

DIMENSIONES ANTROPOMÉTRICAS DE LAS MANOS Y SU RELACIÓN CON  
LA FUERZA DE AGARRE EN UNA POBLACIÓN ADMINISTRATIVA DE LA  
CIUDAD DE BOGOTÁ, COLOMBIA

LUISA ALEJANDRA RODRIGUEZ SILVA  
KAREN DANIELA VARGAS SANCHEZ

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BOGOTÁ  
2019

DIMENSIONES ANTROPOMÉTRICAS DE LAS MANOS Y SU RELACIÓN CON  
LA FUERZA DE AGARRE EN UNA POBLACIÓN ADMINISTRATIVA DE LA  
CIUDAD DE BOGOTÁ, COLOMBIA

LUISA ALEJANDRA RODRIGUEZ SILVA  
KAREN DANIELA VARGAS SANCHEZ

Trabajo de grado

Directora: Magda Viviana Monroy Silva  
Codirector: Christian Ricardo Zea Forero

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BOGOTÁ  
2019

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma Jurado 1

---

Firma Jurado 2

---

Firma Jurado 3

Bogotá D.C (diciembre de 2020)

## CONTENIDO

|        |                                                                                       |    |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1      | PROBLEMA                                                                              | 8  |
| 1.1    | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA                                                            | 8  |
| 1.2    | PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN                                                             | 10 |
| 1.3    | OBJETIVO                                                                              | 10 |
| 1.3.1  | Objetivo General                                                                      | 10 |
| 1.3.2  | Objetivos Específicos                                                                 | 10 |
| 1.4    | JUSTIFICACIÓN                                                                         | 11 |
| 2      | MARCO REFERENCIAL                                                                     | 13 |
| 2.1    | MARCO CONCEPTUAL                                                                      | 13 |
| 2.1.1  | Antropometría                                                                         | 13 |
| 2.1.2  | Medidas antropométricas básicas                                                       | 13 |
| 2.1.3  | Técnicas para las mediciones antropométricas                                          | 14 |
| 2.1.4  | Antropometría de la mano                                                              | 14 |
| 2.1.5  | Instrumentos para las mediciones antropométricas                                      | 15 |
| 2.1.6  | Miembro superior                                                                      | 16 |
| 2.1.7  | Ergonomía                                                                             | 16 |
| 2.1.8  | Desórdenes musculo-esqueléticos (DME)                                                 | 17 |
| 2.1.9  | La mano                                                                               | 17 |
| 2.1.10 | Articulaciones de la mano                                                             | 17 |
| 2.1.11 | Huesos de la mano                                                                     | 19 |
| 2.1.12 | Músculos de la mano                                                                   | 20 |
| 2.1.13 | Prensión o agarre                                                                     | 21 |
| 2.1.14 | Fuerza de agarre                                                                      | 21 |
| 2.1.15 | Dinamometría                                                                          | 21 |
| 2.1.16 | Dinamómetro                                                                           | 22 |
| 2.2    | MARCO LEGAL                                                                           | 22 |
| 2.2.1  | Ley 1562/2012 de Colombia (Normativa en Seguridad y Salud en el trabajo en Colombia). | 22 |
| 2.2.2  | Decreto 1072 de 2015                                                                  | 22 |

|       |                                                                                                                            |    |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.3 | Normativa en Seguridad y Salud en el trabajo en Colombia: Decreto 1072 de 2015, OSHAS 18001 e ISO/DIS 45001                | 23 |
| •     | OSHAS 18001 e ISO/DIS 45001                                                                                                | 23 |
| 2.2.4 | UNE-EN ISO 6385:2004. Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo.                                        | 23 |
| 2.2.5 | UNE-EN 13861:2003. Seguridad de las máquinas. Guía para la aplicación de las normas sobre ergonomía al diseño de máquinas. | 23 |
| 2.2.6 | UNE-EN ISO 7250-1:2010. Definiciones de las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico.                  | 24 |
| 2.3   | ESTADO DEL ARTE                                                                                                            | 24 |
| 3     | MARCO METODOLÓGICO                                                                                                         | 30 |
| 3.1   | TIPO DE INVESTIGACIÓN                                                                                                      | 30 |
| 3.2   | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN                                                                                                 | 30 |
| 3.3   | POBLACIÓN                                                                                                                  | 30 |
| 3.3.1 | Criterios de inclusión                                                                                                     | 30 |
| 3.3.2 | Muestra                                                                                                                    | 31 |
| 3.4   | TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN                                                                          | 31 |
| 3.5   | VARIABLES DE ANÁLISIS                                                                                                      | 33 |
| 3.5.1 | Variables dependientes                                                                                                     | 33 |
| 3.5.2 | Variables independientes                                                                                                   | 33 |
| 3.7.1 | DERECHOS DE LOS PARTICIPANTES                                                                                              | 37 |
| 3.7.2 | Consentimiento Informado                                                                                                   | 37 |
| 3.7.3 | Anonimato y Confidencialidad                                                                                               | 37 |
| 3.8   | PROCEDIMIENTO                                                                                                              | 38 |
| 4     | RESULTADOS ALCANZADOS                                                                                                      | 41 |
| 4.1   | DIMENSIONES ANTROPOMETRICAS DE LA MANO                                                                                     | 41 |
| 4.1.1 | Caracterización medidas antropométricas de la mano por género.                                                             | 42 |
| 4.1.2 | Caracterización medidas antropométricas de la mano por dominancia.                                                         | 44 |
| 4.1.3 | Caracterización medidas antropométricas de la mano por edad.                                                               | 46 |
| 4.2   | VALORACIÓN DE LA FUERZA MAXIMA DE AGARRE                                                                                   | 51 |
| 4.2.1 | Caracterización de la fuerza de agarre por género y dominancia.                                                            | 52 |
| 4.2.2 | Caracterización de la fuerza de agarre por edad.                                                                           | 53 |

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3 ANALISIS/EVALUACION DE LA FUERZA DE AGARRE MANO DOMINANTE Y MANO NO DOMINANTE | 55 |
| 4.2 CORRELACIÓN FUERZA DE AGARRE Y LAS DIMENSIONES ANTROPOMÉTRICAS DE LA MANO.    | 56 |
| 4.2.1 Correlación de FMD y las dimensiones antropométricas de la mano             | 57 |
| 4.2.2 Correlación de FMND y las dimensiones antropométricas de la mano            | 60 |
| 5 CONCLUSIONES                                                                    | 63 |
| 6 RECOMENDACIONES                                                                 | 65 |
| 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS                                                      | 66 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 Dimensiones antropométricas [2].....                           | 15 |
| Tabla 2 Músculos de la mano [28] .....                                 | 20 |
| Tabla 3 Tabla de muestra de la población .....                         | 31 |
| Tabla 4 Técnicas de análisis de recolección [2][48].....               | 33 |
| Tabla 5 Antropometría Manual [2].....                                  | 40 |
| Tabla 6. Caracterización de la población .....                         | 41 |
| Tabla 7. Descripción medidas antropométricas (en centímetros) .....    | 41 |
| Tabla 8. Caracterización Medidas Antropométrica femenino.....          | 42 |
| Tabla 9. Caracterización Medidas Antropométrica Masculino. ....        | 43 |
| Tabla 10. Caracterización medidas antropométricas diestros. ....       | 44 |
| Tabla 11. Caracterización medidas antropométricas zurdos. ....         | 45 |
| Tabla 12. Caracterización medidas antropométricas - <= 24 años .....   | 46 |
| Tabla 13. Prueba de normalidad Kolmogorov - edades <= 24.....          | 47 |
| Tabla 14. Caracterización medidas antropométricas – 24 - 50 años. .... | 48 |
| Tabla 15. Prueba de normalidad Kolmogorov - edades 25 - 50.....        | 49 |
| Tabla 16. Caracterización medidas antropométricas – 50 - 63 años. .... | 49 |
| Tabla 17. Prueba de normalidad Kolmogorov - edades 50-63.....          | 50 |
| Tabla 18. Descripción Fuerza de agarre (en kilogramos fuerza). ....    | 51 |
| Tabla 19. Descripción Fuerza de agarre por género y dominancia.....    | 52 |
| Tabla 20. Descripción Fuerza de agarre por edad.....                   | 53 |
| Tabla 21. Pruebas de normalidad FMD y FMND .....                       | 54 |
| Tabla 22 Prueba de diferencia de medias T-student .....                | 56 |
| Tabla 23 Correlación de Pearson .....                                  | 56 |
| Tabla 24 Resumen modelo Regresión Lineal FMD .....                     | 57 |
| Tabla 25 Prueba ANOVA Regresión lineal FMD.....                        | 57 |
| Tabla 26. Resultados y coeficientes Regresión lineal FMD .....         | 58 |

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| Tabla 27 Resumen modelo Regresión Lineal FMND..... | 60 |
| Tabla 28. Prueba ANOVA Regresión lineal FMND. .... | 60 |
| Tabla 29. Coeficientes Regresión lineal FMND ..... | 61 |

## LISTA DE ILUSTRACIONES

|                                                                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1. a) Es la relación y el cubito durante los movimientos de pronación y supinación; b) Movimientos de la mano en pronación y supinación. Tomado de (Palastanga et al., 2000). .... | 18 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## LISTA DE ANEXOS

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| Anexo A. Consentimiento informado –participantes del estudio ..... | 70 |
| Anexo B. Formato recolección de información .....                  | 72 |
| Anexo C. Resumen del Artículo postulado. ....                      | 75 |
| Anexo D. Evidencia de sometimiento del artículo a la revista.....  | 77 |

# 1 PROBLEMA

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante el largo periodo de la evolución humana uno de los desarrollos más importantes fue el logro del hombre en la postura erguida, esto permitió que las manos estuviesen disponibles para actividades distintas a la locomoción [1]. Las disposiciones anatómicas de las manos le han otorgado al ser humano la capacidad de desarrollar, aumentar habilidades y tener ventajas singulares frente a otras especies, logrando así que la mano adapte varias posiciones funcionales en un momento específico dadas la necesidad para ejecutar. Incesantemente la mano debe adoptar diversas posiciones las cuales le permiten al ser humano relacionarse con el medio que lo rodea; por ejemplo la concavidad palmar, la cual es la que permite agarrar y soltar objetos, también están los movimientos de oposición como es la del pulgar pues este logra proporcionar la pinza o pellizco y facilitan la manipulación de herramientas de precisión, y labores de destreza manual fina estos se ven reflejados en la eficacia que se tiene en la manipulación de herramientas, objetos, etc. [2][3]

La mano se define como un instrumento mecánico con una gran eficiencia, pues esta realiza actividades muy precisas, delicadas y pesadas, debido a su capacidad y gran versatilidad de movimiento, se establece como el principal órgano para la manipulación física del medio, aparte de transmitir información sensorial hacia el cerebro como la textura, temperatura, formas y demás, representando un rol significativo en la supervivencia y relación con el entorno [4].

Considerando la capacidad funcional de las extremidades superiores del cuerpo, para el interés de la investigación los más importantes son los comprometidos en el desarrollo de la motricidad manual debido a su relación con el desempeño laboral, la eficiencia en el uso de herramientas y objetos que se utilizan cotidianamente está relacionada con la fuerza de agarre o prensil.

El agarre de la mano involucra las fuerzas de contracción de los músculos de la mano y el antebrazo, la fuerza que reúne todos los factores es la Fuerza prensil o fuerza de agarre pues esta es el resultado de una flexión exigida y voluntaria máxima de los dedos por una persona en condiciones normales. La consideración de la fuerza prensil de la mano es indispensable para definir la eficacia del diseño, manipulación de herramientas y los procedimientos de rehabilitación de la mano. Si se realiza una cuantificación objetiva de esta fuerza posibilita la predicción de determinadas patologías tales como: síndrome del túnel carpiano, trastornos músculo esqueléticos, osteoartritis entre otros; y sus tratamientos [2]. Esto con el fin de decidir y validar si la persona afectada está o no funcionalmente recuperado de

una enfermedad musculo esquelética en sus miembros superiores para retomar sus actividades habituales previas [2].

Un estudio realizado por la Universidad Yenepoya de Mangalore, India, asocia la fuerza de agarre de mano y mediciones antropométricas (altura, peso, índice de masa corporal y las dimensiones de la mano) en la población femenina sana de la India, donde lograron hacer dos hallazgos, el primero fue que la fuerza de agarre de la mano dominante es más fuerte que la de la mano no dominante. El segundo hallazgo importante fue una clara asociación entre la fuerza de agarre de mano (lado dominante y no dominante) y la altura, el peso, la longitud de la mano, la circunferencia de la mano y la circunferencia del antebrazo de los lados respectivos. El último hallazgo fue que la fuerza de agarre no se asoció con el IMC y la amplitud mano en ambos lados [5].

La Corporación universitaria Republicana reveló un estudio en el cual revela una relación entre las medidas antropométricas de la mano y la fuerza de agarre o prensil, se encuentra en el dedo índice y el dedo medio, concluyendo así que a mayor dimensión de los dedos mayor será la fuerza prensil [3]. A nivel global se han elaborado estudios donde establecen estándares con respecto a la medida de fuerza prensil, también se relacionan con tablas según género, edad y mano dominante; sin embargo, estas tablas están relacionadas con población extranjera de modo que, en Colombia, aunque ya se ha hecho estudios, son escasos y no se relacionan las medidas antropométricas con la fuerza prensil, además de ser orientados hacia el sector industrial o población general.

La Federación de Aseguradores Colombianos de ahora en adelante FASECOLDA, es la entidad que ha liderado estudios estadísticos acerca de las enfermedades laborales en el país; el 7 de mayo del 2019 publicó un reporte, siguiendo los criterios de la circular 035 del Ministerio de Trabajo, diciendo que las enfermedades laborales más comunes en el país son: Síndrome del túnel carpiano; Síndrome de manguito rotatorio; Epicondilitis lateral; Epicondilitis media; Trastorno de disco lumbar y otros, con radiculopatía; Otros trastornos especificados de los discos intervertebrales; Otras sinovitis y tenosinovitis; Lumbago no especificado; Tenosinovitis de estiloides radial y Traumatismo, no especificado [6][7]. Esto soporta que la población laboral sin excepción de la clasificación de la empresa (administrativo, industria, pública o privada, etc), se encuentra expuesta a riesgos que pueden generar lesiones osteomusculares en las muñecas y manos debido las actividades que realizan en su trabajo, entre ellas posturas forzadas y prolongadas, movimientos repetitivos y esfuerzos.

Este proyecto de investigación se realizó en una entidad de orden público en la que se evidencian las problemáticas y necesidades más recurrentes en las organizaciones a nivel nacional; debido a que no se tiene en cuenta los factores físicos a los que se encuentran expuestos los colaboradores y los riesgos que estos pueden generar, así mismos obviando las necesidades físicas de cada sujeto.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, por medio de este trabajo de investigación la entidad busca fortalecer su programa de salud y seguridad en el trabajo, identificar las capacidades físicas de todos sus colaboradores y realizar una caracterización de la población, con el fin de prever futuras enfermedades osteomusculares de origen laboral.

Por otra parte, la relevancia de caracterizar las capacidades físicas (antropometría y fuerza principalmente) de la población colombiana para el diseño de entornos laborales seguros y a causa de los exiguos estudios en el país al respecto, la presente investigación pretende ampliar los antecedentes en el país sobre el tema y tiene como propósito documentar la relación entre la fuerza prensil y las medidas antropométricas de la mano, teniendo en cuenta la mano dominante y la no dominante y desarrollar una caracterización de la población perteneciente al sector administrativo. De esta forma ser un punto de partida para futuras investigaciones enfocadas al diseño de herramientas de manipulación manual.

## 1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Existe una relación significativa entre las medidas antropométricas de la mano y la fuerza de agarre en una población Administrativa de Bogotá?

## 1.3 OBJETIVO

### 1.3.1 Objetivo General

Evaluar la relación existente entre las medidas antropométricas de la mano y la fuerza de agarre en una población administrativa de la ciudad de Bogotá, Colombia.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

1. Medir las dimensiones antropométricas de la mano y la fuerza de agarre en población administrativa de la ciudad de Bogotá, Colombia.
2. Establecer la diferencia de la fuerza de agarre entre la mano dominante y la mano no dominante.
3. Determinar la correlación de la fuerza de agarre y las dimensiones antropométricas de la mano en la población administrativa de Bogotá, Colombia.

## 1.4 JUSTIFICACIÓN

Según el plan de desarrollo de Colombia, alineado con los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU [8]. En el objetivo 8 se habla de **“Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos”** [9]. Según el Tesauro de la Organización Internacional del Trabajo, de ahora en adelante OIT, el trabajo decente es:

Sinónimo de trabajo productivo, en el cual se protegen los derechos, lo cual engendra ingresos adecuados con una protección social apropiada. Significa también un trabajo suficiente, en el sentido de que todos deberían tener pleno acceso a las oportunidades de obtención de ingresos. [10]

Hablar de trabajo decente es hablar de trabajo seguro. Existe una estrecha relación entre estos, para la OIT “trabajo seguro” es garantizar el bienestar físico y mental de las personas en el desarrollo de una actividad. En la actualidad las compañías deben prever situaciones que puedan generar lesiones en sus trabajadores dando como resultado una enfermedad laboral. En Colombia las “enfermedades laborales” están definidas como: **“Es enfermedad laboral la contraída como resultado de la exposición a factores de riesgo inherentes a la actividad laboral o del medio en el que el trabajador se ha visto obligado a trabajar”** [11]. Según la Organización Mundial de la Salud anualmente mueren 374 millones de personas en el mundo a causa de las enfermedades laborales.

Los costos económicos a los que se incurre por los accidentes y enfermedades laborales representan un 4% del PIB mundial. Estos acontecimientos bajan la productividad de trabajo. Esto ha generado un interés en las compañías por fomentar una fuerza de trabajo sostenible, dado que el trabajo es un aspecto central en la vida de las personas [12].

Por todo esto y los problemas de salud pública globales existentes en la actualidad es que ha nacido el interés por la realización de investigaciones sobre las enfermedades laborales. Enfermedades como lo son Síndrome del túnel carpiano; Síndrome de manguito rotatorio; Epicondilitis lateral; Epicondilitis media; Trastorno de disco lumbar y otros [13] [7]. Todas ellas, también asociadas a labores administrativas por el uso prolongado y movimientos repetitivos del teclado y del mouse.

Dado que la fuerza de agarre o prensil se considera un predictor de las condiciones de salud, entre ellas, la capacidad y posibles lesiones osteomuscular de los miembros superiores, el presente estudio se focaliza en la relación entre las medidas antropométricas de la mano y la fuerza de agarre. Con el fin de proveer un referente para la población administrativa por la escasez de estudios y la vulnerabilidad que tiene esta población de presentar enfermedades musculoesqueléticas en los miembros superiores. Generando insumos para los programas

de prevención de lesión osteomuscular y a su vez en el diseño de herramientas de trabajo ergonómico.

## 2 MARCO REFERENCIAL

A continuación, se muestra el marco conceptual en donde se describirán los conceptos primordiales para el desarrollo del tema, luego el estado del arte y posteriormente los antecedentes de la pregunta de investigación.

### 2.1 MARCO CONCEPTUAL

#### 2.1.1 Antropometría

Es la ciencia que estudia las características del cuerpo humano por métodos cuantitativos y cualitativos [14]. La antropometría analiza las dimensiones del cuerpo basándose en aspectos como la talla, peso, proporciones y formas con el objetivo de analizar la viabilidad del uso y la realización de ciertos movimientos [15].

La antropometría también es concebida como “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 en la ergonomía con objeto de adaptar el entorno a las personas” [16].

La antropometría se clasifica en: a) la antropometría funcional o dinámica, entendida como la ciencia que analiza las medidas del cuerpo cuando este se encuentra en movimiento permitiendo valorar la capacidad de las articulaciones; y b) la antropometría estática o estructural, la cual se refiere a las medidas que componen al ser humano cuando este está en reposo, en una posición fija y determinada. Estas medidas se pueden tomar de la cabeza, tronco y extremidades en una posición determinada, además son muy útiles para diseño de herramientas, los puestos de trabajo, las distancias que se requiere entre el cuerpo y los objetos que lo rodean, etc. [17].

#### 2.1.2 Medidas antropométricas básicas

Las exploraciones de las medidas antropométricas logran establecer la proporción de los diferentes componentes del organismo como lo es el músculo, agua o grasa a lo largo del tiempo. Tomando como base el libro "Dimensiones antropométricas, población Latinoamericana", se establecen las siguientes definiciones.

- **Talla:** Una de las medidas más fáciles de realizar, es la distancia del suelo al vertex (el punto superior de la cabeza), se puede medir con el tallímetro o el

antropómetro; el registro se toma en centímetros teniendo en cuenta que la posición del sujeto debe ser totalmente erguido [18].

Esta medida se emplea para valorar el crecimiento y desarrollo en los niños por medio de los índices de talla/edad o peso/talla; para los adultos se utiliza para calcular el IMC entre otros.

- **Peso:** Es la masa total del sujeto, uno de los mejores parámetros para evaluar el estado nutricional, se puede medir con una balanza y se mide generalmente en kg [18].

### 2.1.3 Técnicas para las mediciones antropométricas

Para la toma de medidas antropométricas se consideran las siguientes indicaciones básicas para su precisión y correcta ejecución: [19]

- El marcaje es el medidor que localizará los puntos antropométricos que se van a tomar como referencia, y se señalan con un lápiz o pluma, también algunos instrumentos ya traen su propio marcaje.
- La posición del individuo es clave para realizar la medición que se desea pues según esta se pueden tomar estándares y efectuar medida más precisa.
- Utilizar el mismo instrumento para toda la población de muestra y calibrar periódicamente a los distintos equipos.
- Procurar un ambiente adecuado para realizar las mediciones y con tiempo suficiente.
- Si es posible realizar las medidas antropométricas a toda la muestra en las mismas condiciones horarias y ya sea en reposo o movimiento.

### 2.1.4 Antropometría de la mano

En las tareas cotidianas se debe en cuenta diferentes aspectos; la precisión, la fuerza o destreza, sin embargo, no se tiene en cuenta la antropometría de las manos, factor importante, puesto que tiene una relación estrecha con la eficiencia de los trabajadores, la salud y seguridad de los mismos.

Según un estudio realizado en México titulado “Antropometría de la mano para el diseño de herramienta: caso de estudio en mujeres” [20]. Se debe considerar nueve medidas de la mano, relacionadas a continuación:

| DIMENSIÓN ANTROPOMÉTRICA         | DESDE                                                                                                                                                                               | HASTA                                                                       |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Longitud máxima de la mano       | El pliegue más distal y palmar de la muñeca.                                                                                                                                        | el extremo distal de la tercera falange                                     |
| Ancho máximo de la mano          | La cabeza del quinto metacarpiano por lateral.                                                                                                                                      | Cabeza del primer metacarpiano por lateral.                                 |
| Longitud palmar                  | Desde el pliegue más distal y palmar de la muñeca                                                                                                                                   | la una línea proyectada desde el pliegue más proximal de la segunda falange |
| Ancho de la mano                 | Distancia entre las cabezas del segundo y quinto metacarpiano                                                                                                                       | su zona más lateral                                                         |
| Espesor de la mano               | entre una línea proyectada desde la cabeza del segundo metacarpiano por palmar                                                                                                      | hasta una línea proyectada del segundo metacarpiano por dorsal              |
| Diámetro de agarre               | Se toma el diámetro máximo de agarre solicitado en una estructura cónica entre la primera y tercera falange.                                                                        |                                                                             |
| Circunferencia de la mano        | Se registra rodeando la mano a modo de perímetro pasando por la cabeza del quinto metacarpiano                                                                                      | algún punto en la cabeza del segundo metacarpiano                           |
| Circunferencia máxima de la mano | Se registra rodeando la muñeca en torno a la cabeza del primer metacarpiano pasando por la eminencia hipotenar.                                                                     |                                                                             |
| Longitud de las falanges         | Se miden por la cara dorsal de la mano con las falanges flexionadas en 90° y se mide la distancia entre la cabeza del metacarpiano correspondiente y el extremo de la misma falange |                                                                             |

*Tabla 1 Dimensiones antropométricas [2].*

#### 2.1.5 Instrumentos para las mediciones antropométricas

Para realizar las medidas antropométricas es recomendable utilizar instrumentos sencillos, precisos y de fácil manejo, algunos de estos son:

- **Báscula:** se utiliza para medir el peso de los cuerpos, normalmente tiene una base sobre la cual se posiciona el cuerpo, se puede encontrar basculas

mecánicas y digitales. Debe tener un rango entre 0 y 150 kg; una precisión de al menos 100 gr [18].

- **Antropómetro o pie de rey:** Este es utilizado para medir longitudes, diámetros y alturas, está conformado por una barra con dos brazos que son paralelas y se pueden desplazar para contener la parte del cuerpo que se está midiendo. Tiene una precisión de 1 mm [18].
- **Estadiómetro o tallímetro:** Utilizado para medir la estatura o longitud de una persona; se encuentra tallímetros móviles y fijos. Su precisión debe ser de 1mm [18].
- **Cinta métrica o cinta antropométrica:** se utiliza para medir longitudes, circunferencias además de localizar los puntos medios de la división de las regiones del cuerpo. Deberá ser de un material flexible y no extensible con un ancho máximo 7 mm y su precisión es de 1 mm [18].
- **Cono antropométrico:** Tiene una estructura cónica, graduada longitudinal, el cual cada intervalo de graduación representa 1 mm de diámetro. Con el objetivo de tomar la lectura del diámetro de empuñadura de las personas [18].

#### 2.1.6 Miembro superior

Los miembros superiores son una estructura funcional esencial para el ser humano, compuesto por hombro, brazo, codo, antebrazo, muñeca, mano y dedos; estas uniones de órganos cuentan con capacidades locomotoras, responsables de acciones como el agarre, la manipulación y el alcance de objetos [21]. Las extremidades superiores están sujetas al tronco por medio de la cintura escapular. Se logra observar que entre el tronco y la mano hay una serie de articulaciones que están dotadas de gran movilidad y sistemas de palanca los cuales les permiten a los miembros superiores llevar la mano a cualquier punto en el espacio y mantener esa posición mientras realiza tareas [22].

#### 2.1.7 Ergonomía

Según la Sociedad Colombiana de Ergonomía (SCE) define la ergonomía como la disciplina científica relacionada con la comprensión de las interacciones entre los seres humanos y los elementos de un sistema, es decir que es la relación existente entre el hombre y su trabajo, las herramientas que utiliza para su labor y el ambiente en el que lo desempeña, esta disciplina se desarrolla por medio de la aplicación de los conocimientos anatómicos y fisiológicos. La ergonomía tiene como objetivo adaptar las tareas diarias que desarrollan las personas para optimizar el bienestar humano y todo el desempeño del sistema [23] [24].

### 2.1.8 Desórdenes musculoesqueléticos (DME)

Los miembros superiores en la actualidad son de suma importancia para desarrollo de las actividades laborales, sin embargo, la manipulación de herramientas genera tensiones en los tendones y músculos del trabajador, cuando estas tensiones superan la capacidad del sistema cardiovascular o musculoesquelético el trabajador presenta lesiones, fatigas y pérdidas de movilidad [25].

Es así que los DME comprenden un grupo heterogéneo de diagnósticos que incluyen alteraciones de músculos, tendones, nervios, vainas tendinosas, síndrome de atrapamientos nerviosos, alteraciones articulares y/o neurovasculares debido a múltiples factores.

Algunas causas orígenes de estos desórdenes musculoesqueléticos pueden ser las posiciones forzadas y por tiempo prolongado, los movimientos repetitivos, manipulación de cargas con mala postura y el manejo de herramientas que emitan vibraciones [26].

### 2.1.9 La mano

La mano fue esencial para la independencia humana, esta se convirtió en la principal herramienta del ser humano ya que es el principal órgano para interactuar con el medio, como dijo Aristóteles “es el instrumento de instrumentos”, puesto que estas tienen la capacidad de realizar diferentes actividades de precisión, fuerza y delicadeza. Además de poseer varias funcionalidades sensoriales las cuales permiten crear conexión directamente con el cerebro [22].

Aunque se toman las manos como órganos individuales, estas no serían el principal instrumento del ser humano sino estuviesen en conjunto con las muñecas [27], ya que estas permiten una completa ejecución de las actividades a realizar. Para entender su gran capacidad, debe observarse desde la parte estructural ya que cuenta con 27 huesos; 25 articulaciones las cuales se dividen en: Metacarpo falángica, Interfalángica primaria, Interfalángica secundaria, y permiten realizar aproximadamente 58 movimientos y posee 36 músculos [22].

### 2.1.10 Articulaciones de la mano

Las articulaciones son tejidos anatómicos que permiten la unión de dos huesos o un hueso y un cartílago, permite los movimientos mecánicos y aportan elasticidad. La mano no actúa por sí sola como ya se había nombrado anteriormente está acompañada de la muñeca, pero durante los movimientos de pronación (es el giro del antebrazo el cual deja posicionar la mano con el dorso hacia arriba) y supinación

(giro del antebrazo y mano para que la palma quede mirando al revés) (Ilustración.1), la mano está acompañada del antebrazo, lo cual permite un nuevo eje de movimiento a la mano por medio de la muñeca [22].

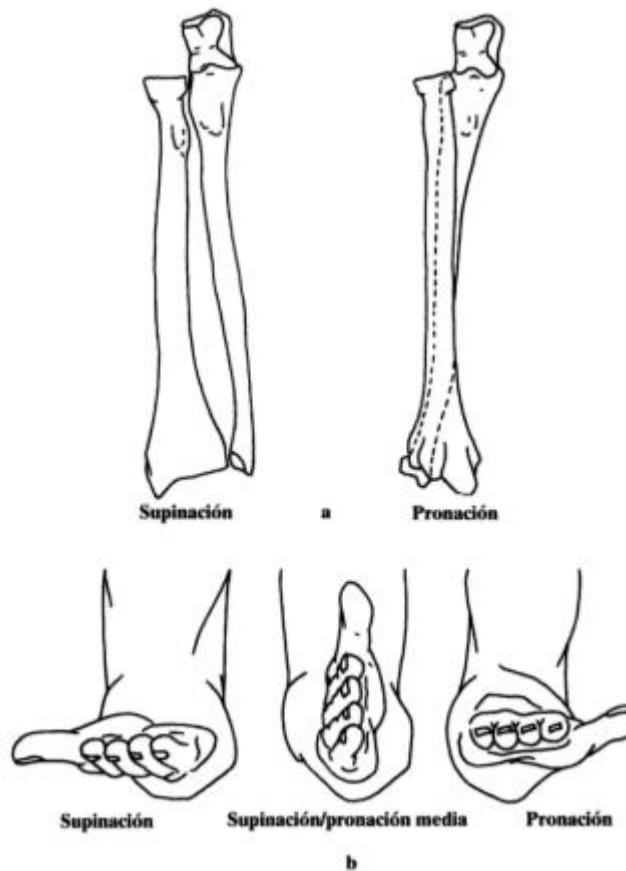


*Ilustración 1. a) Es la relación y el cubito durante los movimientos de pronación y supinación; b) Movimientos de la mano en pronación y supinación. Tomado de (Palastanga et al., 2000).*

Si no se tuviese estas articulaciones de movimiento libre como son la Radiocubital superior la cual es la que está situada entre el radio y el cúbito, la evolución de la mano como instrumento de manipulación no fuese igual, ni tampoco hubiese producido un desarrollo y aumento del encéfalo en la corteza cerebral [22].

Por la interdependencia funcional de la muñeca y la mano, los movimientos de esta son acompañados de los movimientos de las articulaciones radiocarpiana (articulaciones con el antebrazo) e intercarpianas (articulaciones entre los huesos del carpo). Además, los ocho huesos del carpo se establecen y se desplazan formando dos filas de husos la proximal y la distal, estas actúan de forma individual, la articulación que está situada entre ellas se llama medio carpiana [22].

Situándose en la mano, se encuentran cuatro tipos de articulaciones carpo metacarpianas que se encuentran entre la base de los cuatro metacarpianos mediales y la fila distal de los huesos del carpo, los metacarpianos uno y dos son casi inmóviles, se presenta un ligero deslizamiento entre el cuarto metacarpiano y el ganchoso, pero el quinto muestra movimientos especiales cuando se desliza sobre el ganchoso, movimientos como la flexión y una ligera rotación [22].

- En las articulaciones del pulgar se encuentra la carpometacarpiana que le da una base estable al dedo puesto que es el más móvil y especializado estas dos características son requisito para el funcionamiento prensil de la mano. Esta articulación le permite al pulgar trabajar de una forma eficiente y eficaz además que permite el movimiento (flexión, extensión, abducción y rotación) en tres dimensiones [22].
- Intermetacarpianas son articulaciones sinoviales es decir que se mueven con libertad y están situadas entre los lados adyacentes de los metacarpianos 2 y 3, 3 y 4, 4 y 5 [22].

Por último, se encuentran las dos faltantes que son las articulaciones de los dedos, ya que estos actúan en un plano y se cierran sobre objetos generando una acción de pinza con el pulgar opuesto.

- La metacarpofalángica tiene la mismas función y estructura de la carpometacarpiana del pulgar [22].
- La interfalángicas se encuentra dos veces en los dedos exceptuando el pulgar que se encuentra solo una vez, estas se encuentran entre la cabeza de la falange proximal y la base de la falange media y la base de la falange distal. Estas articulaciones le permiten solo los movimientos de flexión y extensión [22].

#### 2.1.11 Huesos de la mano

La mano cuenta con 27 huesos que implican desde la muñeca hasta las yemas de los dedos y se agrupan en tres áreas principales: Muñecas (Carpo); Palma (Metacarpo) y los huesos digitales (Falanges) [22].

- **Carpo:** compuesto por ocho huesos los cuales se encuentran separados y forman dos filas, la proximal que se conforma por (Escafoides, semilunar, piramidal y pisiforme) en donde tres de estos se articulan por encima del radio y está la fila distal conformada por (Trapezio, Trapezoide, Hueso grande y Hueso ganchoso) en esta fila todos los cuatro huesos se articulan con la base de los cinco metacarpianos.
- **Metacarpo:** Formado por cinco huesos que se llaman metacarpianos y están enumerados en una secuencia a partir de la zona lateral, es decir; 1 - pulgar, 2 - índice, 3 - corazón, 4 - anular y por último 5 - meñique. Estos tienen una

forma alargada con una base cuadrilátera proximal, una diáfisis y una cabeza redonda distal.

- **Falanges:** Formadas por catorce huesos, tres en los primeros cuatros huesos y dos en el pulgar, su estructura también es alargada y cuenta con un extremo grande y una cabeza más pequeña.

#### 2.1.12 Músculos de la mano

La configuración de los músculos que están implicados para los movimientos de agarre, manipulación, precisión, etc. De la mano se pueden estudiar por regiones que son el plano superficial, plano profundo y cara lateral o radial [22].

| Plano superficial                  | Plano profundo                    | Lateral o radial                    |
|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Pronador cuadrado                  | Abductor largo pulgar             | Braquiorradial o<br>Supinador largo |
| Flexor profundo de los<br>dedos    | Extensor corto pulgar             | Extensor corto radial del<br>carpo  |
| Flexor largo del pulgar            | Supinador corto                   | Extensor corto radial del<br>carpo  |
| Flexor superficial de los<br>dedos | Extensor largo pulgar             |                                     |
| Pronador redondo                   | Extensor dedos                    |                                     |
| Flexor radial del carpo            | Extensor índice                   |                                     |
| Flexor cubital del carpo           | Extensor 5° dedo                  |                                     |
| <i>Palmar largo</i>                | <i>Extensor cubital del carpo</i> |                                     |

*Tabla 2 Músculos de la mano [28]*

#### 2.1.13 Prensión o agarre

El agarre es función vital y diariamente utilizada para varios movimientos, se pueden clasificar como de precisión donde intervienen el pulgar y los dedos o de fuerza en que interviene la mano [11].

#### 2.1.14 Fuerza de agarre

La mano es un órgano el miembro superior que no está limitado a las acciones motrices pues cuenta con capacidades que le permiten realizar diferentes funciones, la organización anatómica y funcional de la mano ha convergido en la presión, “En el acto de coger, acción mecánica de solarización de la mano a un objeto, interviene una estructura de cinco radios, compuestos a su vez de varias piezas articuladas y que poseen una cierta autonomía de movimiento” [29].

Según varios estudios la fuerza prensil se ve determinada por diferentes factores o variables intervinientes como lo son la ocupación, edad, sexo, dominancia manual, talla, peso y la antropometría de la mano [11].

- Sexo. Son las características fisiológicas y sexuales que diferencian a los hombres y las mujeres desde el momento que se nace [30].
- Ocupación. Es aquella labor o actividad que empeña el ser humano la cual da respuesta a las necesidades vitales de este o varios individuos [18].
- Edad. Es el tiempo que ha transcurrido desde el nacimiento de un ser vivo.
- Dominancia manual. Es el uso que se le da a una mano con mayor frecuencia, además de que se tiene más eficacia y destreza que con la otra [30].
- Talla. Es la estatura de un individuo, esta empieza desde la planta de los pies hasta el vértice de la cabeza [18].
- Peso. Esta es la fuerza que actúa un ser vivo u objeto sobre la tierra, esto a causa de la aceleración de la gravedad [18].
- Antropometría. Son las medidas, dimensiones y características físicas de la mano, permite tomar circunferencias, anchos, longitudes, grosores, volúmenes, centros de gravedad y masas [30].

#### 2.1.15 Dinamometría

Según su definición es el procedimiento que se utiliza para medir las diferentes fuerzas. Además, se encarga de valorar para establecer reglas que las relacionen con la frecuencia y con el tiempo, por medio de una normalización. Para ello se

utiliza un instrumento denominado dinamómetro, (dina es medida de fuerza en el sistema CGS, así 1dina= 1gr cm/s<sup>2</sup>) [2][4].

#### 2.1.16 Dinamómetro

Este instrumento se utiliza para realizar la medición de las fuerzas o también para calcular el peso de objetos, fue Inventado por Isaac Newton, a partir de la ley de Hooke y su funcionamiento se basa en la capacidad que tiene de estirar un resorte [18].

## 2.2 MARCO LEGAL

### 2.2.1 Ley 1562/2012 de Colombia (Normativa en Seguridad y Salud en el trabajo en Colombia).

El Ministerio de Trabajo con la ley 1562 de 2012 (ley de Riesgos Laborales) es el primer decreto reglamentario, que tiene como objetivo la obligatoriedad de vinculación a todos los trabajadores colombianos al Sistema de Riesgos Laborales, a su vez establece los concretamente qué es el Sistema General de Riesgos Laborales, Salud ocupacional y el programa de salud ocupacional. Según esas definiciones establece los parámetros, procedimientos, etapas, políticas, planificación, evaluación, auditoría y aplicación, para así tomar acciones para evitar, reconocer, anticipar, evaluar y controlar los riesgos que puedan afectar a los trabajadores. Esta ley es obligatoria para cualquier empresa independiente del número de empleados [31].

### 2.2.2 Decreto 1072 de 2015

Resalta que el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo es un elemento que incrementa la utilidad a la coordinación de las empresas no sólo por ser un instrumento de cumplimiento legal sino también por los beneficios significativos que puede aportar respecto a la optimización de los recursos y de los procesos [32].

Según lo establecido por el Decreto 1072 de 2015 el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo se rige bajo el ciclo PHVA, para esto se crea la necesidad de llevar a cabo acciones de revisión por la Alta Dirección y auditorías internas. Este decreto es el único reglamentario del trabajo, ya que reúne toda la

legislación existente en relación con la Normativa en Seguridad y Salud en el trabajo en Colombia [32].

Está enfocada y va de la mano con la OSHAS 18001, puesto que este decreto es una guía donde contiene los requisitos para la implementación y certificación de Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo.

#### 2.2.3 Normativa en Seguridad y Salud en el trabajo en Colombia: Decreto 1072 de 2015, OSHAS 18001 e ISO/DIS 45001

- OSHAS 18001 e ISO/DIS 45001

Esta define los requisitos a cumplir por Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo para que la empresa logre implementar un control efectivo de los riesgos en materia de seguridad ocupacional pero solo unas pautas a seguir mas no criterios de desempeño o exigencias para el diseño del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo y así mediante su implementación una mejora continua.

#### 2.2.4 UNE-EN ISO 6385:2004. Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo.

Esta norma técnica fija los principios ergonómicos básicos de la ergonomía para orientar el diseño de los sistemas de trabajo y define los términos básicos, suministra un enfoque integrado para el diseño de los sistemas de trabajo, aunque se enfoca a nivel laboral sus principios son aplicables a cualquier ámbito; el principio general de la norma dice

*"En el proceso de diseño deben considerarse las interacciones más importantes entre la persona o personas y los componentes del sistema de trabajo, tales como las tareas, el equipo, el espacio de trabajo y el ambiente."*  
[33]

#### 2.2.5 UNE-EN 13861:2003. Seguridad de las máquinas. Guía para la aplicación de las normas sobre ergonomía al diseño de máquinas.

La norma 13861 del 2003 brinda una metodología para la aplicación en el diseño de máquinas partiendo de diversas normas sobre ergonomía. Exhibe un modelo por fases, por medio de normas específicas y que resulten pertinentes al caso [34].

#### 2.2.6 UNE-EN ISO 7250-1:2010. Definiciones de las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico.

La ISO 7250 suministra un informe minucioso de las medidas antropométricas que se pueden utilizar como base para la comparación de grupos de población. Lo cual conforma una guía a los ergónomos para aplicar al diseño geométrico de los lugares de trabajo. Indica los principios de la medición que son de aplicación en la solución de las tareas de diseño [35] [36].

### 2.3 ESTADO DEL ARTE

En el recorrido documental para la elaboración del presente estado del arte se han tenido en cuenta investigaciones que logran dar una respuesta a la pregunta problema, esto con el fin de encontrar referencias, metodologías y conclusiones de estudios ya realizados tanto nacionales como internacionales, para que en su distinción particular puedan aportar, articular y enriquecer de forma teórica el desarrollo de la investigación correspondiente a este trabajo de grado.

Para iniciar se define la fuerza de agarre como la tensión que ejerce un músculo al oponerse a una resistencia en un solo esfuerzo máximo, actualmente esta fuerza es reconocida como un indicador del estado nutricional. Es decir que, si se realiza una prueba de fuerza de agarre, lo que se evalúa es la funcionalidad de la mano. Esta fuerza se ve influenciada o alterada por unos factores, estos son la edad, el género, mano dominante y la antropometría de la mano [37][38].

Con referencia a la antropometría y dominancia de la mano, [4] en un estudio que realizó a mujeres sanas que no presentaban antecedentes o enfermedades musculo esqueléticas en los miembros superiores, en el Estado de Sonora - México y que se hallasen en un rango de edad entre 20 a 58 años, identificó que, la circunferencia de la mano, la longitud del dedo anular y meñique tienen una diferencia de medias entre la mano dominante y la mano no dominante, en el resto de las medidas no existe tal diferencia.

La metodología fue una toma de datos sujeto a sujeto en su mismo puesto de trabajo, donde se les explicó la finalidad e importancia del estudio; para la medición se utilizó un antropómetro, una cinta métrica, un cono para medir la empuñadura y un formulario para recopilar la información. El análisis de datos adoptó una estadística descriptiva, presentado una desviación estándar y los percentiles 5 y 95 en ambas manos. Para la investigación se consideró las medidas antropométricas de acuerdo con el artículo "Influences of gender, hand dominance, and anthropometric characteristics on different types of pinch strength" [39]: longitud de mano, longitud palmar, ancho de la mano, ancho máximo de la mano, diámetro

de agarre, espesor de la mano, circunferencia de la mano, circunferencia máxima de la mano y longitud de las falanges de los dedos, a través de una medición directa [28]. La diferencia porcentual promedio entre la mano dominante y no dominante fue de 0,45% con un promedio de longitud de 0,52 mm. También demostró que la diferencia más alta en porcentaje entre la mano dominante y la no dominante se encuentra en la longitud del dedo meñique con un valor de 1.16%, y la más alta en longitud es 2.36 mm para la circunferencia de la mano [3]

En el artículo “Normative Reference Values for Handgrip Strength in Colombian Schoolchildren” [40] se estableció un estudio en el que se mide la fuerza prensil con el objetivo de establecer valores de referencia para la fuerza de la mano en los estudiantes universitarios colombianos. La valoración de la fuerza se realizó a 5.647 voluntarios entre 18-29 años todos estudiantes universitarios de la ciudad de Bogotá las instituciones que participaron fueron Universidad del Rosario, Manuela Beltrán, Santo Tomás y de la ciudad de Cali la universidad del valle, reclutados por anuncios e invitaciones. Para su inclusión debían ser personas que no presentaran ninguna restricción de movimiento en los miembros superiores, alguna enfermedad y/o que sean atletas. Es interesante que se escogió el mismo día y la misma hora (7:00 – 9:00), para la medición de la fuerza prensil; las pruebas se realizaron en ambas manos dos veces para cada uno, con ayuda de un dinamómetro. La investigación concluyó que en los hombres presentan una homogeneidad en las características antropométricas y la fuerza prensil a diferencia de las mujeres.

En esta investigación hallaron que el valor medio de HGS (Handgrip strength o fuerza de agarre) para los hombres fue de (37.1 +/- 8.3 kg) y mujeres (24.2 +/- 8.1 kg); basándose en la regla del 10% que establece que la mano dominante posee un 10% más de fuerza de agarre que la mano no dominante. Asimismo, se determinó que la fuerza aumenta según la edad aproximadamente hasta los 25 años donde empieza progresivamente a disminuir. Los datos obtenidos en el estudio fueron analizados estadísticamente, basándose en la desviación estándar e intervalos de confianza, realizando pruebas de Kolmogorov- Smirnow para la evaluación de las variables. [40]

Otra investigación de la Universidad de Yenepoya, Mangalore, Karnataka [5] estudió a 50 mujeres adultas quienes para su inclusión debían estar sanas y estar en un rango de edad de 20 a 80 años, los sujetos fueron excluidos si reportaron algún deterioro neurológico o musculo-esquelético de las extremidades superiores, enfermedades cardiovasculares o sistémicas. Se evaluó altura (cm), peso (kg), índice de masa corporal (IMC), la precisión de las medidas fue de 0,5 cm. Para las medidas antropométricas se tomó la longitud de la mano, la amplitud de la mano, mano lapso, circunferencia de la muñeca y la circunferencia del antebrazo; la fuerza de agarre se midió utilizando un dinamómetro Jamar.

Las pruebas de la fuerza de agarre se realizaron mediante la colocación del sujeto en posición sentada con brazo pegado al torso, el codo flexionado  $90^\circ$ , el antebrazo en la posición de mitad de propensos, la muñeca se extendía entre  $0^\circ$  -  $30^\circ$  y cubitalmente desviada  $15^\circ$ . El sujeto alternativamente agarra el dinamómetro con sus manos dominantes y no dominantes, la realización de 3 ensayos, usando agarre diferente abarca en orden aleatorio, lo que permite a un minuto de descanso entre las mediciones. Los resultados que se obtuvieron fue que, las fuerzas de agarre de las mujeres presentan correlación positiva significativa ( $p < 0.05$  -  $0.001$ ) con la altura ( $r = 0.572, 0.570$ ), el peso ( $r = 0.404, 0.411$ ), la longitud de la mano ( $r = 0.39, 0.40$ ), la envergadura de la mano ( $r = 0.44, 0.46$ ), la circunferencia de la muñeca ( $r = 0.37, 0.31$ ) y la circunferencia del antebrazo ( $r = 0.39, 0.35$ ) en su mano dominante y no dominante. Concluyendo que la altura, el peso, la longitud de la mano, la envergadura de la mano, la circunferencia de la muñeca y la circunferencia del antebrazo se correlacionan positivamente con la fuerza de agarre de la mano. La fuerza de agarre de la mano no está asociada con el IMC y la anchura de la mano en hembras indias sanas. [5]

Por otro lado, en Indonesia [41], investigaron la correlación entre la antropometría manual y la fuerza de agarre, mediante el método de fórmula de regresión lineal a 94 estudiantes de pregrado sedentarios de la Universidad Católica Atma Jaya entre los 18 a 21 años de edad. La metodología que se utilizó fue: 1) Por medio de un cuestionario escrito se clasificó si los estudiantes eran personas sedentarias o activas, 2) Se midió el peso, la altura y el IMC, 3) Las medidas antropométricas de la mano se obtuvieron con un goniómetro de dedo y antropometría Lafayette y 4) la medida de la fuerza de agarre se midió con un dinamómetro Smedley. Para realizar las pruebas se solicitó a los sujetos tomar asiento y doblado el codo por delante a noventa grados. Para medir la fuerza de agarre se utilizó un dinamómetro manual y se solicitó ejecutar la fuerza con su mano dominante un descanso de 30 segundos y se hicieron dos tomas de la medición la unidad de medida fue frecuencia en kilogramos.

Como requisito previo de prueba de correlación de Pearson, a la variable dependiente, es decir, la fuerza de agarre se le aplicó una prueba de una de Kolmogorov-normalidad. Importancia  $> 0,05$  fue el nivel de probabilidad que se utilizó para indicar si la fuerza de agarre tenía distribución normal. Para determinar la correlación de la antropometría mano y la fuerza de agarre se utilizó la prueba de correlación de Pearson. Importancia  $< 0,05$  fue el nivel de probabilidad que se utilizó para determinar la significancia de la correlación entre las medidas antropométricas y la fuerza de agarre [41].

Los resultados que se obtuvieron fue que la antropometría de la mano tuvo una correlación positiva con la fuerza de agarre en hombres y mujeres. Los resultados que obtuvo esta investigación coincidieron con la investigación anterior la cual

explica que la fuerza de agarre también es una variable que se ve afectada por algunos factores como lo es la antropometría. Es así, que, a mayor longitud máxima de la mano, más alto será el valor de la fuerza de agarre y a la inversa. Basándose en los resultados, la mejor fórmula de regresión en todas las ecuaciones de hombres que podría predecir la fuerza de agarre fue la ecuación de regresión de Fuerza de agarre TO (ancho del dedo índice y grosor del dedo índice) y la mejor fórmula de regresión en todas las ecuaciones femeninas que podría predecir la fuerza de agarre fue la ecuación de regresión de Fuerza agarre TO (rotación del brazo y rotación de la palma) [41].

Siguiendo con las investigaciones internacionales, en Corea el Hospital General Sung-Ae, [42] realizó un estudio diseñado para caracterizar y establecer valores de fuerza de la mano de referencia y determinar qué factores relacionados con el paciente pueden influir en la fuerza de la mano en la población coreana sana. Se escogió un total de 336 participantes sanos entre 13 y 77 años de edad; para la inclusión de los participantes debían ser cualquier persona coreana, mayores de 10 años. Los criterios de exclusión fueron cualesquiera historias de 1) enfermedad inflamatoria o 2) enfermedad neurológica o 3) evento traumático en la extremidad superior que requiera asistencia médica gestión o que conduzca a restricciones de la actividad diaria.

Las variables que se midieron fueron la fuerza prensil mano derecha y mano izquierda, edad, peso corporal total, la altura, el ancho y el largo de las manos, y la longitud y circunferencia del antebrazo. Para el análisis se realizó estadísticas descriptivas (media y desviación estándar) para todas las mediciones directas y variables derivadas. Se usó una prueba t independiente para las comparaciones intra e intergrupales entre hombres y mujeres. Los datos se analizaron utilizando el SPSS [43]. Se usó un valor P de  $<0.01$  para indicar significación estadística. Las correlaciones se determinaron mediante la prueba del coeficiente de correlación de Pearson.

En la población estudiada, la fuerza de agarre promedio fue mayor en la mano derecha que en la izquierda. Los participantes masculinos (137) mostraron fortalezas medias mayores que las participantes femeninas (199) cuando se ajusta por edad. Entre los participantes masculinos, Las variables antropométricas se correlacionaron positivamente con la fuerza de agarre.

Avanzando en esta revisión de documentación, aparece el “Estudio Piloto De Medidas Antropométricas De La Mano Y Fuerzas De Prensión, Aplicables Al Diseño De Herramientas Manuales” [28], que pretendió determinar aplicación de las medidas antropométricas de la mano y la fuerza prensil en el diseño de herramientas manuales, y en el que se concluyó que, de las medidas o dimensiones de la mano incluidas en el estudio, 4 de ellas tienen total influencia en la fuerza de

agarre; estas dimensiones son el largo de la mano, el largo máximo de la mano, diámetro de agarre y espesor de la mano. En segundo lugar, se determinó que la extensión antropométrica de la mano que mayor significancia presentó en los individuos estudiados, al momento de ejercer fuerza de agarre completa, es el largo de la mano. A su vez la distribución de las dimensiones antropométricas mostró una variación no significativa con relación a la media.

Otra variable a tener en cuenta en relación a las dimensiones antropométricas de la mano y la fuerza de agarre de la misma, está relacionada con las labores ejecutadas por parte de los trabajadores de acuerdo a sus funciones, por ejemplo; trabajadores manuales (personas que trabajen realizando aseo, albañiles, conductores, cocineros, personas que realicen tareas de computo; etc) y trabajadores no manuales (maquina operario), estas variables son estudiadas en el artículo *Hand Dimensions and Grip Strength: A Comparison of Manual and Non-manual Workers* [30]. Este artículo se resalta la distinción y concepción del trabajador con actividades manuales y no manuales, donde concluye que los trabajadores no manuales tienen una mayor fuerza de agarre que los empleados de oficina probablemente debido a sus medidas antropométricas y actividades cotidianas.

Para llegar a la conclusión se utilizó la prueba de coeficiente de correlación de Pearson para evaluar la relación entre la fuerza de la empuñadura y las variables demográficas y antropométricas; de las ocho medidas antropométricas de la mano se encontró mayor relación en longitud de la mano, longitud de la palma, circunferencia de la muñeca, el ancho de la mano. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el SPSS versión 23 [43]. Un valor de  $p < 0.05$  fue aceptado como estadísticamente significativo.

Bajo la lógica del surgimiento de nuevas concepciones a tener en cuenta, como las mencionadas anteriormente se hace necesario delimitar las actividades laborales y poder categorizar esto como una nueva variable a tener en cuenta para la construcción analítica de la investigación, así pues la forma de relacionarlo puede estar en términos de isometría, y siendo así se hace necesario remitirse al siguiente texto que pone explícita la relación de dicha isometría con la fuerza empleada en una labor manual, *Relative optimum grip span as a function of hand anthropometry* [44]. Dentro de los casos tenidos en cuenta en la construcción de dicha investigación se utilizaron dos criterios para la medición, la fuerza de agarre isométrico voluntaria máxima y la actividad muscular, es decir, poder conjugar las medidas antropométricas de la mano, como las anchuras longitudinales de la mano, con la actividad muscular en dicho agarre isométrico, como en el caso de una ejecución de un digitador detrás de un computador en una oficina.

Una vez más los resultados y conclusiones finales sobre la investigación apuntan a que la relación entre las medidas antropométricas de la mano y la fuerza de agarre son directamente proporcionales, teniendo en este punto un agravante más, el cual es las diferencias existentes entre los sexos -hombre y mujer- pues tanto sus medidas como su ejecución de fuerza muestran brechas. Además de ello se le suma el hecho de que la ejecución de un agarre o una fuerza empleada hará variar la resistencia de la misma en relación a la postura muscular que disponga la ejecución, es decir, en el caso de que la actividad ejecutada demande la isometría de la mano en este caso, incidirá directamente en la disminución de fuerza en el trayecto de tiempo en la que esta se ejecute.

La siguiente investigación, la cual evidencia la importancia del género en cuanto a la fuerza de agarre [45], Las medidas tomadas de la mano de estos sujetos y la fuerza de agarre que tienen los mismos puede mantenerse relacionado con la lectura de las demás investigaciones, pues la indicación de diferencia existente entre los sexos, característica que permea todas las investigaciones, pero en el punto de enunciación específico de esta investigación al ser complementada con adultos mayores, afirma la idea e indica la progresión de esta diferencia existente a través del tiempo, pues la fuerza no solo se mantiene discriminada por sexos si no se reduce y agrava las problemáticas en el transcurso del tiempo.

Si bien en la delimitación de la investigación presente los sujetos tienen una labor en específico y bajo esas condiciones se debe llevar a cabo la ejecución de la investigación, se hace importante contar con diversidad de estudios alternos, pues en referenciación del segundo texto referenciado aquí en el estado del arte, el impacto en el valor de las medidas de la fuerza de agarre dependen de las funciones laborales, las relaciones que se quiera fijar a partir de estas medidas, la inclusión o no de herramientas de apoyo, entre otras características. Por eso el siguiente artículo dado en la Universidad del Rosario dentro de las ciencias de la salud, *Análisis de la disminución de fuerza de agarre en la mano por uso de guantes en actividades de aseo y cafetería* [46], este se encuentra enmarcado en dos actividades específicas, tales como actividades de aseo y de cafetería, esto en relación a la utilización de guantes como punto neurálgico en la disminución de la fuerza implementada en la mano y el aumento del esfuerzo para la ejecución de la labor.

Con la implicación de estas variables externas, la relación de utilidad entre las investigaciones se encuentra en la gestación de diversas problemáticas que pueden empezarse a presentar a partir del factor condicionante del uso de implementos como los guantes, problemáticas tales como aumento en la vulnerabilidad muscular y la exposición a lesiones de la misma índole, estableciendo así como pilar fundamental la consideración existente o no de elementos anexos a las labores dentro de los factores a tener en cuenta dentro de la investigación.

### 3 MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de grado es de tipo correlacional, cuantitativo y transversal. Puesto que se realizó un registro de datos cuantitativos de las variables de interés durante el 2019. Los voluntarios diligenciaron un formulario en el cual se registra datos personales, características del trabajo, datos básicos como edad, talla, peso, sexo, IMC, características demográficas, prueba de agarre y antropometría de la mano dominante.

#### 3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Este trabajo de grado tiene un diseño no experimental; si bien se manipuló y controló la postura del tronco, del antebrazo y brazo de los participantes voluntarios en el registro de la fuerza de agarre, no tergiverso los resultados de las variables a analizar, teniendo en cuenta que la fuerza de la mano dominante FMD y mano no dominante FMND son variables independientes.

#### 3.3 POBLACIÓN

Se valoraron hombres y mujeres entre 18 a 63 años de edad, residentes en la ciudad de Bogotá con vinculación laboral en una institución pública de la ciudad de Bogotá, que desempeñaban actividades administrativas, con una población total de 1300 trabajadores.

##### 3.3.1 Criterios de inclusión

Para la inclusión al estudio se tomaron 3 requisitos: 1) No tener antecedentes de desórdenes musculo-esqueléticos (DME) de miembro superior diagnosticados al momento de realizar las pruebas, 2) el voluntario no debía presentar o reportar ninguna sintomatología osteomuscular de miembro superior en el último mes, y 3) no debía ser una persona físicamente entrenada en miembros superiores.

### 3.3.2 Muestra

Al conocer con exactitud el tamaño de la población, se calculó la muestra a través de una técnica de muestreo probabilístico, muestreo aleatorio simple, conociendo el tamaño de la población, con un nivel de confianza del 95% y un error muestra del 5%, a partir de la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

*Ecuación 1. Muestra*

Donde:

| PARAMETROS                                       |   | VALORES    |
|--------------------------------------------------|---|------------|
| Tamaño de la población                           | N | 1300       |
| Valor z para un nivel de confianza de 95%        | Z | 1,96       |
| Probabilidad de éxito                            | p | 0,5        |
| Probabilido de fracaso                           | q | 0,5        |
| Error maestro                                    | d | 0,05       |
| Cálculo de la muestra (aplicación de la formula) |   | 296,708572 |
| <b>Muestra definitiva</b>                        |   | <b>297</b> |

*Tabla 3 Tabla de muestra de la población*

De acuerdo con la muestra considerada, en el presente estudio se tiene como parámetro mínimo 297 participantes; la selección de participantes no se realizó de forma aleatoria, sino de forma voluntaria las personas decidieron hacer su participación con una muestra final de 341 personas de las cuales se tuvieron en cuenta solo 315, se excluyeron 26 personas por que presentaban antecedentes de enfermedades osteomusculares en los miembros superiores del cuerpo o pertenecían al área industrial/productiva. Se contó con la participación de 204 mujeres y 108 hombres; y la población participante 291 registran su mano derecha como la dominante.

### 3.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

La recolección de información se realizó partiendo de la explicación y firma del consentimiento informado véase Anexo A; seguido del diligenciamiento del formato de recolección de información véase Anexo B, para el registro de las características demográficas, prueba de fuerza de agarre y medidas antropométricas. Con el fin de organizar la información recolectada en una base de datos y así desarrollar su respectivo análisis estadísticos.

A continuación, se mostrará la tabla 4, en donde se detalla las técnicas de recolección y análisis de información, en la cual se especifica el método de respuesta a los objetivos específicos planteados.

| OBJETIVO ESPECÍFICO                                                                                                                                  | TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN                                                                                                                                                                | VARIABLES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | FUENTE DE INFORMACIÓN                                                                                                              | TÉCNICA DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Medir las dimensiones antropométricas de la mano y la fuerza de agarre en población administrativa de la ciudad de Bogotá, Colombia.              | Medición directa - Antropometría de la mano.<br><br>Medición Directa-Dinamometría Isométrica de la mano con Dinamómetro Hidráulico Jamar según protocolo establecido por Reales, Monroy y Zea (2019) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza de agarre máxima media en la mano derecha</li> <li>• Fuerza de agarre máxima media en la mano izquierda</li> <li>• Longitud Máxima de la mano</li> <li>• Longitud Palmar</li> <li>• Ancho de mano</li> <li>• Ancho máximo de mano</li> <li>• Espesor de la mano</li> <li>• Diámetro de agarre</li> <li>• Circunferencia de la mano</li> <li>• Circunferencia máxima de la mano.</li> </ul> | Hombres y mujeres entre 18 a 62 años de edad, residentes en la ciudad de Bogotá con vinculación laboral en áreas administrativas . | <p>Estadística descriptiva y medidas de tendencia central.</p> <p>Pruebas de distribución normalidad - Kolmogorov.</p> |
| 2. Establecer la diferencia de la fuerza de agarre entre la mano dominante y la mano no dominante.                                                   | Base de datos del trabajo de campo                                                                                                                                                                   | <p>Fuerza máxima de agarre mano dominante</p> <p>Fuerza máxima de agarre mano no dominante</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Datos recolectados en el trabajo de campo                                                                                          | Prueba estadística de diferencia de medias T student - prueba de hipótesis [47]                                        |
| 3. Determinar la correlación de la fuerza de agarre y las dimensiones antropométricas de la mano en la población administrativa de Bogotá, Colombia. | Base de datos trabajo de campo                                                                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza de agarre máxima media en la mano derecha</li> <li>• Fuerza de agarre máxima media en la mano izquierda</li> <li>• Longitud Máxima de la mano</li> <li>• Longitud Palmar</li> <li>• Ancho de mano</li> <li>• Ancho máximo de mano</li> <li>• Espesor de la mano</li> <li>• Diámetro de agarre</li> </ul>                                                                                   | Datos recolectados en el trabajo de campo                                                                                          | Regresión lineal<br>Correlación de Pearson                                                                             |

|  |  |                                                                                                                           |  |  |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Circunferencia de la mano</li> <li>• Circunferencia máxima de la mano</li> </ul> |  |  |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

*Tabla 4 Técnicas de análisis de recolección [2][48].*

Con los datos obtenidos en el trabajo de campo, se creó una base de datos *Anexo C* ", la cual se utilizó en el software estadístico SPSS para la captura y análisis de la información adquirida dando respuesta a los objetivos del trabajo de investigación, el nivel de significancia de todas las pruebas es de  $p < 0,05$ .

### 3.5 VARIABLES DE ANÁLISIS

#### 3.5.1 Variables dependientes

- Fuerza de agarre máxima mano dominante (FMD)
- Fuerza de agarre máxima mano no dominante (FMND)

#### 3.5.2 Variables independientes

##### a. Antropometría de la mano

- Longitud Máxima de la mano
- Longitud Palmar
- Ancho de mano
- Ancho máximo de mano
- Espesor de la mano
- Diámetro de agarre
- Circunferencia de la mano
- Circunferencia máxima de la mano

### 3.6 HIPÓTESIS

#### 3.6.1 Prueba de hipótesis normalidad – Kolmogorov Smirnov

Para verificar si la distribución de las ocho medidas antropométricas y la fuerza y de agarre de mano dominante y no dominante siguen o no una distribución normal, se empleó la prueba no paramétrica Kolmogórov – Smirnov, la cual pretende extraer información sobre la población y evaluar el grado de relación existente entre la distribución de los datos y la distribución teórica. Esta comprobación se realizó en el **software SPSS**, los resultados permitieron afirmar o rechazar la hipótesis.

La hipótesis nula **H<sub>0</sub>** afirma que la distribución de la muestra es similar a la distribución teórica, se contrastó con un nivel de significancia del 0.05 y un nivel de confianza del 0.95.

***H<sub>0</sub>**: La distribución de la muestra es similar a la distribución teórica.*

Contrastando la hipótesis nula, la hipótesis alternativa **H<sub>1</sub>** establece que la distribución de la muestra no es consistente con la distribución teórica.

***H<sub>1</sub>**: La distribución de la muestra no es consistente a la distribución teórica.*

#### 3.6.2 Prueba de hipótesis diferencia de medias fuerza de agarre por dominancia

Para determinar si existe diferencia entre la fuerza de agarre de la mano dominante y la mano no dominante, se utilizó una prueba t-student la cual tiene como objetivo comparar las medias de estas dos variables independientes. Se realizó la respectiva prueba apoyándose en el software SPSS, los resultados permitieron afirmar o rechazar la hipótesis.

Según lo anterior la hipótesis nula afirma que la media de la fuerza de la mano dominante (**FMD**) es igual a la fuerza de agarre o prensil que la mano no dominante (**FMND**), se contrastó con un nivel de significancia del 0.05 y un nivel de confianza del 0.95.

***H<sub>0</sub>**:  $FMD = FMND$*

Frente a la hipótesis alternativa que afirma que la fuerza de agarre o prensil es diferente entre la mano dominante (**FMD**) y la mano no dominante (**FMND**):

***H<sub>1</sub>**:  $FMD \neq FMND$*

### 3.6.3 Correlación de Pearson dimensiones antropométricas y fuerza de agarre

La relación entre las ocho medidas antropométricas de la mano (longitud máxima de la mano, longitud palmar, ancho de mano, ancho máximo de mano, espesor de la mano, diámetro de agarre, circunferencia de la mano, circunferencia máxima de la mano) y la fuerza de agarre de la mano dominante y no dominante, se analizó con la prueba de correlación de Pearson por medio del software SPSS [2].

Se consideró:

$$\rho_{X,Y} = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y}$$

Conociendo que la correlación se encuentra entre el intervalo  $[-1,1]$  y según este se logra determinar la existencia y grado de relación lineal entre la fuerza de agarre o prensil y las dimensiones antropométricas, donde.

$$\rho_{x,y} = 1$$

Existe una correlación positiva perfecta entre la fuerza de agarre o prensil y la dimensión antropométrica de la mano.

$$0 < \rho_{x,y} < 1$$

Existe una relación lineal positiva es decir que la fuerza de agarre o prensil tiene un grado de relación con las dimensiones antropométricas de la mano.

$$\rho_{x,y} = 0$$

No existe una relación lineal entre la fuerza de agarre o prensil y las dimensiones antropométricas de la mano. Pero las variables no son independientes.

$$-1 < \rho_{x,y} < 0$$

Existe una relación lineal negativa es decir que la fuerza de agarre o prensil no tiene relación con las dimensiones antropométricas de la mano.

$$\rho_{x,y} = -1$$

Existe una correlación negativa perfecta entre la fuerza de agarre o prensil y la dimensión antropométrica de la mano. Es decir que las variables tienen una dependencia total, es una relación inversa.

### 3.6.4 Regresión Lineal

El modelo de regresión lineal tiene el propósito de determinar la relación existente entre una variable independiente (x) y una variable dependiente (y), para la realización de estas pruebas se utilizó el software SPSS, estos resultados los arroja el software mediante la correlación de Pearson en la tabla de coeficientes. [49]

El modelo matemático propuesto es:

$$Y_j = \beta_0 + \beta_i X_i + e_i; i=1...8, y, j=1, 2$$

Donde,

Y1= Fuerza máxima de agarre de la mano dominante  
Y2= Fuerza máxima de agarre de la mano no dominante  
 $\beta$  = coeficientes de la ecuación  
X1= Longitud máxima de la mano  
X2= Longitud palmar  
X3=Ancho de mano  
X4=Ancho máximo de la mano  
X5= Espesor de la mano  
X6= Diámetro de agarre  
X7= Circunferencia máxima de la mano  
X8= Circunferencia de la mano  
Ei= error muestral

$\beta_0$  Y  $\beta_i$  son por el momento desconocidos. Se debe encontrar entonces de entre todas las rectas la que mejor se ajuste a los datos observados, es decir, se busca aquellos valores de  $\beta_0$  y  $\beta_i$  que hagan mínimos los errores de estimación [49].

Para un valor  $x_i$ , el modelo estima un valor en Y igual a  $y_i = \beta_0 + \beta_i x_i$  y el valor observado en Y es igual a  $y_i$ , con lo cual el error de estimación en ese caso vendría dado por  $e_i = y_i - \hat{y}_i = y_i - (\beta_0 + \beta_i x_i)$  [49].

### 3.7 CONSIDERACIONES ÉTICAS

A continuación, se relacionan las consideraciones éticas aplicadas a la investigación.

### 3.7.1 DERECHOS DE LOS PARTICIPANTES

De acuerdo con la Declaración de Helsinki de 1964 y los principios éticos y el código de la conducta de la American Psychological Association (2003), los participantes de la presente investigación tienen los siguientes derechos:

- La participación en este estudio es de carácter voluntario. Podrá negarse a participar en el estudio y abandonarlo en cualquier momento que así lo consideren conveniente, así como negarse a proporcionar información.
- Conocer los fines del estudio, y realizar cualquier pregunta, comentario, o sugerencia a los investigadores en cualquier momento de las pruebas [29]. Conocer sus datos y retirarlos del estudio en caso que desee hacerlo. Debe manifestarlo de forma inmediata, al momento de finalizar las mediciones [29].
- A ser informado de los resultados generales del estudio una vez este haya concluido. La información puede ser suministrada de forma directa por parte de los investigadores a través de un resumen ejecutivo [29].
- Mantener su anonimato en la investigación, los resultados de la investigación se presentarán de forma global y no individual.

### 3.7.2 Consentimiento Informado

Una vez el participante conoce el propósito de la investigación y su papel en la misma, es necesario que proporcione por escrito el consentimiento explícito acerca de su colaboración, para ello se le suministrará el formato de consentimiento informado.

### 3.7.3 Anonimato y Confidencialidad

Toda la información recopilada durante la investigación es de carácter confidencial. Nadie podrá tener acceso a la información individual de los participantes exceptuando a los investigadores. El nombre o documento de identidad de los participantes no serán asociados a ningún resultado ni serán mencionados en el informe o documento. La información será tratada de acuerdo a la ley 1266 de 2008 [29][50].

### 3.8 PROCEDIMIENTO

La recolección de la información contempla los siguientes pasos:

- a) Se reclutó población, hombres y mujeres entre los 18 y 65 años de edad, residentes en la ciudad de Bogotá que tuvieran cargos administrativos y estuvieran laboralmente activas en una entidad pública de la ciudad.
- b) Aprobación de participación y firma de consentimiento Informado – Anexo A "Consentimiento informado", a los voluntarios se les brindo información detallada de las pruebas y estudio mediante el formato de consentimiento informado; este presenta una pequeña introducción, el propósito del estudio, el procedimiento con el detalle de las pruebas, los riesgos y molestias, beneficios, confidencialidad, los gastos económicos y los derechos y deberes como participante.
- c) Realización de las pruebas:

El registro de las pruebas se realizó en el formato – Anexo B "Formato de recolección de información".

#### I. Prueba 1: Fuerza Máxima de agarre (Grip Strength).

El propósito de este tipo de valoración es evaluar la máxima fuerza isométrica de los músculos flexores de las manos (derecha e izquierda). Equipo de medición: Dinamómetro de mano marca Jamar. La prueba siguió el protocolo estandarizado propuesta por [19].

- Instrucción de la manipulación del dinamómetro. El evaluador realizará una demostración de la forma correcta para realizar el ejercicio. Enseñará la postura, la forma de agarre y el tiempo de cada una de las pruebas.
- Desplazamiento del asa de agarre. Se ajustó el asa de agarre en la posición número 2 del dinamómetro.
- En el caso que las mujeres no se sintieran cómodas con el alcance del ASA se ajustó al número 1.
- En el caso que los hombres no se sintieran cómodos con el alcance del ASA se ajustó al número 3.
- Tiempo. El tiempo de fuerza aplicado al dinamómetro es de 3 a 5 segundos.
- Número de intentos para registrar el máximo valor de la fuerza de agarre. Por cada participante y actividad de registro de datos, se realizaron tres (3) mediciones, teniendo en cuenta que, si la diferencia de los datos tomados está dentro de un rango de 10%, se tomó el valor promedio de las mediciones como agarre máximo, si no debía repetirse el experimento.

- Tiempo de descanso. Para registrar el valor adecuado al desarrollar fuerza de agarre, se tuvo en cuenta el tiempo de descanso entre cada intento realizado, permitiendo 15 - 20 segundos de descanso entre cada medición.
- Postura 1. Para registrar el mayor valor de fuerza máxima de agarre se utilizó la postura recomendada por la American Society of Hand Therapists (ASHT). La persona debía estar sentada en una silla con soporte lumbar con la cintura y las rodillas en ángulo de flexión de 90°, tener los pies apoyados en el piso, debía tener los hombros en 0° de rotación paralelo al tronco, el codo debía estar flexionado a 90° sin soporte y el antebrazo en una posición neutra, la muñeca podía estar entre 0° y 30° de supinación, pero se recomendó estar en posición neutra [51].
- La persona que se encuentre dirigiendo el ejercicio sostuvo de manera suave el dinamómetro de manera que el sujeto de prueba no soportara el peso propio del dinamómetro para evitar lesiones en las personas o caídas del equipo de medición. (ASHT)
- Durante la prueba. La persona que se encontraba orientando el ejercicio estimulaba al sujeto a que realizara la mayor cantidad de fuerza de agarre posible durante cada uno de los intentos.
- La medición se realizó intercambiando la mano para cada una de las repeticiones. Se inició con la mano dominante y luego pasará a la mano no dominante.

## II. Antropometría Manual.

A todos los participantes del estudio se les realizó el dimensionamiento de la mano haciendo uso de una cinta métrica y registrando las siguientes medidas:

| DIMENSIÓN ANTROPOMÉTRICA   | DESDE                                                                          | HASTA                                                                       |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Longitud máxima de la mano | el pliegue más distal y palmar de la muñeca                                    | el extremo distal de la tercera falange                                     |
| Ancho máximo de la mano    | la cabeza del quinto metacarpiano por lateral                                  | cabeza del primer metacarpiano por lateral                                  |
| Longitud palmar            | Desde el pliegue más distal y palmar de la muñeca                              | la una línea proyectada desde el pliegue más proximal de la segunda falange |
| Ancho de la mano           | Distancia entre las cabezas del segundo y quinto metacarpiano                  | su zona más lateral                                                         |
| Espesor de la mano         | entre una línea proyectada desde la cabeza del segundo metacarpiano por palmar | hasta una línea proyectada del segundo metacarpiano por dorsal              |

|                                  |                                                                                                                 |                                                   |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Diámetro de agarre               | Se toma el diámetro máximo de agarre solicitado en una estructura cónica entre la primera y tercera falange.    |                                                   |
| Circunferencia de la mano        | Se registra rodeando la mano a modo de perímetro pasando por la cabeza del quinto metacarpiano                  | algún punto en la cabeza del segundo metacarpiano |
| Circunferencia máxima de la mano | Se registra rodeando la muñeca en torno a la cabeza del primer metacarpiano pasando por la eminencia hipotenar. |                                                   |

*Tabla 5 Antropometría Manual [2]*

Por participante se requirió quince minutos (15 min) para la aplicación de todas las pruebas.

## 4 RESULTADOS ALCANZADOS

Esta investigación presenta los resultados de una población administrativa quienes laboran en una **institución** pública de la ciudad de Bogotá D.C, en la cual cumple una jornada de 8 horas diarias de lunes a viernes. En la tabla 6 se encuentra una breve caracterización de la población que se incluyó en el estudio, con un total de participación de 315 personas.

| GENERO   |           | DOMINANCIA |           | EDAD  |         |         |
|----------|-----------|------------|-----------|-------|---------|---------|
| FEMENINO | MASCULINO | DERECHA    | IZQUIERDA | <= 24 | 25 - 50 | 51 - 63 |
| 207      | 108       | 291        | 24        | 8     | 232     | 75      |

*Tabla 6. Caracterización de la población*

Se evidencia que de los 315 encuestados, el 65,71% es una población femenina con 207, y el 92,38% tienen dominancia en su mano derecha con 291 participantes, además que existe una concentración del 73,65% de personas en el rango de 24 - 50 años de edad con un total de 232 personas.

### 4.1 DIMENSIONES ANTROPOMETRICAS DE LA MANO

En este apartado se realizó la caracterización antropométrica de las ocho medidas de la mano en centímetros (cm) que se tuvieron en cuenta en el estudio, con los resultados obtenidos por el software SPSS se expone la tabla 7.

| Estadísticos descriptivos |     |        |        |         |                  |
|---------------------------|-----|--------|--------|---------|------------------|
|                           | N   | Mínimo | Máximo | Media   | Desv. Desviación |
| LMM                       | 315 | 15,00  | 22,00  | 17,7606 | 1,40993          |
| LP                        | 315 | 7,80   | 13,50  | 10,1990 | 1,07715          |
| AM                        | 315 | 6,00   | 11,00  | 8,2266  | 1,02205          |
| AMM                       | 315 | 7,20   | 13,00  | 9,9225  | 1,13373          |
| EM                        | 315 | 1,90   | 3,50   | 2,7137  | 0,36152          |
| DA                        | 315 | 12,00  | 18,30  | 14,9987 | 1,19617          |
| CMM                       | 315 | 19,20  | 25,00  | 22,6114 | 1,46074          |
| CM                        | 315 | 15,30  | 23,00  | 19,1190 | 1,48017          |

*Tabla 7. Descripción medidas antropométricas (en centímetros)*

En la tabla 7 se evidencia que la longitud máxima de agarre (LMM) tiene un promedio de 17,76 cm y una desviación estándar de 1,4 cm, la longitud palmar (LP) presenta un promedio de 10,19 cm y una desviación estándar de 1,07 cm, en el ancho de la mano (AM) la población tiene un promedio de 8,22 cm y una desviación estándar de 1,022, por otro lado, el ancho máximo (AMM) de la mano registra un promedio de 9,92 cm y una desviación estándar de 1,13 cm.

En el espesor de la mano (EM) la población obtuvo un promedio de 2,71 cm y una desviación estándar de 0,36 cm, el diámetro de agarre (DA) reveló un promedio de 14,99 y una desviación de 1,19 cm, a su vez la circunferencia máxima de la mano (CMM) indica un promedio de 22,61 cm y una desviación de 1,46 cm, por último, la circunferencia de la mano (CM) presentó un promedio de 19,11 cm y una desviación estándar de 1,48 cm.

Para responder al primer objetivo específico; la información se organizó por medio de tablas descriptivas donde se segmentó por rangos de edad, género y dominancia; para constatar la normalidad de los datos se recurrió al libro publicado por la universidad de Guadalajara “Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana” donde se afirma que el incremento de estatura y longitud de los miembros del cuerpo se presentan en las edades (0 a 24 años), un incremento en lo ancho (pasando los 24 años), y un pequeño descenso de las medidas (después de los 50) [18]. Partiendo de esta aseerción y conociendo que las dimensiones antropométricas del cuerpo humano no son estáticas y que a lo largo de la vida se presentan modificaciones se realizaron las pruebas de normalidad teniendo en cuenta solo la edad.

#### 4.1.1 Caracterización medidas antropométricas de la mano por género.

La estructura y composición esquelética y muscular del sexo masculino es diferente a la del sexo femenino, debido a los diferentes roles que juegan en la reproducción biológica, partiendo de esto y con el objetivo de caracterizar la población se desagregaron los datos obtenidos por género en cada una de la dimensión antropométrica medida (ver tablas 8 y 9) [18].

| MEDIDA   |            | LMM   | LP    | AM    | AMM   | EM   | DA    | CMM   | CM    |
|----------|------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| FEMENINO | Mínimo     | 15,00 | 7,80  | 6,00  | 7,20  | 1,90 | 12,00 | 19,20 | 15,30 |
|          | Máximo     | 20,50 | 12,60 | 10,80 | 12,60 | 3,02 | 17,30 | 25,00 | 23,00 |
|          | Media      | 17,33 | 9,98  | 7,97  | 9,56  | 2,57 | 14,57 | 22,01 | 18,67 |
|          | Desv.      | 1,35  | 1,10  | 0,99  | 1,05  | 0,27 | 1,03  | 1,25  | 1,37  |
|          | Desviación |       |       |       |       |      |       |       |       |

*Tabla 8. Caracterización Medidas Antropométrica femenino.*

En la tabla 8, se aprecia que el género femenino cuenta con promedio de Longitud máxima de la mano (LMM) de 17,33 cm con una desviación de 1,32 cm, y su menor valor promedio fue de 15,00 cm al contrario el valor promedio máximo fue de 20,50 cm. En la longitud palmar (LP) las mujeres presentaron un promedio de 9,98 cm y una desviación 1,10 cm, además se observó que el valor promedio mínimo fue de 7,80 cm y un máximo de 12,60 cm.

En el ancho de la mano (AM) las mujeres muestran un promedio de 7,97 cm con una desviación de 0,99 cm, el menor valor promedio registrado fue de 6,00 cm y un máximo de 10,80 cm. Por otro lado, el ancho máximo de la mano (AMM) registró un promedio de 9,56 cm y una desviación 1,05 cm, además el valor mínimo promedio que se presentó fue 7,2 cm y la medida superior fue de 12,6 cm.

Para el espesor de la mano (EM) el género femenino reportó un promedio de 2,57 cm con una desviación de 0,27 cm, y su medida mínima fue de 1,90 cm además presentó una medida superior de 3,02 cm. En el diámetro de agarre (DA) determinado entre la primera y tercera falange de la mano registró un valor promedio de 14,57 cm con una desviación estándar de 1,25 cm, un valor menor promedio de 12,00 cm y mayor de 17,30 cm.

Finalizando con la circunferencia máxima de la mano (CMM) la población femenina obtuvo un promedio de 22,01 cm con una desviación de 1,25 cm, destacando un valor menor de 19,2 cm y un valor superior de 25,00 cm. En la circunferencia de la mano (CM) las mujeres revelaron un promedio de 18,67 cm con una desviación de 1,37, obteniendo una medida menor de 15,30 cm y una superior de 23,00 cm.

| MEDIDA    |            | LMM   | LP    | AM    | AMM   | EM   | DA    | CMM   | CM    |
|-----------|------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| MASCULINO | Mínimo     | 16,40 | 8,50  | 7,20  | 8,95  | 2,50 | 13,00 | 19,80 | 16,00 |
|           | Máximo     | 22,00 | 13,50 | 11,00 | 13,00 | 3,50 | 18,30 | 25,00 | 22,00 |
|           | Media      | 18,58 | 10,62 | 8,72  | 10,62 | 3,00 | 15,83 | 23,77 | 19,98 |
|           | Desv.      | 1,15  | 0,89  | 0,90  | 0,95  | 0,35 | 1,05  | 1,08  | 1,30  |
|           | Desviación |       |       |       |       |      |       |       |       |

*Tabla 9. Caracterización Medidas Antropométrica Masculino.*

Según la tabla 9, se interpreta que el género masculino cuenta con promedio de Longitud máxima de la mano (LMM) de 18,58 cm con una desviación de 1,15 cm, su menor valor promedio fue de 16,40 cm, y el valor promedio mayor fue de 22,00 cm. En la longitud palmar (LP) se obtuvo por parte del género masculino un promedio de 10,62 cm y una desviación 0,89 cm, además se observó que el valor promedio mínimo fue de 8,50 cm y el máximo de 13,50 cm.

Para el ancho de la mano (AM) el género masculino registró un promedio de 8,72 cm con una desviación de 0,90 cm, el valor menor registrado fue de 7,20 cm y un

máximo de 13,00 cm. A su vez, el ancho máximo de la mano (AMM) presentó un promedio de 10,62 cm y una desviación 0,95 cm, además el valor mínimo promedio que se presentó fue 8,95 cm y la medida superior fue de 13,00 cm.

En el espesor de la mano (EM), se reveló un promedio de 3,00 cm con una desviación de 0,35 cm, y su medida mínima fue de 2,50 cm además presentó una medida superior de 3,50 cm. En el diámetro de agarre (DA) determinado entre la primera y tercera falange de la mano registró un valor promedio de 15,83 cm con una desviación estándar de 1,05 cm, un valor menor promedio de 13,00 cm y mayor de 18,30 cm.

La circunferencia máxima de la mano (CMM) la población masculina presentó un promedio de 23,77 cm con una desviación de 1,08 cm, destacando un valor menor de 19,80 cm y un valor superior de 25,00 cm. Por último, en la circunferencia de la mano (CM) se obtuvo un valor promedio de 19,98 cm con una desviación de 1,30, una medida menor de 16,00 cm y una superior de 22,00 cm.

Teniendo presente los datos obtenidos es posible concluir que, aunque el género masculino presentó medidas superiores no es determinante para establecer que todos los hombres manifiestan medidas mayores en sus dimensiones antropométricas de la mano frente al género femenino.

#### 4.1.2 Caracterización medidas antropométricas de la mano por dominancia.

Los datos obtenidos de la población se analizaron de acuerdo a la dominancia de su mano (diestros o zurdos), con el objetivo de establecer la descripción de las ocho medidas antropométricas en estudio (ver tabla 10 y 11).

| MEDIDA  |            | LMM   | LP    | AM    | AMM   | EM   | DA    | CMM   | CM    |
|---------|------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| DERECHA | Mínimo     | 15,00 | 7,80  | 6,00  | 7,20  | 1,90 | 12,00 | 19,20 | 15,60 |
|         | Máximo     | 22,00 | 13,50 | 11,00 | 13,00 | 3,50 | 18,30 | 25,00 | 23,00 |
|         | Media      | 17,78 | 10,21 | 8,24  | 9,94  | 2,72 | 15,02 | 22,63 | 19,14 |
|         | Desv.      |       |       |       |       |      |       |       |       |
|         | Desviación | 1,40  | 1,07  | 1,02  | 1,14  | 0,36 | 1,20  | 1,44  | 1,45  |

*Tabla 10. Caracterización medidas antropométricas diestros.*

En la tabla 10, se evidencia que la población diestra obtuvo un promedio en la Longitud máxima de la mano (LMM) de 17,78 cm con una desviación de 1,40 cm, su menor valor promedio fue de 15,00 cm y su valor promedio máximo fue de 22,00 cm. En la longitud palmar (LP), el promedio fue de 10,21 cm y una desviación 1,07 cm, además se observó que el valor promedio mínimo fue de 7,80 cm y el máximo de 13,50 cm.

Según el ancho de la mano (AM) los diestros registraron un promedio de 8,24 cm con una desviación de 1,02 cm, el menor valor promedio registrado fue de 6,00 cm y un máximo de 11,00 cm. Por otro lado, el ancho máximo de la mano (AMM) presentó un promedio de 9,94 cm y una desviación 1,14 cm, además el valor mínimo promedio fue de 7,20 cm y la medida superior fue de 13,00 cm.

En el espesor de la mano (EM) se determinó un promedio de 2,72 cm con una desviación de 0,36 cm, el valor mínimo fue de 1,90 cm y el máximo de 3,50 cm. El diámetro de agarre (DA) registró un valor promedio de 15,02 cm con una desviación estándar de 1,20 cm, un valor menor promedio de 12,00 cm y mayor promedio de 18,30 cm.

La circunferencia máxima de la mano (CMM) obtuvo un promedio de 22,63 cm con una desviación de 1,44 cm, destacando un valor menor de 19,2 cm y un valor superior de 25,00 cm. Por último, en la circunferencia de la mano (CM) la población reportó un promedio de 19,14 cm con una desviación de 1,45, obteniendo una medida menor de 15,6 cm y una superior de 23,00 cm.

| MEDIDA    |            | LMM   | LP    | AM    | AMM   | EM   | DA    | CMM   | CM    |
|-----------|------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| IZQUIERDA | Mínimo     | 15,00 | 8,00  | 6,40  | 8,00  | 2,06 | 12,80 | 19,50 | 15,30 |
|           | Máximo     | 20,00 | 12,50 | 10,00 | 11,50 | 3,50 | 17,30 | 25,00 | 21,90 |
|           | Media      | 17,55 | 10,09 | 8,10  | 9,75  | 2,61 | 14,79 | 22,43 | 18,88 |
|           | Desv.      | 1,53  | 1,22  | 1,01  | 1,01  | 0,41 | 1,09  | 1,73  | 1,85  |
|           | Desviación |       |       |       |       |      |       |       |       |

*Tabla 11. Caracterización medidas antropométricas zurdos.*

En la tabla 11, se evidencia que la población zurda presentó un promedio en la Longitud máxima de la mano (LMM) de 17,55 cm con una desviación de 1,53 cm, su menor valor promedio fue de 15,00 cm y el valor promedio máximo fue de 20,00 cm. La longitud palmar (LP) registró un promedio de 10,09 cm y una desviación 1,22 cm, además se observó que el valor promedio mínimo fue de 8,00 cm y un máximo de 12,50 cm.

Para el ancho de la mano (AM) se obtuvo un promedio de 8,10 cm con una desviación de 1,01 cm, el menor valor promedio registrado fue de 6,40 cm y un máximo de 10,00 cm. A su vez, el ancho máximo de la mano (AMM) registró un promedio de 9,75 cm y una desviación 1,01 cm, además el valor mínimo promedio que se presentó fue 8,00 cm y la medida superior fue de 11,50 cm.

En el espesor de la mano (EM) se registró un promedio de 2,61 cm con una desviación de 0,41 cm, su medida mínima fue de 2,06 cm y su medida superior fue de 3,50 cm. El Diámetro de agarre (DA) presentó un valor promedio de 14,79 cm con una desviación estándar de 1,09 cm, un valor menor promedio de 12,80 cm y mayor de 17,30 cm.

La circunferencia máxima de la mano (CMM) reportó un promedio de 22,43 cm con una desviación de 1,73 cm, destacando un valor menor de 19,5 cm y un valor superior de 25,00 cm. Finalmente, en la circunferencia de la mano (CM) la población reveló un promedio de 18,88 cm con una desviación de 1,85, obteniendo una medida menor de 15,30 cm y una superior de 21,9 cm.

Con los resultados estudiados anteriormente se concluyó que la dominancia no podría ser una caracterización determinante frente a las medidas antropométricas de la mano.

#### 4.1.3 Caracterización medidas antropométricas de la mano por edad.

Como se mencionó previamente según la universidad de Guadalajara las medidas antropométricas del cuerpo del ser humano se encuentra directamente relacionadas con la edad, según esta publicación el aumento de estatura y longitud de los miembros del cuerpo se presentan en hasta los 24 años, un incremento en lo ancho superando los 24 años, y un declive de las medidas después de los 50 [18]. Esta información se encuentra registrada en el libro “Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana”; basándonos en ello se realizó adicionalmente las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y así verificar la normalidad de los datos.

A continuación, se presenta en análisis del comportamiento de las medidas antropométricas según el rango de edad (ver tablas 12-16):

| MEDIDA |            | LMM   | LP    | AM   | AMM   | EM   | DA    | CMM   | CM    |
|--------|------------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|
| <= 24  | Mínimo     | 15,00 | 8,80  | 6,40 | 8,14  | 2,20 | 13,50 | 19,60 | 15,60 |
|        | Máximo     | 19,00 | 11,00 | 9,80 | 11,60 | 3,00 | 15,50 | 24,20 | 20,00 |
|        | Media      | 16,53 | 9,43  | 7,53 | 9,27  | 2,65 | 14,56 | 21,70 | 18,03 |
|        | Desv.      |       |       |      |       |      |       |       |       |
|        | Desviación | 1,21  | 0,72  | 1,04 | 1,11  | 0,29 | 0,73  | 1,63  | 1,60  |

*Tabla 12. Caracterización medidas antropométricas - <= 24 años*

Según la tabla 12 en las edades menores o iguales a 24 años, el valor promedio en la Longitud máxima de la mano (LMM) fue de 16,53 cm con una desviación de 1,21 cm, un menor valor promedio de 15,00 cm y un valor promedio máximo de 19,00 cm. En la longitud palmar (LP) se obtuvo un promedio de 9,43 cm y una desviación 0,72 cm, además se observó que el valor promedio mínimo fue de 8,80 cm y un máximo de 11,00 cm.

En el ancho de la mano (AM), el valor promedio fue de 7,53 cm con una desviación de 1,04 cm, el menor valor promedio registrado fue de 6,40 cm y el máximo de 9,80

cm. A su vez, el ancho máximo de la mano (AMM) presentó un promedio de 9,27 cm y una desviación 1,11 cm, un valor mínimo promedio de 8,14 cm y un valor máximo de 11,60 cm.

El espesor de la mano (EM) presentó un promedio de 2,65 cm con una desviación de 0,29 cm, su medida mínima fue de 2,20 cm y su medida superior fue de 3,00 cm. Además, el diámetro de agarre (DA) reportó un valor promedio de 14,56 cm con una desviación estándar de 0,73 cm, un valor menor promedio de 13,50 cm y mayor de 15,50 cm.

La circunferencia máxima de la mano (CMM) registró un promedio de 21,70 cm con una desviación de 1,63 cm, destacando un valor menor de 19,60 cm y un valor superior de 24,20 cm. Finalmente, en la circunferencia de la mano (CM) se determinó un promedio de 18,03 cm con una desviación de 1,60, obteniendo una medida menor de 15,60 cm y una superior de 20,00 cm.

Con el fin de determinar si las medidas de la muestra provienen de una población que tiene una distribución teórica determinada, en este caso una distribución normal, se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. A continuación, se muestra la tabla 13, la cual consigna los resultados arrojados por el software SPSS; la significancia de los resultados representa el punto de corte para poder rechazar o aprobar la hipótesis nula véase el ítem 3.6.1.

| Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra |                            |                   |                   |                   |                   |                     |                     |                     |                   |
|-----------------------------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| EDAD                                          |                            | LMM               | LP                | AM                | AMM               | EM                  | DA                  | CMM                 | CM                |
| <= 24                                         | Estadístico de prueba      | 0,291             | 0,247             | 0,255             | 0,241             | 0,199               | 0,159               | 0,140               | 0,244             |
|                                               | Sig. asintótica(bilateral) | ,045 <sup>c</sup> | ,163 <sup>c</sup> | ,134 <sup>c</sup> | ,193 <sup>c</sup> | ,200 <sup>c,d</sup> | ,200 <sup>c,d</sup> | ,200 <sup>c,d</sup> | ,178 <sup>c</sup> |

*Tabla 13. Prueba de normalidad Kolmogorov - edades <= 24.*

En la tabla 13 se evidencia que la longitud máxima de la mano (LMM) tiene un valor estadístico de 0,291 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,045. En la longitud palmar (LP) se obtuvo un valor estadístico de 0,247 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,163.

Para el ancho de la mano (AM) se evidenció un valor estadístico de 0,255 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,134. También, el ancho máximo de la mano (AMM) reportó un valor estadístico de 0,241 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,193.

El espesor de la mano (EM) presentó un valor estadístico de 0,199 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,200. Por otro lado, el Diámetro de agarre (DA) obtuvo un valor estadístico de 0,159 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,200.

La circunferencia máxima de la mano (CMM) registró un valor estadístico de 0,140 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,200. Finalmente, en la circunferencia de la mano (CM) se obtuvo un valor estadístico de 0,244 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,178.

Como el valor de p fue mayor de 0,05 en las siguientes medidas antropométricas (LP, AM, AMM, EM, DA, CMM y CM) **no se rechaza la hipótesis nula** y se concluye que hay evidencias suficientes para pensar que la muestra proviene de una distribución normal, con un nivel de significancia del 5%; exceptuando LMM la cual **se rechaza la hipótesis nula** y se considera que no tiene una distribución normal.

| MEDIDA  |            | LMM   | LP    | AM    | AMM   | EM   | DA    | CMM   | CM    |
|---------|------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| 25 - 50 | Mínimo     | 15,00 | 7,80  | 6,00  | 7,20  | 1,90 | 12,00 | 19,20 | 15,30 |
|         | Máximo     | 22,00 | 13,20 | 11,00 | 13,00 | 3,50 | 18,30 | 25,00 | 22,00 |
|         | Media      | 17,77 | 10,23 | 8,21  | 9,89  | 2,71 | 15,10 | 22,54 | 19,04 |
|         | Desv.      | 1,34  | 1,04  | 1,02  | 1,08  | 0,36 | 1,18  | 1,46  | 1,43  |
|         | Desviación |       |       |       |       |      |       |       |       |

*Tabla 14. Caracterización medidas antropométricas – 24 - 50 años.*

De acuerdo a la tabla 14, para la población entre 25 a 50 años, el valor promedio en la Longitud máxima de la mano (LMM) de 17,77 cm con una desviación de 1.34 cm, y un menor valor promedio de 15,00 cm y un valor promedio máximo de 22,00 cm. En la longitud palmar (LP) tuvo un promedio de 10,23 cm y una desviación 1,04 cm, además se observó que el valor promedio mínimo fue de 7,80 cm y un máximo de 13,20 cm.

En el ancho de la mano (AM), el valor promedio de 6,21 cm con una desviación de 1,02 cm, el menor valor promedio registrado de 6,00 cm y un máximo de 11,00 cm. A su vez, el ancho máximo de la mano (AMM) presentó un promedio de 9.89 cm y una desviación 0,80 cm, un valor mínimo promedio de 7,20 cm y la medida superior de 13,00 cm.

El espesor de la mano (EM) tuvo un promedio de 2,71 cm con una desviación de 0,36 cm, y una medida mínima de 1,90 cm, una medida superior de 3,50 cm. Asimismo, el Diámetro de agarre (DA) mostró un valor promedio de 15,10 cm con una desviación estándar de 1,18 cm, un valor menor promedio de 12,00 cm y mayor de 18,30 cm.

La circunferencia máxima de la mano (CMM), registró un promedio de 22,54 cm con una desviación de 1,46 cm, destacando un valor menor de 19,20 cm y un valor superior de 25,00 cm. Culminando la circunferencia de la mano (CM) la población manifestó un promedio de 19,04 cm con una desviación de 1,43, una medida menor de 15,30 cm y una superior de 22,00 cm.

A continuación, la tabla 15 consigna los resultados arrojados por el software SPSS en la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov; la significancia de los resultados representa el punto de corte para poder rechazar o aprobar la hipótesis nula véase el ítem 3.6.1.

| Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra |                            |                     |                     |                   |                     |                   |                   |                   |                   |
|-----------------------------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| EDAD                                          |                            | LMM                 | LP                  | AM                | AMM                 | EM                | DA                | CMM               | CM                |
| 25 - 50                                       | Estadístico de prueba      | 0,053               | 0,051               | 0,061             | 0,047               | 0,064             | 0,093             | 0,062             | 0,067             |
|                                               | Sig. asintótica(bilateral) | ,200 <sup>c,d</sup> | ,200 <sup>c,d</sup> | ,034 <sup>c</sup> | ,200 <sup>c,d</sup> | ,023 <sup>c</sup> | ,000 <sup>c</sup> | ,031 <sup>c</sup> | ,014 <sup>c</sup> |

*Tabla 15. Prueba de normalidad Kolmogorov - edades 25 - 50.*

La tabla 15 evidencia que la longitud máxima de la mano (LMM) en la población tiene un valor estadístico de 0,053 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,200. La longitud palmar (LP) se obtuvo un valor estadístico de 0,051 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,200.

Para el ancho de la mano (AM) presentó un valor estadístico de 0,061 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,034. A su vez, en el ancho máximo de la mano (AMM) se observó un valor estadístico de 0,047 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,200.

El espesor de la mano (EM) exhibió un valor estadístico de 0,064 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,023. Por otro lado, el Diámetro de agarre (DA) obtuvo un valor estadístico de 0,093 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,000.

La circunferencia máxima de la mano (CMM) evidenció un valor estadístico de 0,062 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,031. Concluyendo, la circunferencia de la mano (CM) manifestó un valor estadístico de 0,067 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,014.

Como el valor de p fue mayor de 0,05 en las siguientes medidas antropométricas (LMM, LP, y AMM), **no se rechaza la hipótesis nula** y se concluye que hay evidencias suficientes para pensar que la muestra proviene de una distribución normal, con un nivel de significancia del 5%; exceptuando (AM, EM, DA, CMM, CM) en las cuales **se rechaza la hipótesis nula** y se considera que no tiene una distribución normal.

| MEDIDA  |            | LMM   | LP    | AM    | AMM   | EM   | DA    | CMM   | CM    |
|---------|------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| 51 - 63 | Mínimo     | 15,00 | 8,00  | 6,40  | 8,00  | 2,00 | 12,00 | 20,00 | 16,40 |
|         | Máximo     | 21,50 | 13,50 | 11,00 | 13,00 | 3,50 | 18,30 | 25,00 | 23,00 |
|         | Media      | 17,86 | 10,20 | 8,36  | 10,08 | 2,73 | 14,72 | 22,94 | 19,49 |
|         | Desv.      | 1,59  | 1,19  | 1,02  | 1,26  | 0,37 | 1,25  | 1,40  | 1,55  |
|         | Desviación |       |       |       |       |      |       |       |       |

*Tabla 16. Caracterización medidas antropométricas – 50 - 63 años.*

Basándose en la tabla 16, las personas entre 50 a 63 años de edad, presentaron un promedio en la Longitud máxima de la mano (LMM) de 17,86 cm con una desviación de 1,59 cm, y un valor menor de 15 cm al contrario un máximo valor de 21,50 cm. La longitud palmar (LP) tuvo un promedio de 10,20 cm y una desviación 1,19 cm, además se observó que un valor mínimo de 8,00 cm y un máximo de 13,50 cm.

Para ancho de la mano (AM) la población evidenció un promedio de 8,36 cm con una desviación de 1,02 cm, un menor valor de 6,40 cm y un máximo de 11,00 cm. A su vez, el ancho máximo de la mano (AMM) enseñó un promedio de 10,08 cm y una desviación 1,26 cm, un valor mínimo de 8,00 cm y la medida superior de 13,00 cm.

El espesor de la mano (EM) tuvo un promedio de 2,73 cm con una desviación de 0,37 cm, y una medida mínima fue de 2,00 cm, además presentó una medida superior de 3,50 cm. En el Diámetro de agarre (DA) contó con un valor promedio de 14.72 cm con una desviación estándar de 1,25 cm, un valor menor de 12,00 cm y mayor de 18,30 cm.

La circunferencia máxima de la mano (CMM) mostró un promedio de 22,94 cm con una desviación de 1,40 cm, destacando un valor menor de 20,00 cm y un valor superior de 25,00 cm. Finalizando, la circunferencia de la mano (CM) registró un promedio de 19,49 cm con una desviación de 1,55, obteniendo una medida menor de 16,40 cm y una superior de 23,00 cm.

La tabla 17, presenta los resultados arrojados por el software SPSS en la prueba Kolmogorov-Smirnov para así verificar la normalidad de las variables; la significancia asintótica de los resultados representa el punto de corte para poder rechazar o aprobar la hipótesis nula véase el ítem 3.6.1.

| Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra |                            |                     |                     |                   |                   |                   |                   |                   |                     |
|-----------------------------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| EDAD                                          |                            | LMM                 | LP                  | AM                | AMM               | EM                | DA                | CMM               | CM                  |
| 51 - 63                                       | Estadístico de prueba      | 0,088               | 0,079               | 0,108             | 0,122             | 0,093             | 0,118             | 0,110             | 0,084               |
|                                               | Sig. asintótica(bilateral) | ,200 <sup>c,d</sup> | ,200 <sup>c,d</sup> | ,030 <sup>c</sup> | ,007 <sup>c</sup> | ,179 <sup>c</sup> | ,011 <sup>c</sup> | ,026 <sup>c</sup> | ,200 <sup>c,d</sup> |

*Tabla 17. Prueba de normalidad Kolmogorov - edades 50-63.*

De acuerdo a la tabla 17 se visualizó que la longitud máxima de la mano (LMM) en la población tiene un valor estadístico de 0,088 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0.200. En la longitud palmar (LP) obtuvo un valor estadístico de 0.079 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,200.

El ancho de la mano (AM) enseñó un valor estadístico de 0,108 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,030. A su vez, en el ancho máximo de la mano (AMM) se obtuvo un valor estadístico de 0,122 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,007.

Para el espesor de la mano (EM) la población presentó un valor estadístico de 0,093 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,179. Y el Diámetro de agarre (DA) obtuvo un valor estadístico de 0,118 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,011.

La circunferencia máxima de la mano (CMM) obtuvo un valor estadístico de 0,110 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,026. Terminando la circunferencia de la mano (CM) manifestó un valor estadístico de 0,084 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,200.

Como el valor de p fue mayor de 0,05 en las siguientes medidas antropométricas (LMM, LP, EM y CM), **no se rechaza la hipótesis nula** y se concluye que hay evidencias suficientes para pensar que la muestra proviene de una distribución normal, con un nivel de significancia del 5%; exceptuando (AM, AMM, DA, CM) en las cuales **se rechaza la hipótesis nula** y se considera que no tiene una distribución normal.

#### 4.2 VALORACIÓN DE LA FUERZA MAXIMA DE AGARRE

Para este apartado se realizó la caracterización fuerza de agarre en la mano dominante y la mano no dominante de la población, con los resultados obtenidos por el software SPSS se expone la tabla 18, la cual presenta la información de la muestra en general.

| Estadísticos descriptivos |        |        |       |                  |
|---------------------------|--------|--------|-------|------------------|
|                           | Mínimo | Máximo | Media | Desv. Desviación |
| FMD                       | 16,30  | 62,70  | 33,57 | 10,19            |
| FMND                      | 16,30  | 61,70  | 31,65 | 9,97             |

*Tabla 18. Descripción Fuerza de agarre (en kilogramos fuerza).*

Según la tabla 18, en la población de estudio la fuerza de agarre de la mano dominante (FMD) tuvo una media de 33,57 Kg/F con una desviación de 10,19 Kg/F, un valor menor de 16,30 Kg/F y un máximo de 62,70 Kg/F. De este modo, la fuerza de agarre de la mano no dominante (FMND) obtuvo una media de 31,65 Kg/F con una desviación de 9,97 Kg/F, además presentó un valor mínimo en la fuerza de 16,30 Kg/F y un valor superior de 61,70 Kg/F.

Partiendo de lo anterior se complementa la caracterización de la población para responder al primer objetivo específico; los resultados obtenidos se organizaron en tablas descriptivas donde se muestra la fuerza de agarre FMD (fuerza mano

dominante) y FMND (fuerza mano no dominante), esta se clasifica según género, dominancia y edad, ya que todo grupo poblacional humano, posee una estructura y composición esquelética y muscular diferente de acuerdo al género [18].

#### 4.2.1 Caracterización de la fuerza de agarre por género y dominancia.

La tabla 19 recopilan los valores de la fuerza máxima de agarre de la muestra, está entendiéndose como la tensión que ejerce un músculo al oponerse a una resistencia en un solo esfuerzo máximo, utilizando los músculos desde el codo hasta los dedos de la mano, a su vez se realiza una desagregación por género y dominancia.

| Estadísticos descriptivos |           |      |     |        |        |       |                  |
|---------------------------|-----------|------|-----|--------|--------|-------|------------------|
| GENERO                    |           |      | N   | Mínimo | Máximo | Media | Desv. Desviación |
| FEMENINO                  | Derecha   | FMD  | 191 | 16,70  | 45,30  | 27,91 | 5,43             |
|                           |           | FMND |     | 16,30  | 44,00  | 26,15 | 5,19             |
|                           | Izquierda | FMD  | 16  | 16,30  | 42,70  | 26,94 | 6,88             |
|                           |           | FMND |     | 18,30  | 46,70  | 25,58 | 7,36             |
| MASCULINO                 | Derecha   | FMD  | 100 | 26,70  | 62,70  | 44,71 | 7,73             |
|                           |           | FMND |     | 23,70  | 61,70  | 42,29 | 7,99             |
|                           | Izquierda | FMD  | 8   | 31,30  | 56,30  | 42,76 | 7,89             |
|                           |           | FMND |     | 32,30  | 54,70  | 42,01 | 7,51             |

*Tabla 19. Descripción Fuerza de agarre por género y dominancia.*

Como se evidencia en la tabla 19 el promedio de fuerza máxima de agarre para la población femenina con dominancia en su mano derecha (FMD) es de 27,91 kg/F presentando una desviación de 5,43 kg/F, un valor mínimo de 16,70 kg/F y un máximo de 45,30 kg/F. Para la FMND el promedio es de 26,15 Kg/F con una desviación de 5,19 kg/F, se observó un valor menor de 16,30 Kg/F y un valor superior de 44,00 Kg/F.

A diferencia, las mujeres que presentan dominancia en su mano izquierda tienen una media 26,94 kg/F en su FMD con dispersión de 6,88 kg/F, un valor mínimo de 16,30 kg/F y un máximo de 42,70 kg/F. En la FMND la muestra femenina se evidencia un promedio de 25.58 Kg/F con una desviación de 7.36 Kg/F, se registró un valor mínimo de 18.30 Kg/F y un máximo de 46.70 Kg/F.

Por otra parte, el género masculino quienes poseen dominio en su mano derecha presenta una media de FMD de 44,71 Kg/F con desviación de 7,73 Kg/F, su mínima medida es de 26,70 Kg/F y una máxima de 62,70 Kg/F; por lo contrario, la FMND presenta una media de 42,29 Kg/F y una desviación de 7,99 Kg/F; un mínimo valor de 23,70 Kg/F y un máximo de 61,70 Kg/F.

Así mismo los hombres que reportaron dominancia en su mano izquierda presentan una FMD promedio de 42,76 Kg/F con una desviación de 7,89 Kg/F, una medida mínima de 31,30 Kg/F y un máximo de 56,30 Kg/F; frente a FMND con un promedio de 42,01 Kg/F con una desviación de 7,51 Kg/F un valor menor de 32,30 Kg/F y una superior de 54,70 Kg/F.

Al observar estos datos es posible concluir que la población presenta una mayor fuerza de agarre máxima en la mano dominante con una diferencia aproximadamente de 2,00 Kg/F.

Al analizar los datos, es posible concluir que sin diversificar el género se presenta un valor mayor de fuerza para las personas que tienen dominancia en la mano derecha. Así mismo, se determina que la población presenta un mayor valor de fuerza de agarre en la mano dominante.

#### 4.2.2 Caracterización de la fuerza de agarre por edad.

En búsqueda de validar si la edad influye en la fuerza de agarre se realizó una caracterización de la población segmentando por rangos de edad, específicamente en los tres mencionados anteriormente según el libro “Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana” donde el ser humano muestra un crecimiento en la longitud de su cuerpo hasta los 24 años, 25 a 50 años presenta cambios en el ancho y a partir de los 50 un decrecimiento [18] [51].

| Estadísticos descriptivos |      |        |        |       |                  |
|---------------------------|------|--------|--------|-------|------------------|
| EDAD                      |      | Mínimo | Máximo | Media | Desv. Desviación |
| <= 24                     | FMD  | 21,30  | 40,30  | 30,20 | 6,78             |
|                           | FMND | 20,00  | 43,70  | 30,88 | 7,79             |
| 25 - 50                   | FMD  | 16,30  | 62,70  | 34,02 | 10,48            |
|                           | FMND | 17,00  | 61,70  | 32,12 | 10,34            |
| 51 - 63                   | FMD  | 16,70  | 62,30  | 32,57 | 9,48             |
|                           | FMND | 16,30  | 55,30  | 30,28 | 8,90             |

*Tabla 20. Descripción Fuerza de agarre por edad.*

Conforme a la tabla 20, para la población menor a 24 años la fuerza máxima de agarre de la mano dominante (FMD) es de 30,20 kg/F presentando una desviación de 6,78 kg/F, un valor mínimo de 21,30 kg/F y un máximo de 40,30 kg/F. Para la fuerza de agarre de la mano no dominante (FMND) el promedio es de 30,88 Kg/F

con una desviación de 7,79 kg/F, se observó un valor menor de 20,00 Kg/F y un valor superior de 43,70 Kg/F.

La población de 25 a 50 años presentó una media 34,02 kg/F en su FMD con dispersión de 10,48 kg/F, un valor mínimo de 16,30 kg/F y un máximo de 62,70 kg/F. En contraste, la FMND registró un promedio de 32,12 Kg/F con una desviación de 10,34 Kg/F, un valor mínimo de 17,00 Kg/F y un valor máximo de 61,70 Kg/F.

En los participantes mayores a 50 años se obtuvo una media de FMD de 32,57 Kg/F con desviación de 9.,48 Kg/F, su mínima medida es de 16.70 Kg/F y una máxima de 62,30 Kg/F; a su vez, la FMND presenta una media de 30.,28 Kg/F y una desviación de 8,90 Kg/F; un mínimo valor de 16,30 Kg/F y un máximo de 55,30 Kg/F.

Al igual que en las medidas antropométricas se realizó la prueba de Kolmogorov Smirnov para constatar la normalidad de las variables, segmentando la población por género y dominancia; a continuación, se muestra la tabla 21 en la cual se consignan los resultados arrojados por el software SPSS y donde se encuentra la significancia asintótica de los datos, esta representa el punto de corte para rechazar o aprobar la hipótesis nula véase el ítem 3.6.1.

#### Pruebas de normalidad

| GENERO    |      |           | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |     |       |
|-----------|------|-----------|---------------------------------|-----|-------|
|           |      |           | Estadístico                     | gl  | Sig.  |
| FEMENINO  | FMD  | Derecha   | 0,05                            | 191 | ,200* |
|           |      | Izquierda | 0,13                            | 16  | ,200* |
|           | FMND | Derecha   | 0,06                            | 191 | 0,099 |
|           |      | Izquierda | 0,21                            | 16  | 0,055 |
| MASCULINO | FMD  | Derecha   | 0,08                            | 100 | 0,090 |
|           |      | Izquierda | 0,15                            | 8   | ,200* |
|           | FMND | Derecha   | 0,04                            | 100 | ,200* |
|           |      | Izquierda | 0,16                            | 8   | ,200* |

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

*Tabla 21. Pruebas de normalidad FMD y FMND*

En la Prueba de Kolmogorov, se evidenció que para el género femenino con dominancia en la mano derecha la FMD tuvo un valor estadístico de 0,05 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,200; de la misma manera la FMND presentó un valor estadístico de 0,06 y un valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,099. Para las mujeres que presentan dominancia en la mano izquierda, la FMD obtuvo un valor estadístico de 0,13 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,200; y, para FMND el valor estadístico fue de 0,21 y un valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,55.

Por su parte, el género masculino con dominancia en su mano derecha para FMD exhibió un valor estadístico de 0,08 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,09; así mismo la FMND enseñó un valor estadístico de 0.04 y un valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,200. En los hombres que presentan dominancia en la mano izquierda, la FMD tuvo un valor estadístico de 0,15 y valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,200; opuesto, para FMND el valor estadístico fue de 0,16 y un valor de p Sig. Asintótica bilateral de 0,200.

Como el valor de p fue mayor de 0,05 en todas las fuerzas de agarre tanto para la mano dominante como la no dominante **no se rechaza la hipótesis nula** y se concluye que hay evidencias suficientes para pensar que la muestra proviene de una distribución normal, con un nivel de significancia del 5%.

#### 4.3 ANALISIS/EVALUACION DE LA FUERZA DE AGARRE MANO DOMINANTE Y MANO NO DOMINANTE

Para dar respuesta al objetivo específico numero dos se desarrolló una prueba de diferencia de medias t-student, la cual es usada para determinar la diferencia entre las dos medias muestrales y la construcción de intervalos de confianza; por esto es necesario retomar la hipótesis de diferencia de medias entre fuerza de agarre por dominancia véase el ítem 3.6.2, donde **H<sub>0</sub>** afirma que la fuerza de agarre de la mano dominante (FMD) tiene igual fuerza de agarre o prensil que la mano no dominante (FMND), se contrastó con un nivel de significancia del 0,05 y un nivel de confianza del 0,95.

$$H_0: FMD = FMND$$

Frente a la **H<sub>1</sub>** que afirma que la fuerza de agarre o prensil es diferente entre la mano dominante (FMD) y la mano no dominante (FMND):

$$H_1: FMD \neq FMN$$

La siguiente tabla contiene los resultados arrojados por el software SPSS en la prueba de diferencia de medias, t-student.

| Prueba de muestras emparejadas |                         |                  |                      |                                                |          |       |     |                  |
|--------------------------------|-------------------------|------------------|----------------------|------------------------------------------------|----------|-------|-----|------------------|
|                                | Diferencias emparejadas |                  |                      |                                                |          | t     | gl  | Sig. (bilateral) |
|                                | Media                   | Desv. Desviación | Desv. Error promedio | 95% de intervalo de confianza de la diferencia |          |       |     |                  |
|                                |                         |                  |                      | Inferior                                       | Superior |       |     |                  |
| FMD - FMND                     | 1,928                   | 3,770            | 0,212                | 1,510                                          | 2,346    | 9,075 | 314 | 0,000            |

*Tabla 22 Prueba de diferencia de medias T-student*

De acuerdo con la tabla 22 la significancia bilateral es de 1,280E-17 por ende se rechaza la hipótesis nula, puesto que la significancia es menor a 0,05. La cual evidencia que existe diferencia estadísticamente significativa entre la fuerza máxima de agarre de la mano dominante (FMD) y la mano no dominante (FMND), siendo mayor la fuerza reportada en la mano dominante (FMD); donde (véase la tabla 18):

FMD: Tiene una media de 33,574 con una desviación error promedio de 10,185

FMND: Cuenta media de 31,647 con una desviación error promedio de 9,561

Con un valor de t de 9,075 con 314 grados de libertad, y una potencia r: 0,45 es decir el efecto explica el 9% de la varianza total.

#### 4.2 CORRELACIÓN FUERZA DE AGARRE Y LAS DIMENSIONES ANTROPOMÉTRICAS DE LA MANO.

En búsqueda de conocer la correlación existente entre las fuerzas de agarre tanto de la mano dominante como en la mano no dominante, con respecto a las ocho medidas antropométricas; se realizó una prueba de correlación de Pearson la cual por medio de unos coeficientes evidencia el grado de asociación entre las variables y con esto es posible determinar el grado de influencia de las medidas antropométricas con respecto a la fuerza de agarre o prensil.

|      |                        | Correlaciones Pearson |        |        |        |        |        |        |        |
|------|------------------------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|      |                        | LMM                   | LP     | AM     | AMM    | EM     | DA     | CMM    | CM     |
|      |                        |                       |        |        |        |        |        |        |        |
| FMD  | Correlación de Pearson | ,440**                | ,318** | ,337** | ,409** | ,521** | ,536** | ,562** | ,419** |
|      | Sig. (bilateral)       | 0.000                 | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  |
| FMND | Correlación de Pearson | ,423**                | ,314** | ,332** | ,399** | ,529** | ,504** | ,574** | ,450** |
|      | Sig. (bilateral)       | 0.000                 | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  |

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

*Tabla 23 Correlación de Pearson*

Según los resultados obtenidos se concluye que todas las medidas antropométricas de la mano muestran una asociación lineal positiva con relación a la fuerza de agarre o prensil, ya que se encuentra entre el intervalo  $0 < \rho_{x,y} < 1$ , con esto se determinó la existencia y el grado de relación lineal entre las fuerzas de agarre o

preñil con las medidas antropométricas. En las cuales el espesor de la mano EM; el diámetro de agarre (DA) y la circunferencia máxima de la mano (CMM) presentan una asociación fuerte.

Con la intención de hallar la relación que existe entre las variables dependientes e independientes estudiadas, se realizó una regresión lineal, permitiendo ponderar la asociación que existe entre ellas. En las siguientes tablas se encuentran los resultados arrojados por el software SPSS de la Fuerza mano dominante (FMD) y la Fuerza mano no dominante (FMND) frente a las ocho medidas antropométricas.

#### 4.2.1 Correlación de FMD y las dimensiones antropométricas de la mano

| Resumen del modelo |                   |            |                     |                                 |                        |             |     |     |                  |
|--------------------|-------------------|------------|---------------------|---------------------------------|------------------------|-------------|-----|-----|------------------|
| Modelo             | R                 | R cuadrado | R cuadrado ajustado | Error estándar de la estimación | Estadísticos de cambio |             |     |     |                  |
|                    |                   |            |                     |                                 | Cambio en R cuadrado   | Cambio en F | gl1 | gl2 | Sig. Cambio en F |
| 1                  | ,721 <sup>a</sup> | 0,520      | 0,507               | 7,149                           | 0,520                  | 41,424      | 8   | 306 | 0,000            |

a. Predictores: (Constante), CM, DA, EM, AM, LP, CMM, LMM, AMM

*Tabla 24 Resumen modelo Regresión Lineal FMD*

Como se observa en la tabla 24, el valor de la correlación (R) del modelo es de 0,721 lo que es equivalente a una asociación fuerte; el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) es de 52% y esto indica que las variables independientes (ocho medidas antropométricas) influyen en la variable dependiente FMD; en este caso se puede decir que las medidas antropométricas determinan un 52% de la fuerza de agarre o preñil que puede tener la persona en su mano dominante.

La tabla ANOVA (Tabla 25) permite analizar la efectividad de la fórmula que lanza el modelo o su pertinencia, al reportar una significancia de 0,000 indica que el modelo propuesto es confiable para predecir los valores de fuerza a partir de las medidas antropométricas.

| ANOVA <sup>a</sup> |                   |           |                  |          |                   |
|--------------------|-------------------|-----------|------------------|----------|-------------------|
| Modelo             | Suma de cuadrados | gl        | Media cuadrática | F        | Sig.              |
| 1                  | <b>Regresión</b>  | 16935,534 | 8                | 2116,942 | 41,424            |
|                    | <b>Residuo</b>    | 15637,898 | 306              | 51,104   | ,000 <sup>b</sup> |
|                    | <b>Total</b>      | 32573,432 | 314              |          |                   |

a. Variable dependiente: FMD

b. Predictores: (Constante), CM, DA, EM, AM, LP, CMM, LMM, AMM

*Tabla 25 Prueba ANOVA Regresión lineal FMD.*

La tabla 26 presenta los resultados del modelo de regresión lineal propuesto para la FMD, en ella se evidencia que cuatro de las ocho medidas antropométricas de la mano que presentaron una asociación fuerte o relación estadísticamente significativa con la FMD, las cuales fueron el ancho máximo de la mano (AMM), el espesor de la mano (EM), el diámetro de agarre (DA) y la circunferencia máxima de la mano (CMM). Las cuatro medidas restantes no muestran una influencia estadísticamente representativa sobre la FMD.

| Coeficientes <sup>a</sup> |                                |             |                             |         |       |
|---------------------------|--------------------------------|-------------|-----------------------------|---------|-------|
| Modelo                    | Coeficientes no estandarizados |             | Coeficientes estandarizados | t       | Sig.  |
|                           | B                              | Desv. Error | Beta                        |         |       |
| (Constante)               | -79.771                        | 7.067       |                             | -11.287 | 0.000 |
| LMM                       | 0.731                          | 0.818       | 0.101                       | 0.893   | 0.373 |
| LP                        | -1.946                         | 0.993       | -0.206                      | -1.959  | 0.051 |
| AM                        | -2.342                         | 1.450       | -0.235                      | -1.615  | 0.107 |
| AMM                       | 3.078                          | 1.351       | 0.343                       | 2.279   | 0.023 |
| EM                        | 6.990                          | 1.313       | 0.248                       | 5.324   | 0.000 |
| DA                        | 2.715                          | 0.434       | 0.319                       | 6.259   | 0.000 |
| CMM                       | 2.645                          | 0.608       | 0.379                       | 4.352   | 0.000 |
| CM                        | -0.552                         | 0.566       | -0.080                      | -0.975  | 0.330 |

a. Variable dependiente: FMD

*Tabla 26. Resultados y coeficientes Regresión lineal FMD*

Al analizar los coeficientes del modelo, se obtiene la constante  $\beta_0$  con un valor de -79.77 y se evidencia que los  $\beta$  asociados a las medidas antropométricas significativas son positivos, lo cual sugiere que en existe una relación directamente proporcional entre las dimensiones de AMM, EM, DA, CMM y la FMD; es decir, que en la medida en que aumenta la magnitud de la dimensión antropométrica, aumenta la fuerza de agarre de la mano dominante (FMD).

Adicionalmente, considerando el valor del coeficiente se puede interpretar de la siguiente manera: Si el AMM aumenta en 1 cm, la FMD va a aumentar 3,078 Kg/F, cuando EM aumenta un 1 cm la FMD aumentará 6,990 Kg/F; si DA aumenta 1 cm la FMD incrementará en 2,715 Kg/F; y, por último, CMM al aumentar 1 cm impacta la FMD en 2.645 Kg/F.

Teniendo en cuenta la ecuación de regresión lineal del modelo teórico mencionado en el ítem 3.6.4:

$$Y = \beta_0 + \beta_i X_i + e_i; i=1...8,$$

Donde,

Y= Fuerza máxima de agarre de la mano dominante  
 B0 = coeficientes de la ecuación  
 X1= Longitud máxima de la mano (LMM)  
 X2= Longitud palmar (LP)  
 X3=Ancho de mano (AM)  
 X4=Ancho máximo de la mano (AMM)  
 X5= Espesor de la mano (EM)  
 X6= Diámetro de agarre (DA)  
 X7= Circunferencia máxima de la mano (CMM)  
 X8= Circunferencia de la mano (CM)  
 Ei= error muestral

A continuación, se presenta la relación de cada medida antropométrica con la variable dependiente:

- **Y: -79.771 + 0.731 \* LMM**
- **Y: -79.771 -1.946 \* LP**
- **Y: -79.771 – 2.342\* AM**
- **Y: -79.771 + 3.078 \* AMM**
- **Y: -79.771 + 6.990 \* EM**
- **Y: -79.771 + 2.715 \* DA**
- **Y: -79.771 + 2.645 \* CMM**
- **Y: -79.771 – 0.552 \* CM**

Y el modelo general resultante sería:

$$Y = -79.771 + (0.731 * LMM) - (1.946 * LP) - (2.342 * AM) + (3.078 * AMM) + (6.990 * EM) + (2.715 * DA) + (2.645 * CMM) - (0.552 * CM) + ei$$

#### 4.2.2 Correlación de FMND y las dimensiones antropométricas de la mano

| Resumen del modelo |                   |            |                     |                                 |                        |             |     |     |                  |
|--------------------|-------------------|------------|---------------------|---------------------------------|------------------------|-------------|-----|-----|------------------|
| Modelo             | R                 | R cuadrado | R cuadrado ajustado | Error estándar de la estimación | Estadísticos de cambio |             |     |     |                  |
|                    |                   |            |                     |                                 | Cambio en R cuadrado   | Cambio en F | gl1 | gl2 | Sig. Cambio en F |
| 1                  | .711 <sup>a</sup> | 0.506      | 0.493               | 7.09693                         | 0.506                  | 39.143      | 8   | 306 | 0.000            |

a. Predictores: (Constante), CM, DA, EM, AM, LP, CMM, LMM, AMM

*Tabla 27 Resumen modelo Regresión Lineal FMND*

Como se observa en la tabla 27, el valor de la correlación (R) del modelo es de 0.711 lo que es equivalente a una asociación fuerte; el coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) es de 50,06% y esto indica que las variables independientes (ocho medidas antropométricas) influyen en la variable dependiente FMND; en este caso se puede decir que las medidas antropométricas determinan un 50% de la fuerza de agarre o prensil que puede tener la persona en su mano no dominante.

| ANOVA <sup>a</sup> |                  |                   |     |                  |        |                   |
|--------------------|------------------|-------------------|-----|------------------|--------|-------------------|
| Modelo             |                  | Suma de cuadrados | gl  | Media cuadrática | F      | Sig.              |
| 1                  | <b>Regresión</b> | 15772,110         | 8   | 1971,514         | 39,143 | ,000 <sup>b</sup> |
|                    | <b>Residuo</b>   | 15412,115         | 306 | 50,366           |        |                   |
|                    | <b>Total</b>     | 31184,225         | 314 |                  |        |                   |

a. Variable dependiente: FMND

b. Predictores: (Constante), CM, DA, EM, AM, LP, CMM, LMM, AMM

*Tabla 28. Prueba ANOVA Regresión lineal FMND.*

La tabla ANOVA (Tabla 28) permite analizar la efectividad de la fórmula que lanza el modelo o su pertinencia, al reportar una significancia de 0.000 indica que el modelo propuesto es confiable para predecir los valores de fuerza a partir de las medidas antropométricas.

| Coeficientes <sup>a</sup> |                                |             |                             |         |       |
|---------------------------|--------------------------------|-------------|-----------------------------|---------|-------|
| Modelo                    | Coeficientes no estandarizados |             | Coeficientes estandarizados | t       | Sig.  |
|                           | B                              | Desv. Error | Beta                        |         |       |
| (Constante)               | -77.472                        | 7.016       |                             | -11.042 | 0.000 |
| LMM                       | 0.039                          | 0.813       | 0.006                       | 0.048   | 0.962 |
| LP                        | -1.104                         | 0.986       | -0.119                      | -1.119  | 0.264 |
| AM                        | -2.123                         | 1.440       | -0.218                      | -1.475  | 0.141 |
| AMM                       | 2.567                          | 1.341       | 0.292                       | 1.915   | 0.056 |
| EM                        | 7.687                          | 1.303       | 0.279                       | 5.898   | 0.000 |
| DA                        | 2.428                          | 0.431       | 0.291                       | 5.640   | 0.000 |
| CMM                       | 2.402                          | 0.603       | 0.352                       | 3.981   | 0.000 |
| CM                        | 0.005                          | 0.562       | 0.001                       | 0.008   | 0.993 |

a. Variable dependiente: FMND

*Tabla 29. Coeficientes Regresión lineal FMND*

La tabla 29 presenta los resultados del modelo de regresión lineal propuesto para la FMND, en ella se evidencia que tres de las ocho medidas antropométricas de la mano presentaron una asociación fuerte o relación estadísticamente significativa con la FMND, las cuales fueron el espesor de la mano (EM), el diámetro de agarre (DA) y la circunferencia máxima de la mano (CMM). Las cinco medidas restantes no muestran una influencia estadísticamente representativa sobre la FMND.

Al analizar los coeficientes del modelo, se obtiene la constante  $\beta_0$  con un valor de -77.472 y se evidencia que los  $\beta$  asociados a las medidas antropométricas significativas son positivos, lo cual sugiere que en existe una relación directamente proporcional entre las dimensiones de LMM, AMM, EM, DA, CMM, CM y la FMND; es decir, que en la medida en que aumenta la magnitud de la dimensión antropométrica, aumenta la fuerza de agarre de la mano no dominante (FMND).

Adicionalmente, considerando el valor del coeficiente se puede interpretar de la siguiente manera: Si el LMM aumenta en 1 cm, la FMND va a aumentar 0,039 Kg/F, cuando AMM aumenta un 1 cm la FMND aumentará 2,567 Kg/F; si EM aumenta 1 cm la FMND incrementará en 7,687 Kg/F; si DA aumenta 1 cm la FMND incrementará en 2,428 Kg/F; si CMM aumenta 1 cm la FMND incrementará en 2,402 Kg/F y por último, CM al aumentar 1 cm impacta la FMND en 0,005 Kg/F.

Teniendo en cuenta la ecuación de regresión lineal del modelo teórico mencionado en el ítem 3.6.4:

$$Y = \beta_0 + \beta_i X_i + e_i; i=1...8,$$

Donde,

Y= Fuerza máxima de agarre de la mano dominante  
B0 = coeficientes de la ecuación  
X1= Longitud máxima de la mano (LMM)  
X2= Longitud palmar (LP)  
X3=Ancho de mano (AM)  
X4=Ancho máximo de la mano (AMM)  
X5= Espesor de la mano (EM)  
X6= Diámetro de agarre (DA)  
X7= Circunferencia máxima de la mano (CMM)  
X8= Circunferencia de la mano (CM)  
Ei= error muestral

A continuación, se presenta la relación de cada medida antropométrica con la variable dependiente:

- **Y: -77.472+ 0.039 \* LMM**
- **Y: -77.472- 1.104 \* LP**
- **Y: -77.472– 2.123\* AM**
- **Y: -77.472+ 2.567 \* AMM**
- **Y: -77.472+ 7.687 \* EM**
- **Y: -77.472+ 2.428 \* DA**
- **Y: -77.472+ 2.402 \* CMM**
- **Y: -77.472– 0.005 \* CM**

**$Y = -77.472 + 0.039 * LMM + 1.104 * LP - 2.123 * AM + 2.567 * AMM + 7.687 * EM + 2.428 * DA + 2.402 * CMM - 0.005 * CM + e_i$**

Esto se puede interpretar de la siguiente manera: Si el EM aumenta en 1 cm, la FMND va a aumentar 7.686 Kg/F, esto se da porque existe una relación directamente proporcional entre estas dos variables, cuando DA aumenta un 1 cm la FMND aumentara 2.428 Kg/F, por ultimo CMM al aumentar 1 cm impacta la FMND en un 2.402 Kg/F.

## 5 CONCLUSIONES

De acuerdo con la Resolución 1536 del 2015 emitida por el ministerio de salud, se establece que "las Entidades Promotoras de Salud y demás Entidades Administradoras de Planes de Beneficios, tienen dentro de sus responsabilidades, elaborar la caracterización poblacional de toda la población a su cargo en los departamentos, distritos y municipios donde tenga población afiliada." [52] sin embargo, esta información es escasa y no se han consolidado los resultados obtenidos por las instituciones ya que son de índole privado.

No obstante, la única investigación formal que se ha realizado frente a las medidas antropométricas tuvo lugar hace 25 años por el profesor Jairo Estrada de la facultad nacional de salud pública de la universidad de Antioquia, Medellín "Parámetros antropométricos de la población laboral colombiana 1995" [53]; aun así esta investigación no se pudo tener en cuenta debido a que no contó con una caracterización en las dimensiones antropométricas actualizadas y enfocada a una población laboral específica.

Conforme al objetivo de esta investigación y basándose en resultados estadísticos derivados de la evaluación sobre la relación existente entre las medidas antropométricas de la mano y la fuerza de agarre en una población administrativa perteneciente a una entidad pública de la ciudad de Bogotá, de la cual se comprobó que la mano dominante tanto para mujeres como hombres en cualquier rango de edad presentó mayor fuerza de agarre o prensil que la mano no dominante, puesto que la población femenina con dominancia en la mano derecha presento una FMD de 27,91 Kg/F y FMND de 26,15 Kg/F; mientras, las mujeres que presentan dominancia en su mano izquierda tienen una media 26,94 kg/F y FMND de 25,58 Kg/F; por otra parte, el género masculino quienes poseen dominio en su mano derecha presenta una media de FMD de 44,71 Kg/F y la FMND presenta una media de 42,29 Kg/F; así mismo los hombres que reportaron dominancia en su mano izquierda presentan una FMD promedio de 42,76 Kg/F frente a FMND con un promedio de 42,01 Kg/F. Esto se logró determinar por medio de una prueba de diferencia de medias t-student.

Partiendo del libro "Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana" en el que se estableció el descenso en la fuerza de agarre con respecto a la edad, en esta investigación se comprobó esta afirmación, ya que en el rango de 25 a 50 años presentó un aumento de 30,20 Kg/F a 34,02 Kg/F y se observó un declive después de los 50 años pasando a una fuerza de 32,57 Kg/F.

Con respecto a las medidas antropométricas de la mano, se logró establecer la relación significativa existente entre estas y la fuerza de agarre o prensil, puesto que

estas influyen para la FMD hasta un 52% y para FMND hasta un 50,6% con una asociación fuerte en las medidas de AMM, EM, DA y CMM.

Finalmente, se invita a tener en cuenta que esta investigación se realizó a una población definida en una empresa específica, en diferentes horarios del día y condiciones laborales, por lo tanto, no es posible generalizar los resultados obtenidos. Para finalizar, con base al trabajo de investigación se entrega como producto un artículo, postulado en la revista "Ingeniería y Universidad" de la Pontificia Universidad Javeriana, la cual pertenece a una categoría Q3 (Anexo C), véase correo de sometimiento de la postulación del artículo a la revista en el (Anexo D).

## 6 RECOMENDACIONES

Uno de los propósitos de este estudio fue crear una base de datos de las medidas antropométricas de la población administrativa para futuras investigaciones y con el objetivo de ser la base del diseño, construcción de puestos y herramientas de trabajo que sean ergonómicos y compatibles con las medidas de la población, ya que esto puede reducir algunas patologías y lesiones osteomusculares.

Se recomienda realizar investigaciones similares en diferentes sectores laborales (agrícola, industrial, salud, educativo, etc.) y así lograr establecer unas medidas estándar para la fabricación de productos de consumo masivo.

Se sugiere establecer programas de prevención que tengan como objetivo la Identificación, evaluación y control de los riesgos presentes en el ambiente laboral, por medio de intervención ergonómica, incluyendo aspectos de diseño del puesto de trabajo, herramientas, materiales y equipos.

Acorde a lo mencionado en párrafos anteriores y teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se propone realizar jornadas de socialización con los trabajadores con el fin de exponer los resultados encontrados en este estudio y el impacto que estos pueden traer en la salud. Además, Se recomienda que el área de salud y seguridad en el trabajo, realice campañas de concientización sobre esta problemática.

## 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]  
O. A. Fuentes-Manrique et al., *Correlation between handgrip strength and hand-forearm anthropometry*, vol. 23, no. 2. Bucaramanga, Colombia, 1975, pp. 6–11.
- [2]  
E. A. Ramirez Vargas, *Determinación de la fuerza de agarre y medidas antropométricas de mano en la población indígena de la comunidad miguel Egas –Otavalo, provincia de Imbabura año 2016*. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte, 2016, p. 84.
- [3]  
A. P. Geraldo et al., '*variables antropométricas y su relación con la fuerza-prensión de mano, para el uso ergonómico de herramientas manuales en un grupo de trabajadores del sector de la construcción en Bogotá*', vol. 3, no. 5, Jan. 2016[Online]. Available <https://search.proquest.com/docview/2150551635>.
- [4]  
P. Escalona D'A et al., '*Parámetros de Normalidad en Fuerzas de Prensión de Mano en Sujetos de Ambos Sexos de 7 a 17 Años de Edad*', vol. 80, no. 5, pp. 435–443, Oct. 2009[Online]. Available [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-41062009000500005&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-41062009000500005&lng=en&tlng=en).
- [5]  
U. N. Shah et al., '*the association between hand grip strength and hand dimensions in healthy indian females*', vol. 04. International Journal of Current Research and Review, 2011.
- [6]  
FASECOLDA, '*El Sistema de Riesgos Laborales protege a los trabajadores del país* ', Bogotá D.C, 2019[Online]. Available <https://fasecolda.com/sala-de-prensa/comunicados-de-prensa/comunicados-2019/>.
- [7]  
M. Ortega Guerrero, (2019, ), *Salud y seguridad en el trabajo, compromiso de todos*. [Online]. Available: <https://sersaludables.org/salud-y-seguridad-en-el-trabajo-compromiso-de-todos/?cv=1>.
- [8]  
E. Ganuza, *Liberalización, desigualdad y pobreza: América Latina y el Caribe en los 90*. Buenos Aires: EUDEBA, 2001, p. 1041.
- [9]  
[ONU] Organización De Naciones Unidas, *Objetivos Desarrollo sostenible*. [Online]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/economic-growth/>.
- [10]  
O. I. del T. (OIT) J. Somavia, *Memoria del Director General: Trabajo decente*. [Online]. Available: <http://www.oit.org/public/spanish/standards/relm/ilc/ilc87/rep-i.htm>.
- [11]  
H. Yu et al., '*Clinical relevance of different handgrip strength indexes and cardiovascular disease risk factors: A cross-sectional study in suburb-dwelling elderly Chinese*', vol. 118, no. 6, pp. 1062–1072, Jun. 2019[Online]. Available <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfma.2018.11.001>.
- [12]  
C. Guillen Gestoso and R. Guil, *Psicología del Trabajo para relaciones laborales*. Madrid: McGraw-Hill, 2000.
- [13]  
FASECOLDA, '*cifras del primer semestre de la industria*', Colombia, Cartagena, 2018.
- [14]

- C. M. Garcia, *Manual De Antropometría*. Colombia: Kinesis, 2004.
- [15]  
S. Pheasant and C. M. Haslegrave, *"Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work"*. 3rd ed. Taylor & Francis., 2006, pp. 143–160.
- [16]  
P. R. Mondelo, *Ergonomía 1 Fundamentos*, 3rd ed. España, Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya, 2001.
- [17]  
J. Y. Mendiola, *'Antropometría: mediciones a partir de una cámara fotográfica'*. CONCYTEG, 2009.
- [18]  
R. Ávila Chaurand et al., *'Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana : México, Cuba, Colombia, Chile / R. Avila Chaurand, L.R. Prado León, E.L. González Muñoz.'* CUAAD, Guadalajara, Jalisco, 2007.
- [19]  
C. A. Reales A. et al., *'Protocolo para la medición de la fuerza máxima de agarre: Una revisión sistemática'*, vol. 3, pp. 254–265, Sep. 2019[Online]. Available <https://search.datacite.org/works/10.5281/zenodo.3387690>.
- [20]  
M. L. Acosta et al., *'Antropometría de la mano para el diseño de herramienta: caso de estudio en mujeres'*, vol. 9, no. 4, pp. 35–41, 2017.
- [21]  
M. Miranda Mayordomo, *'Análisis dinamométrico de la mano: valores normativos en la población Española.'*, universidad complutense de Madrid, 2007.
- [22]  
D. F. y R. S. Nigel Palastanga, *Anatomía y movimiento humano. Estructura y funcionamiento*, 3rd ed. Barcelona: Paidotribo, 2000, pp. 51–66.
- [23]  
M. Bernal Osorio et al., *'Aplicación del metodo "mapo" para evaluar el riesgo biomecanico por movilizacion de pacientes en auxiliares de enfermeria del hospital general san isidro de la ciudad de Manizales'*, Universidad Catolica de Manizales, 2018[Online]. Available <http://books.openedition.org/etnograficapress/349>.
- [24]  
SCE, (2000,). *Sociedad Colombiana de Ergonomía*. [Online]. Available: <https://www.sociedadcolombianadeergonomia.com/ergonomia>. [Accessed: 2020].
- [25]  
P. G. DEMPSEY, *'A critical review of biomechanical, epidemiological, physiological and psychophysical criteria for designing manual materials handling tasks'*, vol. 41, no. 1, pp. 73–88, 1998[Online]. Available <https://doi.org/10.1080/001401398187332>.
- [26]  
E. Vergara Amador et al., *'Anatomical basic principles of the lateral epicondylitis'*, vol. 2, no. 25, pp. 149–158, 2011.
- [27]  
J. Bicocca, *'Importancia de la estabilidad de la muñeca y de la mano en los gestos técnicos de pases'*, presented at the 10° Congreso Argentino y 5° Latinoamericano de Educación física y ciencias, 2013[Online]. Available [https://www.openaire.eu/search/publication?articleId=od\\_\\_\\_\\_\\_1329::2255a1c078af57906981fe9164874962](https://www.openaire.eu/search/publication?articleId=od_____1329::2255a1c078af57906981fe9164874962).

- [28]  
C. M. Nicolas and M. S. Oscar, 'Estudio piloto de medidas antropométricas de la mano y fuerzas de prensión, aplicables al diseño de herramientas manuales.', Universidad de Chile, 2010.
- [29]  
J. Desrosiers et al., 'Normative Data for Grip Strength of Elderly Men and Women', vol. 49, no. 7, pp. 637–644, Jul. 1995[Online]. Available <https://search.datacite.org/works/10.5014/ajot.49.7.637>.
- [30]  
M. Saremi and S. Rostamzadeh, 'Hand Dimensions and Grip Strength: A Comparison of Manual and Non- manual Workers'. The American Journal of Occupational Therapy, Tehran, Iran, 2018[Online]. Available [https://doi.org/10.1007/978-3-319-96065-4\\_56](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96065-4_56).
- [31]  
E. C. de Colombia, *Ley 1562 - 11 Julio 2012 "POR LA CUAL SE MODIFICA EL SISTEMA DE RIESGOS LABORALES Y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES EN MATERIA DE SALUD OCUPACIONAL"*. 2012.
- [32]  
V. A. A. 15 D. A. D. 2016, *Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST)*. 2015.
- [33]  
U.-E. I. 6385, *Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo*. 2004.
- [34]  
U.-E. I. 6385, *Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo*. 2003.
- [35]  
A. E. D. N. Y. CERTIFICACIÓN, 'UNE-EN ISO 7250-1 Definiciones de las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico', Madrid, 2010.
- [36]  
M. Soria Oliver et al., *Técnicas de PRL: Medicina del trabajo, ergonomía y psicosociología*. Rioja, España: UNIR, 2019.
- [37]  
J. J. W. Ploegmakers et al., 'Grip strength is strongly associated with height, weight and gender in childhood: a cross sectional study of 2241 children and adolescents providing reference values', vol. 59, no. 4, pp. 255–261, 2013[Online]. Available <https://www.clinicalkey.es/playcontent/1-s2.0-S1836955313702029>.
- [38]  
O. L. Hincapié, 'Elaboración de estándares de la fuerza de agarre en individuos sanos entre 20 y 70 años residentes en la localidad de Usaquén, Bogotá', vol. 6, no. 1, p. 5, Nov. 2017 [Online]. Available: 10.30788/RevColReh.v6.n1.2007.97.
- [39]  
A. Maleki Ghahfarokhia et al., 'Influences of gender, hand dominance, and anthropometric characteristics on different types of pinch strength: A partial least squares (PLS) approach', 2018.
- [40]  
R. Ramírez-Vélez et al., 'Normative Reference Values for Handgrip Strength in Colombian Schoolchildren: The FUPRECOL Study', vol. 31, no. 1, pp. 217–226, Jan. 2017[Online]. Available <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27135472>.
- [41]  
Maynard et al., 'Evaluation Of The Correlation Between Hand Anthropometry And Grip Strength in Sedentary Undergraduate Students', vol. 5. .
- [42]

- J. H. Shim et al., 'Normative Measurements of Grip and Pinch Strengths of 21st Century Korean Population', vol. 40, no. 1, pp. 52–56, Jan. 2013[Online]. Available<http://synapse.koreamed.org/search.php?where=aview&id=10.5999/aps.2013.40.1.52&code=2023APS&vmode=FULL>.
- [43]  
M. B. Pérez et al., *Métodos cuantitativos*, 4th ed. Editorial Universidad del Norte, 2013[Online]. Available<https://www.jstor.org/stable/j.ctvdf0jvj>.
- [44]  
M. Eksioglu, 'Relative optimum grip span as a function of hand anthropometry', vol. 34, no. 1, pp. 1–12, 2004[Online]. Available<http://dx.doi.org/10.1016/j.ergon.2004.01.007>.
- [45]  
S. A. Montenegro Revelo, 'Determinación de la fuerza de agarre y medidas antropométricas de mano en la población indígena de la comunidad miguel egas – otavalo, provincia de imbabura año 2016.', Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador, 2016.
- [46]  
C. R. Zea et al., 'Análisis de la disminución de fuerza de agarre en la mano por uso de guantes en actividades de aseo y cafetería', vol. 14, no. 3, pp. 379–396, Dec. 2016[Online]. Available[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-72732016000300006&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-72732016000300006&lng=en&tlng=en).
- [47]  
H. Yu et al., 'Clinical relevance of different handgrip strength indexes and cardiovascular disease risk factors: A cross-sectional study in suburb-dwelling elderly Chinese', vol. 118, no. 6, pp. 1062–1072, Jun. 2019[Online]. Available<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfma.2018.11.001>.
- [48]  
P. C. Ramírez Muñoz and A. Angarita Fonseca, 'Fuerza de agarre en trabajadores sanos de Manizales', vol. 8, no. 1, p. 109, Nov. 2017 [Online]. Available: 10.30788/RevColReh.v8.n1.2009.171.
- [49]  
F. Tusell, *Analisis de Regresion. Introduccion Teorica y Practica basada en R*. Bilbao, 2011.
- [50]  
L. A. Mendez Garcia et al., 'IMPLICACIONES A PARTIR DE LA APLICACION DE LA NUEVA LEGISLACION RESPECTO AL HABEAS DATA: LEY 1266 DE 2008, EN LAS ENTIDADES FINANCIERAS DE CUCUTA N. DE S.', 2010.
- [51]  
F. Guede Rojas et al., 'Fuerza prensil de mano y su asociación con la edad, género y dominancia de extremidad superior en adultos mayores autovalentes insertos en la comunidad: Un estudio exploratorio', vol. 143, no. 8, pp. 995–1000, 2015.
- [52]  
Y. M. Choi, 'Comparison of grip and pinch strength in adults with dexterity limitations to normative values', vol. 3, pp. 5326–5333, 2015.
- [53]  
M. de S. y P. Social, (2018,), *Caracterización de la población afiliada a las Entidades Administradoras de Planes de Beneficios (EAPB)*. [Online]. Available: <https://www.minsalud.gov.co/salud/publica/epidemiologia/Paginas/caracterizacion-de-la-poblacion-afiliada-a-las-EAPB.aspx#:~:text=En%20la%20Resoluci%C3%B3n%201536%20de,y%20municipios%20donde%20tenga%20poblaci%C3%B3n>. [Accessed: 2020].

## ANEXOS

### *Anexo A. Consentimiento informado –participantes del estudio*

#### **Proyecto de Investigación: Dimensiones antropométricas de las manos y su relación con la fuerza de agarre en una población administrativa de la ciudad de Bogotá, Colombia.**

**Introducción:** El presente estudio se realiza con fines académicos, la información suministrada a los investigadores es de carácter confidencial. Como participante de este estudio, debe tener en cuenta la información a continuación descrita y las indicaciones y recomendaciones de los investigadores.

**Propósito del estudio.** El objetivo principal de la investigación es valorar la fuerza de agarre y de pinza con dinamometría isométrica en población adulta de Bogotá con vinculación laboral con el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar - Sede Dirección General.

#### **Procedimiento:**

1. Inscribir población adulta de la ciudad de Bogotá D.C. entre 18 y 62 años. Hombres y mujeres sin antecedentes o desordenes musculo-esqueléticos de miembro superior diagnosticados.

2. Realización de las pruebas:

**Prueba No. 1. Fuerza Máxima de agarre (Grip Strength).** El propósito de este tipo de valoración es evaluar la máxima fuerza isométrica de los músculos flexores de las manos. Equipo de medición: Dinamómetro de mano marca Jamar. Las mediciones tendrán en cuenta diferentes factores como son:

- a. **Desplazamiento del asa de agarre.** De preferencia se utilizará el asa #2. En caso de que las mujeres o los hombres sientan incomodidad al momento de agarrar el dinamómetro, se puede utilizar el #1 o el #3
- b. **Número de intentos para registrar el máximo valor de la fuerza de agarre.** Por cada participante y actividad de registro de datos, se deben realizar 3 mediciones por cada mano.
- c. **Tiempo de descanso entre cada intento.** Se debe tener en cuenta el tiempo de descanso entre cada intento realizado, permitiendo 5 a 10 segundos de descanso entre cada medición.
- d. **Postura.** La persona debe estar sentada en una silla con soporte lumbar y la cintura y las rodillas en ángulo de flexión de 90°, debe tener los pies apoyados en el piso, tener los hombros en 0° de rotación paralelo al tronco, el codo debe estar flexionado a 90° sin soporte y el antebrazo en una posición neutra. La muñeca puede estar entre 0° y 30° de supinación, pero se recomienda estar en posición neutra.

Las pruebas de esfuerzo máximo de agarre se realizarán en el siguiente orden:

1. Mano Derecha: Intento 1, 2 y 3
2. Mano Izquierda: Intento 1, 2 y 3

**Prueba No. 2. Antropometría Manual.** A todos los participantes del estudio se les realizará el dimensionamiento de la mano haciendo uso de una cinta métrica y de un calibrador pie de rey. Se registrarán las siguientes dimensiones: 1) Longitud máxima de la mano, 2) Longitud palmar, 3) Ancho de la mano, 4) Ancho máximo de la mano, 5) Espesor de la mano, 6) Diámetro de agarre, 7) Circunferencia máxima de la mano, 8) Circunferencia de la mano.

**Riesgos y molestias.** No existe ningún tipo de riesgo o molestia asociado a la investigación. No incluye mediciones invasivas o riesgos en su salud.

**Beneficios.** Su participación en el estudio permitirá realizar la caracterización de las capacidades físicas de la población de la ciudad de Bogotá.

**Confidencialidad.** Toda la información recopilada durante la investigación es de carácter confidencial. Nadie podrá tener acceso a la información individual de los participantes exceptuando a los investigadores. El nombre o documento de identidad de los participantes no serán asociados a ningún resultado ni serán mencionados en el informe o documento. La información será tratada de acuerdo a la ley 1581 de 2012 (Hábeas data), artículo 4.

**Gastos económicos para los participantes.** Usted no tendrá ningún gasto económico relacionado con este estudio.

**DERECHOS Y DEBERES DEL PARTICIPANTE:** Como participante de este estudio, usted cuenta con los siguientes derechos y deberes:

1. La participación en este estudio es de carácter voluntario. No tengo que participar en el mismo si no deseo hacerlo.
2. Tengo derecho a conocer los fines del estudio, y realizar cualquier pregunta, comentario, o sugerencia a los investigadores en cualquier momento de la prueba.
3. Tengo derecho a retirarme en cualquier momento de la prueba sin necesidad de proporcionar alguna justificación.
4. Tengo derecho a conocer mis datos y retirarlos del estudio en caso que desee hacerlo. Si siento la necesidad de retirar mis datos del estudio debo manifestarlo de forma inmediata al momento de finalizar las mediciones.
5. Tengo derecho a ser informado de los resultados generales del estudio una vez este haya concluido. La información puede ser suministrada de forma directa por parte de los investigadores a través de un resumen ejecutivo.
6. Debo seguir las indicaciones de los investigadores durante todo momento de la prueba.

Si sufre alguna molestia o tiene alguna inquietud como resultado de su participación en este estudio, deberá comunicarlo a la Ing. Magda Monroy (Investigador Principal) al teléfono 5878797 ext. 1581

He leído esta información (o me la han leído) y he recibido respuestas satisfactorias a todas mis preguntas.

Voluntariamente doy mi consentimiento para participar en este estudio.

Firma del participante: \_\_\_\_\_

Nombre del participante: \_\_\_\_\_

Cédula de Ciudadanía No: \_\_\_\_\_

Correo: \_\_\_\_\_

Teléfono de contacto: \_\_\_\_\_

Fecha: día \_\_\_\_ mes \_\_\_\_ año \_\_\_\_

**Magda Viviana Monroy Silva**

**Investigador Principal**

**10/05/2019**

*Anexo B. Formato recolección de información*

**Proyecto de Investigación:**

**Dimensiones antropométricas de las manos y su relación con la fuerza de agarre en una población administrativa de la ciudad de Bogotá, Colombia.**

**Objetivo General del proyecto:** Evaluar la relación existente entre las medidas antropométricas de la mano y la fuerza de agarre en una población administrativa de la ciudad de Bogotá, Colombia.

**Formato de Recolección de Información**

**Inscripción**

|                        |        |       |
|------------------------|--------|-------|
| Fecha                  |        | Hora: |
| Nombre                 |        |       |
| Identificación         | CC No. | de    |
| Empresa                |        |       |
| Código CIUU<br>Empresa |        |       |

**Antecedentes DME (Desórdenes musculoesquéticos)**

|                           |  |                        |  |
|---------------------------|--|------------------------|--|
| Ninguno                   |  | Quirúrgico (cirugías)  |  |
| Patológico (enfermedades) |  | Traumático (Fracturas) |  |

**Diagnóstico Médico**

|                                                                                                                    |    |  |    |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--|----|--|
| Ninguno                                                                                                            | Sí |  | No |  |
| Síndrome Túnel del Carpo                                                                                           | Sí |  | No |  |
| Trastorno de Disco Cervical                                                                                        | Sí |  | No |  |
| Radiculopatía                                                                                                      | Sí |  | No |  |
| Epicondilitis Medial                                                                                               | Sí |  | No |  |
| Epicondilitis Lateral                                                                                              | Sí |  | No |  |
| Tendinitis de Bíceps                                                                                               | Sí |  | No |  |
| Tenosinovitis de Estiloides Radial (de Quervain)                                                                   | Sí |  | No |  |
| Ruptura traumática de ligamentos del dedo de la mano en la(s) articulación(es) metacarpofalángica e interfalángica | Sí |  | No |  |

|                |    |  |    |  |
|----------------|----|--|----|--|
| Otras Artritis | Sí |  | No |  |
| Otro-¿Cuál?    |    |  |    |  |

|                                                            |    |  |    |  |
|------------------------------------------------------------|----|--|----|--|
| Es una persona físicamente entrenada (miembros superiores) | Sí |  | No |  |
|------------------------------------------------------------|----|--|----|--|

### Características Demográficas

|                                                      |           |  |           |  |
|------------------------------------------------------|-----------|--|-----------|--|
| Sexo                                                 | Masculino |  | Femenino  |  |
| Talla (Estatura) (cm)                                |           |  |           |  |
| Peso (kg)                                            |           |  |           |  |
| IMC                                                  |           |  |           |  |
| Edad (Años cumplidos)                                |           |  |           |  |
| Dominancia                                           | Derecha   |  | Izquierda |  |
| ¿Consume cigarrillos?                                | Sí        |  | No        |  |
| Cantidad Diaria                                      |           |  |           |  |
| Fumador Social                                       |           |  |           |  |
| ¿Consume bebidas alcohólicas?                        | Sí        |  | No        |  |
| Cantidad Diaria                                      |           |  |           |  |
| Social                                               |           |  |           |  |
| ¿Consume sustancias psicoactivas?                    | Sí        |  | No        |  |
| ¿Realiza actividad mínimo tres (3) veces por semana? | Sí        |  | No        |  |

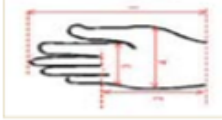
### Registro de Datos - Esfuerzo máximo de agarre (en Kg/F)

#### GripStrength



|                           |  |
|---------------------------|--|
| Intento 1. Mano Dominante |  |
| Intento 2. Mano Dominante |  |
| Intento 3. Mano Dominante |  |

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Intento 1. Mano No Dominante |  |
| Intento 2. Mano No Dominante |  |
| Intento 3. Mano No Dominante |  |

| Medidas Mano Dominante                | Definición                                                                                                                                                                                                                         | Imagen                                                                              | Resultados (cm) |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Longitud máxima de la mano            | Medida desde el pliegue más distal y palmar de la muñeca, hasta el extremo distal de la tercera falange                                                                                                                            |    |                 |
| Longitud de la mano o longitud palmar | Desde el pliegue más distal y palmar de la muñeca hasta la línea proyectada desde el pliegue más proximal de la segunda falange.                                                                                                   |                                                                                     |                 |
| Ancho de la mano                      | Distancia entre las cabezas del segundo y quinto metacarpiano desde su zona más lateral                                                                                                                                            |                                                                                     |                 |
| Ancho máximo de la mano               | Distancia entre la cabeza del quinto metacarpiano por lateral hasta la cabeza del primer metacarpiano por lateral.                                                                                                                 |                                                                                     |                 |
| Espesor de la mano                    | Se mide con la mano desde una proyección lateral y es la distancia que se comprende entre una línea proyectada desde la cabeza del segundo metacarpiano por palmar hasta una línea proyectada del segundo metacarpiano por dorsal. |    |                 |
| Diámetro de agarre                    | Se toma el diámetro máximo de agarre solicitado en una estructura cónica entre la primera y tercera falange.                                                                                                                       |   |                 |
| Circunferencia máxima de la mano      | Se registra rodeando la muñeca en torno a la cabeza el primer metacarpiano pasando por la eminencia hipotenar                                                                                                                      |  |                 |
| Circunferencia de la mano             | Se registra rodeando la mano de perímetro pasando por la cabeza del quinto metacarpiano, siendo como punto de partida y término algún punto en la cabeza del segundo metacarpiano.                                                 |  |                 |

# **Association between Hand Anthropometric measurements and the handgrip strength in a group of Administrative Workers of the city of Bogotá, Colombia**

Asociación entre las dimensiones Antropométricas de la Mano y la Fuerza de Agarre en un grupo de trabajadores administrativos de la ciudad de Bogotá, Colombia

## **Abstract**

The human being in his evolutionary process has turned his hands into a fundamental instrument for his survival and relationship with the environment. The handgrip strength is an indicator of the physical capacity and well-being of the human being, which is why it is relevant to characterize it. The objective of this article was to determine the association between handgrip strength and anthropometric hand measurements in a group of administrative workers in the city of Bogotá. The participants were 315 people between 18 and 63 years old, who were measured with eight dimensions of the hand and the handgrip strength in both hands. Through a linear regression it was established that the anthropometric measures that have a significant relation with the grip strength are MMA, EM, DA and CMM for the dominant hand, and MMA, EM, DA for the non-dominant hand. Anthropometric

measures were found to have a 52% incidence on dominant hand strength, and a 50.6% incidence on non-dominant hand strength. It was also concluded that men report greater strength than women, and in general there is greater strength in the dominant hand.

**Keywords:** handgrip strength, hand anthropometry, administrative workers

## Resumen

El ser humano en su proceso evolutivo ha convertido a las manos en un instrumento fundamental para su supervivencia y relación con el entorno. La fuerza de agarre de la mano es un indicador de capacidad física y de bienestar del ser humano, por lo cual es relevante caracterizarla. El objetivo de este artículo fue determinar la asociación existente entre la fuerza de agarre y las medidas antropométricas de la mano en un grupo de trabajadores administrativos de la ciudad de Bogotá. Participaron 315 personas entre 18 y 63 años, a quienes se les midió ocho dimensiones de la mano y la fuerza de agarre en las dos manos. Mediante una regresión lineal se estableció que las medidas antropométricas que tienen relación significativa con la fuerza de agarre son AMM, EM, DA y CMM para la mano dominante, y AMM, EM, DA para la mano no dominante. Se determinó que las medidas antropométricas tienen un 52% de incidencia en la fuerza de la mano dominante, y un 50.6% para la fuerza de la mano no dominante. Asimismo, se concluyó que los hombres reportan mayor fuerza que las mujeres, y en general se presenta mayor fuerza en la mano dominante.

**Palabras clave:** Fuerza de agarre, antropometría de mano, trabajadores administrativos

## Anexo D. Evidencia de sometimiento del artículo a la revista

18/11/2020

Correo de Universidad Santo Tomás - [lyU] Envío recibido por el sistema (31954)



Magda Viviana Monroy Silva <magdamonroy@usantotomas.edu.co>

---

### [lyU] Envío recibido por el sistema (31954)

---

Diego Alejandro Patiño <reving@javeriana.edu.co>

18 de noviembre de 2020, 0:09

Para: Magda Vlviana Monroy Siva <magdamonroy@usantotomas.edu.co>

Apreciado Magda Vlviana Monroy Siva:

En la revista Ingeniería y Universidad hemos recibido su aplicación.  
Favor remitir el número de su artículo en consultas y respuestas:31954

Gracias al sistema de gestión de revistas online, podrá seguir su progreso a través de esta plataforma.

URL del manuscrito: <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/fyu/authorDashboard/submission/31954>  
Nombre de usuario/o: magdamonroy

Agradecemos su colaboración, con gusto atenderemos sus comentarios y sugerencias acerca del funcionamiento de esta plataforma para la gestión de la revista.

Cordialmente,

---

Diego Alejandro Patiño Guevara, M.Sc., Ph.D.

Editor in Chief

Ingeniería y Universidad: *Engineering for development*

School of Engineering

Pontificia Universidad Javeriana

Bogotá, Colombia

[reving@javeriana.edu.co](mailto:reving@javeriana.edu.co)

[Facebook](#) - [Twitter](#) - [LinkedIn](#) - [Academia.edu](#) - [Mendeley](#) - [Google Scholar](#)

AVISO LEGAL: El presente correo electrónico no representa la opinión o el consentimiento oficial de la PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA. Este mensaje es confidencial y puede contener información privilegiada la cual no puede ser usada ni divulgada a personas distintas de su destinatario. Esta prohibida la retención, grabación, utilización, aprovechamiento o divulgación con cualquier propósito. Si por error recibe este mensaje, por favor destruya su contenido y avise a su remitente. En este aviso legal se omiten intencionalmente las tildes. Este mensaje ha sido revisado por un sistema antivirus, por lo que su contenido está libre de virus. This e-mail has been scanned by an antivirus system, so its contents is virus free.