

Definición de dimensiones antropométricas en la construcción de guantes a partir de requerimientos de diseño

Determining anthropometric dimensions for the production of gloves according to design requirements

Artículo recibido 05/02/2015 aprobado 11/04/2015
ICONOFACTO VOL. 11 N° 16 / PÁGINAS 125-140

Autores:

Ovidio Rincón Becerra

Diseñador Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana (1999), Especialista en Ergonomía de la Universidad El Bosque (2005) y Magister en Salud y Seguridad en el Trabajo de la Universidad Nacional de Colombia (2015). Es Profesor Asistente del Departamento de Diseño en la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Pontificia Universidad Javeriana, y actualmente es líder del grupo de investigación Diseño, Ergonomía e Innovación. Autor del libro Ergonomía y procesos de diseño (2010). Miembro de la SCE (Sociedad Colombiana de Ergonomía). Adicionalmente, se ha desempeñado como asesor en ergonomía y riesgos profesionales, en empresas de diferentes sectores productivos y de servicios. rincono@javeriana.edu.co

Gabriel García Acosta

Diseñador Industrial de la Universidad Nacional de Colombia (1989), Maestro en Diseño Industrial / Especialista en Ergonomía (1996) por la Universidad Nacional Autónoma de México. Diploma de Estudios Avanzados (DEA) en proyectos de Innovación en Ingeniería por la Universidad Politécnica de Cataluña (2010). Es Profesor Asociado en la Escuela de Diseño Industrial, de la Facultad de Artes en la Universidad Nacional de Colombia. Conferencista en congresos, seminarios y diplomados relacionados con diseño y ergonomía. Líder del grupo de investigación Micro y Macro ergonomía en productos y procesos (MIMAPRO) de la Universidad Nacional de Colombia. Autor del libro La ergonomía desde la visión sistémica (2002)

y de artículos en revistas especializadas en ergonomía y diseño. Miembro fundador de la SCE (Sociedad Colombiana de Ergonomía) y miembro de la IEA (International Ergonomics Association). Adicionalmente es asesor y consultor en diseño y ergonomía a través de la firma Ergofactos Ltda. para diversas ARL y empresas de los sectores bancario, petrolero y floricultor entre otros. ggarciaa@unal.edu.co

Resumen El ajuste antropométrico del guante a la mano es uno de los factores más importantes para la ejecución del trabajo manual. La determinación de las dimensiones antropométricas es un aspecto fundamental en el proceso de diseño del guante. A partir de los requerimientos de diseño, basados en la función de presión y de las zonas anatómicas críticas de la mano, se seleccionaron 35 dimensiones antropométricas relevantes. Con esta información fue posible transferir los datos dimensionales a los componentes estructurales de tres modelos de guantes de protección en cuero - carnaza: pulgar en ala, pulgar recto y pulgar incrustado. El proceso desarrollado para seleccionar las dimensiones antropométricas a partir de los requerimientos es aplicable en el diseño de otros elementos en los que sea determinante el contacto directo con el cuerpo.

Palabras clave Antropometría; requerimientos de diseño; guantes de protección; desempeño de la mano.

Abstract The anthropometric adjustment of the glove to the hand is one the most important aspects for the development of manual work. The characterization of the anthropometric dimensions is paramount for the glove designing process. 35 significant anthropometric dimensions were selected according to design requirements, based on the deflection function, as well as the hand critical anatomic zones.

This information allowed the transference of the dimensional data found in the structural components to three models of protection leather gloves – silage: wing-shaped, straight and embedded thumbs. The process to select the specific anthropometric dimensions is also applicable to the design of other elements in which the direct contact with the body is determinant.

Keywords Anthropometry; design requirements; protection gloves; performance of hand.

Introducción

Los guantes son los elementos de protección personal (EPP) en los que existe una mayor exigencia en cuanto al ajuste al cuerpo. Estos pueden diseñarse para ofrecer protección general o específica frente a los factores de riesgo mecánico

(abrasión, cortaduras, punzadas, golpes), temperaturas extremas, radiación, agentes químicos, agentes patógenos, energía eléctrica y vibración (Muralidhar, Bishu, & Hallbeck, 1999, p. 555). De forma adicional a la función de protección, los guantes se emplean para mejorar el agarre, lo que disminuye el deslizamiento de los objetos que se transportan y mejora la distribución de fuerzas sobre la mano cuando se manipulan herramientas y objetos (Dianat, Haslegrave, & Stedmon, 2012, p. 1430).

Aunque el empleo de guantes es necesario en muchos lugares de trabajo, su uso puede afectar el desempeño de la mano, en relación con la destreza, el tiempo de ejecución de tareas, la fuerza de agarre, la sensibilidad manual y los rangos de movimiento (Dianat et al., 2012, p. 1430; Muralidhar et al., 1999, p. 555). En el diseño de los guantes como EPP, normalmente se privilegia la protección frente a los factores de riesgo, y se dejan, en un segundo nivel, aspectos como el ajuste anatómico y las dimensiones de la mano (Dianat et al., 2012, p. 1445). Esto se debe a que la función de protección está determinada generalmente por características del material, como la dureza y el espesor, que pueden restringir los movimientos y aumentar las demandas de fuerza (Muralidhar et al., 1999, p. 556). Esta afectación puede llevar a que el trabajador perciba el guante como un elemento que obstruye su labor y opte por no utilizarlo (Larivière et al., 2004, p. 102) y a que se observe una preferencia a trabajar con la mano desnuda, que a hacerlo con guantes (Yu, Yick, Ng, & Yip, 2013, p. 381).

La implementación y evaluación de los guantes debe abordarse integralmente, teniendo en cuenta todas las variables que pueden afectar su uso (Herrick, 2001, p. 31.2), dando especial importancia a las demandas particulares de la mano en el trabajo (fuerza, destreza, sensibilidad táctil) y a los efectos que trae el tiempo de uso en el desempeño (Dianat et al., 2012, p. 1446).

El ajuste antropométrico del guante es uno de los factores más importantes para el desempeño del trabajo manual. Cuando sus dimensiones son demasiado amplias, la persona ejecuta movimientos adicionales de los dedos (extensión y abducción) para evitar que se suelten o caigan. En el otro extremo, un guante muy pequeño genera presiones excesivas que causan problemas de circulación, lesiones en la piel y acaloramiento, o provoca que al utilizar el guante sobre la piel ya lesionada, se aumente el tiempo de cicatrización, lo que produce incomodidad y dolor (Bell & MacDonald, 2003, p. 851). Investigaciones desarrolladas alrededor del ajuste de los guantes (Kwon, Jung, You, & Kim, 2009, p. 766; Laing, Holland, Wilson, & Niven, 1999, p. 1256; Mclain, 2010, p. 19; Oka, 2012, p. 11; Robinette & Annis, 1986, p. 7) muestran que lograr la acomodación a la mayor parte de una población es un problema complejo, debido a las variaciones en la antropometría y morfología de cada persona.

Aunque uno de los campos de mayor trabajo de la ergonomía ha sido la generación de bases de datos con dimensiones antropométricas de las poblacio-

nes, no hay un desarrollo suficiente de modelos metodológicos que, de manera sistemática, permitan transferir esta información en el proceso de diseño de productos específicos, lo que lleva a que se hagan prácticas empíricas, como basarse en “datos de personas promedio”, “mediciones individuales” o en el “sentido común” (Hsiao, 2013, p. 7). La aplicación de dimensiones antropométricas en el diseño se hace más crítica en elementos en los que se deba garantizar su ajuste al cuerpo, como es el caso de los EPP.

Este artículo presenta un proceso para determinar las dimensiones de un guante de protección, en el que se toman como base los requerimientos de diseño establecidos a partir del desempeño de la mano, y se relacionan con las características antropométricas de la población. Los resultados presentados hacen parte de la investigación *Diseño de sistema de tallaje de guantes de protección basado en la antropometría de la población colombiana*, realizada como tesis de grado de la Maestría de Salud y Seguridad en el Trabajo, de la Universidad Nacional de Colombia.

Metodología

Digitalización y trazado de componentes de los guantes

Se obtuvieron muestras físicas de los tres modelos de guantes de protección en carnaza existentes en el mercado nacional colombiano (pulgar en ala, pulgar recto y pulgar incrustado), los cuales se diferencian por la forma en que está construido el primer dedo (figura 1). Cada uno de ellos se midió de acuerdo con el procedimiento establecido por la NTC 2190:2008, la cual establece que se deben tomar dos dimensiones básicas: 1) la circunferencia del guante medida a 20 mm de la horcajadura entre los dedos pulgar e índice, y 2) la longitud del guante que se mide tomando como referencia el punto más extremo del dedo medio, hasta el borde del puño del guante (ICONTEC, 2008, p. 7).

Este artículo presenta un proceso para determinar las dimensiones de un guante de protección, en el que se toman como base los requerimientos de diseño establecidos a partir del desempeño de la mano, y se relacionan con las características antropométricas de la población.

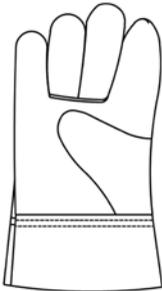
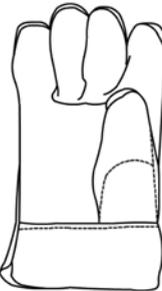
	Pulgar en ala (wing)	Pulgar recto (straight)	Pulgar incrustado (keystone)
			
	Circunferencia: 270 mm	Circunferencia: 273 mm	Circunferencia: 293 mm
	Longitud: 259 mm	Longitud: 252 mm	Longitud: 258 mm

Figura 1. Modelos de guantes analizados. Fuente: elaboración de los autores.

De manera posterior, los guantes fueron desensamblados y sus piezas se digitalizaron con un escáner. Mediante un software CAD, se delinearon los contornos de las imágenes, para disponer de un archivo vectorial de cada componente (figuras 2 y 3). Finalmente, se realizó la verificación dimensional de las imágenes, por medio de la comparación de una anchura y una longitud en las partes físicas del guante con las dimensiones registradas digitalmente en el programa informático.

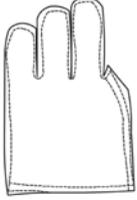
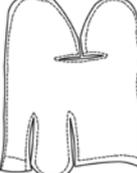
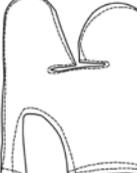
	Pulgar en ala (wing)	Pulgar recto (straight)	Pulgar incrustado (keystone)
Dorso de la mano			
Palma de la mano			

Figura 2. Componentes de dorso y palma en los guantes analizados. Fuente: elaboración de los autores.

	Pulgar en ala (wing)	Pulgar recto (straight)	Pulgar incrustado (keystone)
Dedos tres y cuatro			
Dedo pulgar			

Figura 3. Componentes de los dedos en los guantes analizados. Fuente: elaboración de los autores.

2. Construcción de requerimientos de diseño del guante

Un requerimiento puede definirse como una *especificación o requisito* que el producto diseñado (en este caso, el guante) debe cumplir para poder desempeñarse dentro de un sistema o actividad, de acuerdo con la variabilidad presente (Rincón, 2010, p. 71). Los requerimientos de diseño de los guantes pueden abarcar múltiples aspectos, que incluyen características técnicas, productivas, de usabilidad y de adecuación a la anatomía y a las dimensiones de la mano. La estructura de estos requerimientos se definió a partir de la relación entre la morfología de la mano (pliegues), los tipos de pinzas involucradas en su desempeño y las zonas críticas que son comunes en diferentes actividades laborales (figura 4).

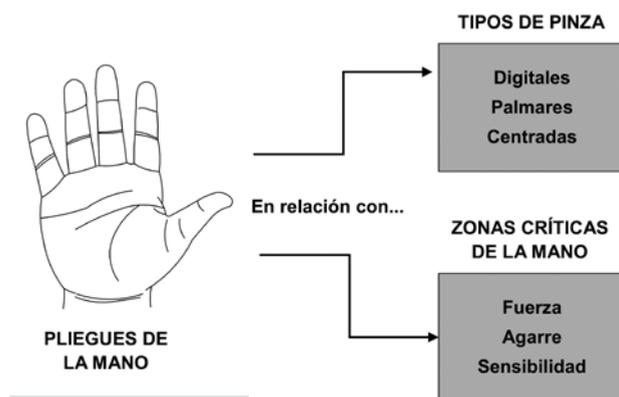


Figura 4. Modelo general para la construcción de los requerimientos. Fuente: elaboración de los autores.

Con respecto al desempeño de la mano, se establecieron 174 requerimientos, 67 relacionados con la ejecución de los tipos de pinzas y 107 con las zonas críticas de la mano (distribución de fuerza, geometría del agarre y áreas de mayor sensibilidad). Los requerimientos repetidos y similares se unificaron, y al final resultó un listado de 96, en el que se organizaron en tres categorías relacionadas con la configuración del guante (ajuste interno de los dedos, libertad de movimiento y construcción del guante) y en tres asociadas con el material (amortiguación del material, homogeneidad del material y coeficiente de rozamiento). De manera posterior, dichos requerimientos se priorizaron de acuerdo con su frecuencia; es decir, aquellos que aparecían relacionados con varias condiciones de agarre y zonas críticas de la mano, obtuvieron una valoración más alta. En el cuadro 1, se muestran, a modo de ejemplo, los quince requerimientos con las mayores frecuencias.

Categoría	Requerimiento	Frecuencia
Libertad de movimientos	Permitir la flexión y extensión de los dedos 1, 2, 3, 4 y 5, a partir de los pliegues interfalángicos y digital-palmar.	16
Libertad de movimientos	Permitir la conformación cóncava de la palma de la mano, al manipular los objetos.	9
Homogeneidad del material	Permitir área de contacto homogénea entre el pulpejo y la cara palmar de las falanges de los dedos 1, 2, 3, 4 y 5, con el objeto que se está manipulando.	7
Homogeneidad del material	Permitir área de contacto homogénea entre el pulpejo de los dedos 1, 2, 3, 4 y 5, con el objeto que se está manipulando.	6
Libertad de movimientos	Permitir el libre movimiento de los cinco dedos entre sí, a partir del espacio interdigital entre los mismos.	6
Libertad de movimientos	Permitir la flexión del dedo 1, a partir del pliegue interfalángico.	5
Libertad de movimientos	Permitir el movimiento de oposición del pulgar, a partir del pliegue tenar.	5
Amortiguación del material	Aumentar la amortiguación del material del guante en la zona de la eminencia tenar.	3
Coefficiente de rozamiento	Asegurar un coeficiente de rozamiento adecuado entre el material de la cara palmar del tercer dedo y los objetos que se estén manipulando.	3
Libertad de movimientos	Permitir el libre movimiento del dedo 2 con respecto a los dedos 1 y 3, a partir del espacio interdigital entre los mismos.	3
Libertad de movimientos	Permitir el libre movimiento de los dedos 4 y 5 con respecto al dedo 3, a partir del espacio interdigital entre los mismos.	3
Libertad de movimientos	Permitir el libre movimiento del dedo 5 con respecto al dedo 4, a partir del espacio interdigital entre los mismos.	3
Libertad de movimientos	Permitir la aplicación de fuerza con los pulpejos de los dedos 1, 2, 3, 4 y 5, para asegurar perimetralmente el objeto.	3
Libertad de movimientos	Permitir movimientos libres de la muñeca (flexión, extensión y desviaciones).	3
Amortiguación del material	Aumentar la amortiguación del material del guante en la zona del pulpejo del primer dedo.	2

Cuadro 1. Requerimientos con valoraciones más altas de acuerdo con su frecuencia. Fuente: elaboración de los autores.

3. Selección de dimensiones antropométricas de la mano a partir de requerimientos de diseño

La complejidad del movimiento de los dedos para ejecutar diferentes tipos de agarre, así como la definición de las zonas críticas de la mano, exigen que el proceso de identificación de las dimensiones antropométricas para el diseño de los guantes se realice de forma sistemática. Esta selección se realizó al revisar cada requerimiento y relacionarlo con las zonas de la mano por las que se ve afectado. Luego, se verificó entre 110 dimensiones de la mano (92 estructurales, 14 funcionales y 4 índices), que fueron descritas a partir de 43 estudios antropométricos, aquellas que son relevantes para asegurar el cumplimiento de cada requerimiento. Como resultado de este proceso se seleccionaron 35 dimensiones (15 longitudes, 10 anchuras y 10 circunferencias), las cuales se presentan en la sección de resultados del presente artículo.

4. Transferencia de dimensiones antropométricas a los componentes de los guantes

Sobre las imágenes digitalizadas de las partes de los guantes, se hizo la transferencia de las dimensiones antropométricas de las manos, al trazar ejes a lo largo de los dedos, y al tener como referencia el punto más distal y el centro de la base de cada dedo. Las anchuras y circunferencias de los dedos se proyectaron sobre líneas perpendiculares al eje longitudinal de los dedos, a la altura de las articulaciones interfalángicas distal y proximal.

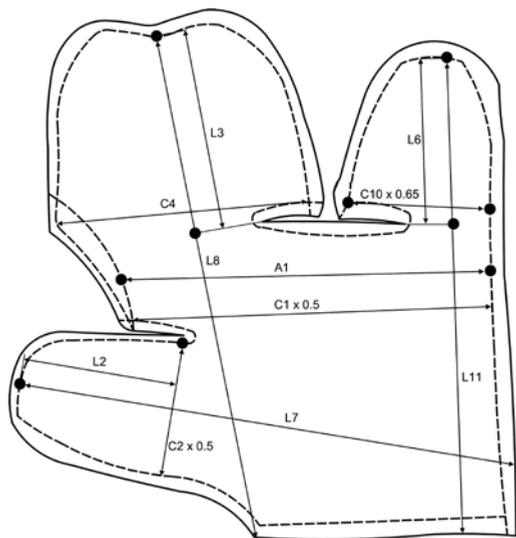


Figura 5. Trazado de las dimensiones utilizadas para el diseño de la palma del guante con pulgar tipo ala. Fuente: elaboración de los autores.

En la figura 5 y en el cuadro 2 se presenta, a manera de ejemplo, la transferencia de dimensiones antropométricas a un componente de los guantes, en este caso, a la palma de la mano, en el modelo con *pulgar tipo ala*.

Tipo de dimensión	Código	Nombre de la variable
Longitud	L2	Longitud del primer dedo
Longitud	L3	Longitud del segundo dedo
Longitud	L6	Longitud del quinto dedo
Longitud	L7	Longitud de la punta del primer dedo al pliegue de la muñeca
Longitud	L8	Longitud de la punta del segundo dedo al pliegue de la muñeca
Longitud	L11	Longitud de la punta del quinto dedo al pliegue de la muñeca
Anchura	A1	Anchura de la mano (metacarpial)
Perímetro	C1	Circunferencia de la mano (metacarpial)
Perímetro	C2	Circunferencia de la articulación interfalángica del primer dedo
Perímetro	C4	Circunferencia de la articulación interfalángica proximal del segundo dedo
Perímetro	C10	Circunferencia de la articulación interfalángica proximal del quinto dedo

Cuadro 2. Dimensiones para el diseño de la palma del guante con pulgar tipo ala. Fuente: elaboración de los autores.

Resultados

Tradicionalmente, los sistemas de tallaje de los guantes se muestran como un conjunto de medidas organizadas alrededor de tres dimensiones claves (longitud, anchura y circunferencia de la mano). A partir de los requerimientos de diseño, se seleccionaron 35 dimensiones (15 longitudes, 10 anchuras y 10 circunferencias) relevantes para establecer los valores de los componentes específicos de los guantes (Rincón, 2014, pp. 144–156). Estos resultados se presentan en los cuadros 3, 4 y 5, y en las figuras 6, 7 y 8.

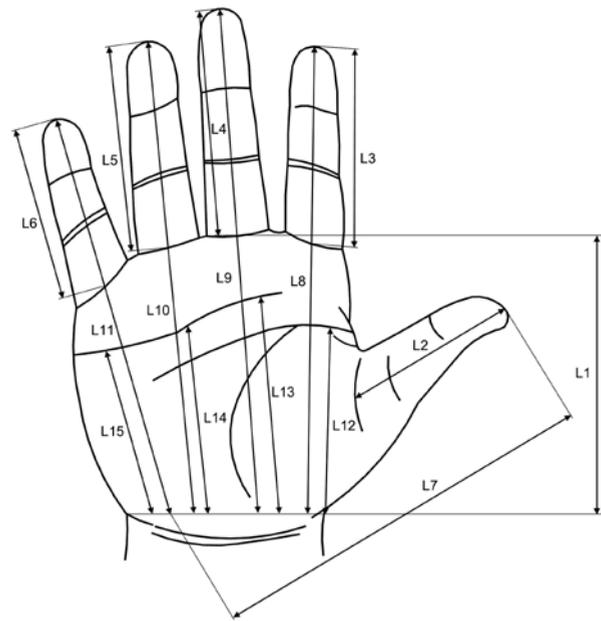


Figura 6. Longitudes de la mano consideradas para dimensionar las partes de los guantes. Fuente: elaboración de los autores.

Código	Nombre de la variable
L1	Longitud de la palma
L2	Longitud del primer dedo
L3	Longitud del segundo dedo
L4	Longitud del tercer dedo
L5	Longitud del cuarto dedo
L6	Longitud del quinto dedo
L7	Longitud de la punta del primer dedo al pliegue de la muñeca
L8	Longitud de la punta del segundo dedo al pliegue de la muñeca
L9	Longitud de la punta del tercer dedo al pliegue de la muñeca
L10	Longitud de la punta del cuarto dedo al pliegue de la muñeca
L11	Longitud de la punta del quinto dedo al pliegue de la muñeca
L12	Longitud unión del segundo dedo–metacarpo
L13	Longitud unión del tercer dedo–metacarpo
L14	Longitud unión del cuarto dedo–metacarpo
L15	Longitud unión del quinto dedo–metacarpo

Cuadro 3. Longitudes de la mano consideradas para dimensionar las partes de los guantes. Fuente: elaboración de los autores.

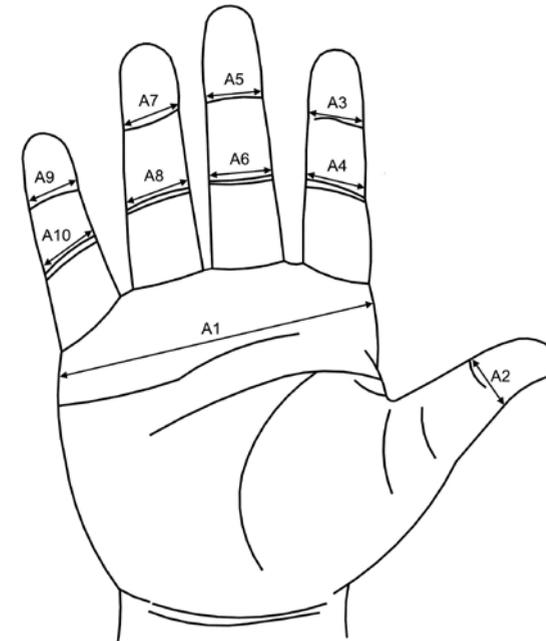


Figura 7. Anchuras de la mano consideradas para dimensionar las partes de los guantes. Fuente: elaboración de los autores.

Código	Nombre de la variable
A1	Anchura metacarpial
A2	Anchura de la articulación interfalángica del primer dedo
A3	Anchura de la articulación interfalángica distal del segundo dedo
A4	Anchura de la articulación interfalángica proximal del segundo dedo
A5	Anchura de la articulación interfalángica distal del tercer dedo
A6	Anchura de la articulación interfalángica proximal del tercer dedo
A7	Anchura de la articulación interfalángica distal del cuarto dedo
A8	Anchura de la articulación interfalángica proximal del cuarto dedo
A9	Anchura de la articulación interfalángica distal del quinto dedo
A10	Anchura de la articulación interfalángica proximal del quinto dedo

Cuadro 4. Anchuras de la mano consideradas para dimensionar las partes de los guantes. Fuente: elaboración de los autores.

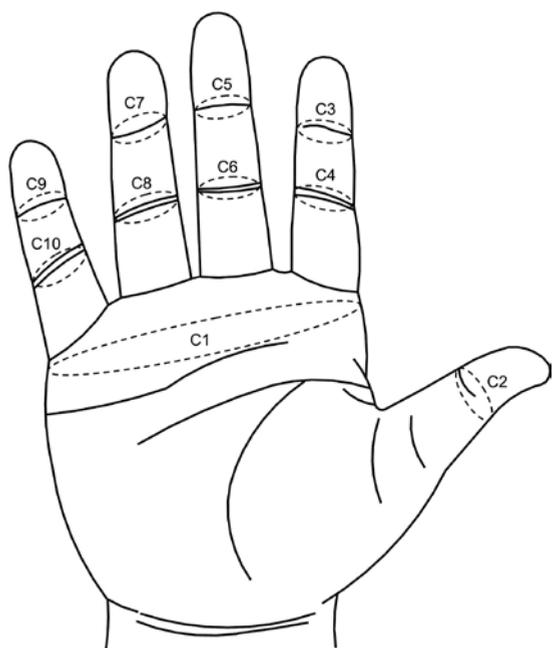


Figura 8. Circunferencias de la mano consideradas para dimensionar las partes de los guantes. Fuente: elaboración de los autores.

Código	Nombre de la variable
C1	Circunferencia metacarpial
C2	Circunferencia de la articulación interfalángica del primer dedo
C3	Circunferencia de la articulación interfalángica distal del segundo dedo
C4	Circunferencia de la articulación interfalángica proximal del segundo dedo
C5	Circunferencia de la articulación interfalángica distal del tercer dedo
C6	Circunferencia de la articulación interfalángica proximal del tercer dedo
C7	Circunferencia de la articulación interfalángica distal del cuarto dedo
C8	Circunferencia de la articulación interfalángica proximal del cuarto dedo
C9	Circunferencia de la articulación interfalángica distal del quinto dedo
C10	Circunferencia de la articulación interfalángica proximal del quinto dedo

Cuadro 5. Circunferencias de la mano consideradas para dimensionar las partes de los guantes. Fuente: elaboración de los autores.

Con respecto a los procesos de diseño y producción, se observa la importancia de comprender al guante como un conjunto de partes que cubren zonas específicas de la mano y de relacionar directamente las dimensiones antropométricas con cada uno de sus componentes, en contraste con la normatividad que presenta al guante como un objeto de una sola pieza o totalmente ensamblado. El análisis realizado por componentes facilita la transferencia de los datos antropométricos en los procesos de diseño, prototipado y fabricación de los guantes en el entorno industrial.

Discusión

Procesos para la selección de dimensiones antropométricas

Los modelos metodológicos para la aplicación de datos antropométricos en el diseño se centran generalmente en la selección de la fuente de datos (estudios existentes, mediciones de una muestra) y en su manejo estadístico, pero no proporcionan lineamientos para la selección de las dimensiones relevantes, lo que delega esta decisión a la experiencia del diseñador (Hsiao, 2013, p. 7; Kroemer, Kroemer & Kroemer (1997, p. 27)). En algunas situaciones de diseño en las que se encuentra ampliamente documentado este proceso (como en el caso de las sillas), existe claridad sobre las dimensiones antropométricas que deben tenerse en cuenta, pero en los elementos en los que hay una cercanía directa con el ser humano, como en los EPP, estos parámetros no están claramente definidos, y adicionalmente pueden variar entre una situación de trabajo y otra, aunque se relacionen con la misma zona del cuerpo.

Al utilizar los requerimientos como base para la selección de las dimensiones antropométricas, se garantiza que todas las medidas relevantes se incluyan en el diseño, al hacer una revisión detallada de las características que debe tener el guante en relación con cada movimiento de la mano y con las dimensiones que están asociadas.

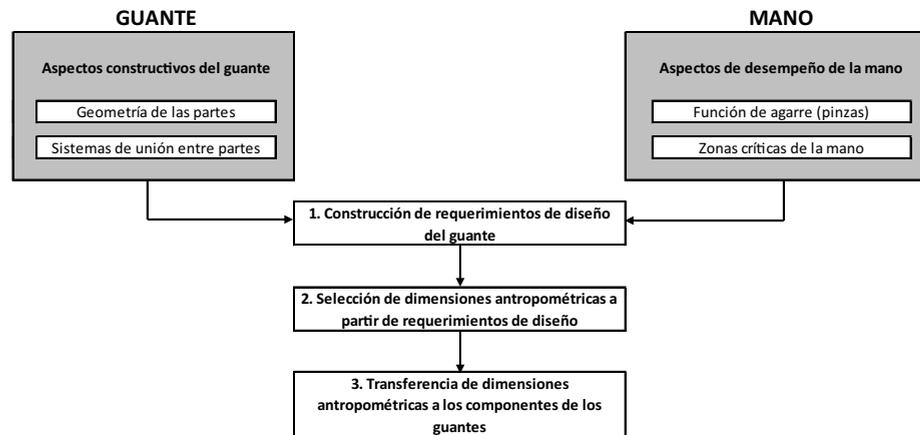


Figura 9. Proceso de selección de dimensiones antropométricas aplicadas a las partes de los guantes. Fuente: elaboración de los autores.

El uso de los requerimientos como base para seleccionar las dimensiones antropométricas fue reseñado por Roebuck (1995, p. 104), cuando presenta un método para el diseño de sistemas complejos, que se inicia con la identificación de los requerimientos globales (propósito del sistema, descripción de la actividad, tolerancia frente a condiciones externas) y de las características de la población, para establecer el rango de cobertura antropométrica que deben tener los componentes de dicho sistema. El proceso expuesto en la figura 9 se constituye en un modelo para seleccionar dimensiones antropométricas relevantes en el desarrollo y evaluación de diferentes medios de trabajo, tales como herramientas manuales, elementos de protección personal y ropa de trabajo.

Definición de dimensiones de los guantes

Históricamente, la definición de las medidas los guantes se ha basado en la construcción de modelos de la mano elaborados a partir de dimensiones antropométricas generales (longitud, circunferencia y anchura), sin considerar de forma suficiente las proporciones de los dedos, que son un factor clave en la función de agarre. Las limitaciones de estos modelos se manifiestan en que las dimensiones de los dedos se determinan a partir de la longitud total de la mano, por lo que solamente uno o dos de ellos (dedos segundo y tercero) se ajustan adecuadamente, mientras que en los extremos (dedos primero, cuarto y quinto) los guantes son demasiado largos (White, 1980, p. 166).

Por otra parte, los modelos que se han construido de las manos, tanto con métodos tradicionales como con tecnologías digitales, se han concentrado en el diseño de guantes elaborados en una sola pieza y a través de procesos de moldeado de materiales elastómeros como el látex y el nitrilo. Sin embargo, en el desarrollo de guantes basados en materiales laminares, como el cuero, se dificulta el ajuste a las dimensiones y forma de la mano, debido a que la producción se basa en el corte de piezas a partir de patrones y en el ensamble de las mismas por medio de costuras.

Como resultado de la aplicación del proceso presentado, se determinaron 35 dimensiones que se emplearon posteriormente para ajustar cada parte del guante. En contraste, los sistemas presentados en la literatura, se basan en tres dimensiones claves (longitud, anchura y circunferencia de la mano) que son relevantes por sus altas correlaciones estadísticas con otras zonas de la mano (Kwon et al., 2009, p. 763). Sin embargo, estas no permiten comprender de manera completa las proporciones específicas de los dedos, lo que es un factor clave para asegurar el ajuste del guante a la mano.

Conclusiones

El diseño de los guantes, a través de la forma de los componentes, dimensiones, uniones entre las partes, espesor, dureza y textura del material, debe ser coherente con las características de la estructura funcional de la mano, lo que busca un equilibrio entre la función de protección y el desempeño de la mano.

La formalización de las características de los guantes dada a través de los requerimientos de diseño, se constituye en una base importante para definir procesos de selección de las medidas antropométricas relevantes en la configuración de cada parte del guante.

Las dimensiones que fueron seleccionadas a partir de este proceso garantizan una mejor comprensión de las características formales de la mano y facilitan la transferencia de la información antropométrica a los componentes de los guantes.

Referencias

- Bell, J., & MacDonald, L. (2003). Hand Lacerations and Job Design Characteristics in Line-Paced Assembly. *Journal of Occupational and Environmental Medicine / American College of Occupational and Environmental Medicine*, 45(8), 848–856. doi:10.1097/O1.jom.0000083032.56116.88
- Dianat, I., Haslegrave, C., & Stedmon, A. (2012). Methodology for evaluating gloves in relation to the effects on hand performance capabilities: a literature review. *Ergonomics*, 55(11), 1429–1451. doi:10.1080/00140139.2012.708058
- Herrick, R. (2001). Protección personal. *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo* [Versión electrónica]. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo. Recuperado de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo1/31.pdf>

- Hsiao, H. (2012). Anthropometric Procedures for Protective Equipment Sizing and Design. *Human Factors*, 55(1), 6–35. doi: 10.1177/0018720812465640
- ICONTEC. (2008). *NTC 2190. Guantes de protección - Requisitos generales y métodos de ensayo*. Bogotá D.C.: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- Kroemer, K., Kroemer, H., & Kroemer, K. (1997). *Engineering Physiology. Bases of Human Factors/Ergonomics*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Kwon, O., Jung, K., You, H., & Kim, H. (2009). Determination of key dimensions for a glove sizing system by analyzing the relationships between hand dimensions. *Applied ergonomics*, 40(4), 762–766. doi:10.1016/j.apergo.2008.07.003
- Laing, R., Holland, E., Wilson, C., & Niven, B. (1999). Development of sizing systems for protective clothing for the adult male. *Ergonomics*, 42(10), 1249–57. doi: 10.1080/001401399184929
- Larivière, C., Plamondon, A., Lara, J., Tellier, C., Boutin, J., & Dagenais, A. (2004). Biomechanical assessment of gloves. A study of the sensitivity and reliability of electromyographic parameters used to measure the activation and fatigue of different forearm muscles. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 34(2), 101–116. doi:10.1016/j.ergon.2004.02.002
- Mclain, T. (2010). *The Use of Factor Analysis in the Development of Hand Sizes for Glove Design*. (Tesis de Maestría). University of Nebraska. Recuperada de <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1004&context=imsediss>
- Muralidhar, A., Bishu, R., & Hallbeck, M. (1999). The development and evaluation of an ergonomic glove. *Applied Ergonomics*, 30(6), 555–563. doi:10.1016/S0003-6870(99)00005-8
- Oka, J. (2012). *A human factors approach towards the design of a new glovebox glove for Los Alamos National Laboratory*. (Tesis de Maestría). University of New Mexico. doi:10.2172/1048349
- Rincón, O. (2010). *Ergonomía y procesos de diseño. Consideraciones metodológicas para el desarrollo de sistemas y productos*. Bogotá D.C.: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Rincón, O. (2014). *Diseño de sistema de tallaje de guantes de protección basado en la antropometría de la población colombiana*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia. Recuperada de <http://www.bdigital.unal.edu.co/47159/>
- Robinette, K., & Annis, J. (1986). *A Nine-Size System for Chemical Defense Gloves*. (Technical Report AD-A173 193). Wright Patterson Air Force Base: United States Air Force. Recuperado de <http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA173193>
- Roebuck, J. (1995). *Anthropometric Methods: Designing to Fit the Human Body*. Santa Monica CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- White, R. (1980). *Comparative Anthropometry of the Hand*. (Technical Report 81/010). Natick MA: United States Army Natick Research and Development Laboratories. Recuperado de <http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA101070>
- Yu, A, Yick, K., Ng, S., & Yip, J. (2013). 2D and 3D anatomical analyses of hand dimensions for custom-made gloves. *Applied ergonomics*, 44(3), 381–392. doi:10.1016/j.apergo.2012.10.001