15	Medial meñique
16	Medial anular
17	Medial medio
18	Medial índice
19	Distal meñique
20	Distal anular
21	Distal medio
22	Distal índice
23	Distal pulgar

Tabla D Medidas antropométricas seleccionadas para su medición

2.4.2 Instrumentación Utilizada

Las técnicas de antropometría directa requieren de:

Instrumentación Apropiaada.- Que reduzca la variabilidad introducida por las personas que ingresen los registros de datos. Algunos de los instrumentos que fueron utilizados en las mediciones antropométricas:

- **Calibrador digital.** - Utiliza un sensor de desplazamiento muy preciso para obtener la lectura; es un sistema electrónico que funciona en relación directa con una escala registrada por el sensor a partir de una referencia. La lectura es presentada en una pantalla alfanumérica y puede ser configurado para presentar sus lecturas en submúltiplos de las escalas más utilizadas (Figura 2.12).



Se utilizaron dos calibradores digitales cuyas características son:

- Resolución Excelente
- Rango 0- 305.23 [mm] y 0 – 153.58 [mm] respectivamente
- Marca Mitutoyo

Ventajas:

- ✓ Facilidad de lectura
- ✓ Compacto, liviano y con bajo consumo de energía
- ✓ Función de fijado de cero
- ✓ Función de salida de datos (interfase digital)
- ✓ Alta velocidad de respuesta

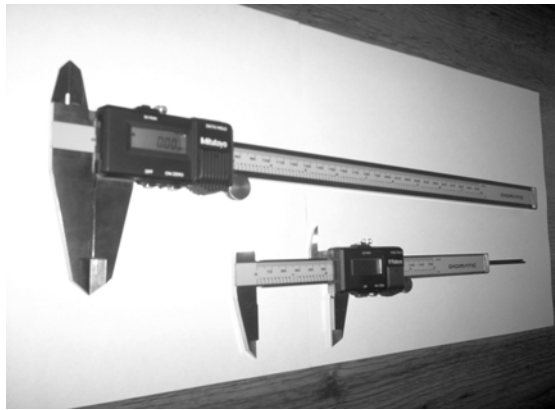


Figura 2.12 Calibrador Digital

- ✦ **Cintra Métrica**.- Instrumento que se utiliza para la medición de longitudes, lineales o perímetros y básicamente está formado por una cinta graduada que tiene impresa las unidades ya sea centímetros o pulgadas.

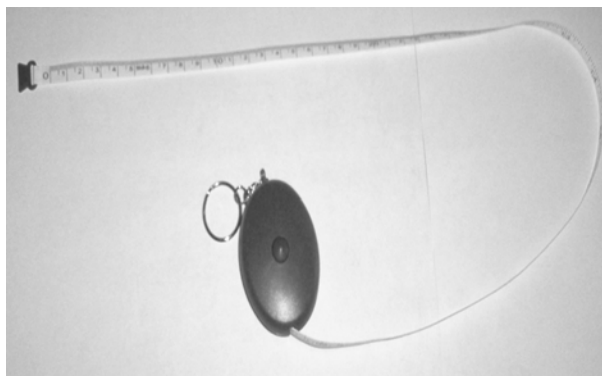


Fig. 2.13 Cinta Métrica



Sus características son:

- Resolución Regular
- Rango 0- 150 cm

2.4.3 Posturas Estandarizadas

Se parte de que todas las personas a las cuales fueron aplicadas las medidas opten de posturas estandarizadas, para poder comparar posteriormente las medidas. Para tener una mayor referencia de las posturas estandarizadas utilizadas para las mediciones anteriormente mencionadas, se puede consultar el ANEXO 1-Manual de Antropometría.

2.4.4 Puntos de Referencia

Las dimensiones del cuerpo se obtienen a través de la técnica antropométrica, entendiendo ésta como un conjunto de operaciones ordenadas que requiere de la localización de puntos antropométricos o de referencia, es decir puntos ubicados en el cuerpo humano estando el usuario en una postura generalmente de pie o sentada.

Las mediciones antropométricas realizadas a la mano, se llevaron a cabo localizando el siguiente conjunto de puntos antropométricos o de referencia (Figura 2.14):

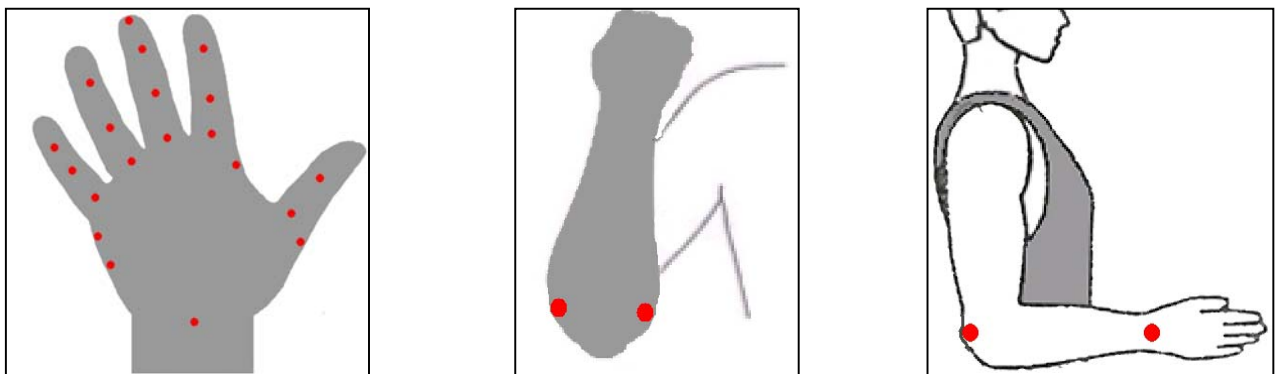


Fig. 2.14 Puntos de Referencia

2.4.5 Cédula Antropométrica

La cédula antropométrica es el formato que se llena en el momento de realizar la toma de dimensiones del cuerpo humano, el contenido será de acuerdo a los fines para los que se aplicará y es el registro de las dimensiones (Figura 2.15).



El contenido de la cédula antropométrica debe constar de:

- **Datos generales:** nombre del proyecto, número de cédula antropométrica (por folio), fecha de estudio (año, mes, día), nombre del antropometrista y nombre del anotador.
- **Datos del usuario:** código de identificación, sexo, edad, fecha de nacimiento (año, mes, día).
- **Dimensiones corporales a registrar:** se recomienda poner en el formato casillas para cada número de la dimensión con el fin de evitar confusiones al anotar y en el momento de la captura, la dimensión se registrará en milímetros y se requiere de escritura legible.

2.4.6 Toma de Mediciones

Previamente a realizar las mediciones se preguntó algunos datos necesarios para el llenado correcto de la cédula antropométrica y adicionalmente se les explicaba acerca de las medidas que se tomarían; siempre haciendo notar las posiciones que se tenían que aplicar para determinadas mediciones.

Se reclutaron 25 personas a las cuales se les aplicó las 23 mediciones anteriormente mencionadas.

Una persona hacía la toma de mediciones llamada antropometrista, la repetía en voz alta y la persona que registraba los datos "anotador" de igual manera repetía en voz alta el dato obtenido. El antropometrista corroboró el dato, realizando una segunda toma.

Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería Cédula Antropométrica		
Datos Generales		No de Cédula
Nombre del Proyecto	"Diseño, fabricación y pruebas de un prototipo de prótesis inteligente de miembro superior"	Fecha
Nombre del Aplicador		
Nombre del Anotador		
Datos del Usuario		
Nombre		
Sexo		
Edad		
Fecha de Nacimiento		

Número	Dimensiones Corporales a Registrar	Magnitud [mm]
1	Magnitud del Codo a la Muñeca	
2	Anchura del Codo	
3	Circunferencia del Antebrazo	
4	Circunferencia de la Muñeca	
5	Longitud de la Mano	
6	Longitud Palmar	
7	Longitud de los Dedos	
8	Anchura Palmar	
9	Anchura de la Mano	
10	Dedo Pulgar Proximal I	
11	Dedo Índice Proximal II	
12	Dedo Medio Proximal III	
13	Dedo Anular Proximal IV	
14	Dedo Meñique Proximal V	
15	Dedo Índice Medial I	
16	Dedo Medio Medial II	
17	Dedo Anular Medial III	
18	Dedo Meñique Medial IV	
19	Dedo Pulgar Distal I	
20	Dedo Índice Distal II	
21	Dedo Medio Distal III	
22	Dedo Anular Distal IV	
23	Dedo Meñique Distal V	

Figura 2.15 Cédula Antropométrica

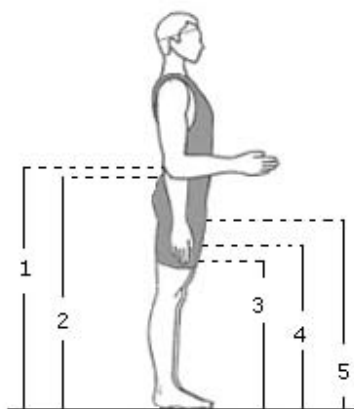
2.4.7 Resultados de Medidas Antropométricas

En este apartado se observan los resultados de:

- Medidas antropométricas bibliográficas (Tablas E, F, G).- Estas medidas se tratan de Trabajadores Industriales de 18 a 65 años Zona Metropolitana de Guadalajara.
- Medidas antropométricas experimentales (Tabla E).- Tomadas a las 25 personas voluntarias.

Estos resultados bibliográficos y experimentales se compararán en el Capítulo 4.

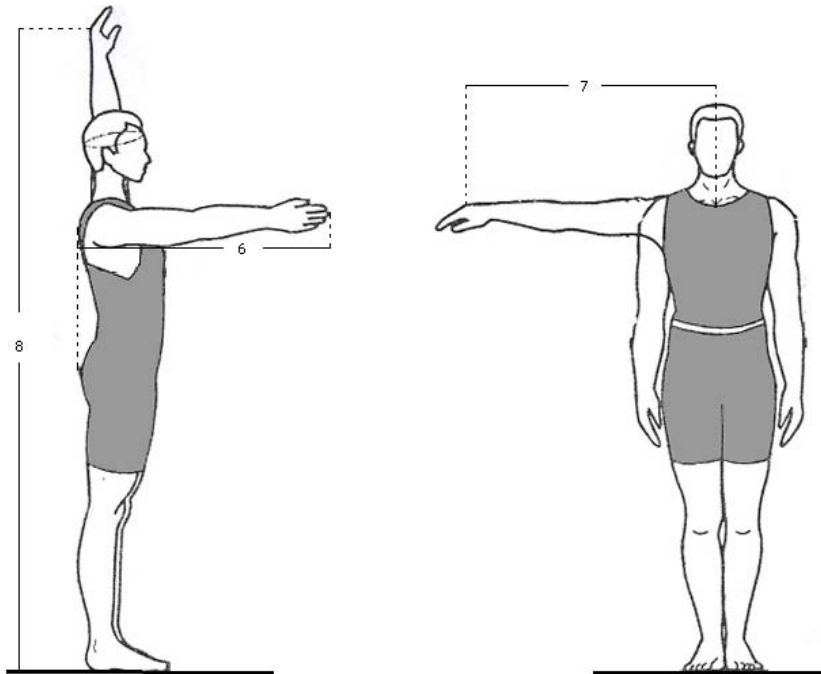
2.4.7.1 Medidas Antropométricas Bibliográficas



DIMENSIONES	18-65 AÑOS (n=396)			
	X	Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95
1. Altura del codo	[mm] 1068	[mm] 988	[mm] 1065	[mm] 1145
2. Altura del codo flexionado	969	906	969	1046
3. Altura dedo medio	639	584	638	697
4. Altura nudillo	740	680	740	800
5. Altura muñeca	825	757	822	919

Tabla E Medidas antropométricas bibliográficas ¹⁹

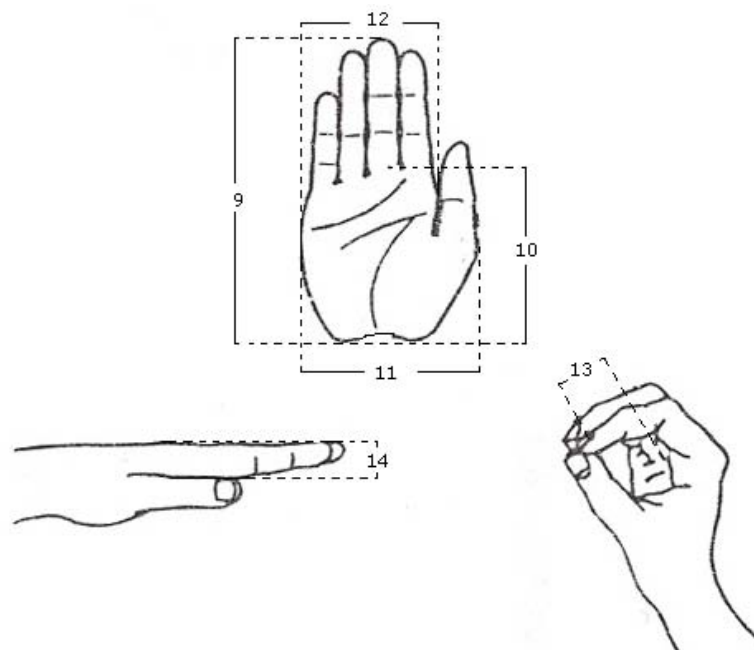
¹⁹ Dimensiones Antropométricas de Población Latinoamericana; Ávila R., Prado L., Gonzáles E.; Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño; Universidad de Guadalajara; México 2001



DIMENSIONES	18-65 AÑOS (n=396)			
	X	Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95
6. Alcance brazo frontal	[mm] 748	[mm] 590	[mm] 648	[mm] 810
7. Alcance brazo lateral	[mm] 709	[mm] 581	[mm] 738	[mm] 818
8. Alcance máximo vertical	[mm] 2042	[mm] 1900	[mm] 2043	[mm] 2200

Tabla F Medidas antropométricas bibliográficas²⁰

²⁰ Idem



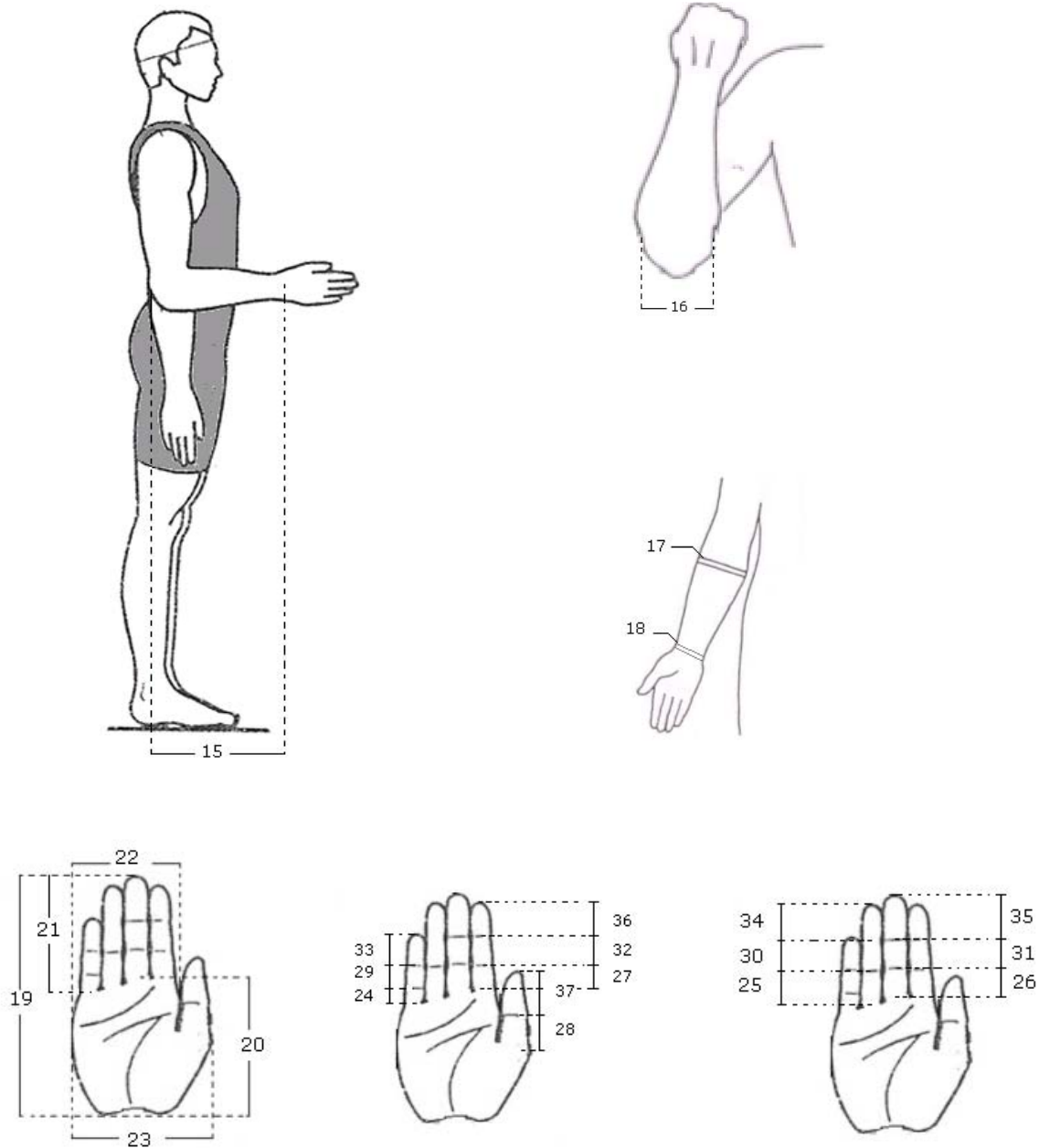
DIMENSIONES	18-65 AÑOS (n=396)			
	X	Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95
9. Longitud mano	[mm] 171	[mm] 158	[mm] 170	[mm] 185
10. Longitud palma mano	97	90	97	105
11. Anchura mano	93	83	92	103
12. Anchura palma mano	76	71	76	82
13. Diámetro empuñadura	44	39	45	50
14. Espesor mano	29	24	30	35

Tabla G Medidas antropométricas bibliográficas²¹

²¹ Ibidem



2.4.7.2 Medidas Antropométricas Experimentales





DIMENSIONES	18-65 AÑOS (n=25)			
	X	Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95
	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
15. Magnitud del codo a la muñeca	25.839	22.250	25.690	29.710
16. Anchura del codo	5.971	5.190	5.890	6.600
17. Circunferencia de antebrazo	26.041	22.200	26.000	31.450
18. Circunferencia de la muñeca	15.860	14.350	15.700	18.600
19. Longitud de la mano	17.670	15.220	17.540	19.860
20. Longitud palmar	11.500	9.300	10.610	19.310
21. Longitud de los dedos	9.308	8.550	9.120	10.920
22. Anchura Palmar	7.490	6.410	7.510	8.520
23. Anchura de la mano	9.200	8.040	9.240	10.680
24. Longitud falange proximal meñique	4.010	3.370	3.980	4.970
25. Longitud falange proximal anular	4.920	4.370	4.920	5.770
26. Longitud falange proximal medio	5.460	4.440	5.490	6.480
27. Longitud falange proximal índice	4.970	4.140	5.020	5.800
28. Longitud falange proximal pulgar	3.770	3.220	3.740	4.400
29. Longitud falange medial meñique	2.500	1.840	2.470	3.380
30. Longitud falange medial anular	3.210	2.840	3.190	3.640
31. Longitud falange medial medio	3.400	2.920	3.400	3.960
32. Longitud falange medial índice	2.990	2.660	3.000	3.370
33. Longitud falange distal meñique	2.020	1.650	2.020	2.490
34. Longitud falange distal anular	2.240	1.760	2.260	2.780
35. Longitud falange distal medio	2.350	2.010	2.320	2.850
36. Longitud falange distal índice	2.210	1.860	2.190	2.600
37. Longitud falange distal pulgar	2.210	2.410	3.050	3.380

Tabla H Resultados de medidas antropométricas experimentales

2.5 Factor Psicológico

Se dedica al estudio de las capacidades y limitaciones sensoriales y de percepción, así como a los procesos mentales de los seres humanos. Su enfoque se centra en el intercambio de mensajes que se da entre los usuarios y el entorno como receptor y emisor respectivamente.

2.5.1 Ergonomía Cognitiva

Podemos definir la ergonomía cognitiva como la disciplina científica que estudia los aspectos conductuales y cognitivos de la relación entre el hombre y los elementos físicos y sociales del ambiente. Cuando esta relación está mediada por el uso de objetos.

Trasladando todos los factores anteriormente mencionados al producto-prótesis se tiene lo siguiente:

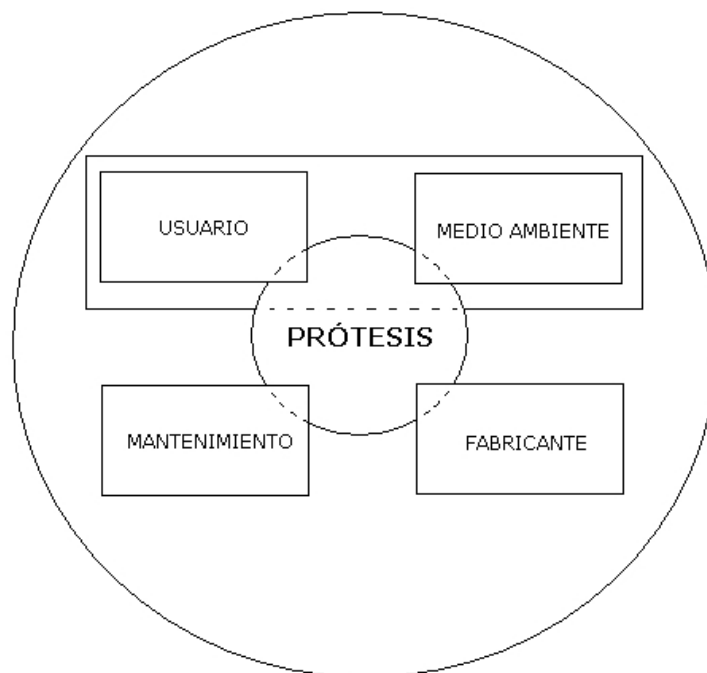


Figura 2.16 Esferas de Relación Funcional

La interfaz por un lado considera los elementos del objeto necesarios para que el usuario tenga el control en la interacción; y por el otro, toma en cuenta las características físicas y cognitivas del usuario que se ven involucradas en la relación con los objetos (Figura 2.16).

2.5.2 Usabilidad

Para ser usable una prótesis, deberá también ser percibida como fácil de usar por quienes deberán interactuar con ella, para ello se define al grupo de usuarios:

- Adulto entre 15 y 64 años
- Mexicano
- Sexo masculino
- Amputado de brazo derecho
- Nivel de amputación por debajo del codo



Cabe mencionar que también se debe emprender prácticas de campo en donde se pueda observar más de cerca el tipo de tareas que lleva a cabo una persona de este grupo anteriormente definido. De esta manera se tendrá una idea más amplia de las necesidades que tiene que satisfacer la prótesis, trabajando con sus características físicas, sociales, y ambiente cultural, acompañando sus metas y tareas de la mejor manera posible.

Las medidas de usabilidad son de dos clases:

- Medidas de rendimiento
- Medidas de actitud

Las medidas de rendimiento, son medidas objetivas u observaciones del comportamiento del usuario, y están centradas en el rendimiento de las tareas que realiza el usuario.

Las medidas de actitud, son medidas subjetivas u observaciones de la opinión del usuario sobre el uso del sistema u objeto.

Estas dos medidas son mutuamente independientes y complementarias; y ambas contribuyen a la usabilidad completa de un objeto o sistema. Por lo tanto, la usabilidad se traduce en la posibilidad de medir la utilidad, la facilidad de uso y la facilidad de aprendizaje de un sistema al realizar una tarea, por parte de un usuario específico en un entorno dado.

2.5.3 Utilidad

La utilidad tiene que ver con que el objeto cumpla con las expectativas del usuario y encaje dentro del sistema ergonómico; es decir, que el objeto sea el adecuado para la actividad a realizar, consiguiendo que el usuario desempeñe dichas tareas con el mínimo coste (humano y del objeto o sistema) y la mayor calidad.

2.5.4 Facilidad de uso

La facilidad de uso considera la eficiencia de los objetos o sistemas, consiguiendo que el usuario realice las tareas deseadas en el mínimo de tiempo, con el mínimo de errores, evitando confusión y demandando mínimos conocimientos nuevos por parte del usuario.

2.5.5 Facilidad de aprendizaje

La facilidad de aprendizaje, minimiza el entrenamiento necesario para trabajar con cierto grado de eficiencia en el uso de los objetos, además de ser fáciles de recordar, especialmente en los casos de uso ocasional.



2.6 Diseño de Productos ²²

Los individuos vinculamos el mundo material a través de los sentidos, es por medio de ellos que se identifican las formas o colores; el frío o calor, uniformidad o aspereza; se capta música o ruidos; se percibe los olores agradables o desagradables y se notan los sabores.

Ellos proporciona información del mundo físico y en determinados momentos, demanda nuestra atención ya sea por satisfacción, irritación o advertencia.

La amplitud en la solución de diseño se verá complementada por la atención bajo los siguientes criterios:

Uno	Neutralidad
Dos	Flexibilidad
Tres	Simplicidad
Cuatro	Comunicación e información
Cinco	Seguridad
Seis	Esfuerzo y Ahorro de energía
Siete	Tamaño y Espacio
Ocho	Correspondencia y universalidad
Nueve	Higiene
Diez	Comodidad

La fase de análisis bajo perspectiva del Sistema Hombre-Objeto, proporciona un enlace que permite una mejor comprensión del objeto y de los índices funcionales a los cuales responde en su relación con el hombre.

Estos criterios se acompañan de una lista de pautas inscritas en el ámbito del criterio y que se deben tomar en cuenta para la realización de una prótesis.

CRITERIO UNO: Neutralidad

El diseño deberá ser útil y manejable para las personas con diversos hábitos, cualidades y géneros.

Pautas:

- ⊕ Provea el mismo significado de uso para todos los sujetos, idénticos cuando sea posible, o equivalentes cuando no
- ⊕ Evitar la discriminación o vergüenza de los usuarios
- ⊕ Confianza, seguridad y protección deben ser atributos posibles de la misma forma para todos los usuarios
- ⊕ Realizar el diseño del producto, considerando las esferas de relación funcional con los sujetos

²² Apuntes Taller Diseñando para Poblaciones Especiales; Postgrado de Diseño Industrial UNAM; Ciudad Universitaria 2004



CRITERIO DOS: Flexibilidad (durante el uso)

El diseño deberá facilitar un rango (margen) de preferencias y habilidades individuales.

Pautas:

- ⊕ Ofrecer la posibilidad de selección de diversas formas de uso
- ⊕ Ofrecer el manejo y uso de los objetos ya sea por zurdos o derechos
- ⊕ Facilitar la exactitud y precisión del usuario
- ⊕ Ajustarse al entorno del usuario

CRITERIO TRES: Simple e Intuitivo

Objeto fácil de entender e independiente del conocimiento, habilidades, experiencias o nivel de concentración del usuario.

Pautas:

- ⊕ Evitar complejidad innecesaria
- ⊕ Consistente con las expectativas e intuición del usuario
- ⊕ Adaptarse a cualquier grado de habilidades y educación (instrucción)
- ⊕ Jerarquizar la información conforme su importancia
- ⊕ Proporcionar retroalimentación y respuesta efectiva, durante y después de haber completado las acciones (tareas)

CRITERIO CUATRO: Información visible y perceptible

El objeto deberá comunicar eficazmente la información necesaria para su utilización, independientemente de las condiciones ambientales o habilidades sensoriales del usuario.

Pautas:

- ⊕ Utilización de diferentes métodos (gráficos, escritos, sensitivos, auditivos, etc.), que proporcionen la información esencial y de seguridad
- ⊕ Proporcionar un adecuado contraste entre la información esencial y la secundaria
- ⊕ Facilitar y maximizar la comprensión (legibilidad) de la información esencial.
- ⊕ Diferenciación de los elementos de manera que puedan ser descritos (facilitará las instrucciones)
- ⊕ Proporcionar compatibilidad con las técnicas, instrumentos u objetos que utilizan las personas con limitaciones



CRITERIO CINCO: Tolerancia al error

El diseño debe disminuir riesgos y consecuencias adversas de acciones accidentales o no intencionadas.

Pautas:

- ⊕ Acomodo de elementos para disminuir riesgos o errores, a mayor uso de elementos mayor acceso. Eliminar los componentes que sean riesgosos o por lo menos aislarlos o encapsularlos
- ⊕ Proporcionar advertencias de peligro o cuando se cometa un error
- ⊕ Suministrar características (rasgos simbólicos) de autoprotección
- ⊕ Eliminar acciones no intencionales o inconscientes que requieren vigilancia o concentración

CRITERIO SEIS: Mínimo esfuerzo físico

El diseño puede ser utilizado eficiente y cómodamente con un mínimo de fatiga.

Pautas:

- ⊕ Permite al usuario mantener una posición neutral del cuerpo
- ⊕ Requiere de fuerzas razonables para su operación
- ⊕ Disminuye las acciones o actividades repetitivas
- ⊕ Disminuye el esfuerzo físico sostenido

CRITERIO SIETE: Tamaño y espacio adecuados

Diseño adecuado en tamaño del sujeto, con espacios apropiados para accesos, alcances, manipulación y uso, independientes de las dimensiones, posturas o movilidad del usuario.

Pautas:

- ⊕ Proporcionar un panorama claro de los elementos importantes para cualquier usuario parado o sentado
- ⊕ Permitir el alcance de todos los componentes de forma cómoda de cualquier manera que esté el usuario (parado o sentado)
- ⊕ Adecuado a las variaciones de tamaño de las manos y agarre
- ⊕ Proporcionar espacio adecuado para la utilización de dispositivos o personal de asistencia



CRITERIO OCHO: Correspondencia y Universalidad

Diseño corresponde con la acción esperada, la certeza en que esta relación es inequívoca (causa-efecto) ya sea empíricamente o intuitivamente.

Pautas:

- ⊕ A cada operación o manipulación debe corresponder a la respuesta esperada del objeto
- ⊕ El diseño deberá contemplar las operaciones y acciones similares para manipular otros objetos ya conocidos, a través de diseños análogos o similares (siempre y cuando no exista una mejor opción)

CRITERIO NUEVE: Higiene

El diseño debe evitar que el producto participe, permita o facilite las condiciones necesarias para que elementos tóxicos, microorganismos dañinos o hechos de otra índole actúen en el sujeto.

Pautas:

- ⊕ Los materiales propuestos en el diseño para la construcción del objeto deberán ser inocuos

2.7 Factor Sociocultural

Estudia las características y los valores representativos de los grupos sociales, que le dan a los usuarios identificación grupal y que facilitan y promueven diversas manifestaciones en su parte material, humana y espiritual.

Los factores ambientales se clasifican en:

Temperatura	Contaminación
Color	Ventilación
Presión	Sonido
Humedad	Iluminación
Ruido	Vibración

Los factores objetuales se manifiestan en:

Forma	Signos
Color	Peso
Símbolos	Controles
Volumen	Dimensiones
Textura	Indicadores



CAPÍTULO 3

ANTROPOMETRÍA DINÁMICA

En el presente capítulo se realiza un estudio de antropometría dinámica de la mano, para ello y por simplicidad se clasifica a la antropometría dinámica en:

- I.** Goniometría
- II.** Dinamometría

3.1 Antropometría Dinámica

La antropometría dinámica considera las posiciones resultantes del movimiento, va ligada a la biomecánica, registra rangos de fuerza y movimientos como flexión, extensión, rotación, abducción, supinación y pronación de segmentos corporales como brazo, manos, pierna, entre otros.

Cabe señalar que los alcances de la antropometría dinámica son datos de suma importancia y peso en la ergonomía para el diseño.

Por su parte la biomecánica aplica las leyes de la mecánica a las estructuras del aparato locomotor, ya que el ser humano está formado por palancas (huesos), tensores (tendones), muelles (músculos), elementos de rotación (articulaciones), etc., que cumplen muchas de las leyes de la mecánica. La biomecánica permite analizar los distintos elementos que intervienen en el desarrollo de los movimientos.

La búsqueda de la adaptación física, entre el cuerpo humano en actividad y los diversos componentes del espacio que lo rodea, es la esencia a la que pretende responder la antropometría.

Se debe advertir que los resultados obtenidos después de un estudio antropométrico deben aplicarse con criterios amplios y razonables, debido a que la persona "media" no existe, ya que aunque alguna de sus medidas corresponda con la media de la población, es seguro que no ocurrirá esto con el resto.

Los diseños deben contrastarse con la realidad, al analizar el tipo de población destinataria del diseño, se podrá adoptar un criterio amplio, cuando la población de referencia sea una gran cantidad de personas con desviaciones considerables o específicas, si el destinatario pertenece a un sesgo poblacional o se responde a un usuario concreto.



3.2 Técnicas de análisis cinemático

Se ha desarrollado un gran número de técnicas para la caracterización de los movimientos y se pueden clasificar según su tecnología. Por enumerar algunas se tiene:

- Goniómetros
- Análisis de Tareas
- Dinamometría
- Sistemas basados en ultrasonidos
- Fotogrametría

En la presente tesis únicamente tratará las primeras 3 técnicas de análisis cinemático por limitaciones de tiempo.

3.2.1 Goniometría

3.2.1.1 Raíces de la palabra Goniometría

El término goniometría deriva del vocablo gonio (ángulo) y metro (medida). La goniometría es utilizada para medir de manera objetiva el rango de movimiento articular.

3.2.1.2 Objetivos de la Goniometría

La goniometría esta cada vez más incorporada en la exploración del aparato locomotor por ser una técnica simple, teniendo por objetivos:

- Obtener información objetiva sobre el rango de movimiento articular
- Tomar decisiones, modificar tratamientos
- Revelar resultados concretos para documentar el progreso
- Determinar la presencia de alguna disfunción
- Establecer un diagnóstico biomecánico

En la presente tesis la técnica utilizada fue básicamente goniometría, debido a que la Universidad Nacional Autónoma de México ya contaba con estos instrumentos; sin embargo, no debe pasarse por alto las otras técnicas debido a que nos brindan beneficios, las cuales se enuncian más adelante.

Actualmente la goniometría ha experimentado algunas alternativas; por ejemplo, un goniómetro simple con la ayuda de un potenciómetro y un sistema de sujeción mecánica que permita convertir el giro de una articulación en un giro del potenciómetro (Figura 3.1). De esta forma, es posible obtener directamente una señal eléctrica linealmente proporcional al ángulo girado. Según el número de ejes del goniómetro puede ser uniaxial, biaxial y triaxial. Los goniómetros pueden conectarse directamente con cables a una computadora, ir asociados a un sistema de registro y almacenamiento, o bien a un equipo de telemetría.

Las principales ventajas son su costo moderado, simplicidad de uso y rapidez con que se obtienen los resultados, no requiriendo condiciones especiales de laboratorio. Sus inconvenientes radican en la molestia que supone para el sujeto, el hecho de que los ángulos articulares medidos son relativos y, por tanto, no proporcionan la posición absoluta del segmento ni de la articulación.

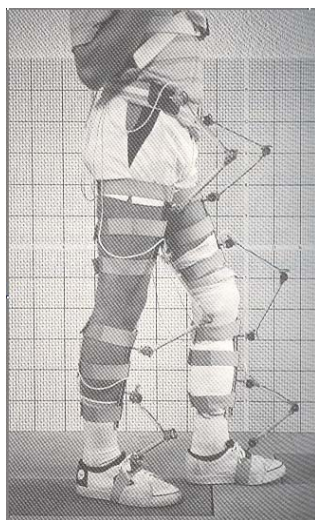


Figura 3.1 Sujeto instrumentado con Goniómetros y equipo de telemetría¹

3.2.1.3 Principios de Aplicación de la Goniometría

La técnica de la Goniometría consiste básicamente en los siguientes pasos:

- ❑ El goniómetro se coloca el plano del movimiento o en un plano paralelo
- ❑ Las mediciones se toman respecto a puntos de referencia
- ❑ El goniómetro no debe seguir el movimiento (solo la barra móvil)
- ❑ El centro del goniómetro es colocado frente al eje articular

3.2.1.4 Tipos de Apreciación Angular

Directa.- En la posición inicial el goniómetro marca 0 grados y a partir de ese punto se lleva al otro extremo del recorrido.

Indirecta.- En la posición de partida el goniómetro marca un valor diferente de cero, lo que obligará a tenerlo en cuenta en el valor final.

¹ Biomecánica articular y sustituciones protésicas; Mario Comín, Jaime Prat y Ricardo Dejoz; IBV Instituto de Biomecánica de Valencia; España, Valencia 1998



3.2.1.5 Experimentación

La metodología que se aplicó para la experimentación goniométrica fue la siguiente y se desarrollará a lo largo de este apartado:

Identificación de los distintos movimientos realizados por el miembro superior

- ▶ Movimientos de la mano
- ▶ Movimientos de antebrazo

Identificación de movimientos a evaluar

Instrumentación utilizada

Posturas estandarizadas

Puntos de referencia

Cédula Goniométrica

Toma de Mediciones

Resultados de Medidas Goniométricas

- ▶ Medidas antropométricas experimentales
- ▶ Medidas antropométricas bibliográficas

3.2.1.5.1 Identificación de los distintos movimientos realizados por el miembro superior

Cabe señalar que una gran parte de los movimientos generados por el miembro superior se enfocan directamente a la mano; es por esa razón que se enfatiza en su estudio con el fin de identificar y analizar sus movimientos; ya que los movimientos más difíciles de lograr o imitar son los generados por ella.

La etapa de identificación de movimientos tiene la finalidad de conocer y familiarizar al ergónomo con la tarea a analizar. Para cumplir este objetivo se procede a la *revisión de los registros existentes*; sin embargo, por tratarse de un proyecto que se encuentra en sus primeras etapas no cuenta con tales registros; por otro lado, se contó con gran diversidad bibliográfica de donde se obtuvo gran cantidad de información.

Básicamente los movimientos que puede generar el miembro superior se clasifican en:

- Movimientos de la mano
- Movimientos del antebrazo



3.2.1.5.1.1 Movimientos de la Mano

Algunos movimientos que el hombre efectúa con sus extremidades y que son considerados como básicos son los siguientes:

- Posición de referencia: A partir de esta posición se miden los movimientos articulares (Figura 3.2 y 3.3).
- Flexión: Movimiento consiste en doblar o disminuir el ángulo entre dos partes del cuerpo (Figura 3.2 y 3.3).
- Extensión: Consiste en enderezarse o aumentar el ángulo entre dos segmentos del cuerpo (Figura 3.2 y 3.3).
- Aducción del pulgar: Es extenderlo o flexionarlo en torno a la palma de la mano (Figura 3.4).
- Aducción de la mano: Consiste en cerrar los dedos uno contra otro, *en un plano* (Figura 3.5).
- Abducción de la mano: Consiste en separar los dedos uno de otro y en un plano (Figura 3.6).
- Prensión: Acción de tomar envolviendo un objeto, los dedos se cierran en torno al objeto envolviéndolo (Figura 3.7).
- Pinza: Acción de tomar con las puntas de los dedos opuestos (Figura 3.8).
- Hiperextensión de los dedos: Empujar con los dedos estando la mano en posición neutra (Figura 3.9).
- Pinza palpar: Tomar un objeto con los dedos índice, mayor, anular y meñique, (flexionados sujetando un objeto). También se define así, la toma por oposición entre el pulgar y otro dedo opuesto solamente (Figura 3.10).
- Compresión digital: Acción de presionar en forma plana con los dedos (Figura 3.11).
- Compresión pulpar: Es la acción de presionar un objeto con la palma de la mano (Figura 3.12).

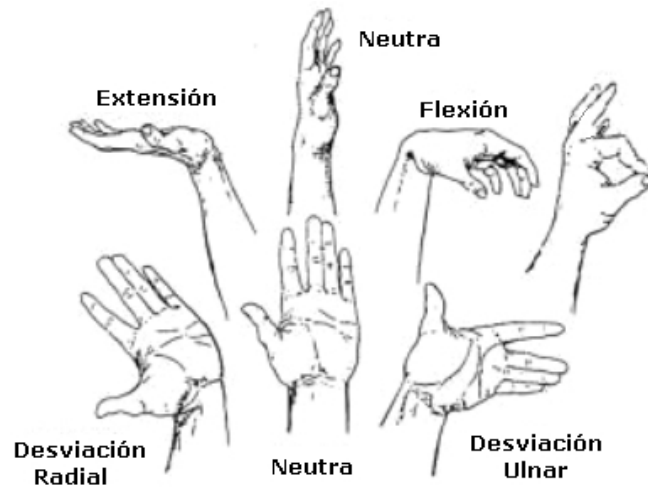


Figura 3.2 Posiciones de la mano²

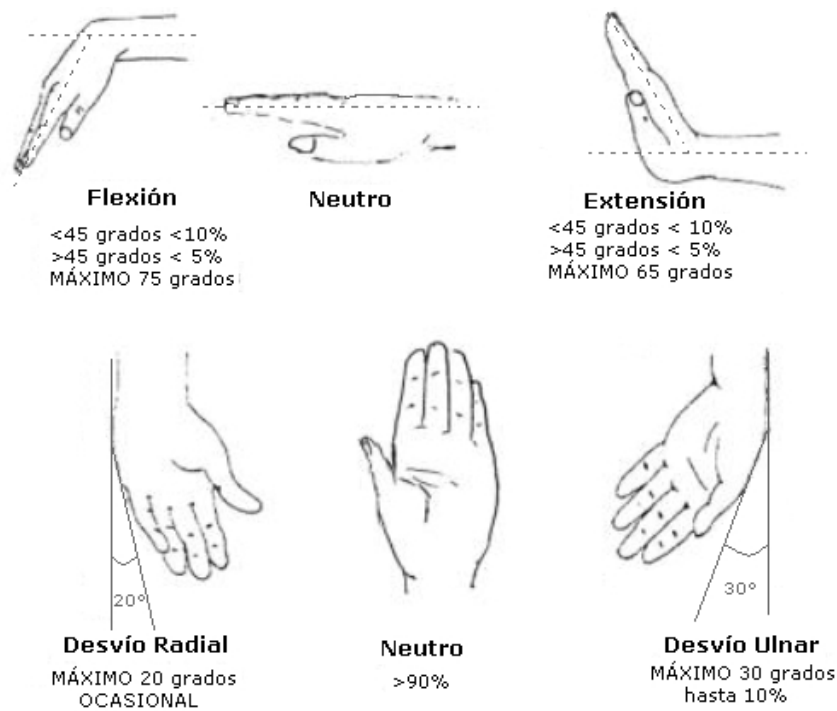


Figura 3.3 Posiciones de la mano y muñeca (Mondelo-Gregori-Blasco-Barrau 2001)³

² <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=65>

³ Idem

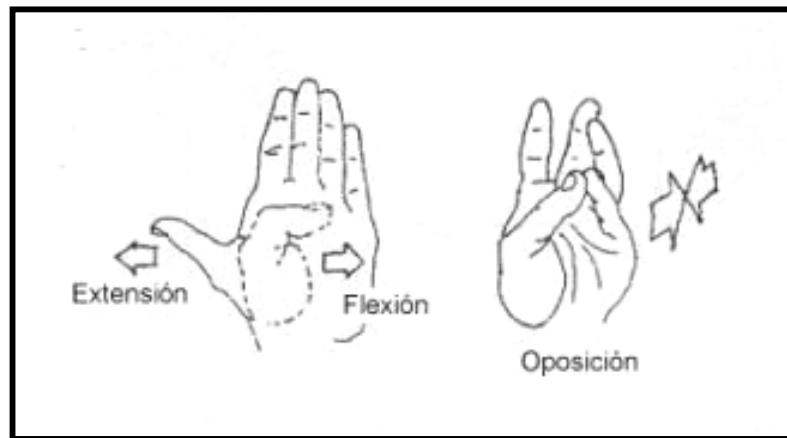


Figura 3.4 Aducción del Pulgar⁴

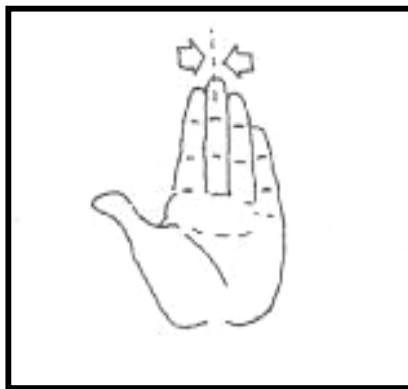


Figura 3.5 Aducción de la mano⁵

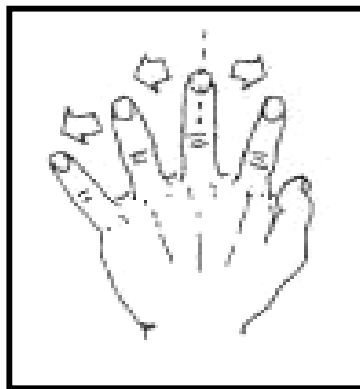


Figura 3.6 Abducción de la mano⁶

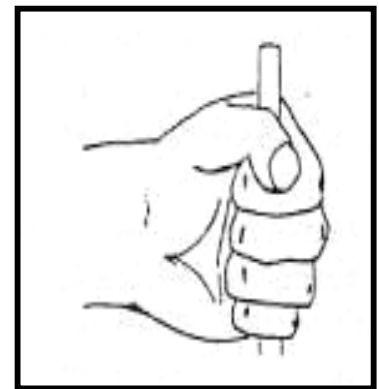


Figura 3.7 Prensión⁷

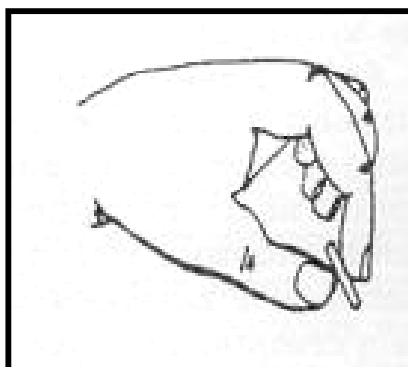


Figura 3.8 Pinza⁸



Figura 3.9 Hiperextensión los Dedos¹⁰

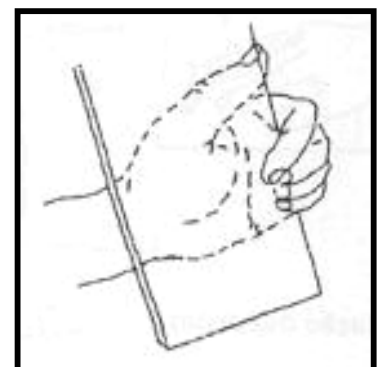


Figura 3.10 Pinza Palmar⁹

⁴ Ibidem
⁵ Ibidem
⁶ Ibidem
⁷ Ibidem
⁸ Ibidem
⁹ Ibidem
¹⁰ Ibidem

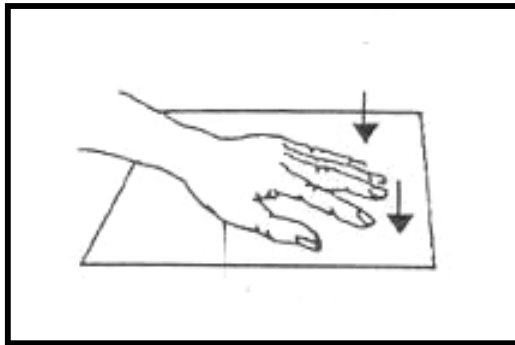


Figura 3.11 Compresión Digital¹¹

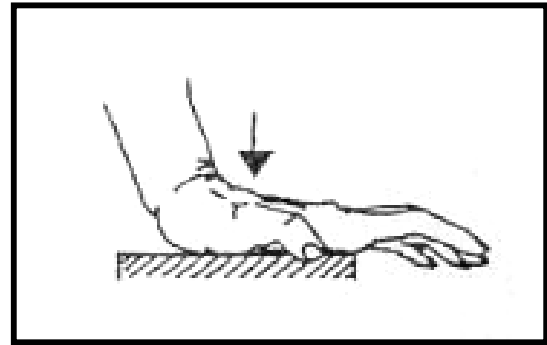


Figura 3.12 Compresión Palmar¹²

3.2.1.5.1.2 Movimientos de antebrazo

- **Pronación:** Consiste en hacer girar el antebrazo de tal modo que la palma de la mano quede hacia abajo (Figura 3.13).
- **Supinación:** Consiste en hacer girar el antebrazo de tal modo que la palma de la mano quede hacia arriba (Figura 3.13).

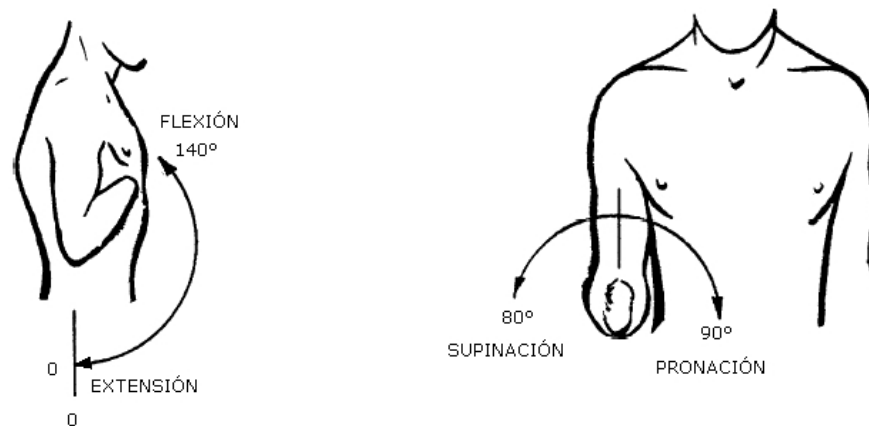


Figura 3.13 Pronación-Supinación y Flexión-Extensión del Antebrazo¹³

3.2.1.5.2 Identificación de los movimientos a evaluar

Después de tener conocimiento de algunos movimientos que se pueden realizar con la mano y antebrazo, se seleccionó una serie de movimientos, los cuales fueron registrados en una Cédula Goniométrica (Figura 3.14).

¹¹ Ibidem

¹² Ibidem

¹³ <http://www.oandp.com/news/jmcorner/library/uclamanual/UCLA-02.pdf>

Se decidió evaluar (ver Anexo 2 – Manual de Goniometría para conocer la metodología que se siguió para ser evaluados) esta serie de movimientos con el fin de proporcionar una base de datos completa en donde se muestran valores o restricciones de ciertos movimientos.

3.2.1.5.3 Instrumentación utilizada

Goniómetro: Es el instrumento que se utiliza para medir y trazar ángulos. Está formado por dos brazos articulados que se unen en el centro de un semicírculo graduado.

3.2.1.5.3.1 Tipos de Goniómetro

- Goniómetros de brazos (Figura 3.15)
- De plomada
- De desviación magnética
- Electrónicos

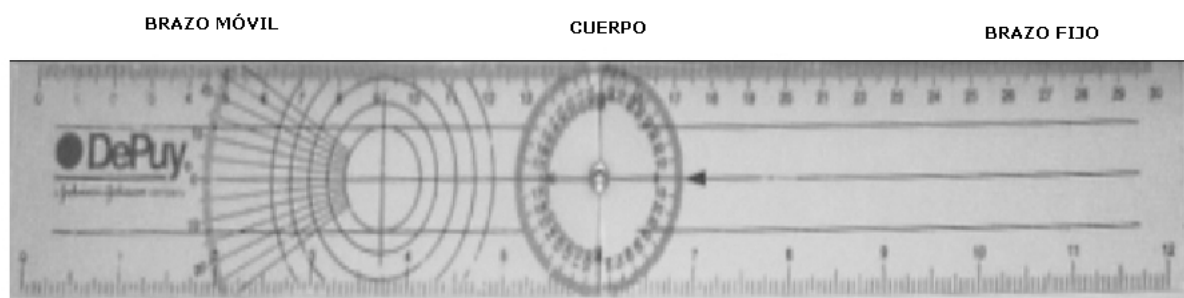


Figura 3.15 Goniómetro de Brazos

Sus características son:

- Resolución Buena
- Rango 0- 180°; en longitud 30 [cm]
- Sensibilidad 0°; 1 [mm]
- Marca De Puy
- Tipo Goniómetro de brazos

Ventajas:

- Compacto y liviano
- Económico

Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería Cédula Goniométrica (1/2)			
Datos Generales		No de Cédula	
Nombre del Proyecto	"Diseño, fabricación y pruebas de un prototipo de prótesis inteligente de miembro superior"	Fecha	
Nombre del Aplicador			
Nombre del Anotador			
Datos del Usuario			
Nombre			
Sexo			
Edad			
Fecha de Nacimiento			

Número	Dimensiones Corporales a Registrar	GRADOS [°]
1	Supinación del Antebrazo	
2	Pronación del Antebrazo	
3	Flexión de la Muñeca	
4	Extensión de la Muñeca	
5	Desviación de la parte Radial de la Muñeca (Abducción)	
6	Desviación Cubital de la Muñeca (Aducción)	
7	Flexión Común Metacarpofalángica (Proximal I-IV)	
8	Flexión Metacarpofalángica Proximal I	
9	Flexión Metacarpofalángica Proximal II	
10	Flexión Metacarpofalángica Proximal III	
11	Flexión Metacarpofalángica Proximal IV	
12	Flexión Metacarpofalángica Proximal V	
13	Extensión Común de Metacarpofalángica (Proximal I-IV)	
14	Extensión Metacarpofalángica Proximal I	
15	Extensión Metacarpofalángica Proximal II	
16	Extensión Metacarpofalángica Proximal III	
17	Extensión Metacarpofalángica Proximal IV	
18	Extensión Metacarpofalángica Proximal V	
19	Abducción Común de Metacarpofalángica (Proximal I-IV)	
20	Abducción Metacarpofalángica Proximal I	
21	Abducción Metacarpofalángica Proximal II	
22	Abducción Metacarpofalángica Proximal III	
23	Abducción Metacarpofalángica Proximal IV	
24	Abducción Metacarpofalángica Proximal V	
25	Aducción Común de Metacarpofalángica (Proximal I-IV)	

Cédula Goniométrica (2/2)		
26	Aducción Metacarpofalángica Proximal I	
27	Aducción Metacarpofalángica Proximal II	
28	Aducción Metacarpofalángica Proximal III	
29	Aducción Metacarpofalángica Proximal IV	
30	Aducción Metacarpofalángica Proximal V	
31	Flexión Común Interfalángicas (Mediales I-IV)	
32	Flexión Interfalángicas Mediales I	
33	Flexión Interfalángicas Mediales II	
34	Flexión Interfalángicas Mediales III	
35	Flexión Interfalángicas Mediales IV	
36	Extensión Común de Interfalángica (Mediales I-IV)	
37	Extensión Interfalángica Mediales I	
38	Extensión Interfalángica Mediales II	
39	Extensión Interfalángica Mediales III	
40	Extensión Interfalángica Mediales IV	
41	Flexión Interfalángica Distal I	
42	Flexión Interfalángica Distal II	
43	Flexión Interfalángica Distal III	
44	Flexión Interfalángica Distal IV	
45	Flexión Interfalángica Distal V	
46	Extensión Interfalángica Distal I	
47	Extensión Interfalángica Distal II	
48	Extensión Interfalángica Distal III	
49	Extensión Interfalángica Distal IV	
50	Extensión Interfalángica Distal V	
51	Oposición del Pulgar Carpometacarpal	

Figura 3.14 Cédula Goniométrica

3.2.1.5.4 Posturas Estandarizadas

Las personas a las cuales fueron aplicadas las medidas goniométricas se tomaron a partir de posturas estandarizadas para ser comparadas posteriormente.

Para tener una mayor referencia de las posturas estandarizadas utilizadas en las pruebas goniométricas se puede consultar el ANEXO 2 - Manual de Goniometría.

3.2.1.5.5 Puntos de Referencia

Con el fin de obtener las medidas goniométricas con un margen menor de error, se identificaron puntos de referencia anatómicos (Figura 3.16), logrando estandarizar las medidas.

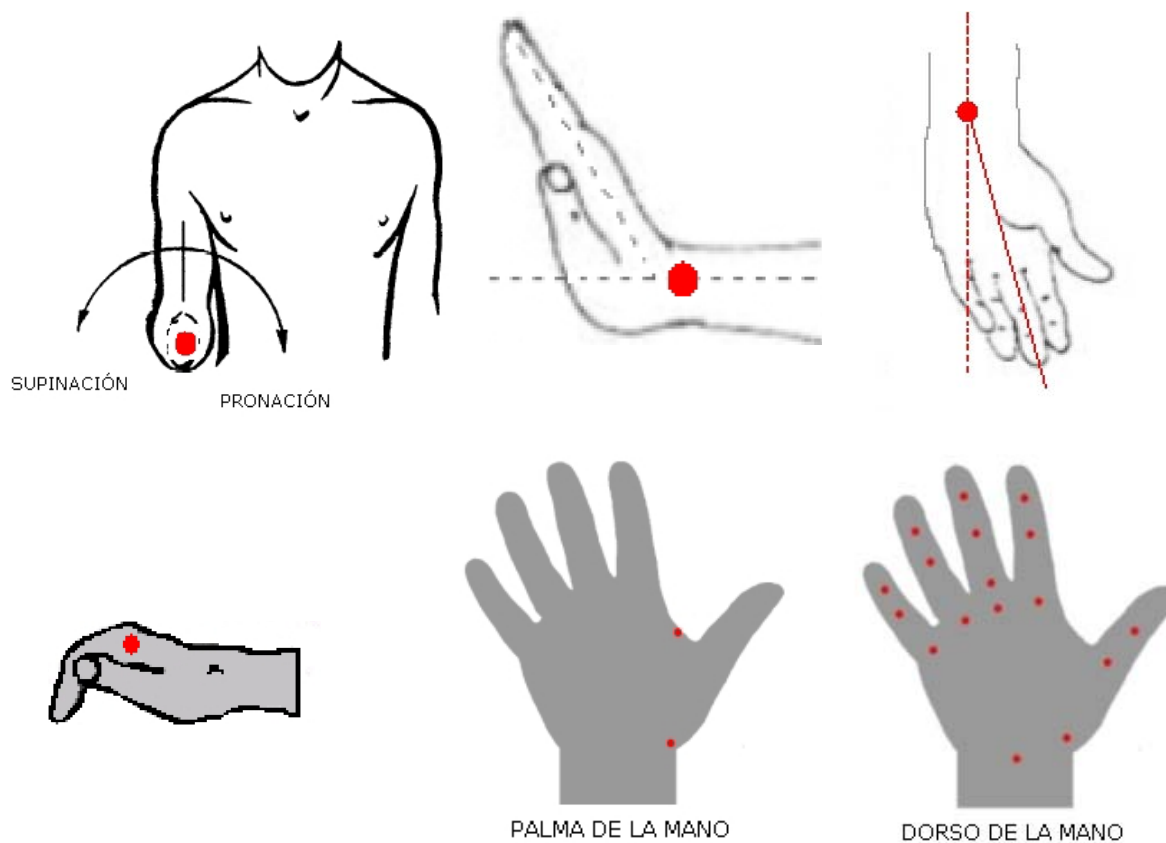


Figura 3.16 Puntos de Referencia

3.2.1.5.6 Cédula Goniométrica

La cédula goniométrica es el formato utilizado para depositar los resultados obtenidos en la toma de ángulos generados por el cuerpo humano (Figura 3.14).



3.2.1.5.7 Toma de Mediciones

Previamente a realizar las mediciones se preguntó algunos datos necesarios para el llenado correcto de la cédula goniométrica, en algunos casos no fue necesario por tratarse de las mismas personas a quienes fueron aplicadas las pruebas antropométricas. Adicionalmente se les explicó acerca de las medidas que se tomarían; siempre haciendo hincapié en las posiciones que se tenían que llevar a cabo para determinadas mediciones.

Se reclutaron 25 personas a las cuales se les aplicaron 51 mediciones anteriormente mencionadas en la cédula goniométrica.

El proceso de anotación se llevó a cabo de la misma forma que las pruebas de antropometría.

3.2.1.5.8 Resultados de Medidas Goniométricas

En este apartado se observan los resultados de:

- Medidas goniométricas bibliográficas (Tablas H).- Estas medidas fueron recabadas de distintos autores y solo algunos movimientos cuentan con esta referencia.
- Medidas goniométricas experimentales (Tabla I –Tabla J).- Fueron tomadas 51 medidas a las 25 personas voluntarias.

Estos resultados tanto bibliográficos como experimentales se compararán en el Capítulo 4.

3.2.1.5.8.1 Medidas Goniométricas Bibliográficas

	Medida	Dato Bibliográfico
1	Supinación del antebrazo	80°
2	Pronación del antebrazo	75°
3	Flexión de la Muñeca	75°
4	Extensión de la Muñeca	60°
5	Abducción de la Muñeca	25°
6	Aducción de la Muñeca	38.8°
7	Flexión común interfalángica de mediales	90°

Tabla H Medidas Goniométricas Bibliográficas

3.2.1.5.8.2 Medidas Goniométricas Experimentales



	Dimensiones	18-65 AÑOS			
		(n=25)			
		X [°]	Percentil 5 [°]	Percentil 50 [°]	Percentil 95 [°]
1	Supinación del antebrazo	76.69	50.0	80	89.2
2	Pronación del antebrazo	76.551	56.4	80	88.0
3	Flexión de la Muñeca	72.966	48.8	76	94.0
4	Extensión de la Muñeca	63.31	36.8	64	79.2
5	Desviación de la parte radial de la Muñeca (Abducción)	26.965	14.8	24	47.2
6	Desviación Cubital de la Muñeca (Aducción)	44.621	23.6	44	65.2
7	Flexión Común Metacarpofalángica (Proximal I al IV)	76.344	42.2	82	96.4
8	Flexión Metacarpofalángica Proximal I Dedo Pulgar	47.586	24.0	46	72.4
9	Flexión Metacarpofalángica Proximal II Dedo índice	69.724	37.2	70	93.6
10	Flexión Metacarpofalángica Proximal III Dedo Medio	69.103	47.6	70	94.4
11	Flexión Metacarpofalángica Proximal IV Dedo Anular	68.62	41.6	72	92.8
12	Flexión Metacarpofalángica Proximal V Dedo Meñique	71.931	40.8	76	98.4
13	Extensión Común de Metacarpofalángica (Proximal del I al IV)	32.896	20.0	32	47.2
14	Extensión Metacarpofalángica Proximal I Dedo Pulgar	33.301	15.0	36	47.2
15	Extensión Metacarpofalángica Proximal II Dedo Índice	29.379	15.6	30	40.0
16	Extensión Metacarpofalángica Proximal III Dedo Medio	31.31	16.0	30	44.4
17	Extensión Metacarpofalángica Proximal IV Dedo Anular	30.551	14.4	30	47.2
18	Extensión Metacarpofalángica Proximal V Dedo Meñique	35.793	18.8	34	52.4
19	Abducción Común de Metacarpofalángica (Proximal del II al V)	21.103	8.0	16	49.6
20	Abducción Metacarpofalángica Proximal I Dedo Pulgar	42.896	20.0	44	68.4
21	Abducción Metacarpofalángica Proximal II Dedo Índice	24.0	10.8	22	40.0
22	Abducción Metacarpofalángica Proximal III Dedo Medio	18.551	10.0	18	29.2
23	Abducción Metacarpofalángica Proximal IV Dedo Anular	15.862	4.0	14	32.4
24	Abducción Metacarpofalángica Proximal V Dedo Meñique	20.137	10.0	20	35.2

Tabla I Medidas Goniométricas Experimentales



	Dimensiones	18-65 AÑOS (n=25)			
		X [°]	Percentil 5 [°]	Percentil 50 [°]	Percentil 95 [°]
25	Aducción Común de Metacarpofalángica (Proximal II al V)	25.103	12.8	26	39.2
26	Aducción Metacarpofalángica Proximal I Dedo Pulgar	37.034	13.6	36	64.8
27	Aducción Metacarpofalángica Proximal II Dedo Índice	35.551	20.8	34	54.8
28	Aducción Metacarpofalángica Proximal III Dedo Medio	25.31	10.8	24	40.0
29	Aducción Metacarpofalángica Proximal IV Dedo Anular	26.137	15.6	24	41.6
30	Aducción Metacarpofalángica Proximal V Dedo Meñique	37.103	24.8	38	50.0
31	Flexión Común Interfalángica (Mediales del I al IV)	88.62	40.0	92	110.0
32	Flexión Interfalángica Medial I Dedo Índice	91.172	58.0	94	113.2
33	Flexión Interfalángica Medial II Dedo Medio	93.448	58.0	94	109.2
34	Flexión Interfalángica Medial III Dedo Anular	90.137	46.0	94	112.0
35	Flexión Interfalángica Medial IV Dedo Meñique	83.310	46.0	88	104.0
36	Extensión Común de Interfalángica (Mediales I al IV)	24.758	6.8	24	44.8
37	Extensión Interfalángica Medial I Dedo Índice	24.068	10.0	20	53.6
38	Extensión Interfalángica Medial II Dedo Medio	21.931	8.8	22	32.0
39	Extensión Interfalángica Medial III Dedo Anular	25.931	8.4	28	47.6
40	Extensión Interfalángica Medial IV Dedo Meñique	20.413	8.8	20	33.20
41	Flexión Interfalángica Distal I Dedo Pulgar	80.896	53.6	84	99.2
42	Flexión Interfalángica Distal II Dedo Índice	49.172	30.0	48	74.0
43	Flexión Interfalángica Distal III Dedo Medio	51.586	27.6	52	74.4
44	Flexión Interfalángica Distal IV Dedo Anular	54.896	35.6	54	74.4
45	Flexión Interfalángica Distal V Dedo Meñique	52.485	30.8	54	79.2
46	Extensión Interfalángica Distal I Dedo Pulgar	34.344	16.8	32	52.0
47	Extensión Interfalángica Distal II Dedo Índice	16.827	4.0	16	34.0
48	Extensión Interfalángica Distal III Dedo Medio	17.172	4.4	16	28.4
49	Extensión Interfalángica Distal IV Dedo Anular	14.827	4.0	16	27.2
50	Extensión Interfalángica Distal V Dedo Meñique	12.758	0.8	10	25.2
51	Oposición de Pulgar Carpometacarpal	9.592	8.652	9.571	10.661

Tabla J Medidas Goniométricas Experimentales



3.2.2 Análisis de Tareas

Los movimientos de las manos son difíciles de estudiar debido a la rapidez de los movimientos y a la complejidad de los mismos. Por ello los movimientos de las manos se observaron con mucha atención, mediante el uso de una cámara de video de alta velocidad para estudiarlos posteriormente de manera detenida y a su vez realizar un análisis exacto de las mismas.

El análisis de tareas es la metodología utilizada en ergonomía para describir las actividades, con el propósito de conocer las demandas que implican y compararlas con las capacidades humanas.

En un principio, el análisis de tareas fue utilizado por los ingenieros industriales con el fin de mejorar la eficiencia y la productividad, pero más recientemente, la ergonomía ha adoptado este análisis para identificar las condiciones y demandas de las tareas, mismas que se asocian con la fatiga, esfuerzo, lesiones, lesiones por microtraumas acumulativos, etcétera.

El análisis dinámico correcto de una tarea es analizar y entender los movimientos que posee y definirlos correctamente a través de los nombres.

El empleo de video permite hacer de mejor manera el análisis de tareas, ya que la filmación y el posterior uso de cámara lenta, facilita reconocer los movimientos existentes. En posiciones o posturas comprometidas se suele usar también fotografías para efectuar el análisis con más profundidad y detalle.

El análisis de tareas se debe trabajar en conjunto con el diseño de productos, ya que la retroalimentación entre estas partes redundará en el incremento de la eficiencia, seguridad y satisfacción de los usuarios.

La prótesis para una persona amputada, se convierte en un producto de primera necesidad; es por ello que se decidió hacer el análisis de tareas para mejorar de manera significativa en el diseño y ayudar en la correcta toma de decisiones.

Existen diversos métodos para realizar análisis de tareas, de acuerdo al propósito del estudio y campo donde se realice; es por ello, que adaptando estas metodologías a lo que nos compete obteniendo así la siguiente metodología:

3.2.2.1 Experimentación

La metodología que se aplicó para el análisis de tareas fue la siguiente y se desarrollará a lo largo de este apartado:

Identificación y clasificación de los distintos movimientos realizados por la mano

Selección de pruebas

Instrumentación utilizada

Pruebas y Filmaciones

Análisis de pruebas

Resultados

3.2.2.1.1 Identificación y clasificación de movimientos realizados por la mano

Los distintos tipos de movimientos pueden ser clasificados a grandes rasgos en:

3.2.2.1.1.1 Movimientos de Presión Gruesa

Los movimientos gruesos como su nombre lo indica, son aquellos que no requieren de precisión; en ellos intervienen 3 dedos o más en conjunto con la cara palmar y la oposición del dedo pulgar (Figura 3.17).

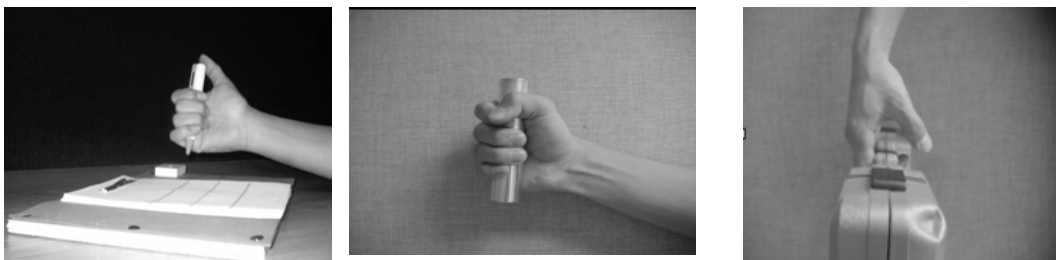


Figura 3.17 Movimientos de presión Gruesa

3.2.2.1.1.2 Movimientos de Prensión Fina

Los movimientos finos como su nombre lo indica, son aquellos que requieren de precisión; en ellos intervienen máximo 3 dedos en conjunto la oposición del dedo pulgar (Figura 3.18), generalmente se lleva a cabo con la punta de los dedos.

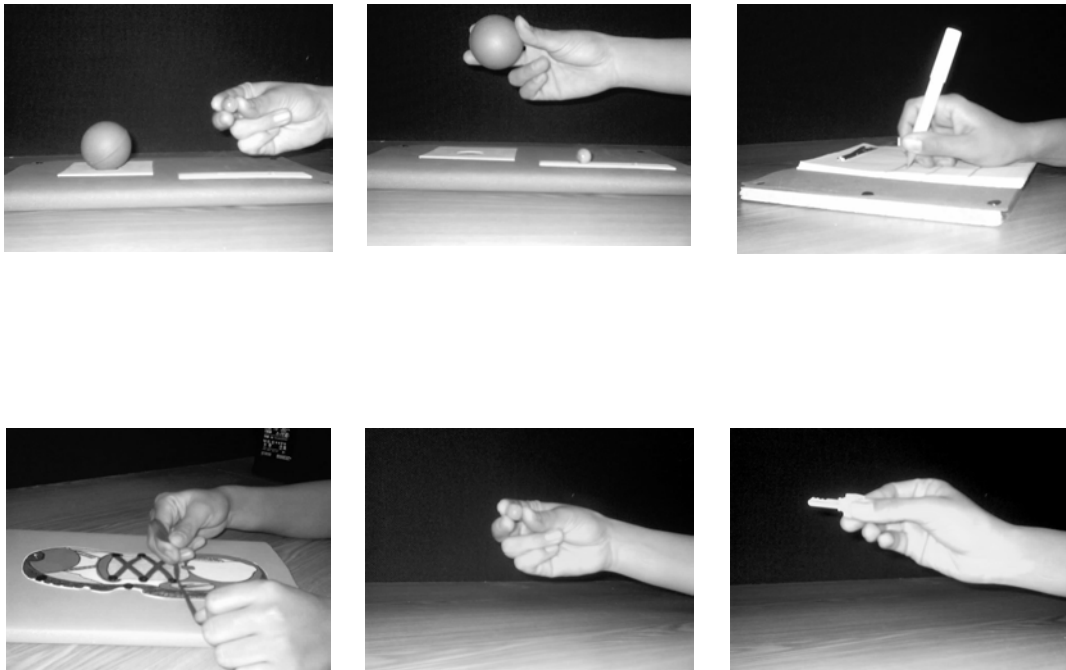


Figura 3.18 Movimientos de Prensión Fina

3.2.2.1.2 Selección de Pruebas

Actualmente algunas prótesis de miembro superior están orientadas a realizar movimientos gruesos por la gran complejidad que representa el poder imitar aquellos movimientos que requieren de gran precisión. Es por esa razón que muchas prótesis estén limitadas en sus movimientos.

Entonces se puede afirmar que los movimientos finos son aún más difíciles de imitar que los movimientos gruesos; es por ello que el estudio de análisis de tareas que se realiza en el actual capítulo está enfocado a movimientos finos.

Los movimientos finos mostrados en la Figura 3.18 fueron seleccionados para aplicar las pruebas, que se enumeran a continuación:



1. Tomar una canica
2. Tomar una pequeña pelota
3. Abrir un candado
4. Escribir
5. Amarrar agujetas

3.2.2.1.3 Instrumentación utilizada

Cámara de Alta velocidad.- Que sirven para analizar las posturas y movimientos durante la actividad analizada (Figura 3.19).



Figura 3.19 Cámara de Alta Velocidad MotionScope 9400-0010¹⁴

Características:

- Marca MotionScope PCI
- Modelo – 9400-0010

Los videos fueron tomados a una velocidad de 50 cuadros por segundo y reproducidos a una velocidad de 125 cuadros por segundo. Se eligió esta velocidad ya que se realizaron pruebas preliminares, en las cuales se observaron las características y exigencias que se tienen que considerar ante ciertas velocidades; y 50 cuadros por segundo en filmación y 125 cuadros por segundo en reproducción fueron suficientes para llevar a cabo las pruebas.

La cámara de alta velocidad brinda bajo las condiciones que anteriormente se mencionan un tiempo de filmación de aproximadamente 15 segundos, es por ello que las pruebas se planearon para que no sobrepasara el tiempo estipulado. Adicionalmente al realizar las pruebas preliminares se experimentó y observó cual era la mejor toma general para todas las pruebas; de esta manea se aseguró que todos los eventos se realizaran bajo las mismas condiciones y estuvieran dentro de los parámetros de tiempo estimado.

¹⁴ www.redlake.com/manuals/motion_scope_PCI_manual.pdf



3.2.2.1.4 Pruebas y Filmaciones

Las pruebas fueron aplicadas a 25 personas, las cuales fueron filmadas con la cámara de alta velocidad.

A las personas voluntarias para realizar las pruebas, se les dio una explicación de los ejercicios que tenían que llevar a cabo y se les pidió que las realizaran de la manera más natural posible; mientras se les daba dicha explicación se les fueron colocando en las articulaciones unos pequeños "parches" que representaban puntos de referencia para el análisis posterior (Figura 3.20), debido a que el video que nos proporciona la cámara de alta velocidad es en blanco y negro.



Figura 3.20 Puntos de Referencia

Mediante un programa llamado POWER VIDEO CONVERTER fueron transformados los archivos de las filmaciones de *.mpg a *.avi con el fin de poder manipular los videos en MACROMEDIA FLASH MX, lo cual se explica detalladamente más adelante.

Las 25 pruebas fueron observadas y comparadas, para escoger aquellas que fueran parecidas por los tipos de movimientos que se realizaron; adicionalmente nos auxiliamos del programa llamado SONIC FOUNDRY VEGAS 4.0, en el cual se pudo constatar la similitud de los videos seleccionados como se puede observar en la Figura 3.21.



Figura 3.21 Aplicación de SONIC FOUNDRY VEGAS en las filmaciones

Cabe mencionar que a pesar de las instrucciones que se les dio a los voluntarios de realizar las tareas de la manera más natural posible, el nerviosismo fue de suma importancia, ya que algunos trataban de hacer la tarea exagerando los movimientos; es por ello que decidimos hacer que las personas realizaran en repetidas ocasiones la prueba y sin previo aviso se filmaba el video.

3.2.2.1.5 Análisis de Pruebas

De los 25 videos iniciales, fueron seleccionados aquellos que presentaban mayor parecido; es decir que se seleccionaron tres videos por cada tarea que se aplicó, con la excepción de la tarea número 5 – amarrar agujetas, que debido a la gran variedad de movimientos alternativos que experimentaron las personas, se decidió tomar 6 pruebas; es decir obtuvimos un total de 18 videos.

Los 3 videos seleccionados por cada tarea fueron introducidos a MACROMEDIA FLASH MX, el cual se utilizó debido a la facilidad que brinda de poder trazar líneas sobre el mismo video (Figura 3.22), lo cual dio la ventaja de lograr imitar con mayor precisión los movimientos de la mano en las tareas seleccionadas, adicionalmente FLASH brinda la herramienta de poder realizar animaciones de dichos movimientos como se muestra a continuación en la Figura 3.23.

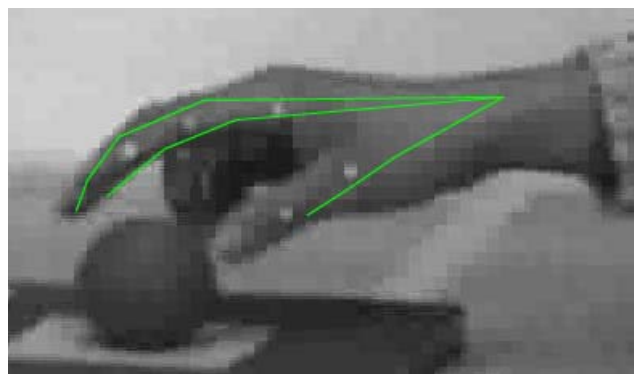


Figura 3.22 Video en FLASH con líneas

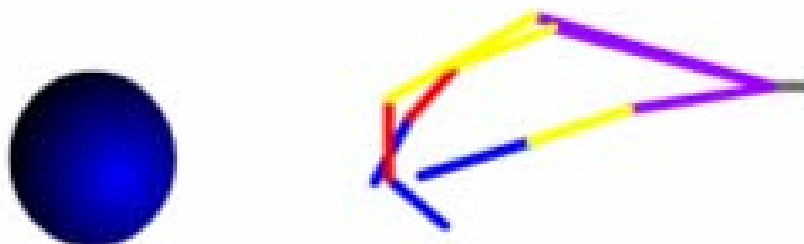


Fig. 3.23 Animación en MACROMEDIA FLASH MX

Por facilidad la mano fue dividida en falanges distales, mediales, proximales y huesos metacarpianos, a los cuales se asignaron diferentes colores para poder percibir el cambio angular que experimentaba cada sección. La Figura 3.24 nos muestra la forma en como fue dividida la mano para su análisis.

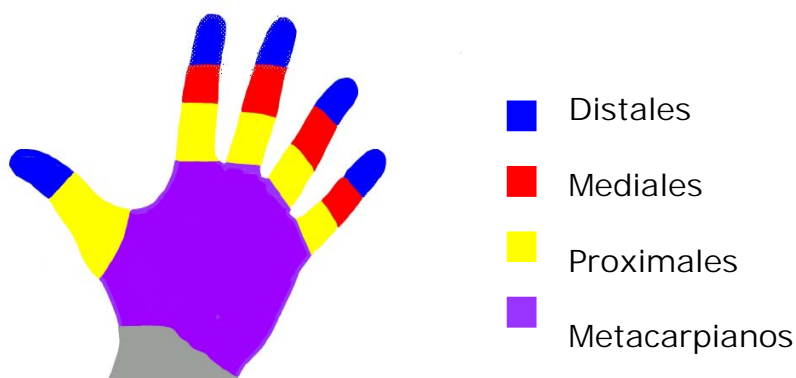


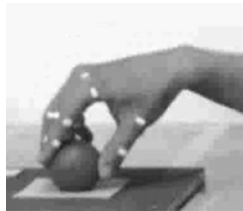
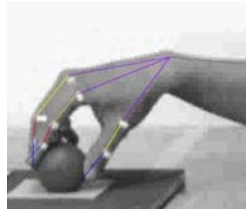
Figura 3.24 División de la mano realizada para su análisis

Al realizar la captura de datos que se tomó mediante la ayuda de la cámara de alta velocidad, se observó que en las tareas más sencillas arrojaban aproximadamente 200 cuadros y hasta 350 cuadros en las tareas más complejas; al realizar el análisis se observó que entre cuadro y cuadro no presentaba grandes cambios, por lo que se decidió que dicho análisis se llevaría a cabo cada 5 cuadros.

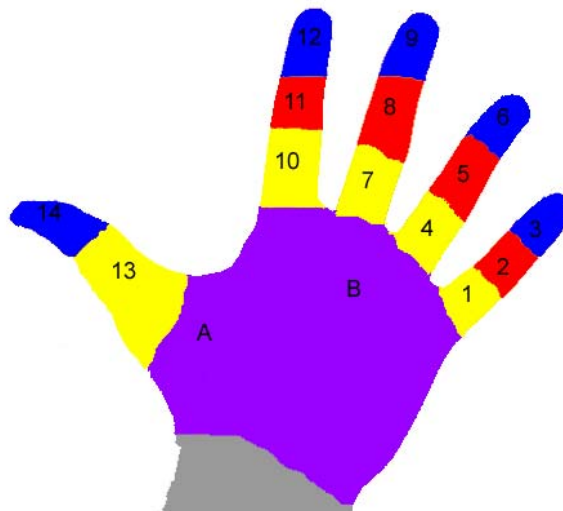
Al pasar los videos a FLASH MX e ir realizando el análisis, surgió un problema debido a que en muchas tomas era imposible percibir el movimiento completo de la mano, por su movimiento e inclusive el mismo objeto manipulado era el causante de obstaculizar nuestra visión; sin embargo, como solo se contaba con una cámara se decidió que se realizaría dicho análisis únicamente con los dedos que se podían percibir claramente, lo cual en la mayor parte de los eventos resultaron ser el dedo medio, índice y pulgar.

Dentro de los experimentos que se realizaron, todos se analizaron a excepción de la tarea de “amarrar agujetas”, debido a que al momento de hacer las tomas, la misma mano impedía observar los movimientos, prensiones que se realizaban y adicionalmente ocasionaba muchas sombras, es por ello se decidió eliminarla.

Se obtuvo de FLASH MX una animación de las tareas realizadas por los voluntarios, a lo cual se le eliminó la filmación, sirviendo de base para imitar los movimientos. Posteriormente fueron exportados a AUTOCAD como archivos DXF Sequence (*.dxf), lo cual es posible observar en la Figura 3.25.

**Filmación****Filmación con estudio de movimientos****Estudio de Movimientos Resultante****Figura 3.25 Secuencia del Estudio de Movimientos**

Para facilitar la medición de los ángulos las secciones en las cuales fue dividida la mano se enumeraron como se muestra a continuación en la figura 3.26.

**Figura 3.26 Numeración de las Falanges y Huesos**

Posteriormente ya con el formato dado, en AUTOCAD se realizó el estudio de ángulos para cada falange y huesos como se muestra en la Figura 3.27, teniendo como referencia un sistema cartesiano.

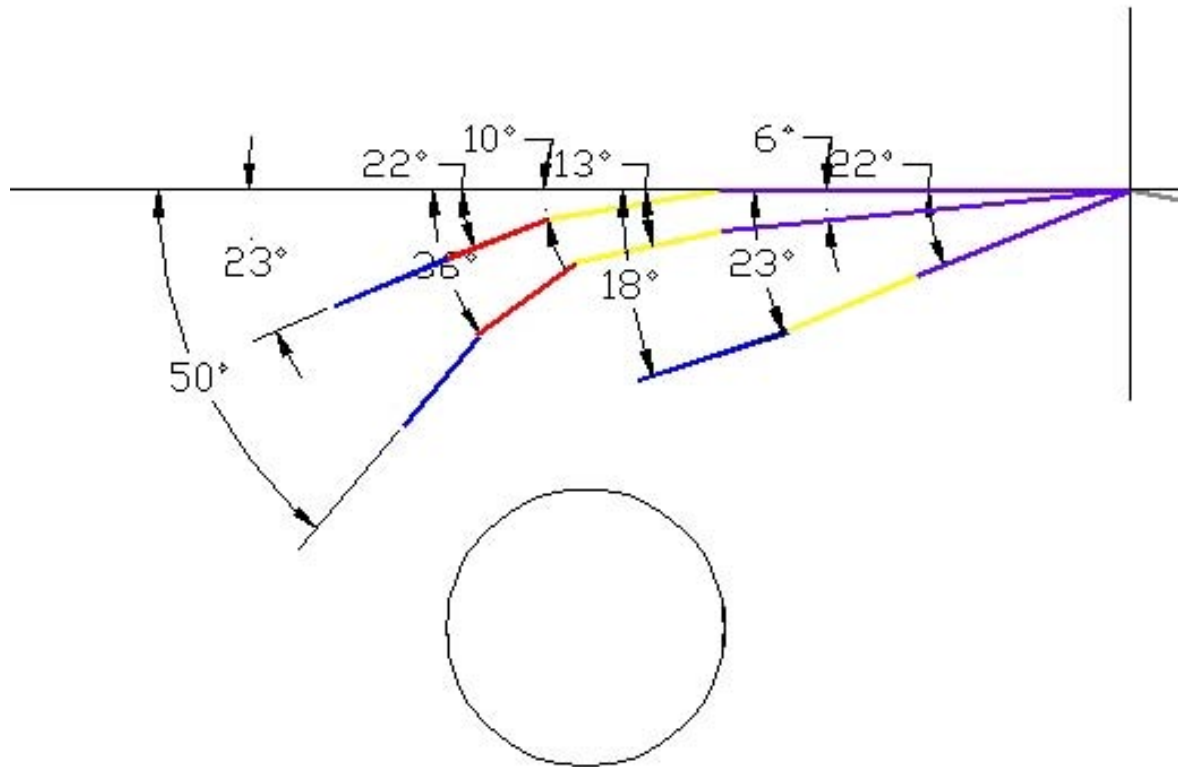


Figura 3.27 Análisis de Ángulos realizado en AUTOCAD

Tomando en cuenta esta numeración se procedió a tomar medidas de ángulos de los diferentes movimientos en los diferentes videos seleccionados. Ya obtenidos los datos se vaciaron en una base de datos en EXCEL.

Se dividió cualquier movimiento generado por la mano en:

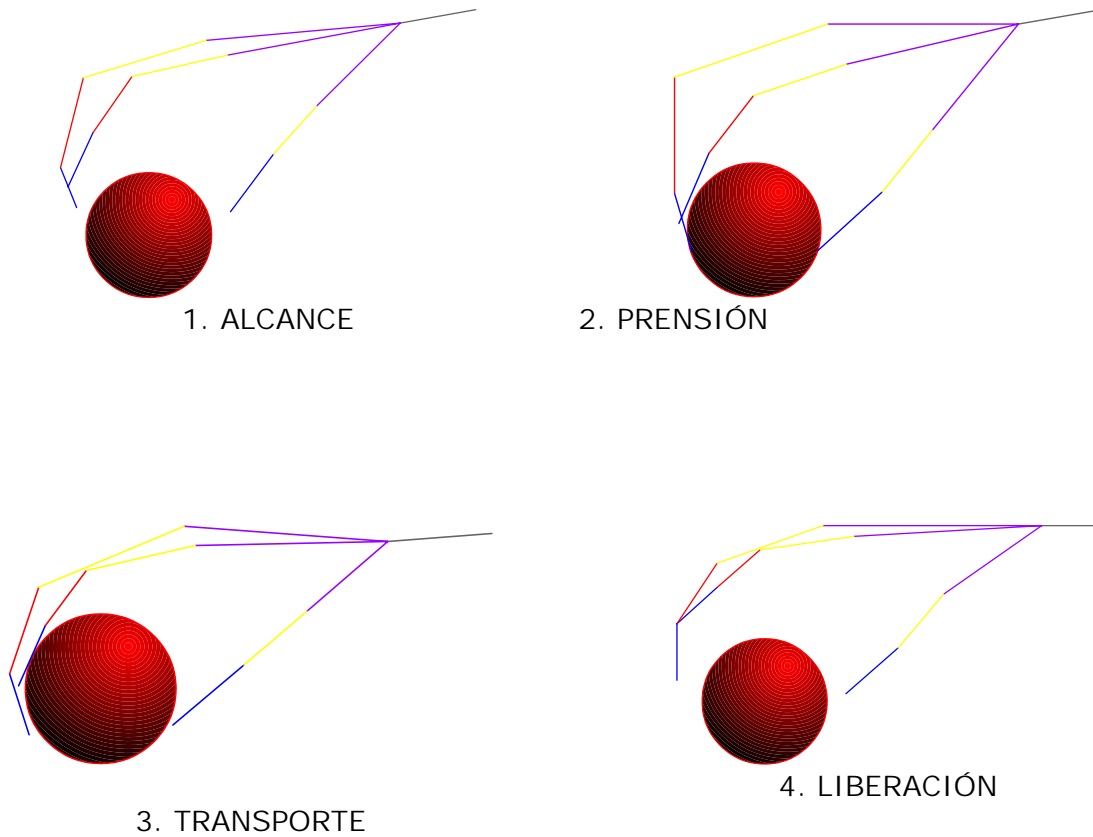


Figura 3.28 Movimientos Generales realizados por la Mano a lo largo de las tareas

Los movimientos bajo estudio se denominaron dentro de estos movimientos 1,2,3 o 4 o las posibles combinaciones.



Se elaboró la Tabla K la cual nos muestra los tipos de prensión fina que existen y se identificaron dichas prensiones mediante claves que a continuación se enumeran:

- Agarre de Contacto - AC
- Agarre de Cogér - ACO
- Agarre de Abarcar - AB

AGARRE DE CONTACTO	AGARRE DE COGER	AGARRE DE ABARCAR
 1 DEDO <u>AC1</u>	 2 DEDOS <u>ACO1</u>	 2 DEDOS <u>AB1</u>
 PULGAR <u>AC2</u>	 3 DEDOS <u>ACO2</u>	 3 DEDOS <u>AB2</u>
 MANO <u>AC3</u>	 5 DEDOS <u>ACO3</u>	 4 DEDOS <u>AB3</u>
 CESTA DE LA MANO <u>AC4</u>	 MANO <u>ACO4</u>	 MANO <u>AB4</u>

TABLA K Tipos de Prensión Fina



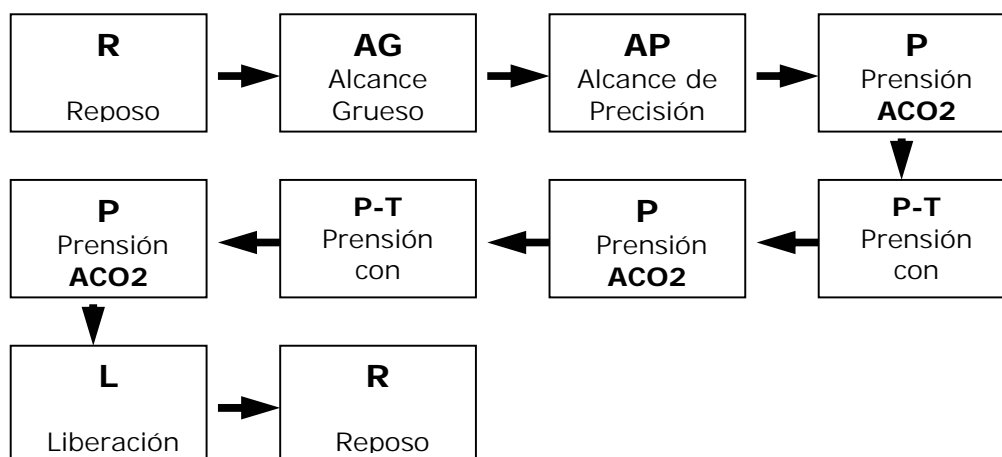
3.2.2.1.6 Resultados

Para cada análisis de tarea fue elaborado un diagrama de flujo obteniendo los siguientes resultados:

3.2.2.1.6.1 Tomar una canica

Como se mencionó anteriormente este estudio está dirigido principalmente a conocer el tipo de prensión fina que lleva a cabo cada una de estas tareas; por ello se mencionará en cada una la prensión que caracteriza a cada tarea.

Tipo de prensión característica: Agarre de coger con 3 dedos ACO2.



Las siguientes tablas muestran los resultados obtenidos por las diferentes tareas que se llevaron a cabo. Cada tabla representa una etapa del diagrama de flujo y está constituida de la siguiente manera:

La columna izquierda nos muestra las falanges y huesos enumeradas de acuerdo a la Figura 3.26.

La columna derecha muestra el ángulo resultante de la acción que encabeza cada tabla.

Existen algunos espacios vacíos ya que como anteriormente se mencionó era imposible el poder medirlos.



R

Falanges o Huesos	Ángulo [°]
P-B	-11.583333
P-A	21.916667
P-1	-
P-2	-
P-3	-
P-4	-
P-5	-
P-6	-
P-7	28
P-8	62.5
P-9	70.5
P-10	27.916667
P-11	51
P-12	56.833333
P-13	18.416667
P-14	20.75

AG

Falanges o Huesos	Ángulo [°]
P-B	-6.166667
P-A	33.777778
P-1	-
P-2	-
P-3	-
P-4	-
P-5	-
P-6	-
P-7	36.277778
P-8	78.166667
P-9	103.111111
P-10	33
P-11	57.666667
P-12	69.388889
P-13	29
P-14	29.277778

AP

Falanges o Huesos	Ángulo [°]
P-B	-1.5833333
P-A	37.4583333
P-1	-
P-2	-
P-3	-
P-4	-
P-5	-
P-6	-
P-7	40.7916667
P-8	79.875
P-9	115.458333
P-10	41.7083333
P-11	61.375
P-12	77.5833333
P-13	32.75
P-14	33.1666667

P

Falanges o Huesos	Ángulo [°]
P-B	-0.67777778
P-A	36.9388889
P-1	32
P-2	102
P-3	157.5
P-4	24.5
P-5	103.5
P-6	142
P-7	44.3
P-8	82.6166667
P-9	119.233333
P-10	46.4166667
P-11	61.5944444
P-12	76.85
P-13	31.2555556
P-14	31.5833333

P-T

Falanges o Huesos	Ángulo [°]
P-B	-4.44722222
P-A	23.9444444
P-1	38
P-2	137
P-3	147
P-4	22
P-5	119
P-6	164
P-7	35.3833333
P-8	84.9916667
P-9	117.041667
P-10	34.6166667
P-11	58.3305556
P-12	77.1444444
P-13	25.1277778
P-14	23.6805556

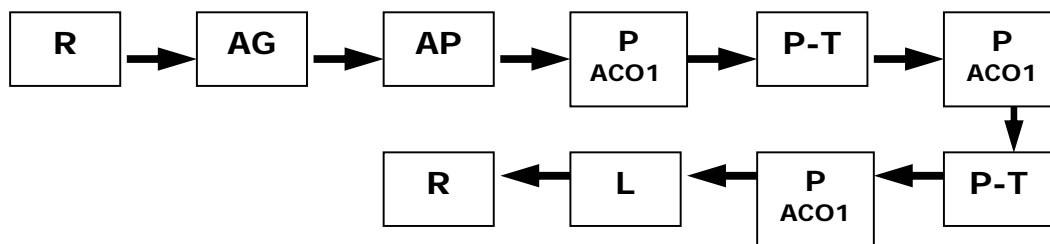
L

Falanges o Huesos	Ángulo [°]
P-B	-0.333333
P-A	37
P-1	-
P-2	-
P-3	-
P-4	-
P-5	-
P-6	-
P-7	37
P-8	73
P-9	120
P-10	46
P-11	59.6666667
P-12	66.33333
P-13	34
P-14	32.33333



3.2.2.1.6.2 Tomar una pelota

Tipo de presión característica: Agarre de coger con dos dedos ACO1.



R

AG

AP

Falanges o Huesos	Ángulo [°]
P-B	-14.4166667
P-A	9
P-1	-
P-2	-
P-3	-
P-4	-
P-5	-
P-6	-
P-7	26.25
P-8	70.125
P-9	100.75
P-10	17.75
P-11	49.9166667
P-12	59.4166667
P-13	21.75
P-14	23.1666667

Falanges o Huesos	Ángulo [°]
P-B	-2
P-A	30.3333333
P-1	-
P-2	-
P-3	-
P-4	-
P-5	-
P-6	-
P-7	23.8333333
P-8	57
P-9	71
P-10	22.6666667
P-11	41
P-12	43.1666667
P-13	35.8333333
P-14	34.1666667

Falanges o Huesos	Ángulo [°]
P-B	5
P-A	42.2
P-1	-
P-2	-
P-3	-
P-4	-
P-5	-
P-6	-
P-7	34.2
P-8	71.4
P-9	87.8
P-10	28.8
P-11	51
P-12	48.8
P-13	49
P-14	46



P

P-T

L

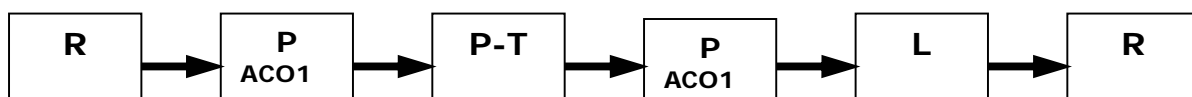
Falanges o Huesos	Ángulo [°]
P-B	-1.777778
P-A	32.5277778
P-1	-
P-2	-
P-3	-
P-4	-
P-5	-
P-6	-
P-7	34.4444444
P-8	79.2222222
P-9	99
P-10	17.3333333
P-11	42.4722222
P-12	58.8611111
P-13	38.8611111
P-14	37.6944444

Falanges o Huesos	Ángulo [°]
P-B	-5.375
P-A	24.3482143
P-1	-
P-2	-
P-3	-
P-4	-
P-5	-
P-6	-
P-7	32.6666667
P-8	75.0833333
P-9	103.75
P-10	18.6785714
P-11	46.9315476
P-12	53.4821429
P-13	33.8839286
P-14	34.5297619

Falanges o Huesos	Ángulo [°]
P-B	-1.6666667
P-A	37.3333333
P-1	-
P-2	-
P-3	-
P-4	-
P-5	-
P-6	-
P-7	28
P-8	48
P-9	64.6666667
P-10	22.6666667
P-11	45
P-12	38
P-13	46.6666667
P-14	44.6666667

3.2.2.1.6.3 Abrir un candado

Tipo de presión característica: Agarre de coger con dos dedos ACO1 mejor conocido como Presión de Llave.





R

Falanges o Huesos	Ángulo [°]
P-B	-13.6
P-A	13.6
P-1	-
P-2	-
P-3	-
P-4	-
P-5	-
P-6	-
P-7	12
P-8	52
P-9	43
P-10	17.8
P-11	36.1
P-12	41.4
P-13	19.8
P-14	9.8

P

Falanges o Huesos	Ángulo [°]
P-B	-3.66666667
P-A	29.5
P-1	-
P-2	-
P-3	-
P-4	-
P-5	-
P-6	-
P-7	46.6666667
P-8	94.3333333
P-9	116.666667
P-10	51.6666667
P-11	76.1666667
P-12	96
P-13	28.6666667
P-14	23

P-T

Falanges o Huesos	Ángulo [°]
P-B	-28.6567164
P-A	5.19402985
P-1	-
P-2	-
P-3	-
P-4	-
P-5	-
P-6	-
P-7	34
P-8	85
P-9	107.5
P-10	26.8059701
P-11	68.3134328
P-12	92.4179104
P-13	4.79104478
P-14	-12.9552239

L

Falanges o Huesos	Ángulo [°]
P-B	-3.5
P-A	21
P-1	-
P-2	-
P-3	-
P-4	-
P-5	-
P-6	-
P-7	-
P-8	-
P-9	-
P-10	42.5
P-11	69.5
P-12	83.5
P-13	35
P-14	30



R

Falanges o Huesos	Ángulo [°]
P-B	-20.83333333
P-A	1.5
P-1	-
P-2	-
P-3	-
P-4	-
P-5	-
P-6	-
P-7	-
P-8	-
P-9	-
P-10	7.16666667
P-11	35
P-12	48
P-13	2
P-14	6.83333333

AG

Falanges o Huesos	Ángulo [°]
P-B	-14
P-A	16
P-1	-
P-2	-
P-3	-
P-4	-
P-5	-
P-6	-
P-7	-
P-8	-
P-9	-
P-10	5
P-11	31
P-12	46
P-13	0
P-14	14

AP

Falanges o Huesos	Ángulo [°]
P-B	-15.66666667
P-A	8
P-1	-
P-2	-
P-3	-
P-4	-
P-5	-
P-6	-
P-7	-
P-8	-
P-9	-
P-10	4.66666667
P-11	43.33333333
P-12	49.66666667
P-13	5
P-14	0

P

Falanges o Huesos	Ángulo [°]
P-B	-20.77777778
P-A	1.55555556
P-1	-
P-2	-
P-3	-
P-4	-
P-5	-
P-6	-
P-7	-
P-8	-
P-9	-
P-10	6.33333333
P-11	59.66666667
P-12	92.44444444
P-13	-1.88888889
P-14	0

P-T

Falanges o Huesos	Ángulo [°]
P-B	-19.9553571
P-A	-0.76785714
P-1	-
P-2	-
P-3	-
P-4	-
P-5	-
P-6	-
P-7	19
P-8	46
P-9	46
P-10	7.03571429
P-11	46.3660714
P-12	66.9910714
P-13	-1.77678571
P-14	-2.75

P4

Falanges o Huesos	Ángulo [°]
P-B	-7.4
P-A	29.9
P-1	7.5
P-2	90
P-3	119.5
P-4	9
P-5	128
P-6	90.5
P-7	16.6666667
P-8	118.666667
P-9	155.666667
P-10	9.05
P-11	61.05
P-12	100
P-13	23.7
P-14	-1.6

**P PRENSIÓN DESPUÉS
DE P4**

Falanges o Huesos	Ángulo [°]
P-B	-7.5
P-A	32.75
P-1	23
P-2	74
P-3	122
P-4	14
P-5	104
P-6	165
P-7	36
P-8	129.5
P-9	173.5
P-10	21
P-11	65
P-12	112.75
P-13	44
P-14	51.25

P-T ESCRIBIENDO

Falanges o Huesos	Ángulo [°]
P-B	-18.9784946
P-A	1.68817204
P-1	-
P-2	-
P-3	-
P-4	-
P-5	-
P-6	-
P-7	-
P-8	-
P-9	-
P-10	20.8172043
P-11	79.1182796
P-12	93.8172043
P-13	8.2688172
P-14	23.2473118

L

Falanges o Huesos	Ángulo [°]
P-B	-22.5
P-A	3
P-1	-
P-2	-
P-3	-
P-4	-
P-5	-
P-6	-
P-7	-
P-8	-
P-9	-
P-10	22.5
P-11	59.5
P-12	69
P-13	-5.5
P-14	-4

Con fines demostrativos se graficaron en AUTOCAD los movimientos promedios de la tarea "tomar una pequeña pelota", se exportaron a FLASH MX (proceso inverso al que se llevó a cabo anteriormente) y en este programa se pudo observar gráficamente los movimientos de los voluntarios, los movimientos promedios obtenidos y la similitud existente entre ellos como lo vemos en la Figura 3.29.

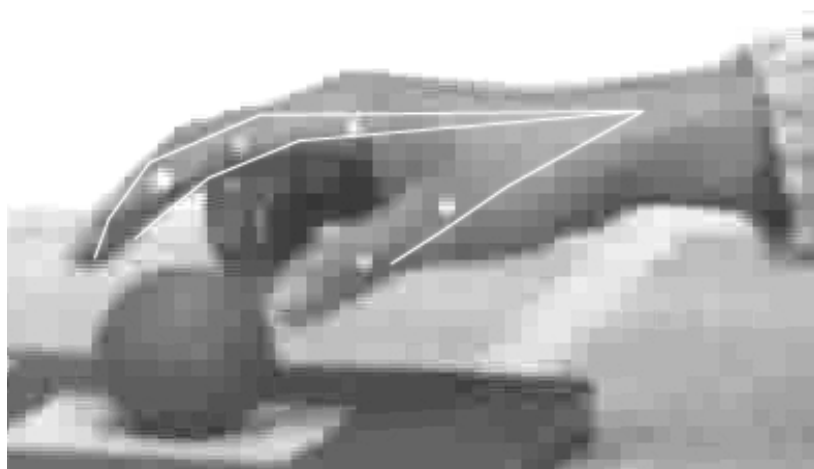


Figura 3.29 Movimientos Promedio



3.2.3 Dinamometría

3.2.3.1 Raíces de la palabra Dinamometría

El término deriva del vocablo **Dýnamis** (fuerza) y **metrón** (medida).

3.2.3.2 Definición de Dinamometría

Conjunto de técnicas que tiene por objetivo la medida, evaluación y comparación de la fuerza muscular valiéndose de un dinamómetro.

Dinamómetro: Instrumento que permite medir la intensidad de una fuerza, mediante la deformación que produce a un cuerpo elástico y que se transmite sobre una escala graduada.

La dinamometría está relacionada con la dinámica ya que se fundamenta en el análisis de la operación, la carga de trabajo, los movimientos que se ejecutan, etc., tratando de colaborar en el correcto diseño de mandos y mecanismos con objeto de aumentar la precisión, evitar errores y minimizar la fatiga y el cansancio.

3.2.3.3 Conceptos básicos para la descripción de fuerzas

La mecánica se divide en estática y dinámica. La estática estudia los cuerpos en equilibrio, en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme (estado resultante de la anulación de las fuerzas y momentos que actúan sobre los cuerpos), y la dinámica se interesa por los cuerpos en movimiento, esta comprende la cinética y la cinemática.

La cinética tiene por objeto de estudio los cuerpos en movimiento y las fuerzas que lo producen, mientras que la cinemática estudia las relaciones entre desplazamientos, velocidades y aceleraciones en los movimientos de traslación y rotación; por tanto, describe los movimientos por ellos mismos sin tener en cuenta las fuerzas que los causan.

Una fuerza se puede representar como el resultado de interacción entre dos cuerpos. Existen interacciones a distancia y otras por contacto. El peso de un cuerpo, interacción entre la tierra y el cuerpo, representa interacción a distancia. Por el contrario, la fuerza ejercida en una mesa por un destornillador representa una interacción por contacto.

Las cuatro características de una fuerza son: magnitud, línea de acción o dirección (el efecto es diferente, según se empuje o se tire), sentido y punto de aplicación. Al describir una fuerza completamente se conocen estas cuatro variables.

El cuerpo humano está sometido a un conjunto de fuerzas diversas que involucran los huesos y articulaciones, músculos, tendones y ligamentos.

Existen dos tipos de fuerza:

1. La fuerza estática es el desempeño de una tarea en una posición postural durante un tiempo largo. Esta condición es una combinación de fuerza, postura y duración.
2. La Fuerza dinámica, existe cuando hay un traslado o incluye alguna distancia recorrida por lo cual el sistema cardiovascular provee de oxígeno al tejido muscular.

3.2.3.4 Acciones de la mano que requieren fuerza

Las acciones que genera la mano en las cuales tiene que aplicar algún tipo de fuerza son las siguientes y las podemos identificar gráficamente en la Figura 3.30:

- A.** Agarre – Prensión - Pinza
- B.** Compresión digital
- C.** Compresión pulpar

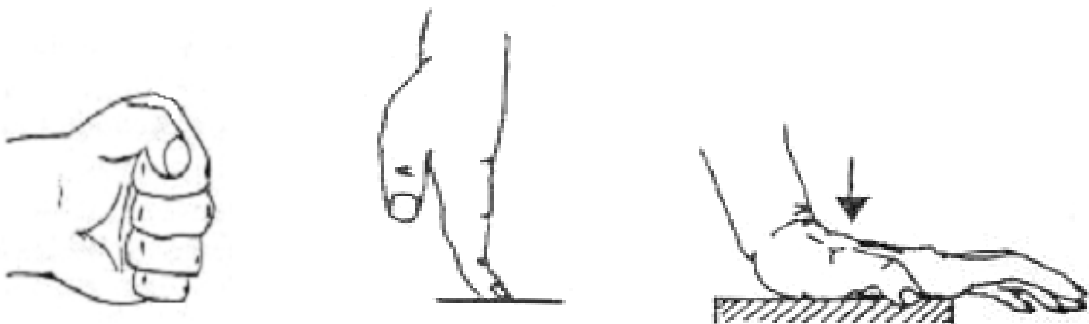


Figura 3.30 Fuerza de empuñadura-Prensión Digital-Prensión Palmar¹⁵

¹⁵ <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=65>



3.2.3.4.1.1 Agarre

El agarre es un concepto básico muy útil para la determinación de límites de la fuerza que proporciona la mano; el agarre es pieza clave en la prensión de un objeto acompañado de la aplicación de una fuerza para manipularlo; por lo tanto, es la combinación de una fuerza con una posición.

Para generar una fuerza específica, el agarre fino con los dedos requiere de mayor fuerza muscular, que un agarre potente (prensión gruesa), por lo tanto, un agarre con los dedos tiene un mayor grado de dificultad y por tanto más difícil de imitar.

La relación entre el tamaño de la mano y del objeto influye; ya que se reduce la fuerza física cuando el agarre es de un centímetro o menos que el diámetro del agarre con los dedos.

Para prensiones se debe recordar que las dos variables que entran en juego, aparte del tiempo de uso, son fuerza y superficie, la primera está dada por la necesidad de asir un objeto, la única variable a manipular es la superficie de contacto; si ésta es suficientemente amplia reducirá la compresión y distribuirá las presiones por una área de piel mayor. Por lo tanto, se debe extremar el cuidado en el diseño y uso de la empuñadura de los objetos.

3.2.3.4.1.1 Clasificación de los Tipos de Agarre

La naturaleza del acoplamiento manos-objeto, el método de agarre y la localización de las manos durante el levantamiento, pueden afectar a la fuerza máxima que la persona ejerce o debe ejercer sobre el objeto. Un buen acoplamiento reducirá la fuerza de agarre máxima requerida e incrementará el peso aceptable en el levantamiento. Un acoplamiento malo determinará mayores requerimientos de fuerza y reducirá el valor del peso aceptable (Tabla L).



BUENO	(1) Si la carga tiene asas u otro tipo de agarre que por su forma y tamaño permitan un agarre confortable con toda la mano, permaneciendo la muñeca en postura neutra, sin desviaciones ni posturas desfavorables. (2) Piezas sueltas u objetos irregulares que puedan ser asidos perfectamente, sin producir desviaciones en la muñeca ni que conduzcan a posturas inapropiadas.
REGULAR	Cuando la carga tiene asas o hendiduras no tan óptimas, de forma que no posibiliten un agarre tan confortable como en el caso anterior. También se incluyen aquellas cargas sin asas que pueden sujetarse flexionando la mano 90° alrededor de la carga.
MALO	Si no se cumplen los requisitos del agarre medio.

Tabla L Clasificación de los tipos de agarre

3.2.3.5 Experimentación

La metodología que se aplicó para la experimentación dinamométrica fue la siguiente y se desarrollará a lo largo de este apartado:

Identificación de los distintos tipos de fuerza realizadas por la mano

Selección de fuerzas a evaluar

Instrumentación utilizada

Cédula Dinamométrica

Toma de Mediciones

Resultados de Medidas de fuerzas

- ▶ Medidas fuerzas experimentales
- ▶ Medidas fuerzas bibliográficas



3.2.3.5.1 Identificación de los distintos tipos de fuerza realizadas por la mano

Anteriormente ya se han identificado las distintas fuerzas y tipos de agarre realizadas por la mano que se pueden observar en la Tabla K y Figura 3.30 respectivamente.

3.2.3.5.2 Selección de fuerzas a evaluar

Existe una gran variedad de prensiones y fuerzas que se pueden realizar con la mano como se ya se ha visto; sin embargo, para llevar dichas mediciones se requiere de instrumentación especializada con la cual no se cuenta, por esa razón se limitó dicho estudio.

Después de tener conocimiento de las fuerzas que se pueden realizar con la mano, se seleccionó una serie de fuerzas, las cuales fueron registradas en una Cédula Dinamométrica (Figura 3.34).

A continuación se enumeran las fuerzas estudiadas en la Tabla M y gráficamente se pueden observar en la Figura 3.31:

No	Dimensiones de Fuerzas a Registrar
1	Fuerza de Empuñadura
2	Prensión Palmar
3	Presión Digital Dedo Pulgar
4	Presión Digital Dedo Índice
5	Presión Digital Dedo Medio
6	Presión Digital Dedo Anular
7	Presión Digital Dedo Meñique
8	Presión Pinza (Dedos Pulgar – Índice)
9	Presión Pinza (Dedos Pulgar – Medio)
10	Presión Pinza (Dedos Pulgar – Anular)
11	Presión Pinza (Dedos Pulgar – Meñique)
12	Presión Pinza (Dedos Pulgar – Índice - Medio) Cerrada
13	Presión Pinza (Dedos Pulgar – Índice-Medio) Abierta

Tabla M Prensiones y fuerzas estudiadas

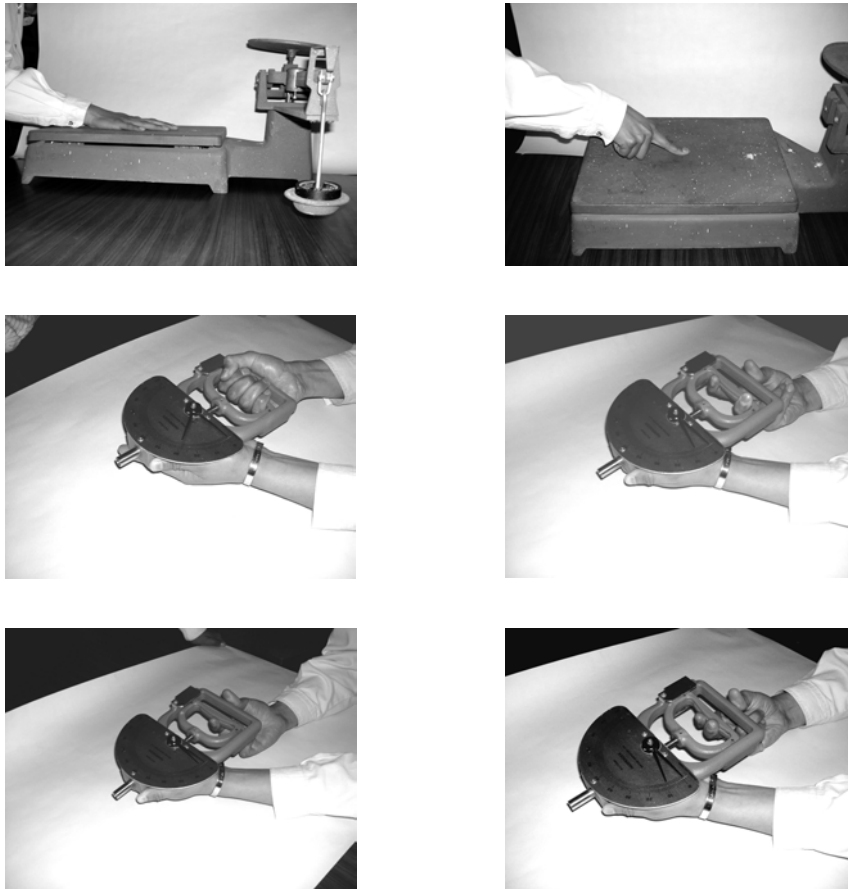


Figura 3.31 Experimentos seleccionados

3.2.3.5.3 Instrumentación utilizada

Dinamómetro de Mano: Instrumento diseñado para medir la fuerza de la mano. La medida viene indicada por la aguja móvil del dinamómetro (Figura 3.32).

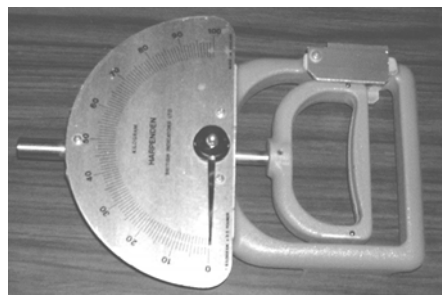


Figura 3.32 Dinamómetro de Mano



Sus características son:

- Rango 0-100 kg
- Resolución 1 kg
- Peso 0.620 kg

Balanza: Instrumento cuya finalidad es conocer la fuerza aplicada por las personas para realizar una actividad específica (Figura 3.33). Las balanzas tienen un platillo en el que se coloca el cuerpo a pesar y las pesas pueden colocarse a lo largo de una varilla unida al platillo. Dependiendo la masa del cuerpo que se desea conocer será el número de pesas colocadas.



Figura 3.33 Balanza

Características

- ❑ Rango 0 – 10 [kg]
- ❑ Resolución 0.1 [kg]



3.2.3.5.4 Cédula Dinamométrica

Es el formato que se llena en el momento de la toma de mediciones y tiene como finalidad plasmar los datos obtenidos de forma ordenada y clara (Figura 3.34).

Cédula Dinamométrica			
		Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería	
Datos Generales			No de Cédula
Nombre del Proyecto	"Diseño, fabricación y pruebas de un prototipo de prótesis inteligente de miembro superior".		Fecha
Nombre del Aplicador			
Nombre del Anotador			
Datos del Usuario			
Nombre			
Sexo			
Edad			
Fecha de Nacimiento			

Número	Dimensiones Corporales a Registrar	Fuerza [Kg]
1	Agarre	
2	Pinza Pulgar Índice	
3	Pinza Pulgar Medio	
4	Pinza Pulgar Anular	
5	Pinza Pulgar Meñique	
6	Prensión fina 3d PIM cerrado	
7	Prensión fina 3d PIM abierto	
8	Prensión Palmar	
9	Prensión Pulgar	
10	Prensión Índice	
11	Prensión Medio	
12	Prensión Anular	
13	Prensión Meñique	

Figura 3.34 Cédula Dinamométrica



3.2.3.5.5 Toma de Mediciones

Fueron analizadas 25 personas; a las cuales les fueron explicadas previamente las mediciones que les serían realizadas y anotadas en la cédula dinamométrica.

3.2.3.5.6 Resultados de las Fuerzas

En este apartado se observan los resultados de:

- Fuerzas experimentales (Tabla N)
- Fuerzas bibliográficas (Tablas O, P, Q, R)

Estos resultados tanto bibliográficos como experimentales más adelante en el Capítulo 4 se compararán.

3.2.3.5.6.1 Fuerzas Experimentales

No	Medida	18-65 años (n=25)			
		X [Kg]	Percentil 5 [Kg]	Percentil 50 [Kg]	Percentil 95 [Kg]
1	Fuerza de Empuñadura	34.875	25.0	34.0	47.1
2	Prensión Palmar	8.385	5.0	9.0	10.65
3	Presión Digital Dedo Pulgar	5.479	3.175	5.75	7.0
4	Presión Digital Dedo Índice	5.079	3.175	5.0	7.0
5	Presión Digital Dedo Medio	4.9	3.175	4.65	7.0
6	Presión Digital Dedo Anular	3.683	2.0	3.5	5.0
7	Presión Digital Dedo Meñique	3.473	2.175	3.5	4.63
8	Presión Pinza (Dedos Pulgar – Índice)	6.125	3.15	6.0	9.7
9	Presión Pinza (Dedos Pulgar – Medio)	6.520	4.075	6.0	9.0
10	Presión Pinza (Dedos Pulgar – Anular)	4.375	3.0	4.0	7.7
11	Presión Pinza (Dedos Pulgar – Meñique)	2.979	2.0	3.0	4.85
12	Presión Pinza (Dedos P – I - M) Cerrada	8.666	6.0	9.0	11.0
13	Presión Pinza (Dedos P – I - M) Abierta	7.812	5.0	8.0	10.85

Tabla A Fuerzas Experimentales



3.2.3.5.6.2 Fuerzas Bibliográficas

Agarre	HOMBRE		MUJER		PROMEDIO DE AGARRE CON FUERZA
	[Lb]	[Kg]	[Lb]	[Kg]	
Fuerza	89.9	40.9	51.2	23.3	100
Contracción de puntas	14.6	6.6	10.1	4.6	17.5
Contracción de yemas	13.7	6.2	9.7	4.4	16.6
Contracción lateral	24.5	11.1	17.1	7.8	29.5

Tabla O Fuerza de algunos tipos de Agarre en Hombres y Mujeres¹⁶

Dedo	Fuerza máxima		Fuerza (pulgar) %	Contribución al Agarre con Fuerza %
	[lb]	[kg]		
Pulgar	16	7.3	100	—
Índice	13	5.9	81	29
Medio	14	6.4	88	31
Anular	11	5	69	24
Meñique	7	3.2	44	16

Tabla P Fuerza de Agarre proporcionada por cada dedo de la mano¹⁷

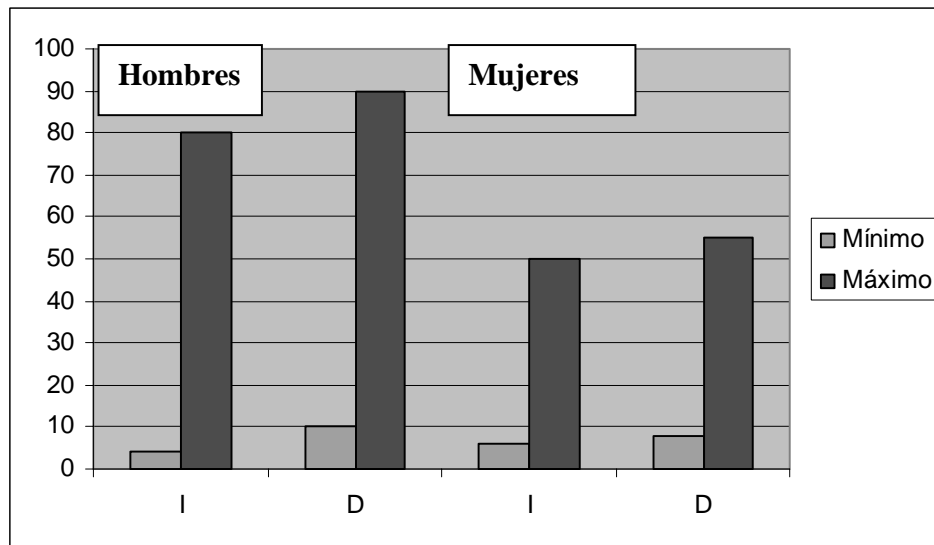
Género	Hombres		Mujeres	
	Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha
Media	41.01	43.59	26.79	28.47
Mínimo	4	10	6	8
Máximo	80	90	50	55

Tabla Q Fuerzas de presión de ambas manos de mexicanos (Individuos de edades de 18 a 77 años)¹⁸

¹⁶ Datos proporcionados por el Dr. Miguel Aguilar Flores (UNAM; Dirección General de Actividades Deportivas y Recreativas)

¹⁷ Idem

¹⁸ Ibidem



Gráfica comparativa de la Fuerza de Presión de ambas manos por género

Actividad	[Kg]
Pellizcar/ apretar	9.5
Presión digital	3.5
Apretar/comprimir	10.4
Presión palmar	43

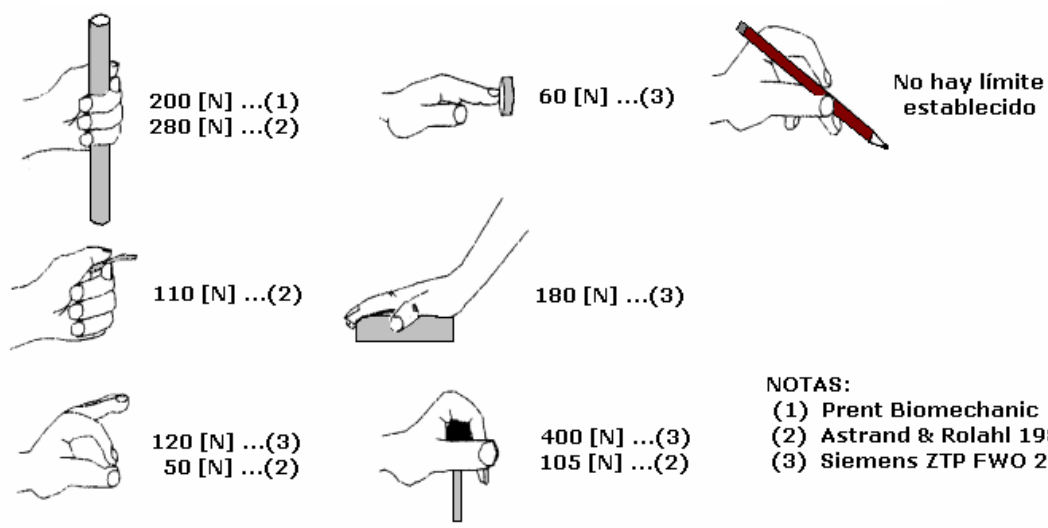
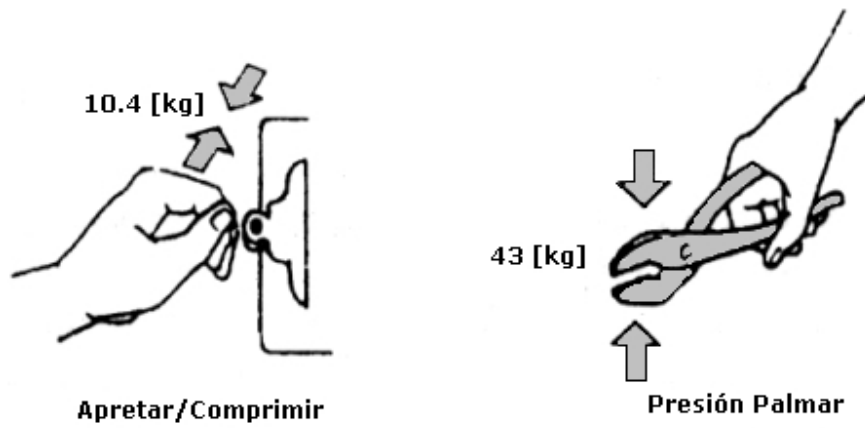
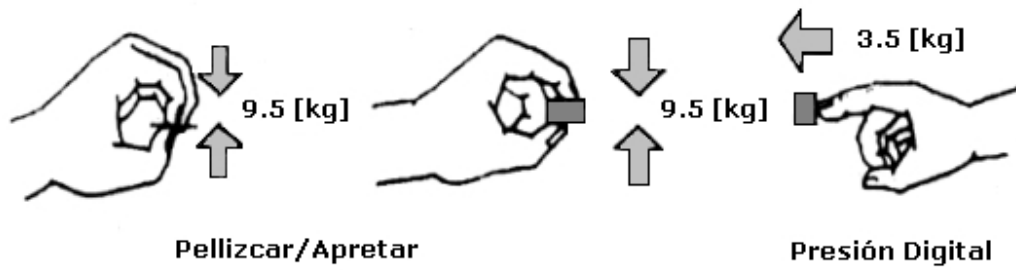
Tabla R Valores límites de fuerzas en algunos tipos de pinza¹⁹

Fuerza máxima [N]	
Sentado	De pie
220	95
180	70
60	60
45	45
40	70
60	85

Tabla S Fuerzas producidas en diferentes direcciones por el miembro superior²⁰

¹⁹ http://www.stps.gob.mx/312/revista/2000_3/riesgos.htm

²⁰ <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=72>



NOTAS:
 (1) Prent Biomechanic
 (2) Astrand & Rolahl 1986
 (3) Siemens ZTP FWO 21 1987

3.2.4 Equipos de ultrasonidos

Anteriormente ya se desarrollaron tres diferentes técnicas ergonómicas de análisis cinemático, las cuales fueron goniometría, dinamometría y análisis de tareas. Existen bastas técnicas que por las limitaciones propias de la tesis no pueden desarrollarse; sin embargo a continuación se nombrarán dos técnicas más, las cuales son los equipos de ultrasonido y la fotogrametría.

Los equipos de ultrasonidos se basan en el empleo de emisores y receptores, de forma que con 3 micrófonos de ultrasonido (receptores) situados en puntos de coordenadas espaciales (sistema de referencia), es posible localizar donde está el emisor (Figura 3.17).

Las principales ventajas de este equipo son su elevada resolución y obtención de datos en tiempo real. Sus inconvenientes son su limitada frecuencia de muestreo, la incomodidad para el sujeto debida a los cables que van desde los emisores hasta la unidad (aunque se han desarrollado equipos de transmisión infrarroja), la limitación del estudio a un solo lado del cuerpo, dado que no debe haber obstáculos en sus trayectorias y la influencia del movimiento del aire sobre la precisión de la medida.

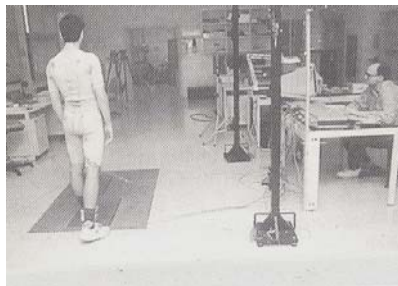


Figura 3.17 Equipo de Ultrasonido²¹

3.2.5 Estéreo-fotogrametría

Permite obtener información espacial a partir de imágenes planas; se han utilizado en imágenes fotográficas y se siguen utilizando en imágenes cinematográficas.

Su principio se basa en colocar marcadores en el sujeto de experimentación y mediante cámaras capta los movimientos (Figura 3.18).

Las principales ventajas que brinda, es información tridimensional muy precisa; sin embargo, su principal inconveniente es un pequeño error en la determinación de coeficientes de transformación, ya que supone errores considerables en los cálculos posteriores.

²¹ Biomecánica articular y sustituciones protésicas; Mario Comín, Jaime Prat y Ricardo Dejoz; IBV Instituto de Biomecánica de Valencia; España, Valencia 1998

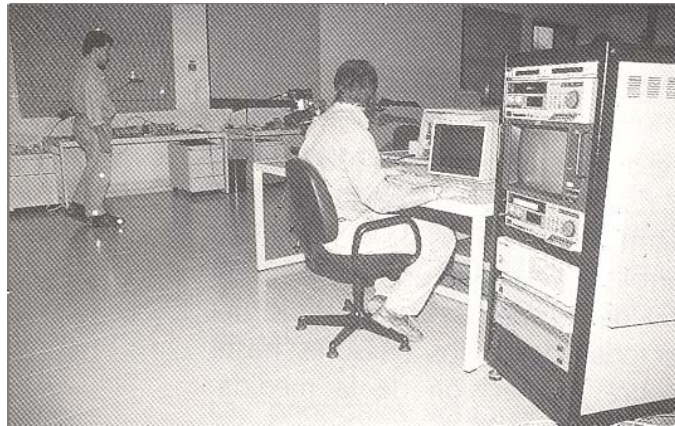


Figura 3.18 Análisis cinemática con sistema de fotogrametría²²

Existen adicionalmente otros equipos que ayudan a realizar análisis cinemático; como por ejemplo la radiografía, la cual se sigue utilizando debido a que proporciona un método de valoración muy sencilla.

La cinerradiografía sirve para estudiar los movimientos de las diferentes articulaciones mediante grabaciones de los movimientos tipo radiografía; las plataformas dinamométricas, mesas isocinéticas (Figura 3.19), electromiografía, entre otras.



Figura 3.19 Dinamómetro Isocinético Cybex 6000²³

²² Idem

²³ Ibidem

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DE MATERIAL DIGITAL DE LA ERGONOMÍA DE MIEMBRO SUPERIOR

4.1 Introducción

El presente capítulo tiene como fin primordial mostrar un panorama sencillo, ilustrativo, comparativo, pero sobre todo interactivo a las personas que participan en el desarrollo de proyectos relacionados con el brazo. Este material puede ser consultado por personas con antecedentes acerca del miembro superior o sin ellos, ya que de manera sencilla se puede entender y comprender la aplicación de la ergonomía como ciencia multidisciplinaria en el estudio del miembro superior.

El material digital desarrollado está dividido en cuatro áreas principales, las cuales se enumeran a continuación (Figura 4.1):



Figura 4.1 Menú Principal

4.2 Tutorial del Material Digital "Ergonomía de Miembro Superior"

En este apartado se conocerá más acerca de cómo utilizar el material digital, para ello se definirán:

- Las formas de acceso
- Estructura del material digital
- Información proporcionada
- Utilidad del material digital

4.2.1 Formas de acceso

A lo largo del material digital se encuentran varias formas de acceso algunas de las cuales se mencionan a continuación:

- *Retornos al Menú Principal:* Pulsando este acceso se puede regresar al menú principal para la consulta de alguna otra área de interés (Figura 4.2).

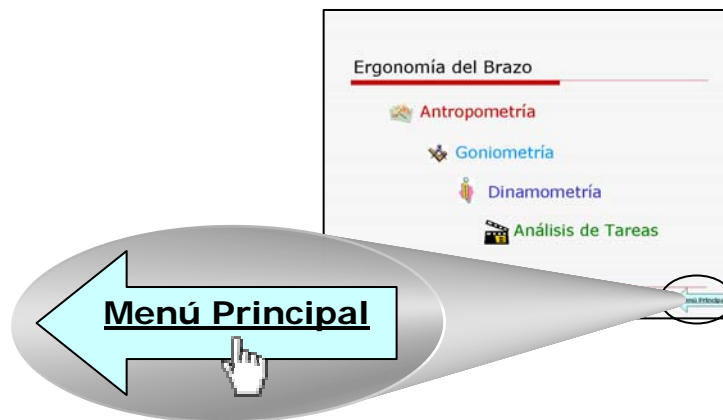


Figura 4.2 Acceso al Menú Principal

- *Retornos al Menú Anterior:* Una vez visitado una sección de área, es posible regresar al menú principal de ésta para conocer algunos otros datos de la misma área (Figura 4.3).

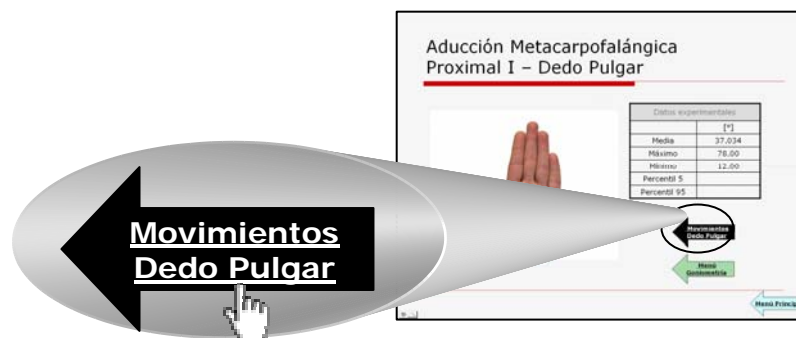


Figura 4.3 Acceso al Menú Anterior

- *Secciones de Área:* Permite de una manera simple y ordenada observar en que forma se divide la información de cada área (Figura 4.4).

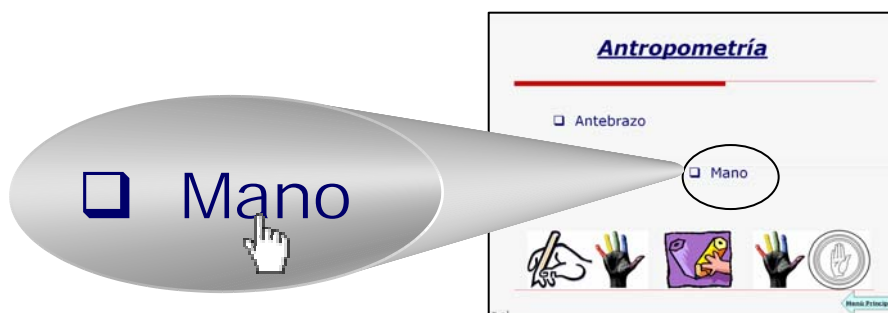
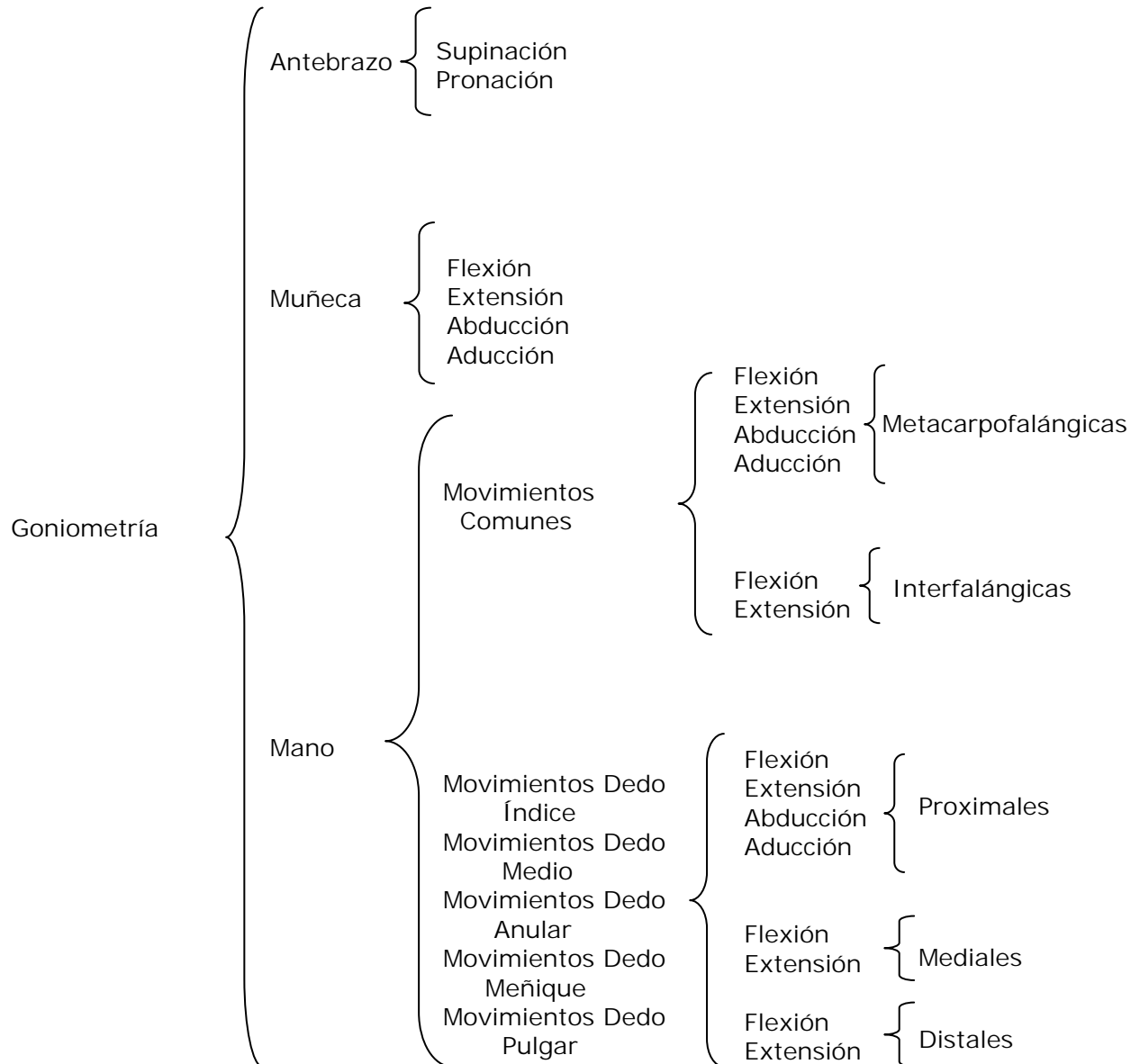
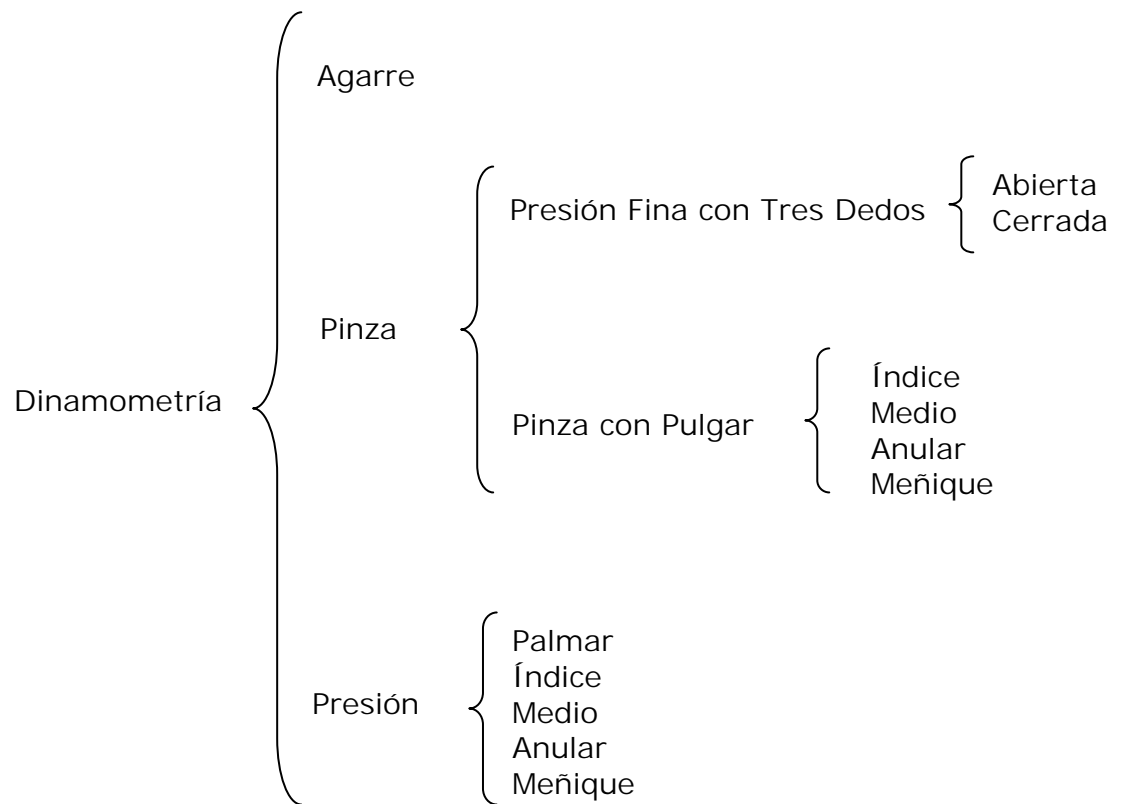


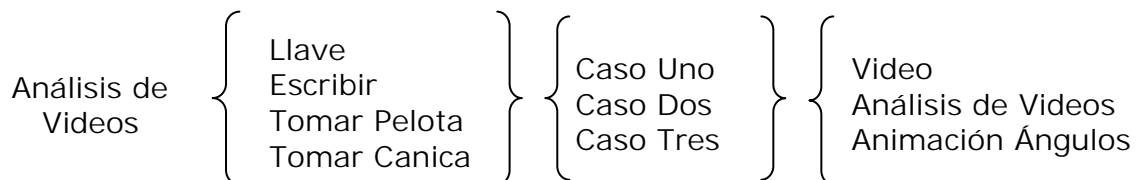
Figura 4.4 Acceso a Secciones de Área



Cuadro Sinóptico 4.2 Goniometría



Cuadro Sinóptico 4.3 Dinamometría



Cuadro Sinóptico 4.4 Análisis de Tareas

4.2.2.1 Antropometría

En la sección de antropometría, como ya se mencionó en el capítulo 2, se realizaron 23 mediciones. Estas fueron divididas como se muestra en la Figura 4.6 en antebrazo y mano; posteriormente cada sección fue dividida en las medidas antropométricas que estudiadas como se muestra en las Figuras 4.7 y 4.8.



Figura 4.6 Secciones de Área Antropometría

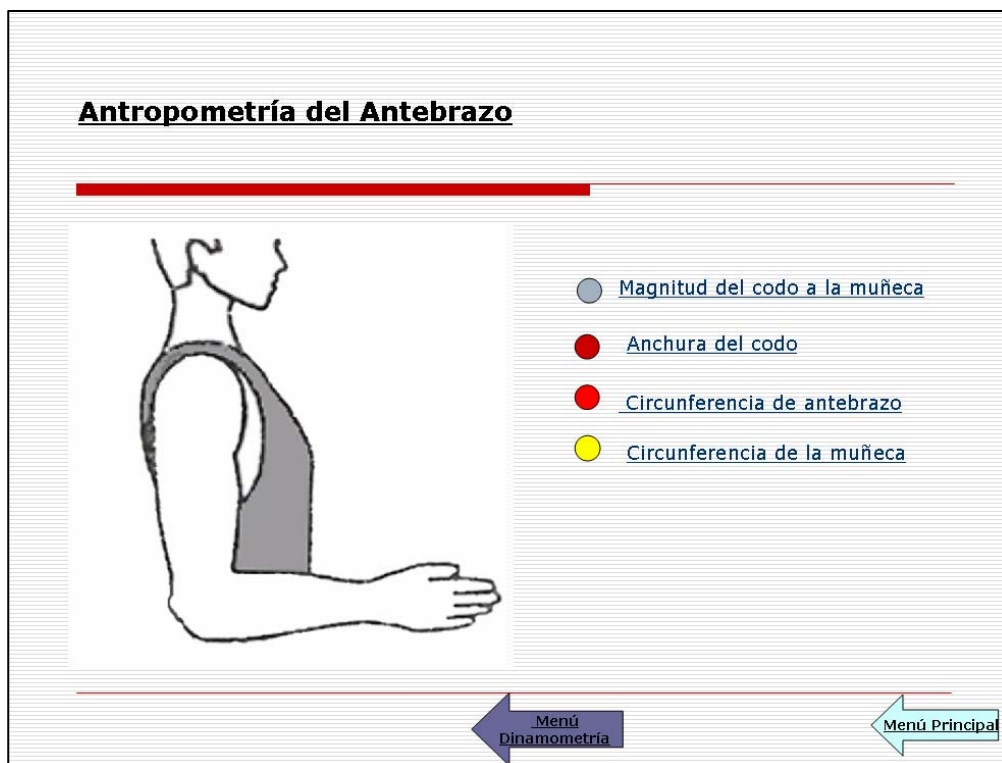


Figura 4.7 Tópicos de Estudio en Antebrazo



Figura 4.8 Tópicos de Estudio en Mano

4.2.2.2 Goniometría

En la sección de goniometría (Capítulo 3), se realizaron 51 mediciones, las cuales fueron divididas como se muestra en la Figura 4.9 en antebrazo, muñeca y mano; posteriormente cada sección fue dividida en las medidas goniométricas que se observan en las figuras 4.10, 4.11. y 4.12.



Figura 4.9 Secciones de Área Goniométría

Goniometría del Antebrazo



- [Supinación de Antebrazo](#)
- [Pronación de Antebrazo](#)

[Menú Goniometría](#)

[Menú Principal](#)

Figura 4.10 Tópicos de Estudio Antebrazo

Goniometría de la Muñeca



- [Flexión de la Muñeca](#)
- [Extensión de la Muñeca](#)
- [Abducción de la Muñeca](#)
- [Aducción de la Muñeca](#)

[Menú Goniometría](#)

[Menú Principal](#)

Figura 4.11 Tópicos de Estudio Muñeca



Figura 4.12 Tópicos de Estudio Mano

4.2.2.3 Dinamometría

En la sección de dinamometría estudiada en el capítulo 3, se realizaron 13 mediciones las cuales fueron divididas como se muestra la Figura 4.13 en agarre, pinza y prensión; posteriormente únicamente las dos últimas secciones correspondientes a pinza y prensión fueron divididas en las medidas dinamométricas que se muestran en las figuras 4.14 y 4.15.

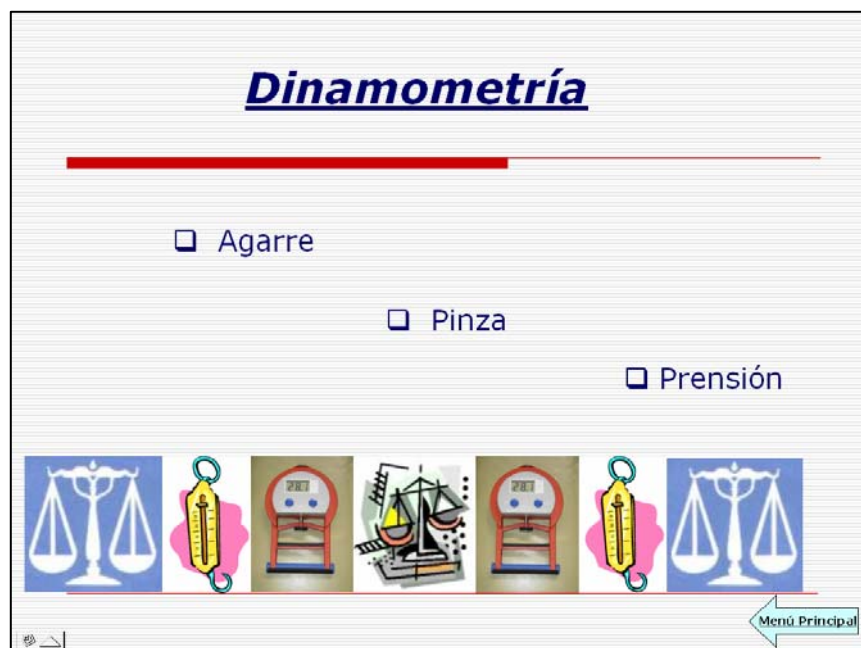


Figura 4.13 Secciones de Área Dinamometría

Diferentes Tipos de Pinza

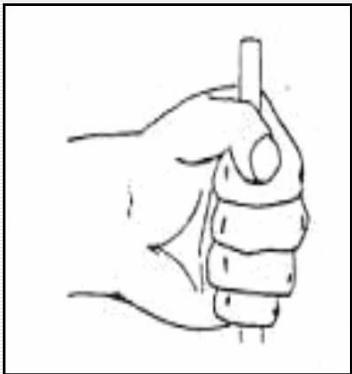


- [Prensión Fina Cerrada con Tres Dedos \(Pulgar - Índice - Medio\)](#)
- [Prensión Fina Abierta con Tres Dedos \(Pulgar - Índice - Medio\)](#)
- [Pinza Pulgar & Índice](#)
- [Pinza Pulgar & Medio](#)
- [Pinza Pulgar & Anular](#)
- [Pinza Pulgar & Menique](#)

Menu Dinamometria Menú Principal

Figura 4.14 Tópicos de Estudio Pinza

Diferentes Tipos de Prensión



- [Prensión Palmar](#)
- [Prensión Dedo Pulgar](#)
- [Prensión Dedo Índice](#)
- [Prensión Dedo Medio](#)
- [Prensión Dedo Anular](#)
- [Prensión Dedo Menique](#)

Menu Dinamometria Menú Principal

Figura 4.15 Tópicos de Estudio Prensión

4.2.2.4 Análisis de Tareas

En el capítulo 3 se analizaron cuatro tareas (abrir un candado, tomar una canica, tomar una pelota y escribir) que se muestra en la Figura 4.16; de las cuales en el presente material digital se presentan los tres casos de cada una de estas tareas con los siguientes elementos (Figura 4.17):

- Video (Figura 4.18)
- Análisis de video (Figura 4.19): Se muestra el video con líneas auxiliares que ayudan a seguir la secuencia del movimiento.
- Animación (Figura 4.20): Se muestran únicamente las líneas que imitan el movimiento.
- Ángulos mostrados en Autocad (Figuras 4.21 y 4.22): Se observan la secuencia de cuadros con sus respectivos ángulos.



Figura 4.16 Secciones de Área de Análisis de Tareas

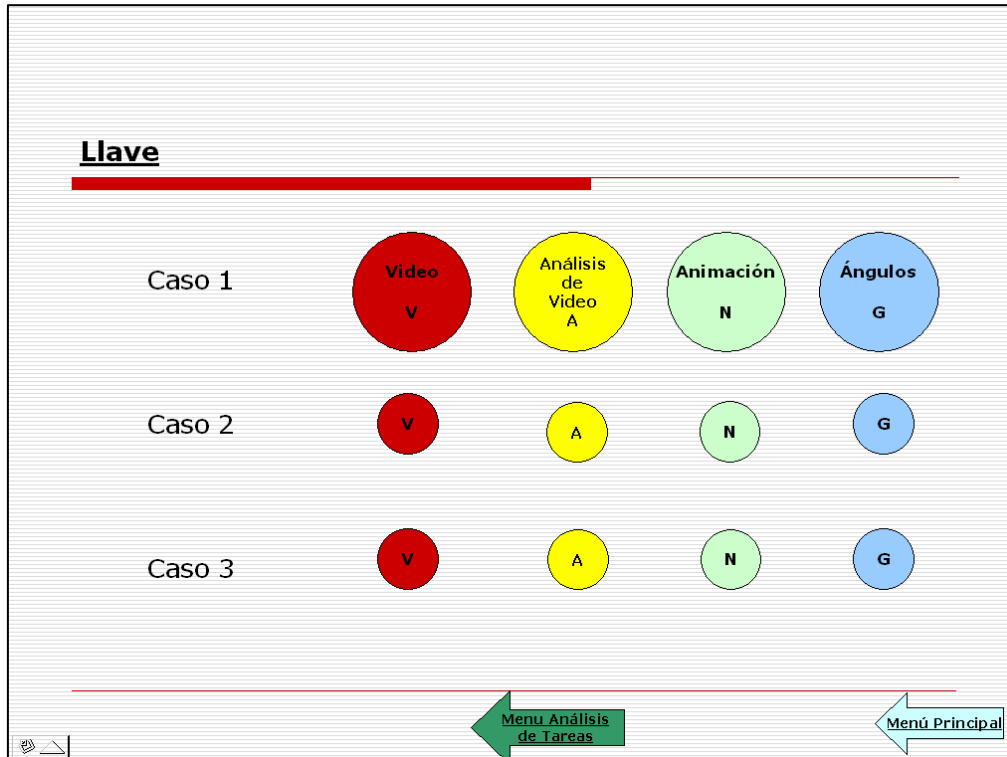


Figura 4.17 Tópicos de Estudio Llave



Figura 4.18 Video Llave Caso # 1



Figura 4.19 Video Llave con líneas auxiliares Caso # 1

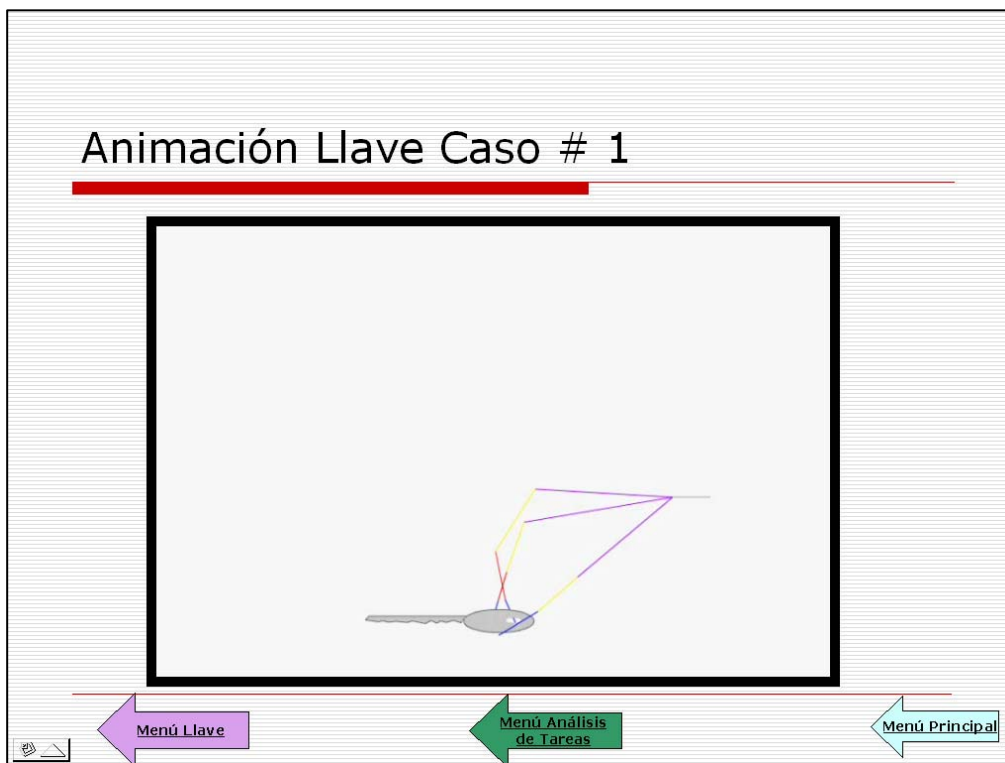


Figura 4.20 Animación Llave Caso # 1

Secuencia de Ángulos Llave Caso # 1

Mediciones cada cinco cuadros

1	9	17
2	10	18
3	11	19
4	12	20
5	13	
6	14	
7	15	
8	16	

Ver Secuencia

Menú Llave

Menú Análisis de Tareas

Menú Principal

Figura 4.21 Secuencia de Ángulos Llave Caso # 1

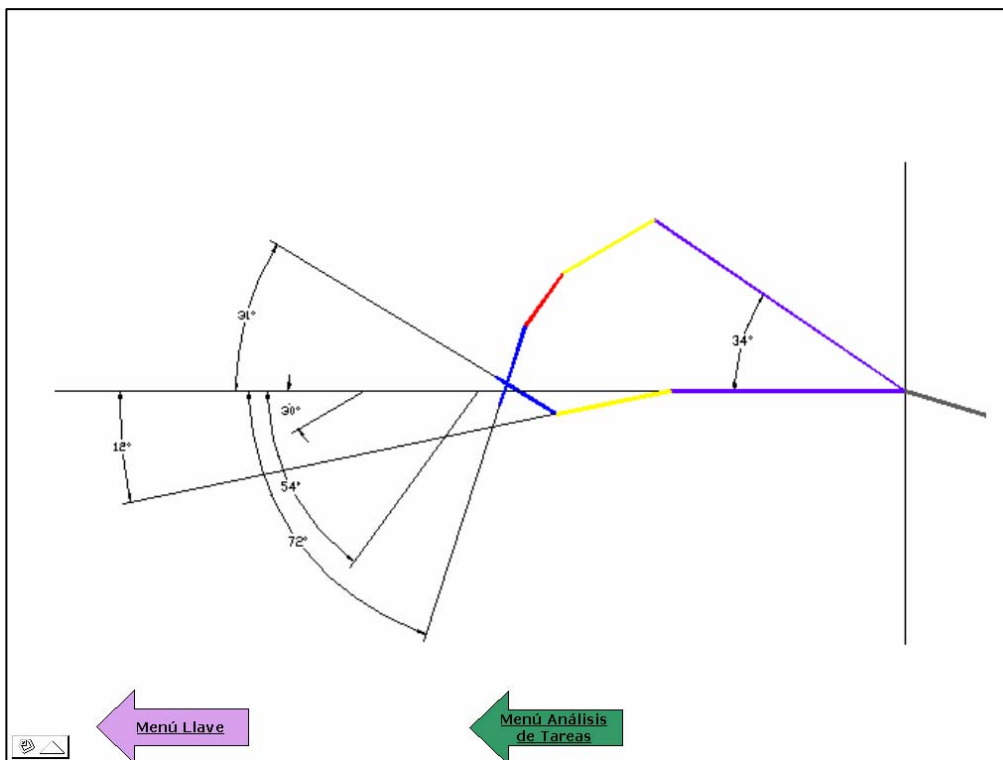


Figura 4.22 Ángulo No. 5 Llave Caso # 1

4.2.3 Información proporcionada

La estructura de la información (Figura 4.23) que se presenta en las secciones de antropometría, goniometría y dinamometría es similar la cual es la siguiente :

1. Nombre asignado a la medida realizada
2. Datos bibliográficos
3. Datos experimentales
4. Figura de la medida tomada

Nota: En muchos casos no aparece el dato bibliográfico debido a que no existe ninguna fuente que haga referencia a éste; o bien, existen algunas otras medidas que cuentan con un dato bibliográfico muy distinto al obtenido en la presente tesis, por tratarse de medidas tomadas a personas de diferentes razas o a que la metodología aplicada es distinta.

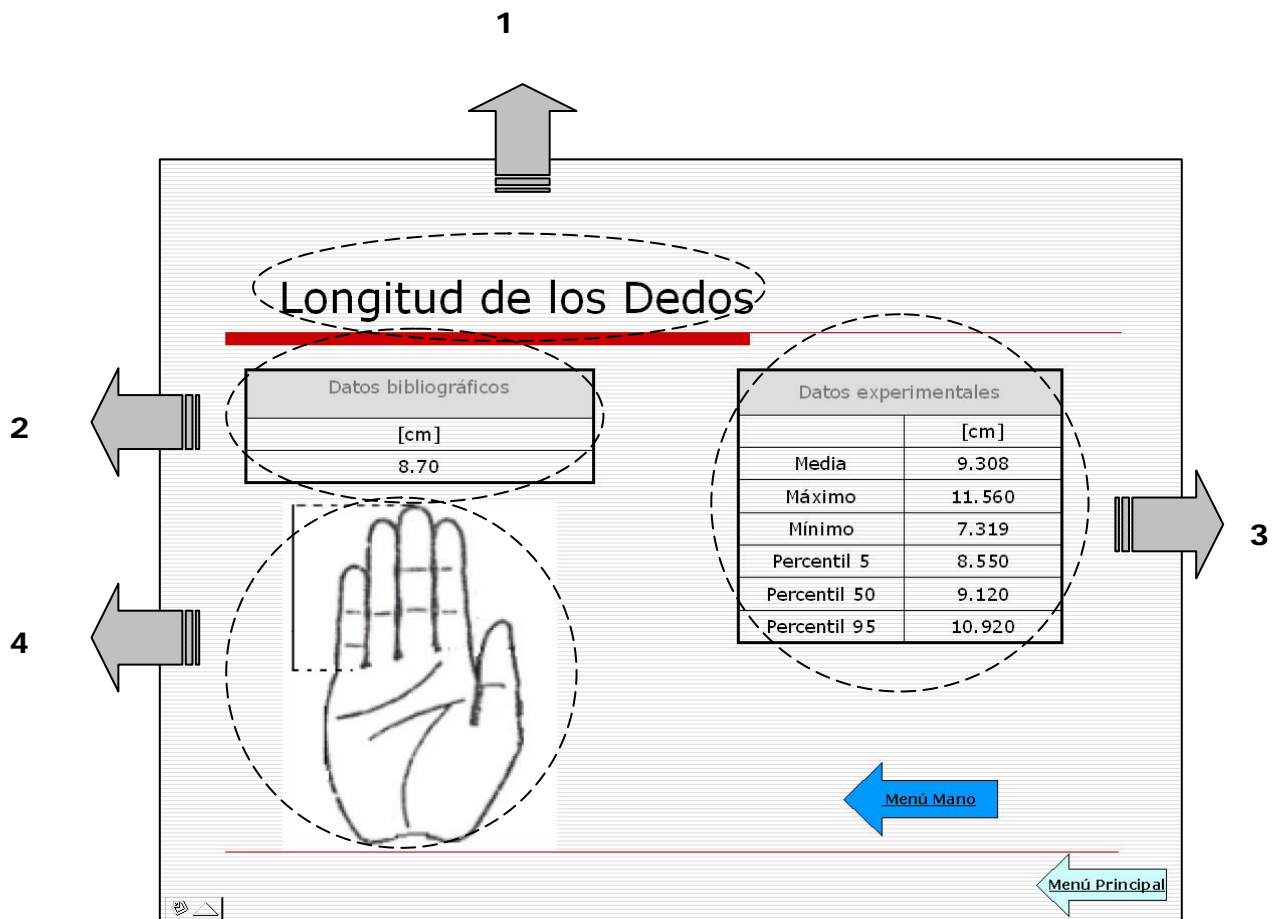


Figura 4.23 Información proporcionada en el material digital

4.2.4 Utilidad del material digital

El material digital realizado tiene como primordial tarea mostrar de manera sencilla, práctica e ilustrativa los resultados obtenidos por el estudio ergonómico de miembro superior brindando:

- Parámetros de diseño necesarios para el desarrollo del proyecto “Diseño, fabricación y pruebas de un prototipo de prótesis inteligente de miembro superior” que la Facultad de Ingeniería de la UNAM en el Departamento de Ingeniería Mecatrónica en colaboración con el Centro de Diseño y Manufactura desarrolla actualmente.
- Apoyo en el diseño de otros proyectos afines

EJEMPLOS DE USO DEL SISTEMA

A continuación se presenta un ejemplo con el fin de mostrar la forma en como se maneja el material digital.

Ejemplo A

Si deseamos conocer la flexión de la falange medial del dedo meñique se deben seguir los siguientes pasos:

Paso 1

Estando en el Menú Principal se puede conocer las diferentes áreas de aplicación y con ello se identificará a cual de ellas pertenece la medida o movimiento deseado (Figura 4.24). En este caso la flexión de cualquier falange se encuentra en el área *Goniometría*.

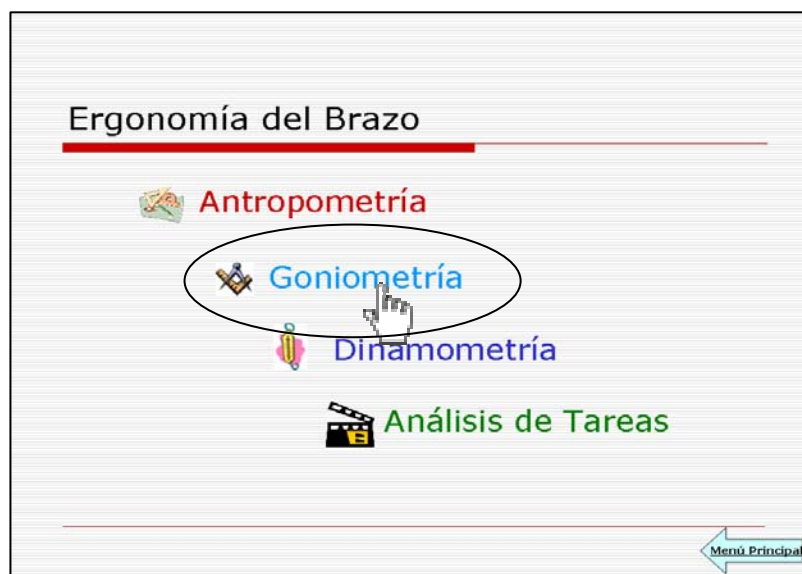


Figura 4.24 Identificación del movimientos deseado

Paso 2

Con el paso anterior se desplegará el siguiente menú de Secciones de Área; en el cual se identificará a cual de las secciones pertenece el movimiento que deseamos conocer (Figura 4.25). En este caso al tratarse de flexión del dedo meñique se sitúa en la sección Mano.



Figura 4.25 Identificación de la sección deseada

Paso 3

En el menú desplegado identifica los movimientos generados por cada dedo (Figura 4.26). Se ingresa en el menú Movimientos Dedo Meñique.



Figura 4.26 Identificación de la falange

Paso 4

En el menú obtenido se identifica el movimiento deseado (Figura 4.27).



Figura 4.27 Identificación del movimiento deseado

Paso 5

Como resultado se obtiene la valoración de la Flexión interfalángica del Dedo Meñique y su representación gráfica (Figura 4.28).

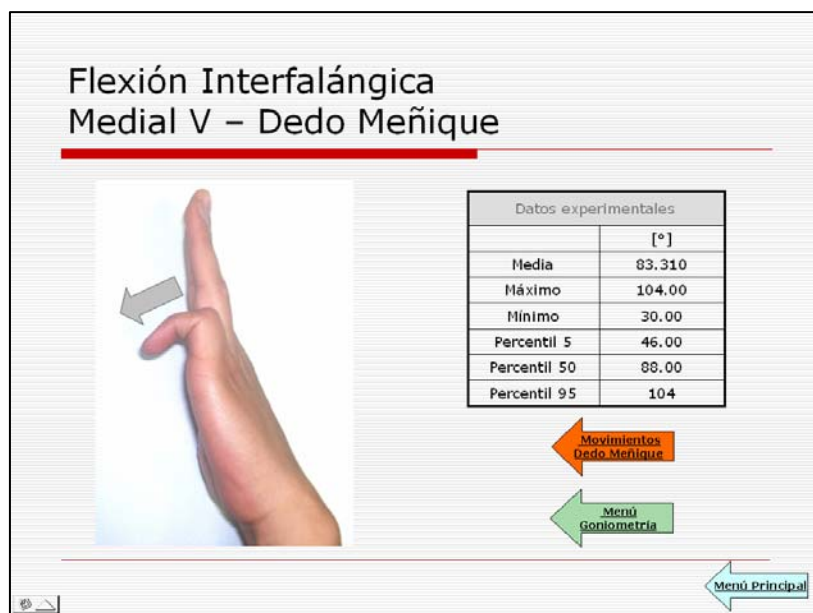


Figura 4.28 Resultados obtenidos

Paso 6

Si desea conocer alguna otra valoración del mismo dedo pulse Menú Dedo Meñique (Opción 1 – Figura 4.29), si desea conocer la goniometría de algún otro dedo pulse Menú Goniometría (Opción 2 – Figura 4.30) y si desea conocer alguna otra área de interés pulse Menú Principal (Opción 3 – Figura 4.31).

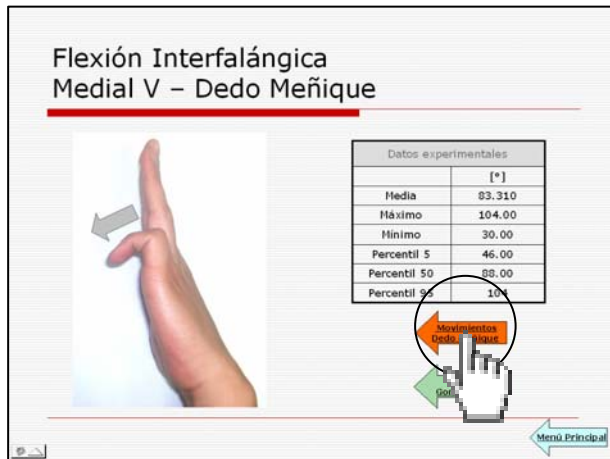


Figura 4.29 Salida a Menú del Dedo Meñique

Figura 4.30 Salida a Menú Goniometría

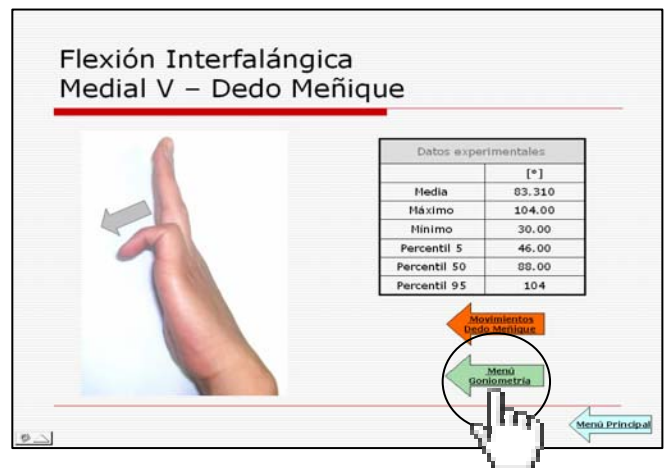
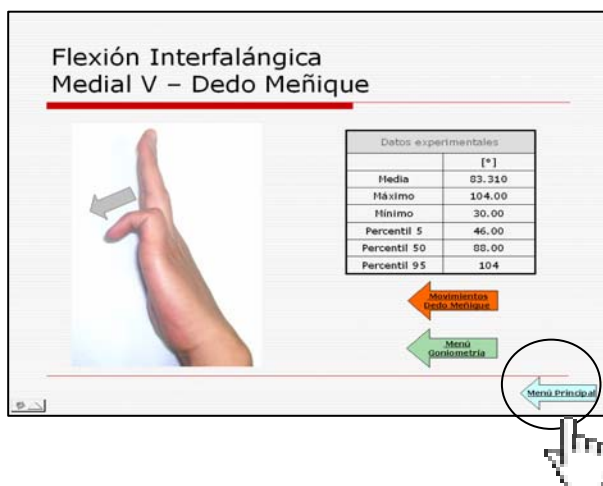


Figura 4.31 Salida a Menú Principal





CONCLUSIONES

Se realizaron cuatro metodologías correspondientes a la antropometría, goniometría, dinamometría y análisis de tareas, las cuales podrán servir para obtener una base de datos confiable y representativa de medidas de miembro superior; ya que en la actualidad no se cuenta con una base de datos de esta naturaleza.

Mediante la metodología desarrollada para Antropometría se podrán obtener medidas específicas útiles para el diseño de una prótesis de miembro superior; más específicamente se determinará el espacio al cual deberán adaptarse los mecanismos, actuadores, sistemas de control, cosméticos, etc. que conforman la prótesis; así como también mediante las medidas se podrá obtener una prótesis cuya apariencia sea lo más natural posible de acuerdo a la antropometría del mexicano.

La metodología desarrollada para la Goniometría será de gran utilidad ya que mediante ella se podrá determinar cuales son los límites y rangos de movilidad que puede realizar el antebrazo, la muñeca y las falanges, siendo de utilidad en la selección de los sistemas motrices y en el diseño de la prótesis. De esta manera se logrará obtener una prótesis cuyos movimientos generados sean lo más parecidos a los movimientos de el miembro superior.

Los resultados obtenidos por el estudio dinamométrico servirán para el diseño y selección de los actuadores y sensores; adicionalmente el determinar los rangos de fuerza que ejerce la mano tomará un papel muy importante en el plano de seguridad del usuario y de su entorno.

El análisis de tareas es de gran importancia ya que a través esta técnica se pueden observar mediante el video tomado los movimientos necesarios para realizar una actividad cotidiana así como los cambios de ángulo de acuerdo a la posición que toma la mano; que debido a la brevedad de esta es imposible observar a simple vista. Otra aportación que se obtuvo mediante esta técnica fue conocer las principales etapas para la prensión de un objeto; las cuales son alcance, prensión, transporte y liberación; de esta manera se obtuvieron ángulos promedio para estas etapas en las diferentes tareas seleccionadas y adicionalmente se obtuvo un diagrama de flujo para cada una de estas actividades, lo cual ayudará a entender y facilitar las etapas de los movimientos que tiene que imitar la prótesis.



Se obtuvo una pequeña base de datos que por su tamaño no es representativa; sin embargo, brinda un panorama general de las medidas antropométricas, ángulos y fuerzas llevadas a cabo por el miembro superior. Cabe mencionar en un plano ergonómico no existe un estándar y el futuro que tienen las prótesis es ser productos hechos a la medida.

Se desarrolló un material digital en el cual se pueden observar y comparar resultados experimentales y bibliográficos de manera sencilla, rápida y práctica; también se muestra gráficamente la forma en la que se realizaron las pruebas para la obtención de los resultados mostrados.



RECOMENDACIONES

- Es recomendable que en etapas posteriores al proyecto, se realice una base de datos representativa y confiable, ya que en la actual tesis únicamente se obtuvieron datos de 25 personas con el fin de obtener un panorama general de la ergonomía del miembro superior.
- Al contar con una base de datos confiable y representativa se pueden desarrollar técnicas como son la Serie de Fibonnaci, método de longitud de segmentos y método de estimación proporcional, pero con datos de personas mexicanas, con el fin de hacer más sencilla la tarea de determinar las medidas antropométricas y muy útil en aquellos casos en que se tiene un paciente con amputación bilateral.
- En el presente trabajo únicamente se analizó la ergonomía de miembro superior para personas diestras; sin embargo, es recomendable que en etapas posteriores al proyecto se realice un estudio ergonómico para personas zurdas; ya que en México hay una población aproximadamente de 12 675 000 personas zurdas, las cuales en muchas ocasiones han sido objeto de olvido, rechazo y discriminación.
- También es preciso realizar un estudio ergonómico del miembro superior izquierdo en personas diestras y viceversa, ya que su función es diferente.
- Es preciso que en etapas posteriores se haga uso de instrumentación especializada para la aplicación de los experimentos, de esta manera se obtendrán mejores resultados.
- En la presente tesis únicamente se analizaron factores ergonómicos para el desarrollo de las metodologías pero también se hizo mención de factores psicológicos y socioculturales. Por tal motivo es de igual importancia analizarlos y evaluarlos ya que representan un punto clave en la aceptación de una prótesis en una persona amputada. Actualmente gracias a la tecnología ya existen formas de evaluarlos de manera cuantitativa y no solo cualitativamente.
- Es necesario en etapas posteriores tener una relación directa y estrecha con personas que han sufrido amputación de brazo; para ello se recomienda que se realicen prácticas de campo con el fin de conocer su estilo de vida, costumbres, actividades, necesidades y expectativas.
- Posteriormente se debe complementar el análisis dinamométrico, ya que únicamente se analizaron fuerzas aisladas; sin embargo, vale la pena conocer las fuerzas que se aplican al realizar una actividad, esto ayudará a tener un panorama más amplio de este estudio.



- Es preciso ampliar el estudio de análisis de tareas, ya que como se mencionó en la presente tesis el estudio desarrollado estaba enfocado a pensiones finas y solo se analizaron cuatro tareas; sin embargo, el analizar otras actividades enfocadas a tareas cotidianas como lo son el aseo personal traería grandes beneficios.



ANEXO A
Manual de Antropometría
del Miembro Superior
(ANTEBRAZO Y MANO)

**ANTROPOMETRÍA DEL MIEMBRO SUPERIOR
(ANTEBRAZO Y MANO)**

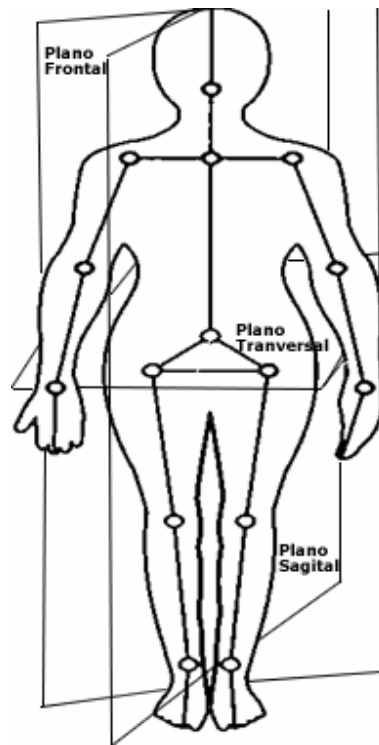


Figura A.1 Puntos Antropométricos básicos y planos del cuerpo humano¹

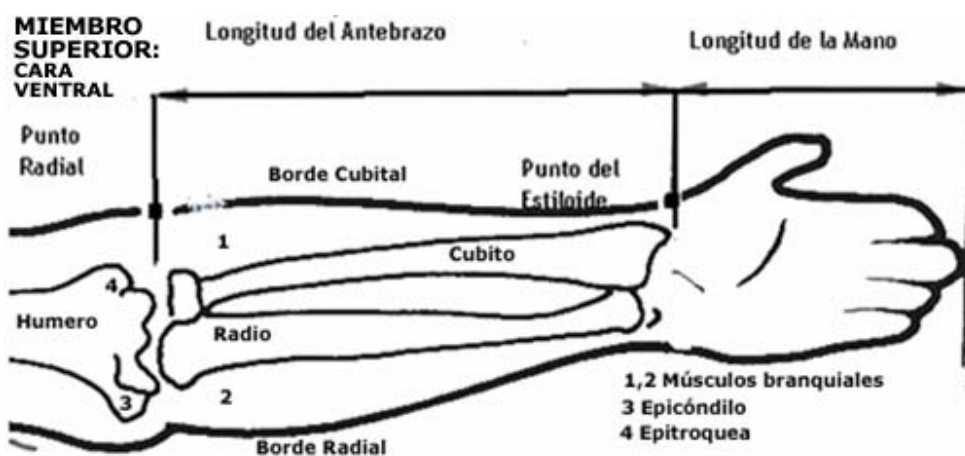


Figura A.2 Puntos antropométricos del antebrazo²

¹ Anthropometric Standardization Referente Manual ; Timothy G. Lohman

² Idem

**MIEMBRO SUPERIOR:
CARA DORSAL**

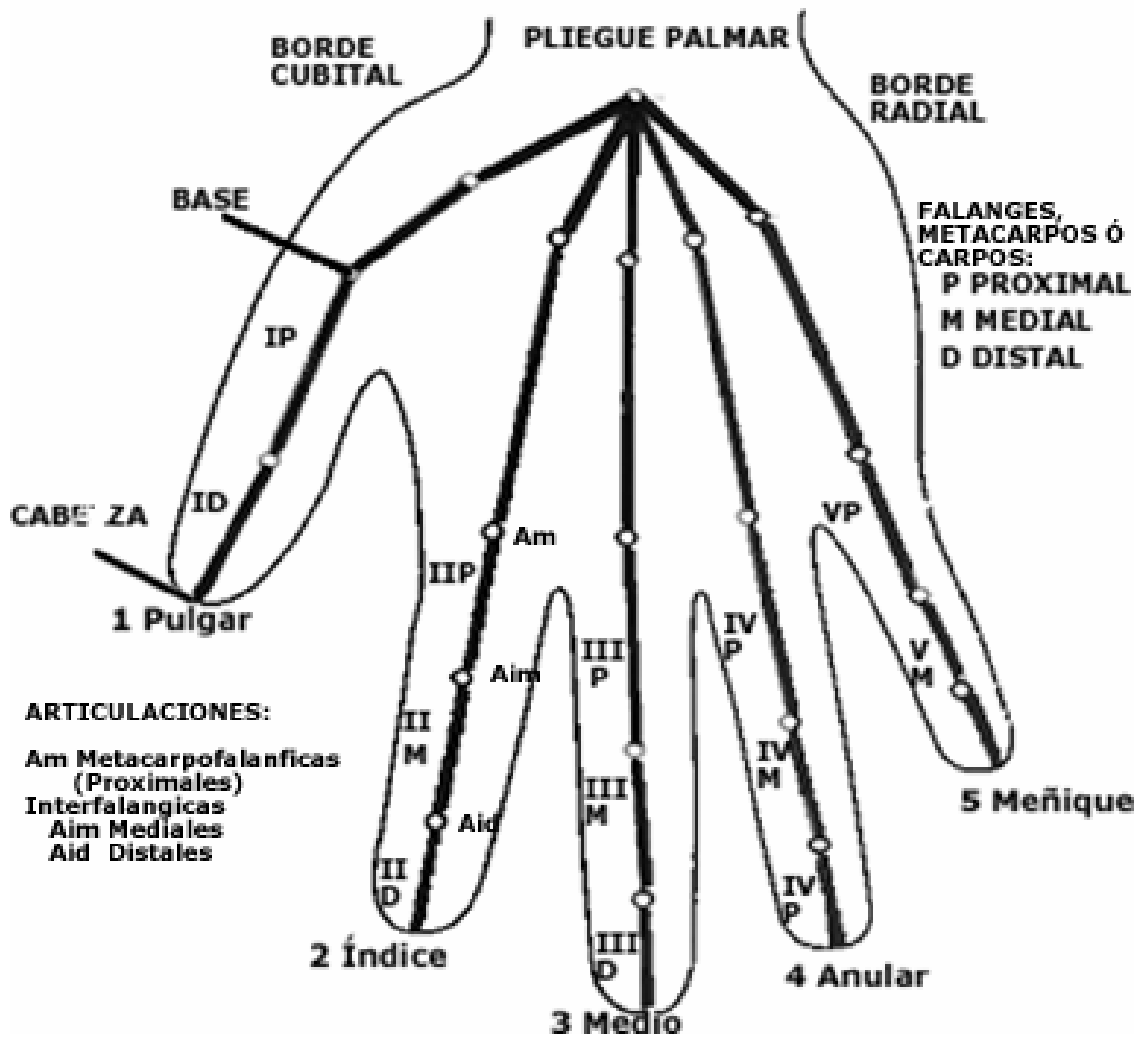


Figura A.3 Localización de puntos de empalme de la mano³

³ Ibidem
145



ANTROPOMETRÍA

El tamaño y dimensión del cuerpo son factores humanos importantes por su relación con la adaptación ergonómica (*ergofitling*) del usuario en su entorno, aspecto de la interfase hombre-maquina- medio.

En este sentido muchas variables entran en juego; la raza, ubicación geográfica, genética etc., la interfase usuario - entorno debe garantizar un aprovechamiento positivo, cómodo y seguro.

Los intentos a nivel nacional e internacional que se han hecho por los antropometristas para estandarizar medidas y terminología, ha sido de escaso éxito y solo complica la interpretación y significado de los datos que se registran; por esa razón y tomándola como justificación para el actual proyecto "Diseño, fabricación y pruebas de un prototipo de prótesis inteligente de miembro superior" se decidió acompañarlo de este manual antropométrico en el cual se puede definir las técnicas empleadas a lo largo de la toma de mediciones y diagramas necesarios para definir claramente los punto a partir de los cuales se tomaron las mediciones.

Las medidas antropométricas deben tomarse con instrumental apropiado y utilizado por personas que conozcan su manejo e interpretación.

Instrumentos

Calibrador Vernier (Pie de Rey)

Instrumento de medición que se basan en el uso de una regleta. Son ampliamente utilizados en los laboratorios de calibración, aunque tiene defectos pertinentes a la naturaleza del material; es decir, se incurre en errores de paralaje, de lectura, etc., esto por motivos de expansión del material, por efecto del calor de las manos y del ambiente. Se aplican para medir espesores internos, externos y profundidades (Figura A.4).

Las partes que componen un calibrador se enumeran a continuación:

1. Palpadores para interiores
2. Palpadores para exteriores
3. Regleta
4. Escala
5. Bayoneta
6. Nonio
7. Freno

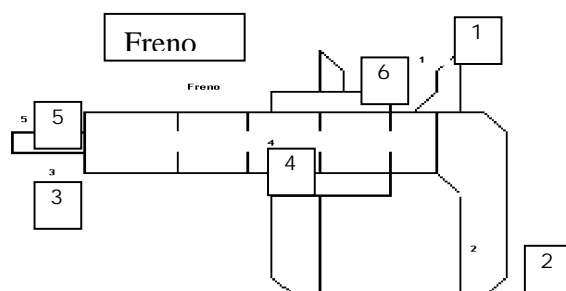


Figura A.4 Calibrador Vernier

Calibrador digital

Utiliza un sistema electrónico que funciona en relación directa con una escala registrada por un sensor en relación con el desplazamiento cuando se modifica una resistencia variable a partir de una referencia. La lectura es presentada en una pantalla alfanumérica y puede ser configurado para presentar sus lecturas en submúltiplos de las escalas más utilizadas (Figura A.5).

Características:

- ❑ Resolución excelente
- ❑ Rango 0- 305.23 [mm] y 0 – 153.58 [mm]
- ❑ Marca Mitutoyo

Ventajas:

- ❑ Facilidad de lectura
- ❑ Compacto, liviano y con bajo consumo de energía
- ❑ Función de fijado de cero
- ❑ Función de salida de datos (interfase digital)
- ❑ Alta velocidad de respuesta

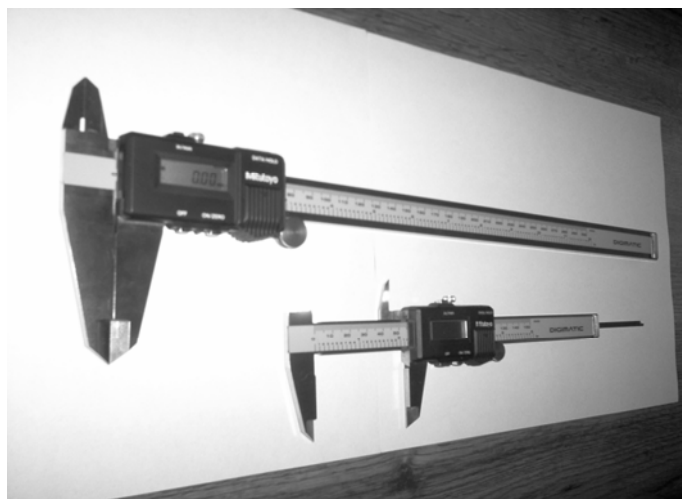


Figura A.5 Calibrador Digital

Cintra Métrica

Instrumento de medición utilizado para conocer longitudes, lineales o perímetros. Está formado por una cinta cuya graduación se encuentra impresa; las unidades que maneja son centímetros y pulgadas (Figura A.6).

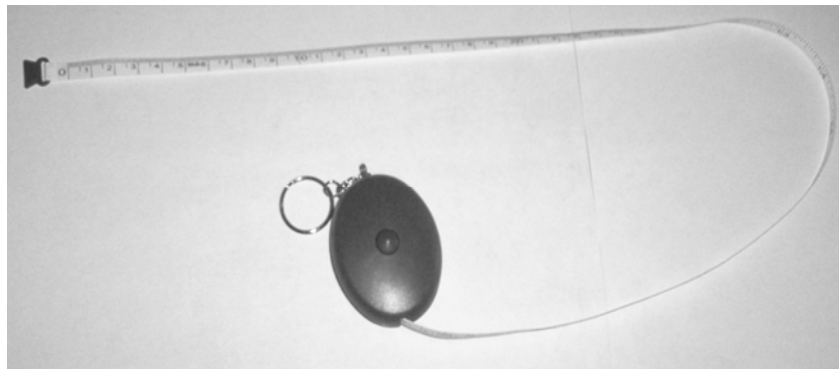


Figura A.6 Cinta Métrica⁴

Ventajas:

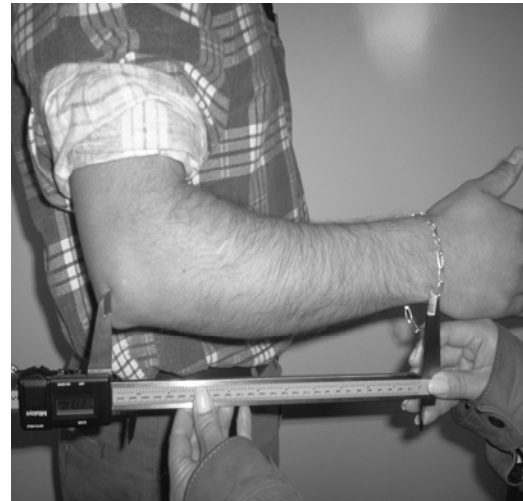
- ❑ Resolución excelente
- ❑ Rango 0- 150 [cm]

Técnica en General

Se toma la cinta y se mide de forma directa (contacto), tomando un punto de origen se hace coincidir con el cero de la cinta posteriormente se toma la longitud deseada y se toma lectura; de igual manera se procede cuando se trata de lecturas de perímetros.

⁴ Las dimensiones Humanas en los Espacios Interiores; PANERO. J., ZELMIK. M; Editorial Gustavo Gili S.A.; Barcelona 1983

Magnitud del Codo a la Muñeca



Posición de la Prueba

- El paciente en posición de pie
- Con los hombros alineados
- Los brazos cuelgan
- Los codos flexionados a 90°
- Se colocan los antebrazos y manos en plano horizontal
- Dedos extendidos

Alineación del Vernier

- Se alinea el vernier en plano paralelo al borde cubital
- El vernier se desliza hasta tocar borde del codo y el borde del estiloide cubital
- La medida se registra

Sensación

- Se palpan los bordes del empalme radial y estiloide

Anchura del Codo

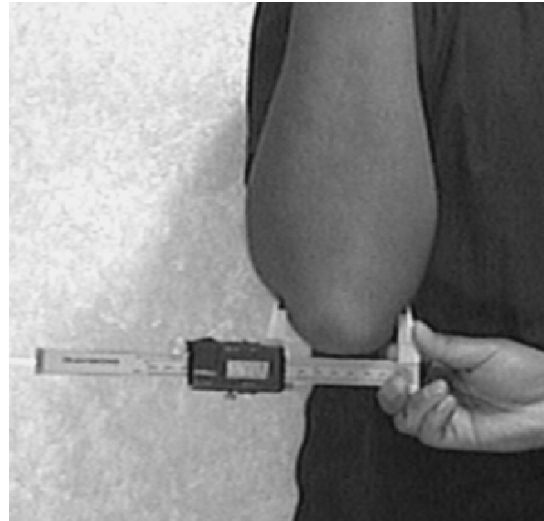
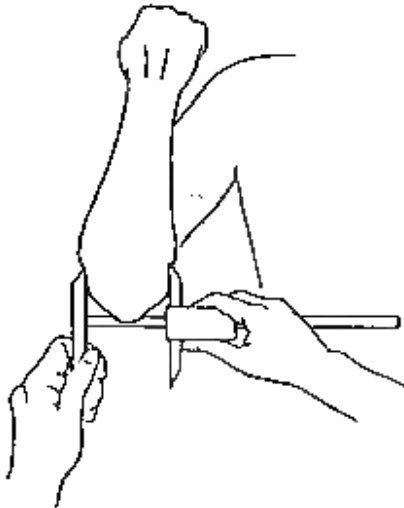


Figura A.7⁵

Posición de la Prueba

- El paciente en posición de pie
- Con los hombros alineados
- Los codos en flexión a 90°
- Se colocan los antebrazos y manos en plano horizontal y paralelos
- Dedos extendidos

Alineación del Vernier

- Se alinea el vernier sobre la línea que une el epicóndilo y epitroquea
- El vernier se desliza hasta tocar los extremos de los epicóndilos

(Se ejerce presión de modo que se determine la medida esquelética y no adiposa del cuerpo).

- La medida se registra

Sensación

- Se palpan las prominencias del epicóndilo y epitroquea

⁵ Anthropometric Standardization Referente Manual ; Timothy G. Lohman; Editorial Human Kinetics Books, Champaign Illinois

Circunferencia del Antebrazo



Figura A.8⁶

Posición de la Prueba	
<ul style="list-style-type: none"> El paciente en posición de pie Con los hombros y codos en extensión Se colocan el miembro superior en posición anatómica Dedos en extensión 	
Alineación del Vernier	Sensación
<ul style="list-style-type: none"> Se coloca la cinta métrica libremente alrededor de la parte próxima del antebrazo En plano perpendicular al eje del brazo La cinta métrica se desliza libremente alrededor hasta encontrar el nivel de la circunferencia máxima debajo de los extremos del codo <p>(Se encuentra aproximadamente a 3 ± 1 [cm] del codo)</p> <ul style="list-style-type: none"> La medida se registra 	<ul style="list-style-type: none"> Se palpa la rigidez de los músculos

Circunferencia de la Muñeca

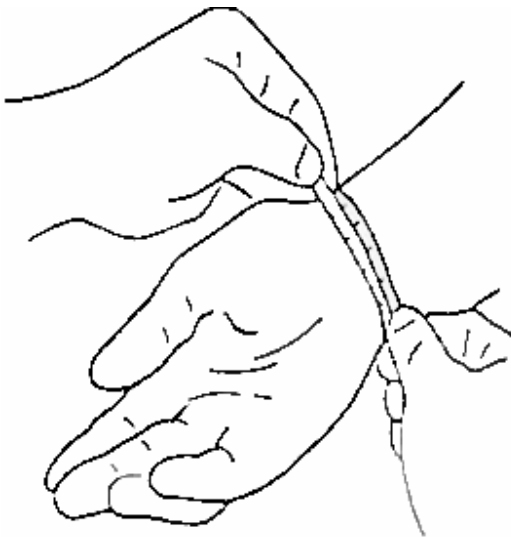


Figura A.9⁷

Posición de la Prueba	
<ul style="list-style-type: none"> • El paciente en posición pie o sentado • Con los hombros y codos en extensión • Se colocan el antebrazo y muñeca en plano horizontal • Músculos de muñeca relajados 	
Alineación del Vernier	Sensación
<ul style="list-style-type: none"> • Se coloca la cinta métrica libremente alrededor de la muñeca • En plano perpendicular al eje del brazo • La cinta métrica se desliza libremente hasta llegar al estiloide del radio y cúbito • La medida se registra 	<ul style="list-style-type: none"> • Se palpa la estructura del puño

⁷ Ibidem

Longitud de la Mano

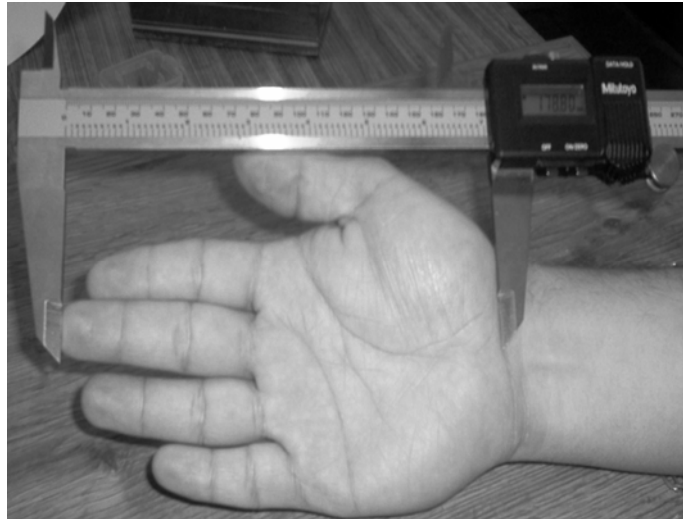


Figura A. 10⁸

Posición de la Prueba

- El paciente de pie o sentado
- Con los hombros alineados posición neutra
- Los antebrazos extendidos horizontalmente
- Codo flexionado a 90°
- Se coloca la muñeca en plano horizontal con la palma hacia arriba
- Músculos de muñeca relajados
- Dedos en dirección del antebrazo juntos

Alineación del Vernier

- Se coloca el vernier en el mismo plano de la palma de la mano
- Se alinea el vernier desde el estiloides hasta la punta del dedo medio (tercer falange distal)

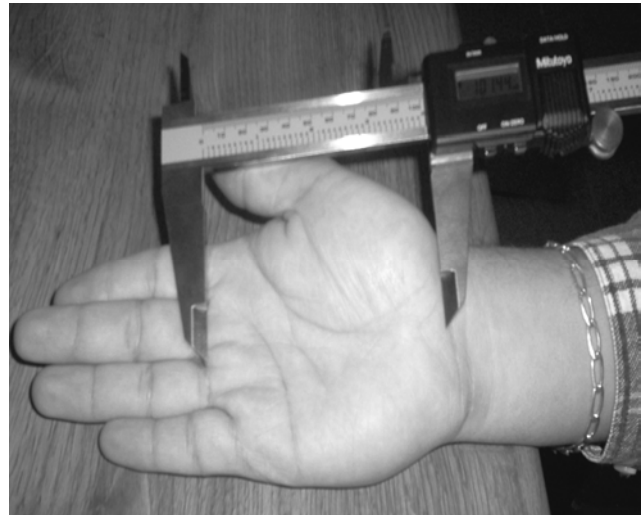
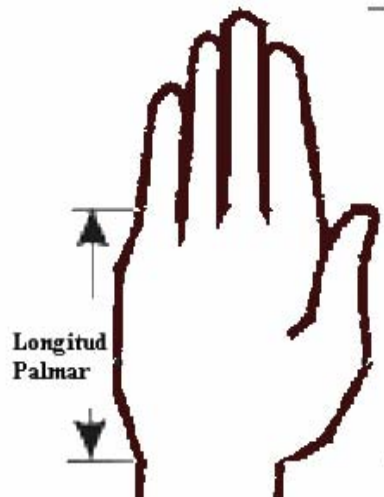
(Haciendo contacto con la piel del dedo y no con la uña)

- La medida se registra

Sensación

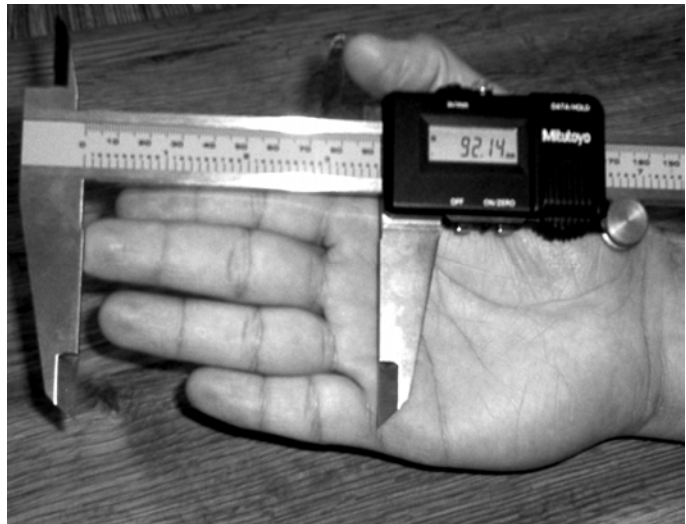
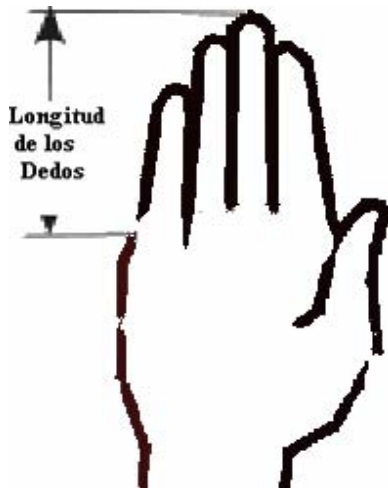
- Se toma desde el pliegue palmar hasta el extremo del dedo medio

⁸ <http://www.ergoprojects.com>

Longitud Palmar*Figura A.11⁹*

Posición de la Prueba	
<ul style="list-style-type: none">• El paciente de pie o sentado• El antebrazo extendido y codo flexionado a 90°• Se colocan la muñeca en plano horizontal con la palma hacia arriba• Músculos de muñeca relajados• Dedos en dirección del antebrazo juntos	
Alineación del Vernier	Sensación
<ul style="list-style-type: none">• Se coloca el vernier en el mismo plano de la palma de la mano• Se alinea el vernier desde el estiloides hasta la base del dedo medio• La medida se registra	<ul style="list-style-type: none">• Se toma desde el pliegue palmar al extremo del dedo medio

⁹ Ídem

Longitud de los Dedos*Figura A.12¹⁰***Posición de la Prueba**

- El paciente de pie o sentado
- Los antebrazo colocado horizontalmente
- Se colocan la muñeca en plano horizontal con la palma hacia arriba
- Músculos de muñeca relajados
- Dedos en dirección del antebrazo juntos

Alineación del Vernier

- Se coloca el vernier en el mismo plano que la palma de la mano
- Se alinea el vernier entre el borde radial de la cabeza del quinto metacarpo, al borde distal de la tercera falange
- La medida se registra

Sensación

- Se palpan la estructura de los huesos metacarpianos

Anchura Palmar

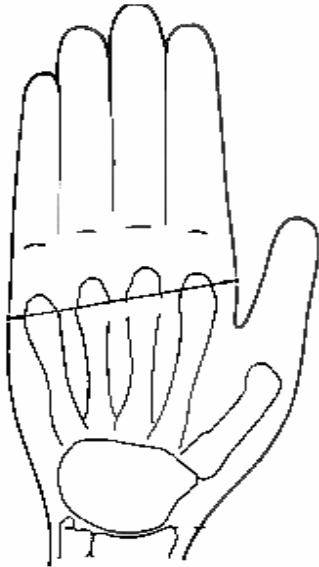


Figura A.13¹¹

Posición de la Prueba	
<ul style="list-style-type: none"> • El paciente de pie o sentado • El antebrazo horizontal • Se colocan la muñeca en plano horizontal con la palma hacia arriba • Músculos de muñeca relajados • Dedos unidos y extendidos 	
Alineación del Vernier	Sensación
<ul style="list-style-type: none"> • Se coloca el vernier en el mismo plano de la palma de la mano • Se alinea el vernier al borde de la cabeza del quinto metacarpiano hasta el borde de la cabeza del segundo metacarpiano radial • La medida se registra 	<ul style="list-style-type: none"> • Se palpan la estructura de las articulaciones de los huesos metacarpianos en su lado lateral

¹¹ Anthropometric Standardization Referente Manual ; Timothy G. Lohman; Editorial Human Kinetics Books, Champaign Illinois

Anchura de la Mano

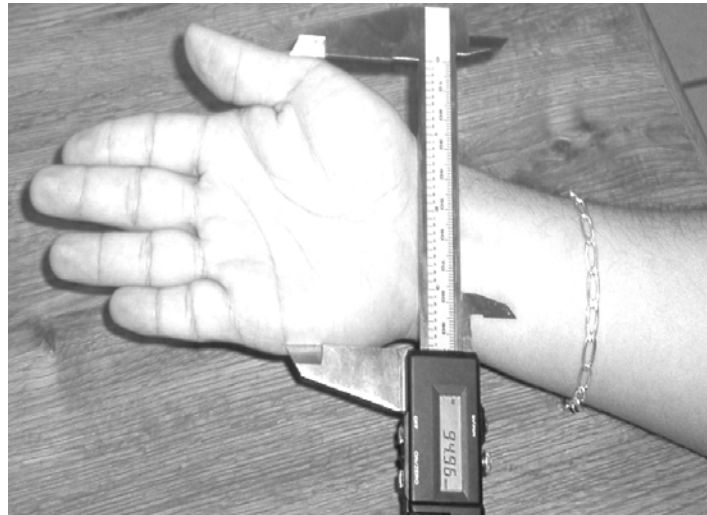
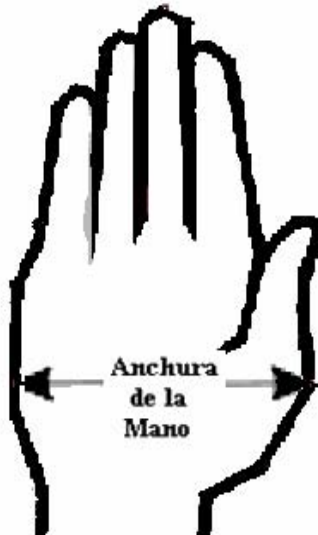


Figura A.14¹²

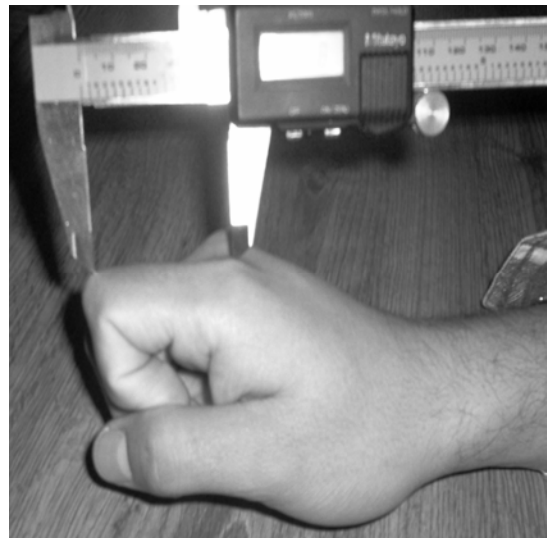
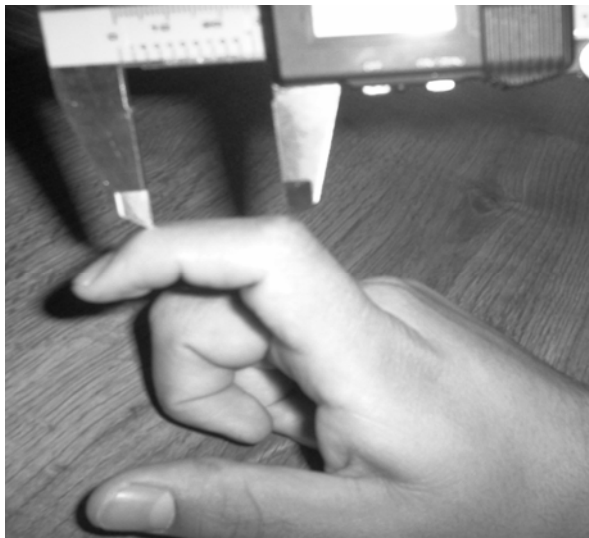
Posición de la Prueba	
<ul style="list-style-type: none">• El paciente de pie o sentado• El antebrazo horizontal• Codo flexionado a 90°• Se colocan la muñeca en plano horizontal con la palma hacia arriba• Músculos de muñeca relajados• Dedos en dirección del antebrazo juntos	
Alineación del Vernier	Sensación
<ul style="list-style-type: none">• Se coloca el vernier en el mismo plano de la palma de la mano• Se alinea el vernier en el borde radial de la cabeza del primer metacarpo al borde cubital de la cabeza del quinto metacarpiano• La medida se registra	<ul style="list-style-type: none">• Se palpan la estructura de los huesos metacarpianos sin ejercer presión

¹² <http://www.ergoprojects.com>

Longitud de los falanges



Figura A.15¹³



¹³ <http://www.iqb.es/CBasicas/Anatomia>



Posición de la Prueba	
<ul style="list-style-type: none">• El paciente parado o sentado• El antebrazo horizontal• Codo flexionado a 90°• Se colocan la muñeca en plano horizontal con la palma hacia abajo• Músculos de muñeca relajados• Dedos en flexión máxima	
Alineación del Vernier	Sensación
<ul style="list-style-type: none">• Se coloca el vernier en el dorso de cada falange cuando los dedos estén en la máxima flexión• La medida se registra	<ul style="list-style-type: none">• Se palpan las articulaciones metacarpofalángicas, interfalángicas e interfalángicas distales

		Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería Cédula Antropométrica		
Datos Generales			No de Cédula	
Nombre del Proyecto	"Diseño, fabricación y pruebas de un prototipo de prótesis inteligente de miembro superior"		Fecha	
Nombre del Aplicador				
Nombre del Anotador				
Datos del Usuario				
Nombre				
Sexo				
Edad				
Fecha de Nacimiento				

Número	Dimensiones Corporales a Registrar	Magnitud [mm]	Magnitud [m]
1	Magnitud del Codo a la Muñeca		
2	Anchura del Codo		
3	Circunferencia del Antebrazo		
4	Circunferencia de la Muñeca		
5	Longitud de la Mano		
6	Longitud Palmar		
7	Longitud de los Dedos		
8	Anchura Palmar		
9	Anchura de la Mano		
10	Dedo Pulgar Proximal I		
11	Dedo Índice Proximal II		
12	Dedo Medio Proximal III		
13	Dedo Anular Proximal IV		
14	Dedo Meñique Proximal V		
15	Dedo Índice Medial I		
16	Dedo Medio Medial II		
17	Dedo Anular Medial III		
18	Dedo Meñique Medial IV		
19	Dedo Pulgar Distal I		
20	Dedo Índice Distal II		
21	Dedo Medio Distal III		
22	Dedo Anular Distal IV		
23	Dedo Meñique Distal V		

Figura A.16 Cédula Antropométrica



ANEXO B
Manual de Goniometría
Articulación del Miembro Superior
(ANTEBRAZO Y MANO)

GONIOMETRÍA ARTICULAR DEL MIEMBRO SUPERIOR (ANTEBRAZO Y MANO)

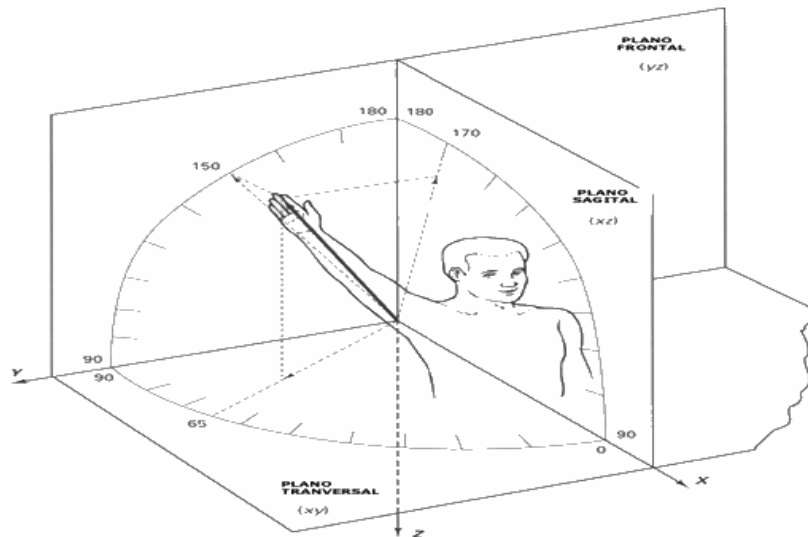


Figura B.1¹

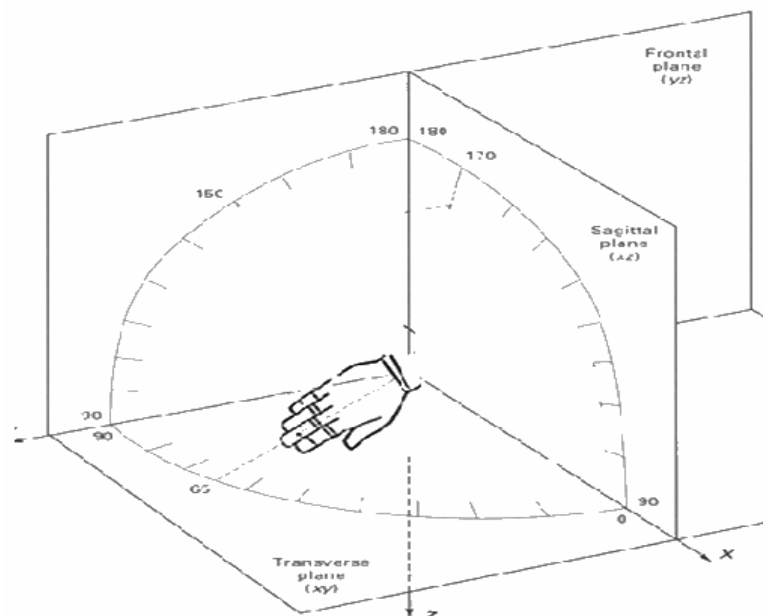


Figura B.2²

¹ Practical Anthropology; Georges Olivier; Editorial Charles C. Thomas; USA 1969

GONIOMETRÍA

El término goniometría deriva del vocablo **gonio** (ángulo) y **metro** (medida).

La goniometría es utilizada para medir de manera objetiva el rango de movimiento articular; y por ello debe estar cada vez más incorporada en la exploración del aparato locomotor por ser una técnica simple, permitiendo:

- Obtener información objetiva sobre el rango de movimiento articular
- Tomar decisiones, modificar tratamientos
- Revelar resultados concretos para documentar el progreso
- Determinar la presencia de alguna disfunción
- Establecer un diagnóstico biomecánico

Instrumentos

Goniómetro

Instrumento de medición que es utilizado para trazar y medir ángulos. Está formado por dos brazos articulados que se unen en el centro de un semicírculo graduado. Existen diferentes convenciones en la medición que se mencionan a continuación (Figura B.3).

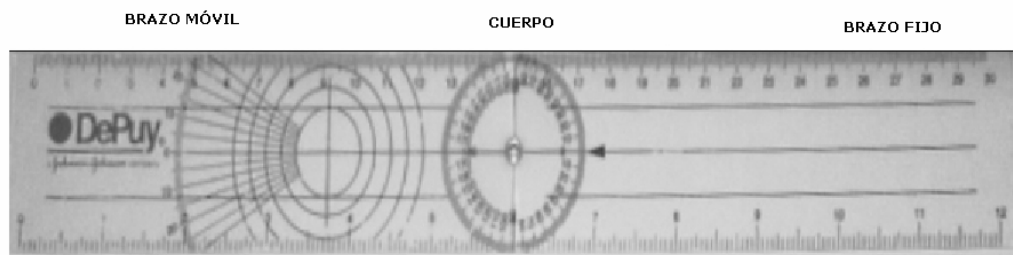


Figura B.3 Goniómetro

Características:

- ❑ Resolución Excelente
- ❑ Rango 0- 180 °; en longitud 30 [cm]
- ❑ Marca DePuy

² Idem



Tipos de Goniómetro

- Goniómetros de brazos
- De plomada
- De Desviación Magnética
- Electrónicos

Técnica en General

Consiste en ubicar los brazos del goniómetro sobre el eje medio de los huesos o la articulación a explorar, localizando el centro del goniómetro sobre el eje de flexión

articular, el cual se determina después de realizar suaves movimientos de flexión, extensión.

Procedimientos de Goniometría

- a. Coloque el empalme en la posición cero y estabilice (punto de referencia)
- b. Mueva el empalme al extremo de la gama del movimiento (determinar la calidad del movimiento)
- c. Determínese los extremos del segmento a medir
- d. Identifique las articulaciones interfalángicas
- e. Alinee el goniómetro con las articulaciones interfalángicas y coloque el eje fijo como se indica y en la posición pedida, así también el eje móvil colóquelo paralelo al segmento a medir
- f. Lea el goniómetro
- g. Registre la medida

Principios de Aplicación de la Goniometría

- El goniómetro se coloca el plano del movimiento o en un plano paralelo
- Respecto a puntos de referencia son idénticos en las posiciones extremas
- El goniómetro no debe seguir el movimiento (solo la barra móvil)
- El centro del goniómetro colocado frente al eje articular



Tipos de apreciación angular

■ Directa

En la posición inicial el goniómetro marca 0° y a partir de ese punto se lleva al otro extremo del recorrido.

■ Indirecta

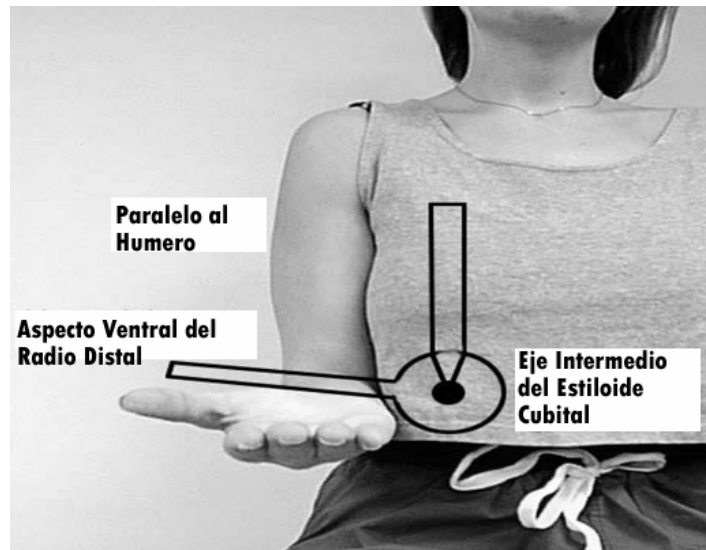
En la posición de partida el goniómetro marca un valor diferente de 0, lo que obligará a tenerlo en cuenta en el valor final.

Colocación

- ▶ Comience con la articulación en la posición cero (éste es el punto de referencia para la medida). Si la posición cero no puede ser alcanzada, esto debe ser documentada (no completa la gama del movimiento)
- ▶ Se determina el origen de la articulación, observe y revise que no interfiera con otra estructura (ejemplo un músculo).

Estabilización

La estabilización consiste en mover el punto de referencia al goniómetro respecto al miembro; o bien, si se puede mover el miembro para obtener la magnitud del movimiento del cual se tomara el ángulo. También influirá la superficie donde se apoya el miembro a medir.

SUPINACIÓN DEL ANTEBRAZO

 Figura B.4¹⁴

Posición de la Prueba	Gama Normal
<ul style="list-style-type: none"> • La posición que adopta el paciente será sentado o de pie • Hombro neutro • Estabilice el brazo • El codo en flexión de 90° • El antebrazo se coloca en supinación 	<ul style="list-style-type: none"> • 80° (Asociación Médica Americana)
Alineación del Goniómetro	Sensación
<ul style="list-style-type: none"> • El eje se coloca en el plano dorsal del tercer metacarpiano • El brazo fijo del goniómetro se coloca a la mitad del dorso del tercer metacarpiano • El brazo móvil se coloca al finalizar el movimiento sobre el dorso del tercer metacarpiano • Se registra la medida 	<ul style="list-style-type: none"> • Se palpan el dorso del tercer metacarpiano

¹⁴ <http://academic.uofs.edu/faculty/KOSMAHLE1/courses/PT350/goniomet/gonintro.htm>

PRONACIÓN DEL ANTEBRAZO

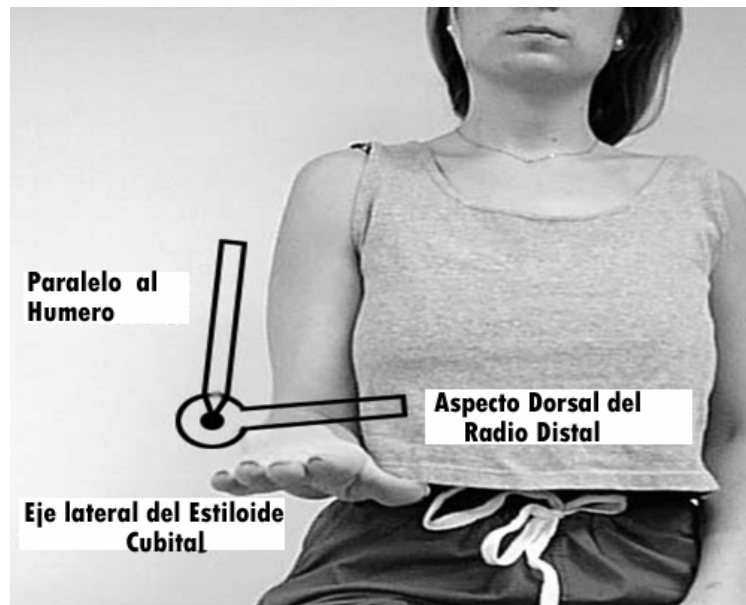
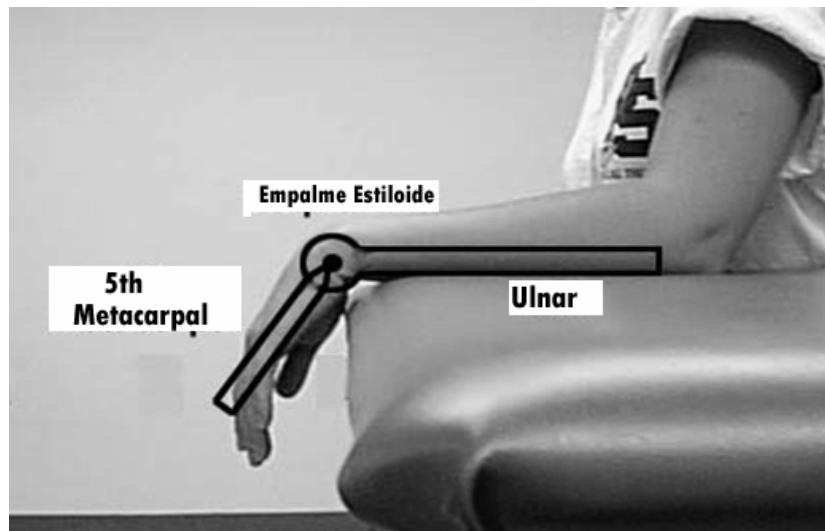


Figura B.5¹⁵

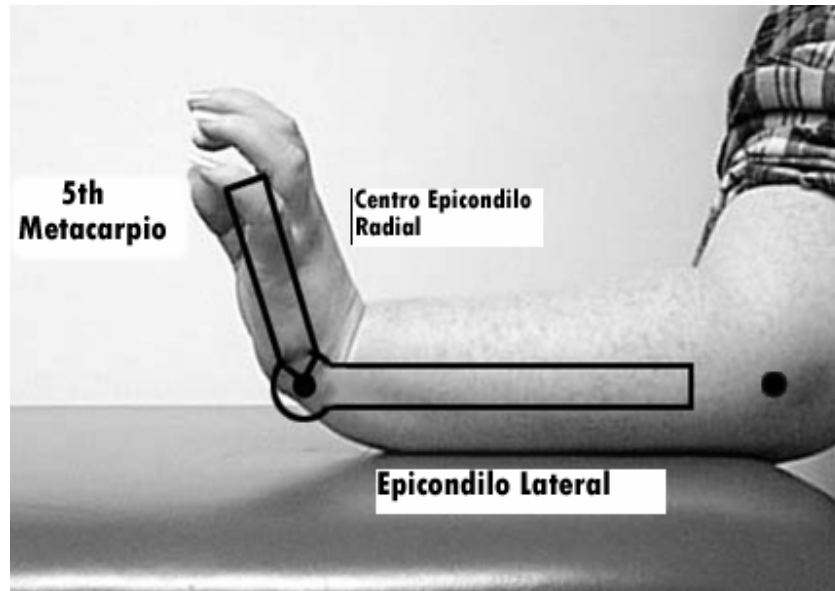
Posición de la Prueba	Gama Normal
<ul style="list-style-type: none"> • El paciente adopta la posición sentada o de pie • El hombro neutro • El codo en flexión de 90° • Estabilizar el brazo • El antebrazo se coloca paralelo al plano sagital • La mano en posición neutra, flexión máxima 	<ul style="list-style-type: none"> • 75° + o - 5.3° (Academia Americana de Cirujanos Ortopédicos) • 80° (Asociación Médica Americana)
Alineación del Goniómetro	Sensación
<ul style="list-style-type: none"> • Eje se coloca en el plano dorsal del tercer metacarpiano • El brazo fijo del goniómetro se coloca a la mitad del dorso del tercer metacarpiano • El brazo móvil se colocara al finalizar el movimiento sobre el dorso del tercer metacarpiano • Se registra la medida 	<ul style="list-style-type: none"> • Se palpan el dorso del tercer metacarpiano

¹⁵ Idem

FLEXIÓN DE LA MUÑECA*Figura B.6¹⁶*

Posición de la Prueba	Gama Normal
<ul style="list-style-type: none">• El paciente estará sentado• El antebrazo se estabiliza (en una superficie firme) dejando libre la articulación de la muñeca• Muñeca en flexión (dedos relajados)	<ul style="list-style-type: none">• $75^{\circ} \pm 6.6^{\circ}$ (Academia Americana de Cirujanos Ortopédicos)
Alineación del Goniómetro	Sensación
<ul style="list-style-type: none">• Eje - muñeca lateral• El brazo fijo del goniómetro se coloca en la cara lateral del cúbito• El brazo móvil se coloca en la cara lateral del quinto metacarpiano• El eje se coloca en la región lateral del metacarpiano	<ul style="list-style-type: none">• Se palpa la articulación del estiloide

¹⁶ Ibidem

EXTENSIÓN DE LA MUÑECA

Figura B.7¹⁷

Posición de la Prueba	Gama Normal
<ul style="list-style-type: none"> • El paciente estará sentado • El antebrazo es estabilizado en una superficie firme y dejando libre la articulación de la muñeca • La muñeca realiza la extensión (dedos relajados) 	<ul style="list-style-type: none"> • 60° (Asociación Médica Americana)
Alineación del Goniómetro	Sensación
<ul style="list-style-type: none"> • El eje se coloca en la parte lateral de la muñeca (borde radial) del carpo • El brazo fijo del goniómetro se coloca en la cara lateral del cúbito • El brazo móvil se coloca en la cara lateral del quinto metacarpiano 	<ul style="list-style-type: none"> • Se palpa la articulación del estiloide

DESVIACIÓN DE LA PARTE RADIAL DE LA MUÑECA (ABDUCCIÓN)

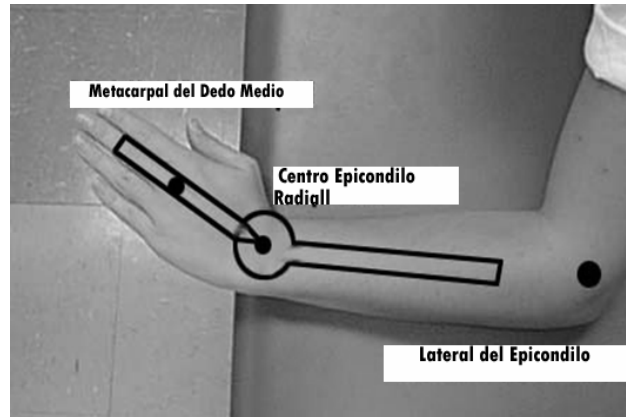


Figura B.8¹⁸

Posición de la Prueba	Gama Normal
<ul style="list-style-type: none"> • El paciente estará sentado • Codo flexionado • Antebrazo en posición intermedia entre la pronación y la supinación • El antebrazo si se desea puede descansar en una superficie libre pero bajo la mano no debe haber soporte • Estabilice el antebrazo para prevenir la pronación o la supinación 	<ul style="list-style-type: none"> • $21^{\circ} \pm 4^{\circ}$ (Academia Americana de Cirujanos Ortopédicos)
Alineación del Goniómetro	Sensación
<ul style="list-style-type: none"> • El eje en el punto medio de la articulación de la muñeca • El brazo fijo del goniómetro se coloca en la cara dorsal del antebrazo entre el radio y el cubito en dirección al húmero • El brazo móvil se coloca a lo largo de la cara palmar del tercer metacarpiano hacia la articulación metacarpofalángica del tercer dedo 	<ul style="list-style-type: none"> • Se palpa el centro del empalme epicóndilo radial

¹⁸ Ibidem

DESVIACIÓN CUBITAL DE LA MUÑECA (ADUCCIÓN)

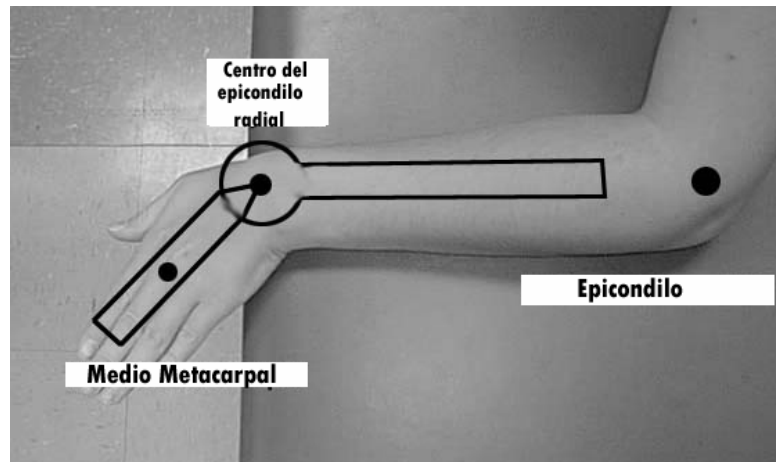


Figura B.9¹⁹

Posición de la Prueba	
<ul style="list-style-type: none">• El paciente estará sentado• Antebrazo en posición neutra• El antebrazo puede descansar sobre una camilla, pero bajo la mano no debe haber soporte• Estabilice el antebrazo para prevenir la pronación o la supinación	
Alineación del Goniómetro	Sensación
<ul style="list-style-type: none">• Se alinea el eje en el punto medio de la articulación de la muñeca• El brazo fijo del goniómetro se coloca en la cara posterior del antebrazo entre el radio y el cubito• El brazo móvil se coloca a lo largo de la cara dorsal del tercer metacarpiano hacia la articulación metacarpofalángica del tercer dedo	<ul style="list-style-type: none">• Se palpa el centro de la articulación del epicóndilo y del radio

FLEXIÓN COMÚN METACARPOFALÁNGICA

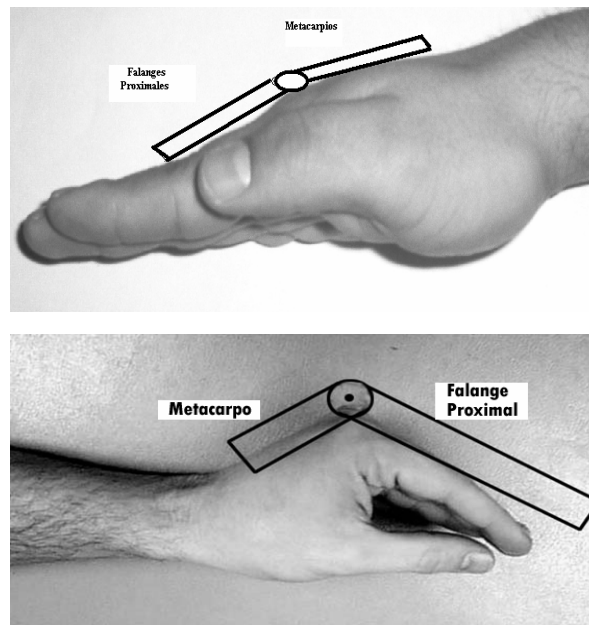
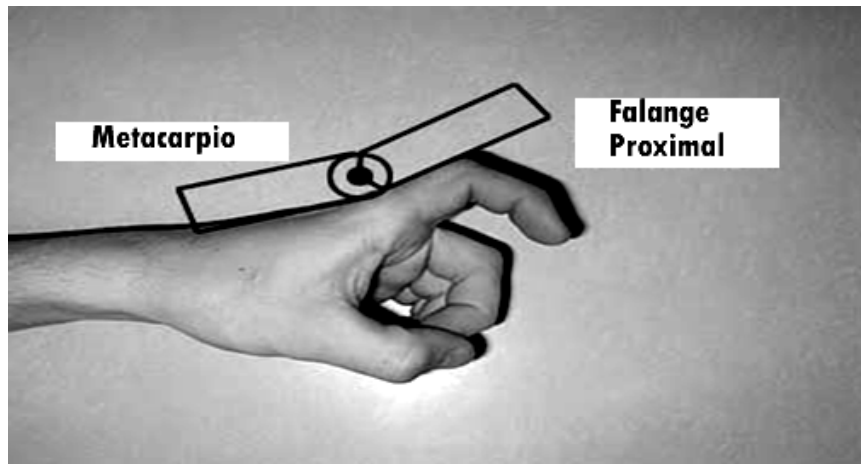


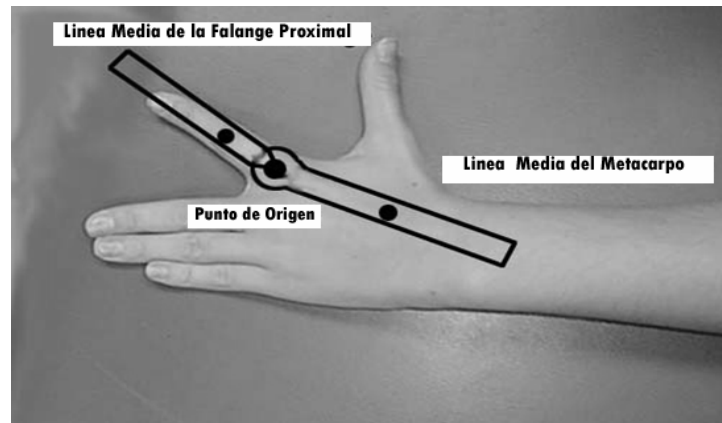
Figura B.10²⁰

Posición de la Prueba	
<ul style="list-style-type: none"> El sujeto estará sentado Antebrazo estabilizado en una superficie rígida Muñeca y empalmes interfalángicos relajados Antebrazo en posición neutra Se estabiliza metacarpo para prevenir el movimiento 	
Alineación del Goniómetro	Sensación
<ul style="list-style-type: none"> El eje del goniómetro se sitúa sobre la articulación El brazo fijo del goniómetro se coloca en la cara dorsal del metacarpiano de la articulación en estudio El brazo móvil se coloca en la cara dorsal de la primera falange de la articulación en estudio 	<ul style="list-style-type: none"> Palpación de las articulaciones metacarpofalángicas

²⁰ Ibidem

EXTENSIÓN COMÚN METACARPOFALÁNGICA*Figura B.11²¹*

Posición de la Prueba	
<ul style="list-style-type: none">• El sujeto estará sentado• Antebrazo estabilizado (en la una superficie rígida)• Muñeca y empalmes interfalángicos relajados a 0°• Antebrazo en posición neutra• Se estabiliza el carpo para prevenir el movimiento	
Alineación del Goniómetro	Sensación
<ul style="list-style-type: none">• El eje del goniómetro se coloca sobre la articulación• El brazo fijo del goniómetro se coloca en la cara dorsal del metacarpiano de la articulación en estudio• El brazo móvil se coloca en la cara dorsal de la primera falange de la articulación en estudio	<ul style="list-style-type: none">• Palpación de las articulaciones interfalángicas (metacarpiano y falange proximal)

ABDUCCIÓN COMÚN METACARPOFALÁNGICA*Figura B.12²²***Posición de la Prueba**

- El sujeto se encuentra sentado
- Codo flexionado
- La muñeca con la palma hacia abajo
- Se estabiliza el metacarpiano para prevenir el movimiento

Observaciones: Al realizar las mediciones de la abducción y aducción de las articulaciones metacarpofalángicas hay que tratar de evitar la flexión o extensión de los dedos.

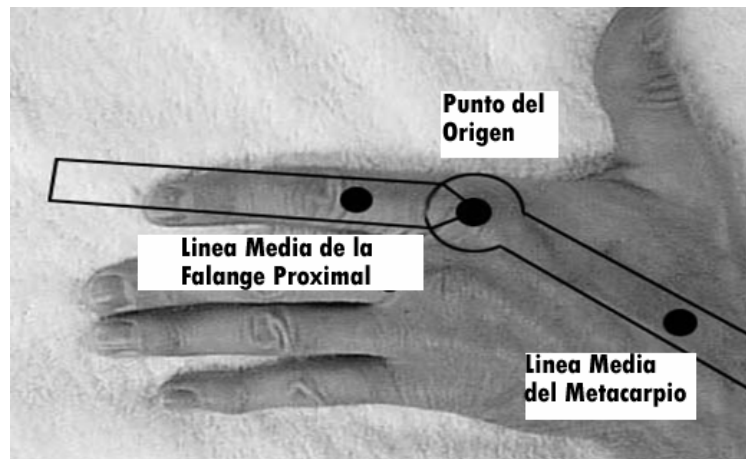
Alineación del Goniómetro

- El eje se coloca sobre la articulación metacarpofalángica dorsal
- El brazo fijo del goniómetro se coloca en la cara dorsal del metacarpo sobre la articulación
- El brazo móvil se coloca en la cara dorsal de la primera falange proximal de la articulación en estudio

Sensación

- Palpación de las articulaciones metacarpofalángicas

²² Ibidem

ADUCCIÓN COMÚN DE METACARPOFALANGICA*Figura B.13²³***Posición de la Prueba**

- El sujeto se encuentra sentado
- Codo flexionado
- Muñeca con la palma hacia abajo
- Se estabiliza el metacarpo para prevenir el movimiento

Observaciones: Al realizar las mediciones de la abducción y aducción de las articulaciones metacarpofalángicas hay que evitar la flexión o extensión de los dedos.

Alineación Del Goniómetro

- El eje se coloca sobre la articulación metacarpofalángica dorsal
- El brazo fijo en el goniómetro se coloca en la cara dorsal del metacarpiano de la articulación a evaluar
- El brazo móvil se coloca en la cara dorsal de la primera falange proximal de la articulación en estudio

Sensación

- Palpación de la articulación metacarpofalángica

FLEXIÓN COMÚN INTERFALÁNGICAS PROXIMALES

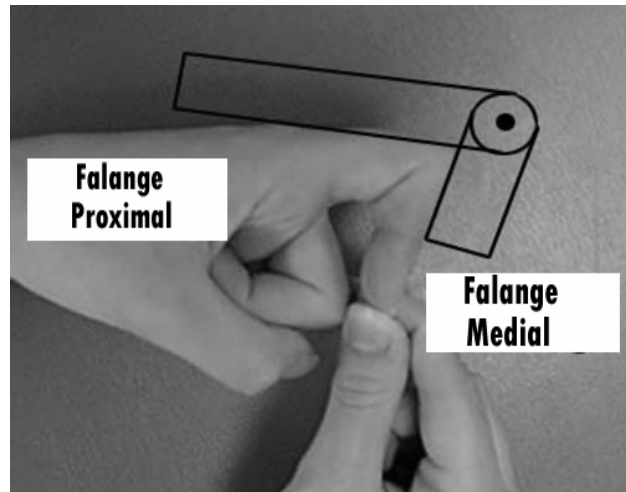
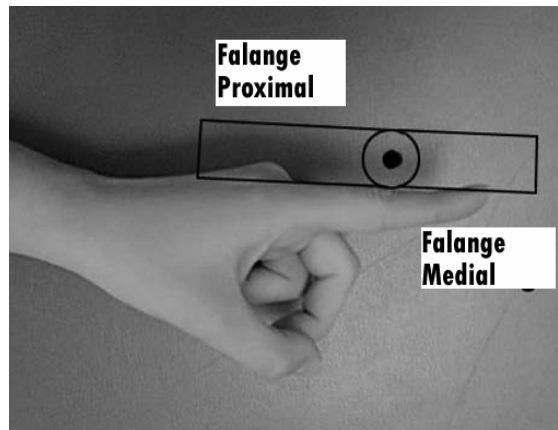


Figura B.14²⁴

Posición de la Prueba	
<ul style="list-style-type: none"> El sujeto se encuentra sentado Antebrazo estabilizado Codo flexionado Muñeca, metacarpos y empalmes (articulación) interfalángicos a 0° Se estabiliza el hueso próximo para prevenir el movimiento 	
Alineación del Goniómetro	Sensación
<ul style="list-style-type: none"> El eje se coloca sobre la articulación interfalángica proximal en la cara dorsal El brazo fijo del goniómetro se coloca sobre la cara dorsal de la falange proximal de la articulación en estudio El brazo móvil se coloca en la cara dorsal de la segunda falange de la articulación en estudio 	<ul style="list-style-type: none"> Palpación de las articulaciones interfalángicas mediales

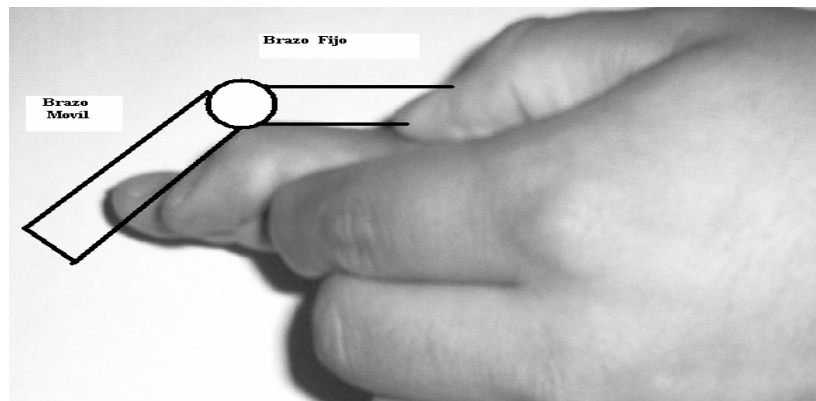
Nota: Se muestra la técnica para la flexión común interfalángica proximal del índice y la técnica para el resto de las articulaciones interfalángicas es similar. Alinee simplemente el goniómetro sobre la cara dorsal de los huesos comunes proximales y mediales para el empalme que desea medir.

²⁴ Ibidem

EXTENSIÓN COMÚN INTERFALÁNGICA*Figura B.15²⁵*

Posición de la Prueba	
<ul style="list-style-type: none">• La posición que adopta el sujeto será sentado• Codo flexionado con muñeca a 0°• Las articulaciones metacarpos y las articulaciones interfalángicas no examinadas deberán estar relajadas• Estabilice el hueso próximo para prevenir el movimiento	
Alineación del Goniómetro	Sensación
<ul style="list-style-type: none">• El eje sobre la cara dorsal de la articulación• El brazo fijo del goniómetro se coloca en la cara dorsal de la falange medial de la articulación en estudio• El brazo móvil en la cara dorsal de la falange distal de la articulación en estudio	<ul style="list-style-type: none">• Palpación de la articulación interfalángica

Nota: Se muestra la técnica para la extensión común interfalángica proximal del índice y la técnica para el resto de los empalmes interfalángicos es similar. Alinee simplemente el goniómetro sobre los huesos comunes medial y distal para el empalme que desea medir.

FLEXIÓN INTERFALÁNGICA DISTALES*Figura B.16*

Posición de la Prueba	Gama Normal
<ul style="list-style-type: none">• El sujeto se coloca sentado• Codo flexionado con muñeca a 0°• Las articulaciones interfalángicas no examinados deben estar relajadas• Se estabiliza el hueso medial para prevenir el movimiento	<ul style="list-style-type: none">• 0° - 80° (Academia Americana de Cirujanos Ortopédicos)
Alineación del Goniómetro	Sensación
<ul style="list-style-type: none">• El eje se coloca sobre la articulación interfalángica distal• El brazo fijo del goniómetro se coloca en la cara dorsal de la falange medial de la articulación en estudio• El brazo móvil se sitúa en la cara dorsal de la falange distal de la articulación en estudio• Se estabiliza el hueso medial para prevenir el movimiento	<ul style="list-style-type: none">• Se palpan las articulaciones interfalángicas distales

EXTENSION DE LAS ARTICULACIONES INTERFALÁNGICAS DISTALES

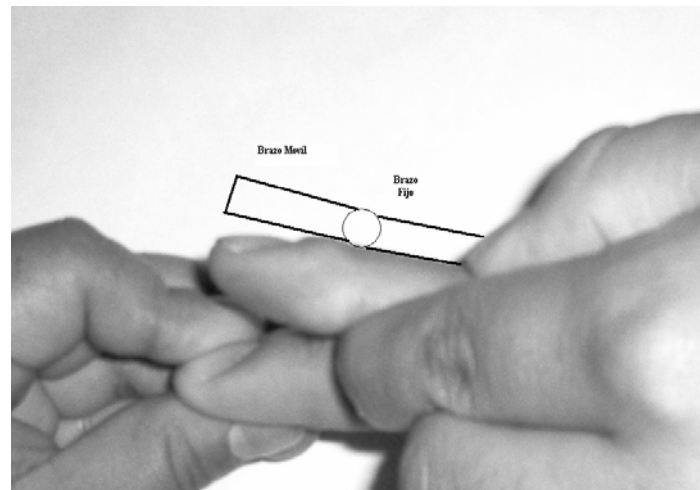


Figura B.17

Posición de la Prueba	Gama Normal
<ul style="list-style-type: none">• El sujeto se coloca sentado• Codo flexionado con muñeca a 0°• Las articulaciones interfalángicas distales no examinados se deban encontrar relajados• Estabilice el hueso próximo para prevenir el movimiento	<ul style="list-style-type: none">• 0° - 80° (Academia Americana de Cirujanos Ortopédicos)
Alineación Del Goniómetro	Sensación
<ul style="list-style-type: none">• El eje se coloca sobre la articulación• El brazo fijo del goniómetro se coloca en la cara dorsal de la primera falange medial• El brazo móvil en la cara dorsal de la segunda falange distal	<ul style="list-style-type: none">• Se palpan las articulaciones metacarpofalángicas distales

FLEXIÓN DEL PULGAR CARPOMETACARPAL

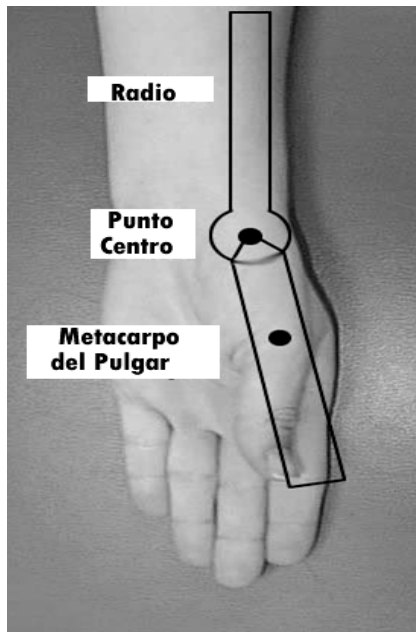


Figura B.18²⁶

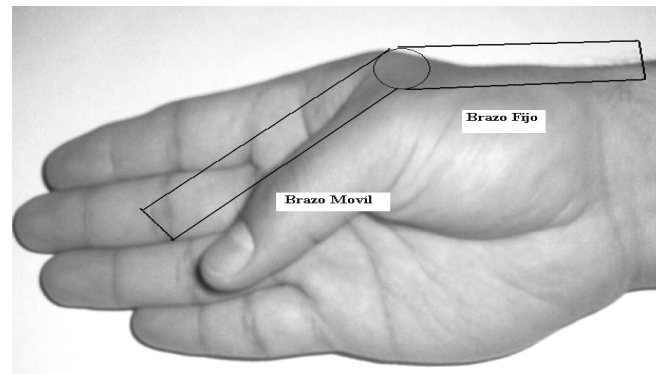


Figura B.19

Posición de la Prueba

- El sujeto se coloca sentado
- Muñeca a 0°
- Antebrazo en posición neutra
- Falanges estabilizadas para prevenir el movimiento de la muñeca

Alineación del Goniómetro

- El eje se coloca sobre la articulación (empalme carpometacarpal)
- El brazo fijo del goniómetro se coloca sobre la cara dorsal del primer metacarpiano, alineado con el radio
- El brazo móvil sobre la cara dorsal de la primera falange metacarpal

Sensación

- Palpación de las articulaciones metacarpofalángicas distales

²⁶ Ibidem

EXTENSIÓN COMÚN DEL PULGAR CARPOMETACARPAL

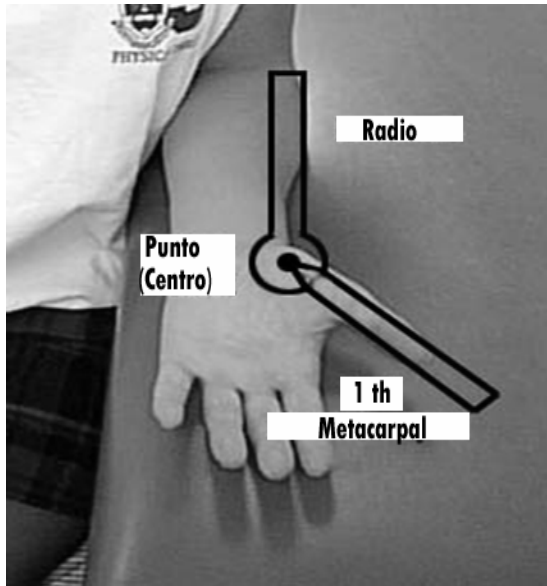


Figura B.20²⁷

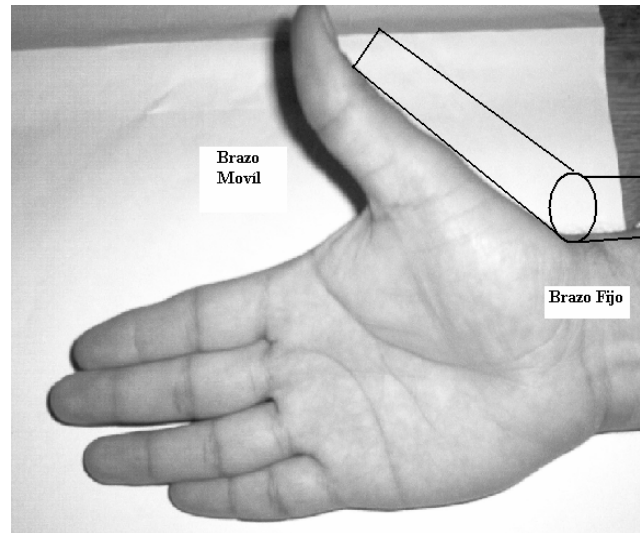


Figura B.21

Posición de la Prueba	
<ul style="list-style-type: none"> • El sujeto se coloca sentado • Muñeca y antebrazo 0° • Antebrazo en posición neutra • Estabilice para prevenir el movimiento de la muñeca 	
Alineación del Goniómetro	Sensación
<ul style="list-style-type: none"> • El eje se coloca sobre la articulación carpometacarpal • El brazo fijo del goniómetro se alinea con el radio sobre la cara dorsal del primer metacarpiano • El brazo móvil alineado con el metacarpal del pulgar sobre la cara dorsal de la primera falange del pulgar 	<ul style="list-style-type: none"> • Se palpan las articulaciones de metacarpal del pulgar

ABDUCCIÓN COMÚN DEL PULGAR CARPOMETACARPAL

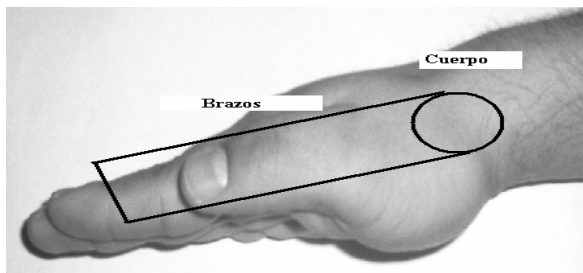


Figura B.22

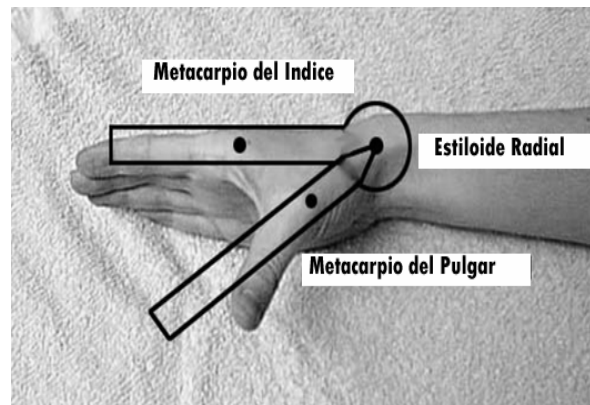
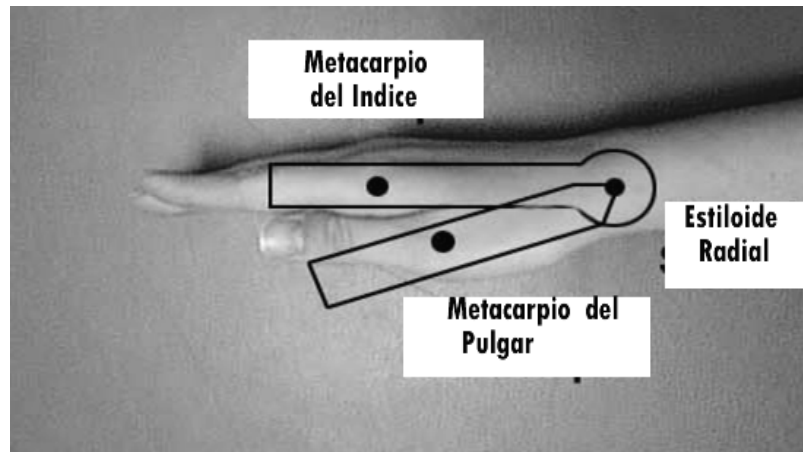


Figura B.23²⁸

Posición de la Prueba	
<ul style="list-style-type: none"> • El paciente sentado con antebrazo en posición neutra • El antebrazo estabilizado (sobre en una superficie rígida) • Carpos estabilizados para prevenir el movimiento 	
Alineación del Goniómetro	Sensación
<ul style="list-style-type: none"> • El eje del goniómetro en un punto cercano a la articulación carpometacarpal o el estiloide radial • El brazo fijo se coloca en la cara lateral del segundo metacarpiano del dedo del índice • El brazo móvil se coloca en la cara dorsal del primer metacarpiano al finalizar el movimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Palpación de la articulación metacarpal del pulgar

²⁸ Ibidem

ADUCCIÓN COMÚN DEL PULGAR CARPOMETACARPAL

 Figura B.24²⁹

Posición de la Prueba	
<ul style="list-style-type: none"> • El paciente se coloca sentado • Antebrazo en posición neutra • Antebrazo sobre en una superficie rígida para estabilizar • Carpos para prevenir el movimiento de la muñeca 	
Alineación del Goniómetro	Sensación
<ul style="list-style-type: none"> • El eje de goniómetro se coloca en un punto cercano a la articulación del estiloide • El brazo fijo se coloca en la cara lateral del segundo metacarpo (dedo índice) • El brazo móvil en la cara dorsal del primer metacarpiano al finalizar 	<ul style="list-style-type: none"> • Palpación de la articulación del estiloide

Nota: La aducción del pulgar es el movimiento contrario de la abducción del pulgar se mide después de que pasa por el eje neutro del movimiento.

²⁹ Ibidem
183

AMPLITUD ARTICULAR DE LA FLEXIÓN INTERFALÁNGICA DEL PULGAR

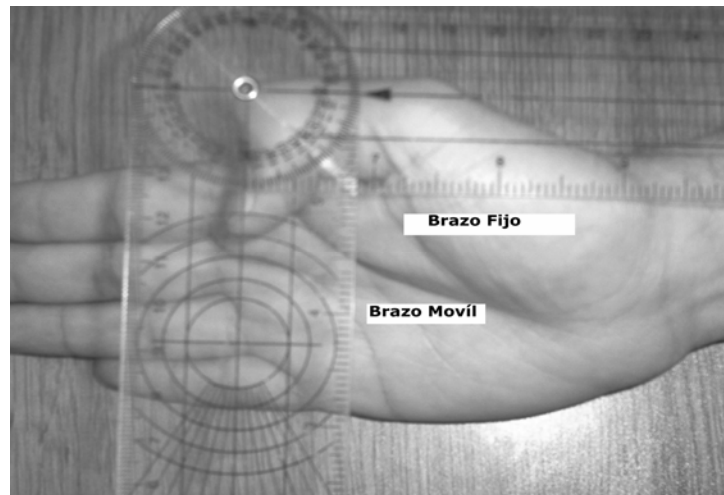


Figura B.25

Posición de la Prueba	Gama Normal
<ul style="list-style-type: none">• El sujeto se coloca sentado• Antebrazo en posición neutra y estabilizado• La muñeca y antebrazo a 0°• Carpos estabilizados para prevenir el movimiento de la muñeca	<ul style="list-style-type: none">• 0°-80° Galeno
Alineación del Goniómetro	Sensación
<ul style="list-style-type: none">• El eje del goniómetro sobre la articulación• El brazo fijo del goniómetro se coloca en la cara dorsal de la falange proximal del pulgar• El brazo móvil sobre la cara dorsal de la falange distal del dedo pulgar	<ul style="list-style-type: none">• Palpación de las articulaciones de la falange distal del dedo pulgar

EXTENSIÓN DE LA ARTICULACION INTERFALÁNGICA DEL PULGAR

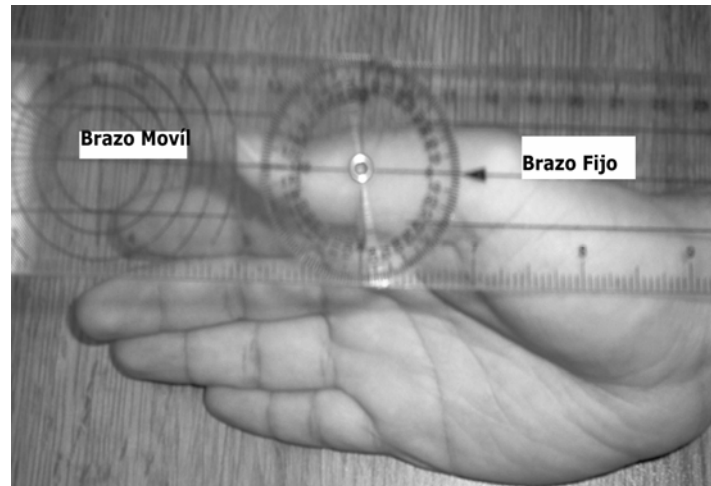


Figura B.26

Posición de la Prueba	
<ul style="list-style-type: none">• El sujeto se coloca sentado• Antebrazo en posición neutra estabilizado sobre una superficie rígida• Con la muñeca a 0°• Carpos estabilizados para prevenir el movimiento de la muñeca	
Alineación del Goniómetro	Sensación
<ul style="list-style-type: none">• El eje del goniómetro se coloca sobre la articulación• El brazo fijo del goniómetro se coloca en la cara ventral de la falange proximal del pulgar• El brazo móvil sobre la cara ventral de la falange medial	<ul style="list-style-type: none">• Palpación de la articulación de la falange distal del dedo pulgar

OPOSICIÓN COMÚN DEL PULGAR CARPOMETACARPAL



Figura B.27

Posición de la Prueba	Gama Normal
<ul style="list-style-type: none"> • El sujeto se coloca sentado • Codo flexionado • Antebrazo en posición neutra • Muñeca y dedos a 0° • Carpos estabilizados para prevenir el movimiento de la muñeca 	<ul style="list-style-type: none"> • Capaz de tocar la extremidad del pulgar a la base del quinto dedo (Academia Americana de Cirujanos Ortopédicos)
Alineación del Goniómetro	Sensación
<ul style="list-style-type: none"> • El eje se coloca sobre la articulación metacarpofalángica • El brazo fijo del goniómetro se coloca en la cara lateral del radio • El brazo móvil se coloca en la cara dorsal del metacarpo del pulgar <p>* Puede utilizar una regla para medir distancia entre la extremidad del pulgar y la base del quinto dedo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Palpación de la articulación metacarpofalángica del pulgar

Nota: La oposición del pulgar no se puede medir con un goniómetro. La academia americana de cirujanos ortopédicos sugiere que la gama de la oposición es normal cuando la extremidad del pulgar puede tocar la base del quinto dedo; Cuando la gama es adecuada, se puede utilizar una regla para medir la distancia entre la extremidad del pulgar y la base del quinto dedo.



ANEXO C
Manual de Dinamometría
Del Miembro Superior
(MANO)



DINAMOMETRÍA

El término dinamometría deriva del vocablo *dýnamis* (fuerza) y *metrón* (medida).

La dinamometría es un conjunto de técnicas para la medición, evaluación y comparación de la fuerza muscular valiéndose de el dinamómetro.

Instrumentos

Dinamómetro

Instrumento que permite medir la intensidad de una fuerza, mediante la deformación que produce a un cuerpo elástico y que se transmite sobre una escala graduada.

Dinamómetro Digital

Instrumento especializado que ha sido diseñado para medir la fuerza de la mano. La medida viene indicada por la aguja móvil del dinamómetro (Figura C.1).

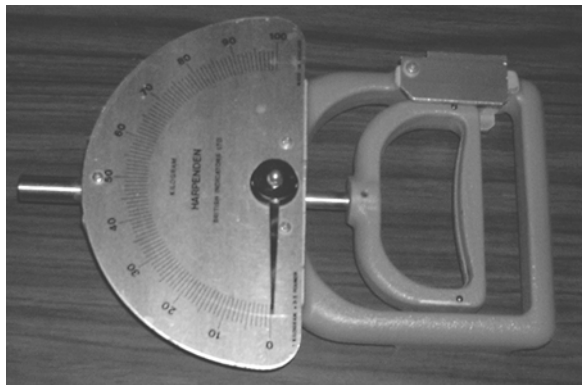


Figura C.1 Dinamómetro

Características

- ❑ Rango 0-100 [kg]
- ❑ Resolución 1 [kg]
- ❑ Peso 0.620 [kg]



Balanza

Instrumento cuya finalidad es conocer la fuerza aplicada por las personas para realizar una actividad específica (Figura C.2). Las balanzas tienen un platillo en el que se coloca el cuerpo a pesar y las pesas pueden colocarse a lo largo de una varilla unida al platillo. Dependiendo la masa del cuerpo que se desea conocer será el número de pesas colocadas.



Figura C.2 Balanza

Características

- Rango 0 – 10 [kg]
- Resolución 0.1 [kg]

Prensión Palmar



Figura C.4



*Figura C.5*³⁰

La Posición de la Prueba

- El sujeto se coloca en pie
- Los codos en flexión a 90°
- Codo estabilizado
- Muñeca sobre la balanza
- Aplicar presión

Balanza

- Se coloca en el plano paralelo a la muñeca
- Se observa que este calibrada en cero
- Cuando se esta ejerciendo presión se desliza la varilla
- La medida se registra

(Se procura que la presión no se ejerza desde el hombro)

³⁰ Ingeniería Industrial "Metodos Estandares de Diseño del Trabajo"; Benjamin W. Niebel y Andris. Edición 11th, Editorial Alfa Omega, México D.F. 2004

Prensión Digital



Figura C.6



Figura C.7³¹

La Posición de la Prueba

- El sujeto se coloca en pie o sentado
- Los codos en flexión
- Muñeca aproximada a la bascula
- Dedo en estudio rígido

Balanza

- Se coloca en el plano paralelo a la muñeca
- Se observa que este calibrada en cero
- Cuando se esta ejerciendo presión se desliza sobre la varilla
- La medida se registra

(Se procura que la presión no se ejerza desde el hombro)

³¹ Idem

Prensión Digital

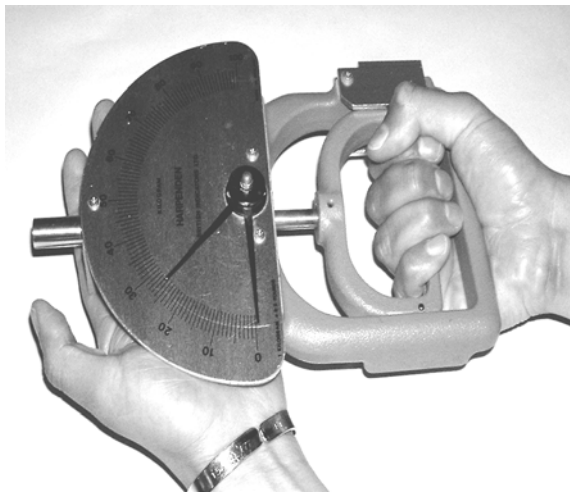


Figura C.8



Figura C.9³²

La Posición de la Prueba

- El sujeto se coloca en pie o sentado
- Los codos en flexión a 90°
- Se deslizan los dedos hasta tocar la barra de metal
- Se pone en posición de empuñamiento
- Se ejerce la prensión máxima

Dinamómetro Manual

- Se observa que este calibrada en cero
- Se coloca en la palma de la muñeca contraria para darle estabilidad y soporte
- La medida se registra

³² Ibidem

Prensión de Pinza de tres dedos (Pulgar – Índice – Medio)

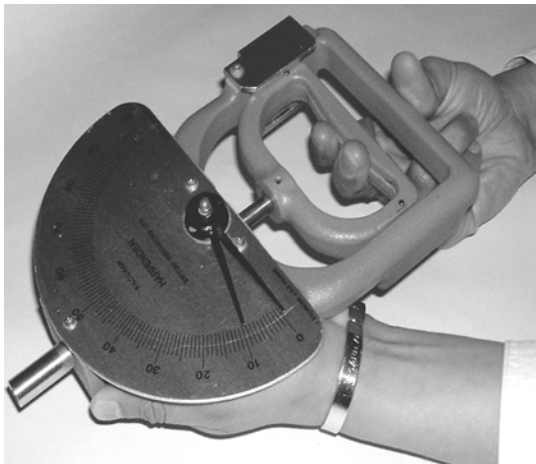


Figura C.10

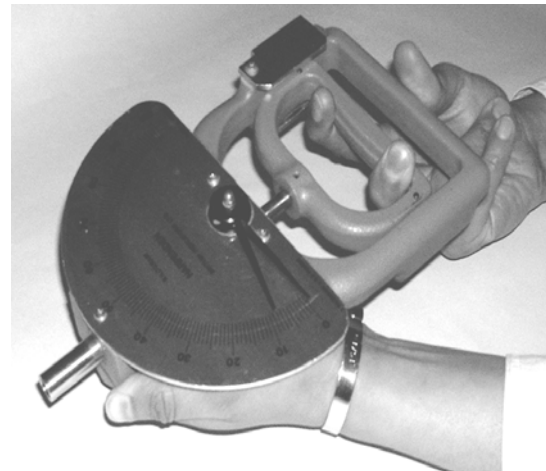


Figura C.11

La Posición de la Prueba

- El sujeto se coloca en pie o sentado
- Los codos en flexión a 90°
- Se deslizan los dedos hasta tocar la barra de metal
- Se colocan dedo índice y dedo medio en la parte superior de la barra
- El dedo pulgar se coloca sobre el soporte del dinamómetro
- Prensión máxima de los tres dedos
- Después de registrar la medida se separan los dedos índice y medio en los extremos de la barra y se ejerce nuevamente la fuerza

Dinamómetro Manual

- Se observa que este calibrada en cero
- Se coloca en la palma de la muñeca contraria para darle estabilidad y soporte
- La medida se registra

Prensión de Pinza

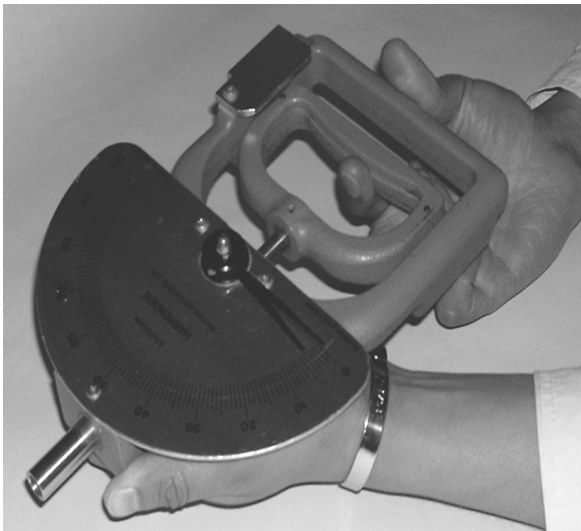


Figura C.12



Figura C.13³³

La Posición de la Prueba

- El sujeto se coloca en pie o sentado
- Los codos en flexión a 90°
- Se deslizan los dedos hasta tocar la barra de metal
- Se coloca el dedo examinado sobre la barra
- El dedo pulgar se coloca sobre el soporte del dinamómetro
- Prensión máxima de los dedos

Alineación del Vernier

- Se observa que este calibrada en cero
- Se coloca en la palma de la muñeca contraria para darle estabilidad y soporte
- La medida se registra

³³ Ibidem



Cédula Dinamométrica			
		Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería	
Datos Generales			No de Cédula
Nombre del Proyecto	"Diseño, fabricación y pruebas de un prototipo de prótesis inteligente de miembro superior".		Fecha
Nombre del Aplicador			
Nombre del Anotador			
Datos del Usuario			
Nombre			
Sexo			
Edad			
Fecha de Nacimiento			

Número	Dimensiones Corporales a Registrar	Fuerza [Kg]
1	Agarre	
2	Pinza Pulgar Índice	
3	Pinza Pulgar Medio	
4	Pinza Pulgar Anular	
5	Pinza Pulgar Meñique	
6	Prensión fina 3d PIM cerrado	
7	Prensión fina 3d PIM abierto	
8	Prensión Palmar	
9	Prensión Pulgar	
10	Prensión Índice	
11	Prensión Medio	
12	Prensión Anular	
13	Prensión Meñique	



ANEXO D
Resultados de Antropometría
del Miembro Superior
(ANTEBRAZO Y MANO)



En el presente anexo se muestran los resultados generados de las mediciones antropométricas (metodología utilizada para las mediciones se puede encontrar en el ANEXO A) realizadas a 25 personas.

Las tablas mostradas en los siguientes Anexos (D, E y F) contienen estadísticas con el fin de tener un panorama más amplio de las mediciones y adicionalmente para algunas medidas se cuenta con datos bibliográficos.

Resultados de las Medidas Antropométricas del Antebrazo y Mano

Magnitud del Codo a la Muñeca	[cm]	Anchura del Codo	[cm]
Mínimo	21.869	Mínimo	5.152
Media	25.839	Media	5.971
Máximo	30.370	Máximo	6.610
Percentil 5	22.250	Percentil 5	5.190
Percentil 50	25.690	Percentil 50	5.890
Percentil 95	29.710	Percentil 95	6.600
Desviación estándar	2.216	Desviación estándar	0.413
Varianza de la muestra	4.911	Varianza de la muestra	0.171

Circunferencia del Antebrazo	[cm]	Circunferencia de la Muñeca	[cm]
Mínimo	21.800	Mínimo	14.000
Media	26.041	Media	15.860
Máximo	35.400	Máximo	19.500
Percentil 5	22.200	Percentil 5	14.350
Percentil 50	26.00	Percentil 50	15.700
Percentil 95	31.45	Percentil 95	18.600
Desviación estándar	3.055	Desviación estándar	1.340
Varianza de la muestra	9.335	Varianza de la muestra	1.800



Longitud de la Mano	[cm]	Longitud Palmar	[cm]
Mínimo	13.980	Mínimo	9.070
Media	17.670	Media	11.500
Máximo	20.330	Máximo	19.780
Percentil 5	15.220	Percentil 5	9.300
Percentil 50	17.540	Percentil 50	10.610
Percentil 95	19.860	Percentil 95	19.310
Desviación estándar	1.500	Desviación estándar	2.990
Varianza de la muestra	2.250	Varianza de la muestra	8.950

Longitud de los Dedos	[cm]	Anchura Palmar	[cm]
Mínimo	7.319	Mínimo	6.180
Media	9.308	Media	7.490
Máximo	11.560	Máximo	8.770
Percentil 5	8.550	Percentil 5	6.410
Percentil 50	9.120	Percentil 50	7.510
Percentil 95	10.920	Percentil 95	8.520
Dato Bibliográficos	8.7	Dato Bibliográficos	S/R
Desviación estándar	.855	Desviación estándar	0.690
Varianza de la muestra	.732	Varianza de la muestra	0.470

Anchura de la Mano	[cm]	Proximal I Dedo Pulgar	[cm]
Mínimo	7.810	Mínimo	3.150
Media	9.200	Media	3.770
Máximo	11.190	Máximo	5.130
Percentil 5	8.040	Percentil 5	3.220
Percentil 50	9.240	Percentil 50	3.740
Percentil 95	10.680	Percentil 95	4.400
Dato bibliográfico	9.76	Dato bibliográfico	S/R
Desviación estándar	0.840	Desviación estándar	0.410
Varianza de la muestra	0.700	Varianza de la muestra	0.170



Proximal II Dedo Índice	[cm]	Proximal III Dedo Medio	[cm]
Mínimo	4.080	Mínimo	3.880
Media	4.970	Media	5.460
Máximo	6.020	Máximo	6.560
Percentil 5	4.140	Percentil 50	4.440
Percentil 50	5.020	Percentil 50	5.490
Percentil 95	5.800	Percentil 95	6.480
Desviación estándar	0.520	Desviación estándar	0.600
Varianza de la muestra	0.270	Varianza de la muestra	0.360

Proximal IV Dedo Anular	[cm]	Proximal V Dedo meñique	[cm]
Mínimo	4.010	Mínimo	3.120
Media	4.920	Media	4.010
Máximo	6.230	Máximo	5.210
Percentil 5	4.370	Percentil 5	3.370
Percentil 50	4.920	Percentil 50	3.980
Percentil 95	5.770	Percentil 95	4.970
Desviación estándar	0.500	Desviación estándar	0.500
Varianza de la muestra	0.250	Varianza de la muestra	0.250

Medial II Dedo Índice	[cm]	Medial III Dedo Medio	[cm]
Mínimo	2.630	Mínimo	2.650
Media	2.990	Media	3.400
Máximo	3.490	Máximo	4.180
Percentil 5	2.660	Percentil 5	2.920
Percentil 50	3.000	Percentil 50	3.400
Percentil 95	3.370	Percentil 95	3.960
Desviación estándar	0.0075	Desviación estándar	0.0089
Varianza de la muestra	0.0001	Varianza de la muestra	0.0001



Medial IV Dedo Anular	[cm]	Medial V Dedo Meñique	[cm]
Mínimo	2.810	Mínimo	1.510
Media	3.210	Media	2.500
Máximo	3.970	Máximo	3.510
Percentil 5	2.840	Percentil 5	1.840
Percentil 50	3.190	Percentil 50	2.470
Percentil 95	3.640	Percentil 95	3.380
Desviación estándar	0.290	Desviación estándar	0.460
Varianza de la muestra	0.080	Varianza de la muestra	0.210

Distal I Dedo Pulgar	[cm]	Distal II Dedo Índice	[cm]
Mínimo	1.800	Mínimo	1.800
Media	2.210	Media	2.210
Máximo	2.800	Máximo	2.800
Percentil 5	2.410	Percentil 5	1.860
Percentil 50	3.050	Percentil 50	2.190
Percentil 95	3.380	Percentil 95	2.600
Desviación estándar	0.250	Desviación estándar	0.250
Varianza de la muestra	0.060	Varianza de la muestra	0.060

Distal III Dedo Medio	[cm]	Distal IV Dedo Anular	[cm]
Mínimo	1.860	Mínimo	1.590
Media	2.350	Media	2.240
Máximo	3.200	Máximo	2.880
Percentil 5	2.010	Percentil 5	1.760
Percentil 50	2.320	Percentil 50	2.260
Percentil 95	2.850	Percentil 95	2.780
Desviación estándar	0.280	Desviación estándar	0.330
Varianza de la muestra	0.080	Varianza de la muestra	0.110



Distal V Dedo Meñique	[cm]
Mínimo	1.330
Media	2.020
Máximo	2.610
Percentil 5	1.650
Percentil 50	2.020
Percentil 95	2.490
Desviación estándar	0.270
Varianza de la muestra	0.070



ANEXO E
Resultados de Goniometría
del Miembro Superior
(MANO)



En el presente anexo se muestran los resultados generados de las mediciones goniométricas (metodología utilizada para las mediciones se puede encontrar en el ANEXO B) de los movimientos más comunes.

Resultados de las Medidas Goniométricas de la Mano

Supinación del Antebrazo	Grados [°]	Pronación del Antebrazo	Grados [°]
Mínimo	48.000	Mínimo	50.000
Media	76.690	Media	76.551
Máximo	92.000	Máximo	88.000
Percentil 5	50.000	Percentil 5	56.400
Percentil 50	80.000	Percentil 50	80.000
Percentil 95	89.200	Percentil 95	88.000
Dato Bibliográfico	80.000	Dato Bibliográfico	75.000
Desviación estándar	12.051	Desviación estándar	10.662
Varianza de la muestra	145.222	Varianza de la muestra	113.685

Flexión de la Muñeca	Grados [°]	Extensión de la Muñeca	Grados [°]
Mínimo	26.000	Mínimo	36.000
Media	72.966	Media	63.310
Máximo	94.000	Máximo	96.000
Percentil 5	48.800	Percentil 5	36.800
Percentil 50	76.000	Percentil 50	64.000
Percentil 95	94.000	Percentil 95	79.200
Dato Bibliográfico	75.000	Dato Bibliográfico	60.000
Desviación estándar	16.984	Desviación estándar	13.588
Varianza de la muestra	288.463	Varianza de la muestra	184.650



Desviación de la parte Radial de la Muñeca (Abducción)	Grados [°]	Desviación Cubital de la Muñeca (Aducción).	Grados [°]
Mínimo	10.000	Mínimo	22.000
Media	26.965	Media	44.621
Máximo	50.000	Máximo	68.000
Percentil 5	14.800	Percentil 5	23.600
Percentil 50	24.000	Percentil 50	44.000
Percentil 95	47.200	Percentil 95	65.200
Dato Bibliográfico	25.000	Dato Bibliográfico	38.800
Desviación estándar	10.469	Desviación estándar	12.131
Varianza de la muestra	109.605	Varianza de la muestra	147.172

Flexión Común Metacarpofalángica (Proximal I-IV)	Grados [°]	Flexión Metacarpofalángica Proximal I Dedo Pulgar	Grados [°]
Mínimo	40.000	Mínimo	10.000
Media	76.344	Media	47.586
Máximo	98.000	Máximo	96.000
Percentil 5	42.400	Percentil 5	24.000
Percentil 50	82.000	Percentil 50	46.000
Percentil 95	96.400	Percentil 95	72.400
Desviación estándar	16.389	Desviación estándar	17.843
Varianza de la muestra	268.591	Varianza de la muestra	318.39

Flexión Metacarpofalángica Proximal II Dedo Índice	Grados [°]	Flexión Metacarpofalángica Proximal III Dedo Medio	Grados [°]
Mínimo	24.000	Mínimo	30.000
Media	69.724	Media	69.103
Máximo	96.000	Máximo	100.000
Percentil 5	37.200	Percentil 5	47.600
Percentil 50	70.000	Percentil 50	70.000
Percentil 95	93.600	Percentil 95	94.400
Desviación estándar	17.018	Desviación estándar	16.763
Varianza de la muestra	289.635	Varianza de la muestra	281.024



Flexión Metacarpofalángica Proximal IV Dedo Anular	Grados [°]	Flexión Metacarpofalángica Proximal V Dedo Meñique	Grados [°]
Mínimo	18.000	Mínimo	40.000
Media	68.620	Media	71.931
Máximo	98.000	Máximo	104.000
Percentil 5	41.600	Percentil 5	40.800
Percentil 50	72.000	Percentil 50	76.000
Percentil 95	92.800	Percentil 95	98.400
Desviación estándar	18.754	Desviación estándar	18.466
Varianza de la muestra	351.743	Varianza de la muestra	340.995

Extensión Común de Metacarpofalángica (Proximal I-IV)	Grados [°]	Extensión Metacarpofalángica Proximal I Dedo Pulgar	Grados [°]
Mínimo	18.000	Mínimo	8.000
Media	32.896	Media	33.010
Máximo	54.000	Máximo	48.000
Percentil 5	20.000	Percentil 5	15.600
Percentil 50	32.000	Percentil 50	36.000
Percentil 95	47.200	Percentil 95	47.200
Desviación estándar	9.465	Desviación estándar	10.382
Varianza de la muestra	89.596	Varianza de la muestra	107.793

Extensión Metacarpofalángica Proximal II Dedo Índice	Grados [°]	Extensión Metacarpofalángica Proximal III Dedo Medio	Grados [°]
Mínimo	10.000	Mínimo	10.000
Media	29.379	Media	31.310
Máximo	50.000	Máximo	54.000
Percentil 5	15.600	Percentil 5	16.000
Percentil 50	30.000	Percentil 50	30.000
Percentil 95	40.000	Percentil 95	44.400
Desviación estándar	8.897	Desviación estándar	9.874
Varianza de la muestra	79.172	Varianza de la muestra	97.507



Extensión Metacarpofalángica Proximal IV Dedo Anular	Grados [°]	Extensión Metacarpofalángica Proximal V Dedo Meñique	Grados [°]
Mínimo	8.000	Mínimo	12.000
Media	30.551	Media	35.793
Máximo	52.000	Máximo	60.000
Percentil 5	14.400	Percentil 5	18.800
Percentil 50	30.000	Percentil 50	34.000
Percentil 95	47.200	Percentil 95	52.400
Desviación estándar	11.108	Desviación estándar	11.702
Varianza de la muestra	123.399	Varianza de la muestra	136.955

Abducción Común de Metacarpofalángica (Proximal I-IV)	Grados [°]	Abducción Metacarpofalángica Proximal I Dedo Pulgar	Grados [°]
Mínimo	8.000	Mínimo	10.000
Media	21.103	Media	42.896
Máximo	66.000	Máximo	76.000
Percentil 5	8.000	Percentil 5	20.000
Percentil 50	16.000	Percentil 50	44.000
Percentil 95	49.600	Percentil 95	68.400
Desviación estándar	14.526	Desviación estándar	17.24
Varianza de la muestra	211.024	Varianza de la muestra	297.310

Abducción Metacarpofalángica Proximal II Dedo Índice	Grados [°]	Abducción Metacarpofalángica Proximal III Dedo Medio	Grados [°]
Mínimo	8.000	Mínimo	8.000
Media	24.000	Media	18.551
Máximo	62.000	Máximo	36.000
Percentil 5	10.800	Percentil 5	10.000
Percentil 50	22.000	Percentil 50	18.000
Percentil 95	40.000	Percentil 95	29.200
Desviación estándar	11.24	Desviación estándar	6.478
Varianza de la muestra	126.000	Varianza de la muestra	41.97



Abducción Metacarpofalángica Proximal IV Dedo Anular	Grados [°]	Abducción Metacarpofalángica Proximal V Dedo Meñique	Grados [°]
Mínimo	0.000	Mínimo	8.000
Media	15.862	Media	20.137
Máximo	36.000	Máximo	36.000
Percentil 5	4.000	Percentil 5	10.000
Percentil 50	14.000	Percentil 50	20.000
Percentil 95	32.400	Percentil 95	35.200
Desviación estándar	9.515	Desviación estándar	7.836
Varianza de la muestra	90.551	Varianza de la muestra	61.408

Aducción Común de Metacarpofalángica (Proximal I-IV)	Grados [°]	Aducción Metacarpofalángica Proximal I Dedo Pulgar	Grados [°]
Mínimo	10.000	Mínimo	12.000
Media	25.103	Media	37.034
Máximo	50.000	Máximo	78.000
Percentil 5	12.800	Percentil 5	13.600
Percentil 50	26.000	Percentil 50	36.000
Percentil 95	39.200	Percentil 95	64.800
Desviación estándar	8.6616	Desviación estándar	16.314
Varianza de la muestra	75.024	Varianza de la muestra	266.177

Aducción Metacarpofalángica Proximal II Dedo Índice	Grados [°]	Aducción Metacarpofalángica Proximal III Dedo Medio	Grados [°]
Mínimo	10.000	Mínimo	10.000
Media	35.551	Media	25.310
Máximo	81.000	Máximo	40.000
Percentil 5	20.800	Percentil 5	10.800
Percentil 50	34.000	Percentil 50	24.000
Percentil 95	54.800	Percentil 95	40.000
Desviación estándar	12.827	Desviación estándar	8.705
Varianza de la muestra	164.541	Varianza de la muestra	75.793



Aducción Metacarpofalángica Proximal IV Dedo Anular	Grados [°]	Aducción Metacarpofalángica Proximal V Dedo Meñique	Grados [°]
Mínimo	10.000	Mínimo	24.000
Media	26.137	Media	37.103
Máximo	50.000	Máximo	54.000
Percentil 5	15.600	Percentil 5	24.800
Percentil 50	24.000	Percentil 50	38.000
Percentil 95	41.600	Percentil 95	50.000
Desviación estándar	8.975	Desviación estándar	7.974
Varianza de la muestra	80.551	Varianza de la muestra	63.596

Flexión Común Interfalángicas (Mediales II-IV)	Grados [°]	Flexión Interfalángicas Medial II Dedo Índice	Grados [°]
Mínimo	20.000	Mínimo	42.000
Media	88.620	Media	91.172
Máximo	124.000	Máximo	116.000
Percentil 5	40.000	Percentil 5	58.000
Percentil 50	92.000	Percentil 50	94.000
Percentil 95	110.000	Percentil 95	113.200
Dato Bibliográfico	90.000	Dato Bibliográfico	
Desviación estándar	22.265	Desviación estándar	17.016
Varianza de la muestra	495.743	Varianza de la muestra	289.576

Flexión Interfalángicas Medial III Dedo Medio	Grados [°]	Flexión Interfalángicas Medial IV Dedo Anular	Grados [°]
Mínimo	54.000	Mínimo	56.000
Media	93.448	Media	90.137
Máximo	116.000	Máximo	118.000
Percentil 5	58.000	Percentil 5	56.000
Percentil 50	94.000	Percentil 50	94.000
Percentil 95	109.200	Percentil 95	112.000
Desviación estándar	15.555	Desviación estándar	18.814
Varianza de la muestra	241.970	Varianza de la muestra	353.980



Flexión Interfalángicas Medial V Dedo Meñique	Grados [°]	Extensión Común de Interfalángica (Mediales II-V)	Grados [°]
Mínimo	30.000	Mínimo	4.000
Media	83.310	Media	24.758
Máximo	104.000	Máximo	50.000
Percentil 5	46.000	Percentil 5	6.800
Percentil 50	88.000	Percentil 50	24.000
Percentil 95	104.000	Percentil 95	44.800
Desviación estándar	18.824	Desviación estándar	11.140
Varianza de la muestra	354.364	Varianza de la muestra	124.118

Extensión Interfalángica Medial II Dedo Índice	Grados [°]	Extensión Interfalángica Medial III Dedo Medio	Grados [°]
Mínimo	0.000	Mínimo	0.000
Media	24.068	Media	21.931
Máximo	70.000	Máximo	42.000
Percentil 5	10.000	Percentil 5	8.800
Percentil 50	20.000	Percentil 50	22.000
Percentil 95	53.600	Percentil 95	32.000
Desviación estándar	14.446	Desviación estándar	8.097
Varianza de la muestra	209.280	Varianza de la muestra	65.566

Extensión Interfalángica Medial IV Dedo Anular	Grados [°]	Extensión Interfalángica Medial V Dedo Meñique	Grados [°]
Mínimo	4.000	Mínimo	4.000
Media	25.931	Media	20.413
Máximo	58.000	Máximo	50.000
Percentil 5	8.400	Percentil 5	8.800
Percentil 50	28.000	Percentil 50	20.000
Percentil 95	47.600	Percentil 95	33.200
Desviación estándar	12.392	Desviación estándar	9.832
Varianza de la muestra	153.566	Varianza de la muestra	96.679



Flexión Interfalángica Distal I Dedo Pulgar	Grados [°]	Flexión Interfalángica Distal II Dedo Índice	Grados [°]
Mínimo	52.000	Mínimo	30.000
Media	80.896	Media	49.172
Máximo	110.000	Máximo	86.000
Percentil 5	53.600	Percentil 5	30.000
Percentil 50	84.000	Percentil 50	48.000
Percentil 95	99.200	Percentil 95	74.000
Desviación estándar	14.338	Desviación estándar	13.654
Varianza de la muestra	205.596	Varianza de la muestra	186.433

Flexión Interfalángica Distal III Dedo Medio	Grados [°]	Flexión Interfalángica Distal IV Dedo Anular	Grados [°]
Mínimo	24.000	Mínimo	34.000
Media	51.586	Media	54.896
Máximo	84.000	Máximo	88.000
Percentil 5	27.600	Percentil 5	35.600
Percentil 50	52.000	Percentil 50	54.000
Percentil 95	74.400	Percentil 95	74.400
Desviación estándar	14.729	Desviación estándar	12.542
Varianza de la muestra	216.965	Varianza de la muestra	157.310

Flexión Interfalángica Distal V Dedo Meñique	Grados [°]	Extensión Interfalángica Distal I Dedo Pulgar	Grados [°]
Mínimo	30.000	Mínimo	12.000
Media	52.485	Media	34.344
Máximo	84.000	Máximo	54.000
Percentil 5	30.800	Percentil 5	16.800
Percentil 50	54.000	Percentil 50	32.000
Percentil 95	79.200	Percentil 95	52.000
Desviación estándar	16.730	Desviación estándar	13.459
Varianza de la muestra	279.901	Varianza de la muestra	181.162



Extensión Interfalángica Distal II Dedo Índice	Grados [°]	Extensión Interfalángica Distal III Dedo Medio	Grados [°]
Mínimo	2.000	Mínimo	0.000
Media	16.827	Media	17.172
Máximo	48.000	Máximo	36.000
Percentil 5	4.000	Percentil 5	4.400
Percentil 50	16.000	Percentil 50	16.000
Percentil 95	34.000	Percentil 95	28.400
Desviación estándar	11.013	Desviación estándar	8.133
Varianza de la muestra	121.290	Varianza de la muestra	66.147

Extensión Interfalángica Distal IV Dedo Anular	Grados [°]	Extensión Interfalángica Distal V Dedo Meñique	Grados [°]
Mínimo	2.000	Mínimo	0.000
Media	14.827	Media	12.758
Máximo	30.000	Máximo	48.000
Percentil 5	4.000	Percentil 5	0.800
Percentil 50	16.000	Percentil 50	10.000
Percentil 95	27.200	Percentil 95	25.200
Desviación estándar	7.358	Desviación estándar	9.745
Varianza de la muestra	54.147	Varianza de la muestra	94.975

Oposición del Pulgar Carpometacarpal	[cm]
Mínimo	8.451
Media	9.592
Máximo	10.978
Percentil 5	8.652
Percentil 50	9.571
Percentil 95	10.661
Desviación estándar	0.634
Varianza de la muestra	0.402



ANEXO F
Resultados de Dinamometría
del Miembro Superior
(MANO)



En el presente anexo se muestran los resultados generados de las mediciones dinamométricas (metodología utilizada para las mediciones se puede encontrar en el ANEXO C) de las principales fuerzas aplicadas.

Resultados de las Medidas Dinamométricas de la Mano

Agarre	[Kg]	Pinza Pulgar e Índice	[Kg]
Mínimo	24.000	Mínimo	2.000
Media	34.875	Media	6.125
Máximo	48.000	Máximo	13.000
Percentil 5	25.000	Percentil 5	3.150
Percentil 50	34.000	Percentil 50	6.000
Percentil 95	47.100	Percentil 95	9.700
Desviación estándar	6.797	Desviación estándar	2.212
Varianza de la muestra	46.201	Varianza de la muestra	4.896

Pinza con Dedos Pulgar y Medio	[Kg]	Pinza con Dedos Pulgar y Anular	[Kg]
Mínimo	4.000	Mínimo	2.000
Media	6.520	Media	4.375
Máximo	10.000	Máximo	8.000
Percentil 5	4.075	Percentil 5	3.000
Percentil 50	6.000	Percentil 50	4.000
Percentil 95	9.000	Percentil 95	7.700
Desviación estándar	1.766	Desviación estándar	1.498
Varianza de la muestra	3.119	Varianza de la muestra	2.244

Pinza con Dedos Pulgar Meñique	[Kg]	Prensión Fina Cerrada con Tres Dedos Pulgar-Índice-Medio	[Kg]
Mínimo	2.000	Mínimo	4.000
Media	2.979	Media	8.666
Máximo	6.000	Máximo	12.000
Percentil 5	2.000	Percentil 5	6.000
Percentil 50	3.000	Percentil 50	9.000
Percentil 95	4.850	Percentil 95	11.000
Desviación estándar	1.026	Desviación estándar	1.992
Varianza de la muestra	1.053	Varianza de la muestra	3.971



Prensión Fina con Tres Dedos Abierta Pulgar-Índice-Media	[Kg]	Prensión Palmar	[Kg]
Mínimo	5.000	Mínimo	4.000
Media	7.812	Media	8.385
Máximo	11.000	Máximo	11.500
Percentil 5	5.000	Percentil 5	5.000
Percentil 50	8.000	Percentil 50	9.000
Percentil 95	10.850	Percentil 95	10.650
Desviación estándar	1.387	Desviación estándar	1.787
Varianza de la muestra	6.797	Varianza de la muestra	3.194

Prensión Pulgar	[Kg]	Prensión Índice	[Kg]
Mínimo	2.000	Mínimo	2.000
Media	5.479	Media	5.079
Máximo	8.000	Máximo	7.500
Percentil 5	3.175	Percentil 5	3.175
Percentil 50	5.750	Percentil 50	5.000
Percentil 95	7.000	Percentil 95	7.000
Desviación estándar	1.328	Desviación estándar	1.145
Varianza de la muestra	1.765	Varianza de la muestra	1.311

Prensión Medio	[Kg]	Prensión Anular	[Kg]
Mínimo	1.500	Mínimo	1.500
Media	4.900	Media	3.683
Máximo	7.500	Máximo	5.500
Percentil 5	3.175	Percentil 5	2.000
Percentil 50	4.650	Percentil 50	3.500
Percentil 95	7.000	Percentil 95	5.000
Desviación estándar	1.387	Desviación estándar	0.127
Varianza de la muestra	6.797	Varianza de la muestra	0.879



Prensión Meñique	[Kg]
Mínimo	1.500
Media	3.473
Máximo	5.000
Percentil 5	2.175
Percentil 50	3.500
Percentil 95	4.630
Desviación estándar	0.796
Varianza de la muestra	0.634

Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería Cédula Goniométrica (1/2)			
Datos Generales		No de Cédula	
Nombre del Proyecto	"Diseño, fabricación y pruebas de un prototipo de prótesis inteligente de miembro superior"	Fecha	
Nombre del Aplicador			
Nombre del Anotador			
Datos del Usuario			
Nombre			
Sexo			
Edad			
Fecha de Nacimiento			

Número	Dimensiones Corporales a Registrar	GRADOS [°]
1	Supinación del Antebrazo	
2	Pronación del Antebrazo	
3	Flexión de la Muñeca	
4	Extensión de la Muñeca	
5	Desviación de la parte Radial de la Muñeca (Abducción)	
6	Desviación Cubital de la Muñeca (Aducción)	
7	Flexión Común Metacarpofalángica (Proximal I-IV)	
8	Flexión Metacarpofalángica Proximal I	
9	Flexión Metacarpofalángica Proximal II	
10	Flexión Metacarpofalángica Proximal III	
11	Flexión Metacarpofalángica Proximal IV	
12	Flexión Metacarpofalángica Proximal V	
13	Extensión Común de Metacarpofalángica (Proximal I-IV)	
14	Extensión Metacarpofalángica Proximal I	
15	Extensión Metacarpofalángica Proximal II	
16	Extensión Metacarpofalángica Proximal III	
17	Extensión Metacarpofalángica Proximal IV	
18	Extensión Metacarpofalángica Proximal V	
19	Abducción Común de Metacarpofalángica (Proximal I-IV)	
20	Abducción Metacarpofalángica Proximal I	
21	Abducción Metacarpofalángica Proximal II	
22	Abducción Metacarpofalángica Proximal III	
23	Abducción Metacarpofalángica Proximal IV	
24	Abducción Metacarpofalángica Proximal V	
25	Aducción Común de Metacarpofalángica (Proximal I-IV)	

Cédula Goniométrica (2/2)		
26	Aducción Metacarpofalángica Proximal I	
27	Aducción Metacarpofalángica Proximal II	
28	Aducción Metacarpofalángica Proximal III	
29	Aducción Metacarpofalángica Proximal IV	
30	Aducción Metacarpofalángica Proximal V	
31	Flexión Común Interfalángicas (Mediales I-IV)	
32	Flexión Interfalángicas Mediales I	
33	Flexión Interfalángicas Mediales II	
34	Flexión Interfalángicas Mediales III	
35	Flexión Interfalángicas Mediales IV	
36	Extensión Común de Interfalángica (Mediales I-IV)	
37	Extensión Interfalángica Mediales I	
38	Extensión Interfalángica Mediales II	
39	Extensión Interfalángica Mediales III	
40	Extensión Interfalángica Mediales IV	
41	Flexión Interfalángica Distal I	
42	Flexión Interfalángica Distal II	
43	Flexión Interfalángica Distal III	
44	Flexión Interfalángica Distal IV	
45	Flexión Interfalángica Distal V	
46	Extensión Interfalángica Distal I	
47	Extensión Interfalángica Distal II	
48	Extensión Interfalángica Distal III	
49	Extensión Interfalángica Distal IV	
50	Extensión Interfalángica Distal V	
51	Oposición del Pulgar Carpometacarpal	

**BIBLIOGRAFÍA**

- ④ Guía de Uso y Prescripción de Productos Ortoprotésicos a Medida
Jaime Prat
IBV Instituto de Biomecánica de Valencia
España, Valencia 1999

- ④ Actualidad y Tendencias en el Diseño de Prótesis de Miembro Superior
Rosa Itzel Flores Luna
Ana Marissa Juárez Mendoza
Eduardo Castillo Pinzón,
Jesús Manuel Dorador González
Departamento de Ingeniería Mecatrónica
Facultad De Ingeniería, U.N.A.M. 2004

- ④ The Amputee
Tomns R.E
Editorial Morris (Pediatria Orthopedhics)
Volumén 2
Philadelphia 1990

- ④ Upper Extremity Protheses, in Prosthetics
Hepp, O.
G.G. Kuhn
International Committee on Protheses, Braces and Technical Aids, International
Society for the Welfare of Cripples
Copenhagen 1960

- ④ Ergonomía 1 Fundamentos
Pedro R. Modelo
Enrique Gregori Torada
Pedro Barrau Bombardo
Edición 1th
Editorial Alfaomega
Barcelona 2001

- ④ Ergonomía 20 Preguntas Básicas para Aplicar la Ergonomía en la Empresa
Javier Bascuas Hernández
José M. Álvarez Zarate
Edición 1 th
Editorial Mapre S.A.
Madrid España 2001



- Ⓢ Ergonomía 3 Diseño de Puestos de Trabajo
Pedro R. Modelo
2da. Edición
Editorial Alfaomega
México 2001

- Ⓢ Ergonomía 4 El Trabajo de Oficinas
Pedro R. Modelo et al.
Edición 1th
Editorial Alfaomega
México 2002

- Ⓢ Ergonomía Básica aplicada a la Medicina del Trabajo
Rodríguez Jouvencel Miguel
Editorial Díaz de Santos
Madrid 1994

- Ⓢ Ergonomía: Conceptos y Métodos
Juan José Castillo
Jesús Villena
Editorial Complutense
Madrid 1998

- Ⓢ Ergonomía Diseño y Evaluación
Antologías D.I. Alberto Vega Murguía
Posgrado de Diseño Industrial UNAM
Ciudad Universitaria 2003

- Ⓢ Ergonomía
McCORMICK, ERNEST J.
Editorial Gustavo Gili S. A.
Barcelona 1980

- Ⓢ Ergonomics How to Design for Ease and Efficiency
Karl Kroemer
Henrike Kroemer
Katrin Kroemer Elbert
Prentice Hall International series in Industrial and Systems Engineering

- Ⓢ Lerhrbuch der Anthropologie I
Martín Saller
Gustav Fischer Verlag Stuttgart
Germany 1957



- Ⓢ Practical Anthropology
Georges Olivier
Editorial Charles C. Thomas
USA 1969

- Ⓢ Anthropometric Standardization Referente Manual
Timothy G. Lohman
Editorial Human Kinetics Books
Champaign Illinois

- Ⓢ Dimensiones Antropométricas de Población Latinoamericana
Rosalío Ávila Chaurand
Lilia R. Prado León
Elvia L. González Muñoz
Universidad de Guadalajara
Guadalajara Jalisco 2001

- Ⓢ Apuntes Taller Diseñando para Poblaciones Especiales
Posgrado de Diseño Industrial
Ciudad Universitaria UNAM
México 2004

- Ⓢ Las dimensiones Humanas en los Espacios Interiores
PANERO. J., ZELMIK. M
Editorial Gustavo Gili S.A.
Barcelona 1983

- Ⓢ Anthropometric Standardization Referente Manual
Timothy G. Lohman
Alex F. Roche
Reynaldo Martorell
Human Kinectics Books
1988

- Ⓢ Fisiología Articular Miembro Superior
Tomo I
A.I. Kapandji
5ta. edición
Editorial Medica Panamericana
España 1998

- Ⓢ Goniometría Articular Valoración Cuantitativa de la Angulación de cada Articulación
Clarencio A. Galeno
Ma de Lourdes Marquez P.
Editorial Disinlimed
Caracas Venezuela



- Ⓢ Manual de Goniometría Anatómica: Evaluación del Movimiento Articular
Dr. Salvador Gómez Álvarez
Editorial Progreso S.A.
México 1967

- Ⓢ La fuerza Fundamentos, valoración y entrenamiento
Juan Manuel García Manso
Editorial Gymnod
Madrid España 1999

- Ⓢ Enciclopedia Larousse Tomo 7
Chinampa/Durres
5th edición
España 1993

- Ⓢ Biomecánica del Movimiento Humano
Williams y Lissner
Le Veau Barney
Editorial Trillas
México 1991

- Ⓢ Biomecánica Articular y Sustituciones Protésicas
Mario Comín
Jaime Prat
Ricardo Dejoz
IBV Instituto de Biomecánica de Valencia
España, Valencia 1998

- Ⓢ Factores humanos en la tecnología moderna
Edward Bennett
James Degan
Joseph Spiegel
Compañía Editorial Continental S.A
1963

- Ⓢ Ingeniería Industrial "Metodos Estándares de Diseño del Trabajo"
Benjamín W. Niebel y Andris Freiralds
Edición 11th
Editorial Alfaomega
México D.F. 2004

- Ⓢ Estadística
Richard C. Weiner
2ª Edición
Editorial Continental
México 1999



- Ⓜ Lecciones de Historia del Origen del Hombre a las Cruzadas
Alfonso Rodríguez
Enrique Ávila
Carlos Andaluz
Editorial Trillas
México 1992
- Ⓜ Base de Datos de Fuerzas
proporcionados por Dr. Miguel Aguilar Flores
DGADYR (Dirección General de Actividades Deportivas y Recreativas), UNAM
Ciudad Universitaria 2004

Bibliografía Digital (última visita abril de 2005)

- Ⓜ <http://www.usinter.net/wasa/contents8c.html>.
- Ⓜ <http://personales.ya.com/erfac/osteo.htm>
- Ⓜ <http://w3.uokhsc.edu/dthomпсо/namics/hand.htm>
- Ⓜ <http://www.mediks.com/saludyvida/procedimientos/articulo.php?id=1975>
- Ⓜ <http://www.eatonhand.com/>
- Ⓜ <http://www.monografias.com/trabajos/ergonomia/ergonomia.shtml>
- Ⓜ <http://www.tid.es/presencia/boletin/boletin3/art009.htm>
- Ⓜ <http://www.conganat.org/iicongreso/conf/018/biomec.htm>
- Ⓜ <http://www.saludmed.com/CsEjercci/Cinesiolo/P-Biomec.html>
- Ⓜ <http://www.oit.org.pe/spanish/260ameri/oitreg/activid/proyectos/actrav/edob/expeduca/pdf/0630331.pdf>
- Ⓜ <http://www.ergonomia.com.br/>
- Ⓜ http://cep.upc.es/Publicaciones/orp2004/orp2004_mosquera.pdf
- Ⓜ http://prdleg.camara.gob.mx/trabajo/puntos/03_12_04/pun_59.htm
- Ⓜ http://www.maitrise-orthop.com/corpusmaitri/orthopaedic/88_gagey/gagey.shtml
- Ⓜ http://training.itcilo.it/actrav_cdrom2/es/osh/ergo/ergoa.htm
- Ⓜ <http://www.worldbank.org/html/prdph/lsm/s/country/guat/docs/Manual%20de%20Antropometria.pdf>
- Ⓜ http://www.amputee-coalition.org/spanish/BREVE_HISTORIA.html
- Ⓜ http://www.drlalinde.com/cir_reconstructiva/mano.htm
- Ⓜ <http://www.sobreentrenamiento.com/Publice/Articulo.asp?ida=197>
- Ⓜ <http://www.itson.mx/dii/anaranjo/Archivos/ANTROPOMETRIA%201.ppt#27>
- Ⓜ <http://www.edicionsupc.es/ftppublic/pdfmostra/OE00102M.pdf>
- Ⓜ <http://www.mexicandesign.com/boletin/ergoponentes.htm>
- Ⓜ <http://educon.urosario.edu.co/calendario/preg01.php?codi=180&fech=2004-05-21>
- Ⓜ <http://www.galeon.com/proveedorescot/productos212324.html>
- Ⓜ http://www.armodynamics.com/spanish/occ_phy_therapy.htm
- Ⓜ <http://www.usinter.net/wasa/>
- Ⓜ http://www.saludalia.com/docs/Salud/web_saludalia/temas_de_salud/doc/rehabilitacion/doc/3#3
- Ⓜ <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=112>
- Ⓜ <http://www.ergonomia.cl/eee/riskfact.html>
- Ⓜ <http://www.ergonomics.org.uk/ergonomics/definition.htm>



- Ⓜ <http://www.iea.cc/ergonomics/>
- Ⓜ <http://www.rpd.es/boletin/bol51-52/09relacionnormas.pdf>
- Ⓜ http://www.psymtec.com/catalogo_rehabilitaci%C3%B3n/eva_m_d.htm
- Ⓜ http://www.ciashop.com.br/cardiomed/product.asp?pf_id=dina_jamar&dept_id=43
- Ⓜ <http://www.ciashop.com.br/cardiomed/dept.asp?mscssid=N12DCXW3J95U9M3L7WSES361PFUJ9DC7&dept%5Fid=8>
- Ⓜ <http://www.csd.mec.es/CSD/Deporte/MedicinaDeportiva/Biomecanica/LaborProyectos/Cinetico/dinamometria.htm>
- Ⓜ <http://www.bveee.50g.com/textos.html>
- Ⓜ <http://gimle.fsm.it/>
- Ⓜ http://www.ortoedu.com/ortotec/HTML_Spanish/Frames/Ortotec.htmlç
- Ⓜ http://www.ops.org.ni/opsnic/tematicas/rehabilita/m_access/index.htm
- Ⓜ <http://www.scoutsangabriel.com.ar/progresion/antropometria/antropometr%C3%ADa.htm>
- Ⓜ <http://www.ejournal.unam.mx/ciencias/no60-61/CNS06007.pdf>
- Ⓜ <http://www.semec.org.mx/v3/semec/congreso/congreso5/presenta/t04.pdf>
- Ⓜ <http://www.iqb.es/CBasicas/Anatomia/es004.htm#introduccion>
- Ⓜ <http://www.csd.mec.es/NR/rdonlyres/ecpbwzjbotb2xlcjdlhnoip5qw7jbw6f6zkbbaesghyljullejlogzmlswxr3pf5mhbbtoanxbf7fhhb6fsmraraezd/Antropometria.doc>
- Ⓜ <http://www.msc.es/medioambiente/saludLaboral/vigitrabajadores/pdf/movimientos.pdf>
- Ⓜ <http://www.aikiwest.com/deporte.htm>
- Ⓜ <http://www.efdeportes.com/efd60/ciren.htm>
- Ⓜ <http://www.ergoprojects.com>
- Ⓜ <http://www.vaneduc.edu.ar/uai/comuni/conexion/conexion-7/biomecanica.htm>
- Ⓜ http://www.saudeetrabalho.com.br/download_2/ergonomia-apostila_mte_ii_lys_esther_rocha.pdf
- Ⓜ http://www.mtas.es/insht/psier/e_fis.htm
- Ⓜ http://www.tkri.org/Reference/lexicon/movement.php?LANGUAGE=english&DOJO_NAME=WASHU#Finger_abduction
- Ⓜ http://nutriserver.com/Interactivas/Pliegues/Antropometria_pliegues.html
- Ⓜ <http://www.oandp.com/news/jmcorner/library/uclamannual/UCLA-02.pdf>
- Ⓜ http://www.portalplanetasedna.com.ar/leonardo_da_vinci.htm
- Ⓜ <http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~history/Mathematicians/Coulomb.html>
- Ⓜ http://cep.upc.es/Publicaciones/orp2004/orp2004_mosquera.pdf
- Ⓜ <http://connection.lww.com/Products/anderson3e/documents/PDFs/Ch14.pdf>
- Ⓜ <http://www.deutsches-museum.de/dmznt/ersatzteile/hand/prothesengeschichte/index.html>
- Ⓜ http://biomed.brown.edu/Courses/BI108/BI108_2003_Groups/Hand_Prosthetics/history.html
- Ⓜ http://webs.ono.com/usr000/nutridepor/pagina_nueva_37.htm
- Ⓜ <http://academic.uofs.edu/faculty/KOSMAHLE1/courses/PT350/goniomet/gonintro.htm>
- Ⓜ <http://www.secre.org/documentos%20manual%2053.html>
- Ⓜ <http://www.terra.com.mx/general/historico>
- Ⓜ <http://armodynamics.com/spanish/prosops.htm#nop>
- Ⓜ <http://www.inegi.gob.mx>
- Ⓜ <http://www.sidisalta.com.ar/Cuerpo/images/full/MUSCULOS%20DE%20LA%20MANO.jpg>
- Ⓜ www.redlake.com/manuals/motion_scope_PCI_manual.pdf