



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Diseño antropométrico del mobiliario de estudio para
alumnos universitarios en Perú**

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Industrial y de Sistemas

**Franchesca Alexandra Pastor Valles
Luis Alonso Espejo Arca**

**Asesor (es): Dr. Ing. Isabel González Farías
Ing. Wenceslao Núñez Morales**

Piura, junio de 2020

Dedicatoria

A Dios; a nuestros padres por su amor, apoyo y comprensión durante todos estos años, ya que gracias a ellos hemos llegado a cumplir con este gran paso en nuestras vidas.



Resumen Analítico-Informativo

Diseño antropométrico del mobiliario de estudio para alumnos universitarios en Perú

Franchesca Alexandra Pastor Valles, Luis Alonso Espejo Arca

Asesor(es): Dr. Ing. Isabel González Farías, Ing. Wenceslao Núñez Morales

Tesis.

Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas

Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.

Piura, junio 2020

Palabras claves: Antropometría/ Clúster/ Percentil/ Diseño/ Ergonomía .

Introducción: En nuestro país, dada las diferentes condiciones entre las regiones, es posible encontrar que las medidas antropométricas de hombres y mujeres siguen distribuciones muy distintas a las que se observan en países europeos o del norte de América. Por esta razón, en el presente proyecto se realiza un diseño antropométrico del mobiliario de estudio basado en datos tomados a estudiantes universitarios de Perú, concretamente de la región de Piura. Este diseño será el primero realizado en nuestro país.

Metodología: En primer lugar, se determinarán las variables antropométricas que deben tenerse en cuenta para las mediciones, así como las universidades en donde se van a tomar los datos, con el objetivo de obtener una muestra representativa de la población total de alumnos universitarios. Posteriormente, se procederá con la toma de datos y se realizará el análisis estadístico utilizando los softwares Minitab 18 y Octave-4.0.3. Finalmente, se propone dos diseños antropométricos: uno basado en la segmentación por sexo y otro en segmentación clúster de los datos obtenidos, tomando en cuenta los percentiles P_5 , P_{50} y P_{95} .

Resultados: Este proyecto tiene como objetivo definir las medidas ergonómicas del mobiliario para alumnos universitarios basadas en las características antropométricas de estudiantes peruanos. Para ello, se realizarán dos enfoques: el diseño tradicional basado en segmentar la población en hombres y mujeres; y segmentando la población en grupos más homogéneos según sus características antropométricas. Además, a diferencia del enfoque tradicional, no se asumirá la distribución Normal como la se ajustará la distribución de probabilidad de cada variable.

Conclusiones: El diseño de mobiliario propuesto permite disminuir la variabilidad dentro de los grupos usados para definir las medidas ergonómicas del mobiliario. Además, permite ajustar asimetrías en las distribuciones mediante el ajuste distinto a la Normal. Por tanto, es posible calcular con mayor precisión los percentiles 5% y 95% empleados en el diseño del mobiliario.

Fecha de elaboración del resumen: 6 de diciembre de 2019

Analytical-Informative Summary

Diseño antropométrico del mobiliario de estudio para alumnos universitarios en Perú

Franchesca Alexandra Pastor Valles, Luis Alonso Espejo Arca

Asesor(es): Dr. Ing. Isabel González Farías, Ing. Wenceslao Núñez Morales

Tesis.

Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas

Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.

Piura, junio 2020

Keywords: Anthropometry / Cluster / Percentile / Design / Ergonomics

Introduction: In our country, given the different conditions between the regions, it is possible to find that the anthropometric measures of men and women follow very different distributions to those observed in European or North American countries. For this reason, in the present project an anthropometric design of the study furniture is carried out based on data taken from university students in Peru, specifically from the Piura region. This design will be the first one made in our country.

Methodology: First, the anthropometric variables that must be taken into account for the measurements will be determined, as well as the universities where the data will be taken, in order to obtain a representative sample of the total population of university students. Subsequently, the data will be taken and the statistical analysis will be carried out using the Minitab 18 and Octave-4.0.3 software. Finally, two anthropometric designs are proposed: one based on the segmentation by sex and the other based on cluster segmentation of the data obtained, taking into account the percentiles P5, P50 and P95.

Results: This project aims to define the ergonomic measures of furniture for university students based on the anthropometric characteristics of Peruvian students. For this, two approaches will be carried out: the traditional design based on segmenting the population into men and women; and segmenting the population into more homogeneous groups according to their anthropometric characteristics. In addition, unlike the traditional approach, the Normal distribution will not be assumed as the probability distribution of each variable will be adjusted.

Conclusions: The proposed furniture design allows to reduce the variability within the groups used to define the ergonomic measures of the furniture. In addition, it allows adjusting asymmetries in the distributions by adjusting different from the Normal. Therefore, it is possible to calculate more accurately the 5% and 95% percentiles used in furniture design.

Summary date: December 6th, 2019

Prefacio

En el Perú, existe una política de Seguridad y Salud en el Trabajo la cual establece un marco normativo legal que obliga a todas las organizaciones privadas, como entidades del estado, tener un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo que prevenga daños físicos y mentales de los trabajadores como consecuencia de sus actividades laborales.

Sin embargo, esta normativa no debe regirse solamente en el ámbito laboral, sino también debe tomarse en cuenta en otros entornos donde las personas están expuestas a sufrir daños o dolencias; por ejemplo, en escuelas y universidades donde los estudiantes pasan horas sentados en sus puestos de estudio.

Un gran porcentaje de las enfermedades ocupacionales se presentan como consecuencia de las limitaciones físicas de las personas, quienes en condiciones desfavorables del entorno en el que se encuentran, se ven afectadas por lesiones musculoesqueléticas, estrés por las actividades que realizan, incomodidad por posturas inadecuadas, entre otros. Es por eso que el diseño ergonómico del mobiliario cumple un papel importante, teniendo en cuenta las dimensiones y tipología anatómica de las personas.

Hasta la actualidad, aún nos regimos por estándares y medidas antropométricas de países europeos y no contamos con un estudio propio que se adapte a las características físicas del peruano. Por esta razón, en el presente proyecto se realiza un diseño antropométrico del mobiliario de estudio basado en datos tomados a estudiantes universitarios de Perú, concretamente de la región de Piura. Asimismo, este estudio permite valorar las características ergonómicas idóneas que el mobiliario requiere para

alcanzar el confort de las personas, lo cual incide en su bienestar psicofísico, eficiencia y rendimiento.

Finalmente, queremos agradecer a nuestra asesora de tesis, la Dr. Ing. Isabel González Farías, a quién agradecemos por apoyo y orientación durante la elaboración de este trabajo de investigación, y a nuestro co-asesor, el Ing. Wenceslao Núñez, quien nos asesoró en temas de ergonomía y seguridad y salud para el trabajo.



Tabla de contenido

Introducción	1
Capítulo 1 Fundamentos de ergonomía y antropometría	3
1.1. Ergonomía	3
1.1.1. Introducción al sistema persona-máquina	3
1.1.2. Definición de ergonomía	4
1.1.3. Alcance y objetivos de la ergonomía	5
1.1.3.1. Ámbitos de aplicación de la ergonomía	6
1.1.4. Tipos de ergonomía y sus beneficios.	7
1.1.5. Ergonomía en el mundo	7
1.1.6. Ergonomía en el Perú y normativa básica	9
1.1.7. Diseño ergonómico en los mobiliarios	11
1.1.8. Riesgo ergonómico	13
1.1.8.1. Factores de riesgo ergonómico	14
1.2. Antropometría	16
1.2.1. Definición de Antropometría	16
1.2.2. Antropometría en el mundo	17
1.2.3. Antropometría en el Perú	18
1.2.4. Aplicaciones de la antropometría	19
1.2.5. Criterios para la medida de datos antropométricos	19
1.3. Criterios para el diseño del mobiliario	22

Capítulo 2 Fundamentos de la estadística.....	25
2.1. Definición de estadística.....	25
2.1.1. Estadística descriptiva.....	26
2.1.1.1. Medidas de centralización	27
2.1.1.2. Medidas de posición	29
2.1.1.3. Medidas de dispersión	31
2.1.1.4. Gráficas.....	33
2.1.2. Estadística inferencial	36
2.1.2.1. Estimación puntual y de intervalo	37
2.1.2.2. Contraste de hipótesis	38
2.1.2.3. Estadística inferencial paramétrica	39
2.1.2.4. Estadística inferencial no paramétrica	43
Capítulo 3 Descripción de procedimiento y encuesta	49
3.1. Tamaño de muestra y universidades seleccionadas para la toma de datos	49
3.1.1. Universidad de Piura.....	50
3.1.2. Universidad Privada Antenor Orrego	55
3.1.3. Universidad Nacional de Piura	56
3.1.4. Universidad César Vallejo	58
3.2. Descripción de los datos antropométricos	60
3.3. Encuesta para conocer posibles problemas musculo esqueléticos.....	62
3.4. Procedimiento para la medición de las dimensiones antropométricas	65
3.5. Procedimiento para el diseño antropométrico del mobiliario	66
3.5.1. Minitab	66
3.5.2. Octave	68
3.5.3. Dimensiones del mobiliario	70
Capítulo 4 Resultados de la encuesta.....	73
4.1. Resultados dolencias (pregunta N° 1).....	73
4.2. Resultados tiempo de tolerancia (pregunta N° 2)	74
4.3. Conocimiento sobre ergonomía (pregunta N° 3).....	75

4.4. Tiempo de descanso (pregunta N° 4).....	76
4.5. Resultados dolencias vs jornada (pregunta N° 5)	77

Capítulo 5 Diseño antropométrico del mobiliario basado en segmentación

hombre-mujer.....	79
5.1. Análisis en el grupo mujeres	80
5.2. Análisis en el grupo de hombres	94
5.3. Diseño antropométrico del mobiliario basado en hombres-mujeres.....	105

Capítulo 6 Diseño antropométrico del mobiliario basado en segmentación

clúster	109
6.1. Identificación de los grupos clúster.....	109
6.2. Análisis en el clúster 1	110
6.3. Análisis en el clúster 2	123
6.4. Diseño antropométrico del mobiliario basado en segmentación clúster.....	136

Capítulo 7 Comparación de diseños de mobiliario..... 139

Conclusiones..... 145

Recomendaciones..... 149

Referencias bibliográficas..... 151

Anexos..... 159

Anexo A. Plantilla para la toma de datos a estudiantes	161
--	-----

Lista de tablas

Tabla 1.	Aporte de otras ciencias a la ergonomía.....	5
Tabla 2.	Tipos de ergonomía.....	7
Tabla 3.	Disposiciones Norma básica de ergonomía	10
Tabla 4.	Factores de riesgo ergonómico y medidas de prevención.....	14
Tabla 5.	Ramas de la Estadística	26
Tabla 6.	Características de un buen estimador	38
Tabla 7.	Medidas del mobiliario de Edificio E - UDEP	50
Tabla 8.	Medidas del mobiliario de Edificio 80 - UDEP	52
Tabla 9.	Medidas del mobiliario de Edificio Principal - UDEP.....	53
Tabla 10.	Medidas del mobiliario de UPAO	55
Tabla 11.	Medidas del mobiliario de UNP	57
Tabla 12.	Medidas del mobiliario de UCV	58
Tabla 13.	Descripción de medidas antropométricas.....	61
Tabla 14.	Relación entre problemas ergonómicos y parámetros de diseño	63
Tabla 15.	Instrumentos para mediciones	65
Tabla 16.	Resumen de datos antropométricos – Mujeres.....	93
Tabla 17.	Resumen de datos antropométricos - Hombres.....	105
Tabla 18.	Dimensiones del mobiliario basado en segmentación mujeres-hombres.....	106
Tabla 19.	Resumen de datos antropométricos - Clúster 1	122

Tabla 20.	Resumen de datos antropométricos - Clúster 2.....	135
Tabla 21.	Dimensiones del mobiliario basado en segmentación clúster.....	136
Tabla 22.	Comparación con otras propuestas de diseño	140
Tabla 23.	Comparación con mobiliario actual de universidades	143



Lista de figuras

Figura 1.	Representación esquemática del objetivo de la ergonomía.....	6
Figura 2.	Medidas antropométricas más utilizadas.....	17
Figura 3.	Planos de referencia del cuerpo humano.....	21
Figura 4.	Grado de correlaciones.....	33
Figura 5.	Diagrama de barras.....	34
Figura 6.	Histograma	34
Figura 7.	Ejemplo de un histograma con diferente amplitud.....	35
Figura 8.	Tipos de histogramas.....	36
Figura 9.	Conceptos de la Estadística Inferencial.....	36
Figura 10.	Distribución normal de una variable	40
Figura 11.	Gráfica de la distribución logística.....	41
Figura 12.	Codificación para el coeficiente de la función de logística.....	41
Figura 13.	Distribución t-student.....	42
Figura 14.	Método Kernel.....	45
Figura 15.	Efecto del valor "h" en estimación de densidad de Kernel.	46
Figura 16.	Mobiliario de Edificio E – UDEP	50
Figura 17.	Mobiliario de Edificio 80 – UDEP.....	52
Figura 18.	Mobiliario de Edificio Principal – UDEP	54
Figura 19.	Mobiliario de la Universidad Privada Antenor Orrego	55

Figura 20.	Mobiliario de la Universidad Nacional de Piura.....	57
Figura 21.	Mobiliario de la Universidad César Vallejo	59
Figura 22.	Diagrama de flujo MINITAB	71
Figura 23.	Diagrama de flujo OCTAVE	72
Figura 24.	Gráfica circular de la pregunta N° 1	73
Figura 25.	Gráfica circular de la pregunta N° 2	74
Figura 26.	Gráfica circular de la pregunta N° 3	75
Figura 27.	Gráfica circular de la pregunta N° 4	76
Figura 28.	Gráfica circular de la pregunta N° 5	77
Figura 29.	Histograma de la Estatura – Mujeres	81
Figura 30.	Identificación de distribución individual de la Estatura – Mujeres	82
Figura 31.	Histograma del Peso – Mujeres	82
Figura 32.	Identificación de distribución individual del Peso – Mujeres.....	83
Figura 33.	Histograma de altura poplítea parado – Mujeres	83
Figura 34.	Identificación de distribución individual de altura poplítea parado – Mujeres.....	84
Figura 35.	Histograma de ancho de pecho – Mujeres	84
Figura 36.	Identificación de distribución individual de ancho de pecho – Mujeres.....	85
Figura 37.	Histograma del largo de apoyabrazos – Mujeres	85
Figura 38.	Identificación de distribución individual del largo de apoyabrazos – Mujeres.....	86
Figura 39.	Histograma de altura del codo en reposo – Mujeres.....	86
Figura 40.	Identificación de distribución individual de altura del codo en reposo– Mujeres.....	87
Figura 41.	Histograma de altura sentado – Mujeres.....	87
Figura 42.	Identificación de distribución individual de altura sentado – Mujeres	88
Figura 43.	Histograma de Altura ojos sentado – Mujeres	88

Figura 44.	Identificación de distribución individual de Altura de ojos sentado – Mujeres.....	89
Figura 45.	Histograma de Distancia nalga-rodilla – Mujeres.....	89
Figura 46.	Identificación de distribución individual de Distancia nalga-rodilla – Mujeres.....	90
Figura 47.	Función de densidad no paramétrica de Altura de hombros sentado – Mujeres.....	91
Figura 48.	Función de densidad no paramétrica de Distancia nalga poplíteo – Mujeres.....	91
Figura 49.	Función de densidad no paramétrica de Ancho de hombros – Mujeres.....	92
Figura 50.	Función de densidad no paramétrica de Altura del muslo – Mujeres	92
Figura 51.	Función de densidad no paramétrica de Ancho de caderas – Mujeres.....	93
Figura 52.	Histograma de la Estatura – Hombres.....	94
Figura 53.	Identificación de distribución individual de la Estatura – Hombres	95
Figura 54.	Histograma del Peso – Hombres	95
Figura 55.	Identificación de distribución individual del Peso – Hombres	96
Figura 56.	Histograma de Ancho de hombros – Hombres	96
Figura 57.	Identificación de distribución individual de Ancho de hombros – Hombres	97
Figura 58.	Histograma de Ancho de pecho – Hombres.....	97
Figura 59.	Identificación de distribución individual de Ancho de pecho – Hombres	98
Figura 60.	Histograma de Altura sentado – Hombres	98
Figura 61.	Identificación de distribución individual de Altura sentado – Hombres.....	99
Figura 62.	Histograma de Altura de ojos sentado – Hombres.....	99
Figura 63.	Identificación de distribución individual de Altura de ojos sentado – Hombres	100
Figura 64.	Histograma de Altura de hombros sentado – Hombres.....	100

Figura 65.	Identificación de distribución individual de Altura de hombros sentado – Hombres	101
Figura 66.	Función de densidad no paramétrica de Altura poplíteo parado – Hombres	101
Figura 67.	Función de densidad no paramétrica de Altura del codo en reposo – Hombres	102
Figura 68.	Función de densidad no paramétrica de Distancia nalga poplíteo – Hombres	102
Figura 69.	Función de densidad no paramétrica de Distancia nalga rodilla – Hombres	103
Figura 70.	Función de densidad no paramétrica de Largo de apoyabrazos – Hombres....	103
Figura 71.	Función de densidad no paramétrica de Altura del muslo – Hombres	104
Figura 72.	Función de densidad no paramétrica de Ancho de caderas – Hombres.....	104
Figura 73.	Diseño de la silla del mobiliario basado en segmentación mujeres-hombres.....	106
Figura 74.	Diseño de la mesa del mobiliario basado en segmentación mujeres-hombres.....	107
Figura 75.	Histograma de la Estatura - Clúster 1	111
Figura 76.	Identificación de distribución individual de la Estatura - Clúster 1.....	111
Figura 77.	Histograma de Altura poplíteo parado - Clúster 1	112
Figura 78.	Identificación de distribución individual de Altura poplíteo parado - Clúster 1	112
Figura 79.	Histograma de Ancho de pecho - Clúster 1	113
Figura 80.	Identificación de distribución individual de Ancho de pecho - Clúster 1....	113
Figura 81.	Histograma del Largo de apoyabrazos – Clúster 1	114
Figura 82.	Identificación de distribución individual del Largo de apoyabrazos – Clúster 1	114
Figura 83.	Histograma de Altura del muslo - Clúster 1	115

Figura 84.	Identificación de distribución individual de Altura del muslo - Clúster 1...	115
Figura 85.	Histograma de Altura del codo en reposo - Clúster 1	116
Figura 86.	Identificación de distribución individual de Altura del codo en reposo - Clúster 1	116
Figura 87.	Histograma de Altura sentado – Clúster 1.....	117
Figura 88.	Identificación de distribución individual de Altura sentado – Clúster 1.....	117
Figura 89.	Histograma de Altura de hombros sentado - Clúster 1	118
Figura 90.	Identificación de distribución individual de Altura de hombros sentado - Clúster 1	118
Figura 91.	Histograma de Distancia nalga-poplíteo - Clúster 1	119
Figura 92.	Identificación de distribución individual de Distancia nalga-poplíteo - Clúster 1	119
Figura 93.	Función de densidad no paramétrica del Peso - Clúster 1.....	120
Figura 94.	Función de densidad no paramétrica de Ancho de hombros - Clúster 1.....	120
Figura 95.	Función de densidad no paramétrica de Altura de ojos sentado - Clúster 1	121
Figura 96.	Función de densidad no paramétrica de Distancia nalga-rodilla - Clúster 1	121
Figura 97.	Función de densidad no paramétrica de Ancho de caderas - Clúster1.....	122
Figura 98.	Histograma de la Estatura - Clúster 2.....	123
Figura 99.	Identificación de distribución individual de la Estatura – Clúster 2	124
Figura 100.	Histograma de Altura poplítea parado - Clúster 2.....	124
Figura 101.	Identificación de distribución individual de Altura poplítea parado - Clúster 2	125
Figura 102.	Histograma de Ancho de pecho - Clúster 2.....	125
Figura 103.	Identificación de distribución individual de Ancho de pecho - Clúster 2....	126
Figura 104.	Histograma de Largo de apoyabrazos - Clúster 2	126

Figura 105. Identificación de distribución individual de largo de apoyabrazos - Clúster 2	127
Figura 106. Histograma de altura del codo en reposo - Clúster 2	127
Figura 107. Identificación de distribución individual de Altura del codo en reposo - Clúster 2	128
Figura 108. Histograma de Altura sentado - Clúster 2	128
Figura 109. Identificación de distribución individual de Altura sentado - Clúster 2	129
Figura 110. Histograma de Altura de ojos sentado - Clúster 2	129
Figura 111. Identificación de distribución individual de Altura de ojos sentado - Clúster 2	130
Figura 112. Histograma de Altura de hombros sentado - Clúster 2	130
Figura 113. Identificación de distribución individual de Altura de hombros sentado - Clúster 2	131
Figura 114. Histograma de Distancia nalga-poplíteo - Clúster 2	131
Figura 115. Identificación de distribución individual de Distancia nalga-poplíteo - Clúster 2	132
Figura 116. Histograma de Distancia nalga-rodilla - Clúster 2	132
Figura 117. Identificación de distribución individual de Distancia nalga-rodilla - Clúster 2	133
Figura 118. Función de densidad no paramétrica del Peso – Clúster 2	133
Figura 119. Función de densidad no paramétrica de Ancho de hombros – Clúster 2	134
Figura 120. Función de densidad no paramétrica de Altura del muslo. Clúster 2	134
Figura 121. Función de densidad no paramétrica de Ancho de caderas – Clúster 2	135
Figura 122. Diseño de la silla del mobiliario basado en segmentación clúster	137
Figura 123. Diseño de la mesa del mobiliario basado en segmentación clúster	137

Introducción

Actualmente, la importancia brindada a la ergonomía, como disciplina que adecúa un puesto específico a las características físicas de las personas, es mayor en el Perú. Sin embargo, se debe tener presente que los diseños tomados en cuenta siguen estudios basados en las medidas antropométricas de otros países que no necesariamente tienen las mismas características antropométricas que los peruanos.

Bajo este argumento, en el presente proyecto de tesis se realiza un estudio antropométrico basado en datos tomados en universidades del Perú. El objetivo del trabajo es realizar una serie de mediciones antropométricas en estudiantes de las universidades del Perú, específicamente en la región Piura, con el fin de proponer un diseño del mobiliario acorde con sus características físicas. Asimismo, se pretende establecer un procedimiento estándar para el diseño antropométrico que pueda ser utilizado en otros ámbitos.

Con base en lo expuesto, el siguiente trabajo de investigación estará organizado de la siguiente manera:

En el capítulo 1 se presenta los conceptos fundamentales sobre la Ergonomía, así como sus ámbitos de aplicación y su impacto en América latina y el mundo. De la misma manera, en el capítulo 2 se presentan los conceptos estadísticos aplicados en este proyecto como histogramas, distribución de probabilidades, contraste de hipótesis, metodología clúster, entre otros.

En el capítulo 3 se describen aspectos relacionados con el conjunto de datos que va a ser utilizado en el diseño antropométrico del mobiliario: tamaño de muestra, universidades seleccionadas para la toma de datos y medidas antropométricas evaluadas. Asimismo, el procedimiento que se seguirá para el análisis de datos utilizando los paquetes informáticos: Minitab 18, que es un paquete estadístico, y Octave 4.0.3, que es un paquete de cálculo.

Finalmente, se muestra también la descripción de la encuesta realizada a los estudiantes durante la toma de datos, cuyos resultados serán mostrados en el capítulo 4 junto con el análisis de cada pregunta.

En el capítulo 5 y capítulo 6 se presentan los resultados del diseño antropométrico del mobiliario de estudio, teniendo en cuenta el enfoque tradicional y la segmentación clúster, respectivamente. Para el cálculo de las dimensiones óptimas del mobiliario es necesario obtener los percentiles P_5 , P_{50} y P_{95} de cada variable.

Por último, en el capítulo 7 se presenta la comparación de los diseños de mobiliario propuestos por cada segmentación, con otros trabajos relacionados ya existentes.



Capítulo 1

Fundamentos de ergonomía y antropometría

1.1. Ergonomía

1.1.1. Introducción al sistema persona-máquina

A partir de la Segunda Guerra Mundial, en busca de mejorar la eficacia del equipamiento militar, el interés por la interacción entre personas y máquinas fue en aumento. Las nuevas máquinas, herramientas y equipos facilitaban el rendimiento, pero este ya no dependía tanto de la fuerza muscular y capacidad física humanas. Es entonces cuando se empieza a reconocer la interdependencia entre factores humanos y técnicos. Ya no se trataba de ajustar las personas a las máquinas, sino que resultaba más práctico y eficaz proyectar las máquinas para las personas (Lobeiras, 2009).

Surge así, la noción de sistema persona-máquina (P-M) como premisa básica para el desarrollo inicial de la ergonomía.

Un sistema P-M está constituido por un conjunto de elementos (humanos, materiales y organizativos) que interactúan dentro de un ambiente determinado, persiguiendo un fin común, y haciendo hincapié en los límites a que está sometido el sistema debido, sobre todo, a la persona. (Mondelo, Torada, & Bombardo, 2004, pág. 16)

Los objetivos básicos que se persiguen al analizar y tratar un sistema P-M se podrían concretar en:

- Mejorar la interrelación persona-máquina.

- Controlar el entorno del puesto de trabajo, o del lugar de interacción conductual, detectando las variables relevantes al caso para adecuarlas al sistema.
- Definir los límites de actuación de la persona detectando y corrigiendo riesgos de fatiga física y/o psíquica.
- Crear bancos de datos para que los directores de proyectos posean un conocimiento suficiente de las limitaciones del sistema P-M de tal forma que evite los errores en las interacciones (Mondelo, Torada, & Bombardo, 2004).

1.1.2. Definición de ergonomía

La primera aproximación al concepto de ergonomía suele ser su definición etimológica, procediendo de las palabras griegas “ergon”, que significa trabajo, y “nomos”, que significa ciencia o estudio. Podemos transcribirlo, entonces, como la ciencia del trabajo (Lobeiras, 2009).

El término ergonomía fue introducido, por primera vez, en el año 1857 por el filósofo polaco Wojciech Bogumil Jastrzebowski (1799-1882) en su tratado titulado: “Compendio de Ergonomía, o la Ciencia del Trabajo Basada en Verdades Tomadas de la Naturaleza”; pero no fue sino, hasta el año 1949, cuando fue fundada la Ergonomics Research Society, que se utilizó el término con su significado más contemporáneo, definiendo la ergonomía como el estudio científico de los factores humanos en relación con el ambiente de trabajo y el diseño de los equipos (Camargo, 2013).

El Consejo de la Asociación Internacional de Ergonomía (2019) acuerda una definición que ha sido adoptada como oficial por muchas entidades, instituciones y organismos de normalización, refiriéndose a la ergonomía como:

La disciplina científica relacionada con la comprensión de las interacciones entre humanos y otros elementos de un sistema, y la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos para diseñar con el fin de optimizar el bienestar humano y el sistema en general.

Todas las definiciones de ergonomía, descritas anteriormente, tienen un enfoque que se centra en el ámbito laboral; es decir, toman en cuenta el puesto de trabajador. Sin embargo, la ergonomía presenta un campo de aplicación interdisciplinario y puede ser tomado en cuenta para distintos aspectos de la realidad. El objetivo será siempre

alcanzar la mejor coordinación posible entre el producto y los usuarios, en el contexto de la tarea o actividad que ha de realizarse.

1.1.3. Alcance y objetivos de la ergonomía

El carácter de la ergonomía configura, y a la vez es configurado, por sus relaciones externas y las prácticas en otros campos de conocimiento. Por esta razón, el radio de acción de la ergonomía es bastante amplio, ya que cruza los límites de muchas disciplinas científicas y profesionales, constituyéndose en un sistema integrado de la fisiología, medicina, física, psicología, ingeniería, entre otros (Mondelo, Torada, & Bombardo, 2004).

El aporte brindado por cada disciplina es presentado en la Tabla 1.

Tabla 1. Aporte de otras ciencias a la ergonomía	
Ciencia	Aporte
Biología	Estudios sobre la estructura del cuerpo dimensiones y capacidades físicas. Se centra en aspectos biomecánicos
Fisiológica	El funcionamiento del cerebro y del sistema nervioso, determinantes de la conducta
Psicología experimental	El funcionamiento de su poder de percepción, aprendizaje, control de los procesos motores y carga mental
Física e Ingeniería	Información del comportamiento de las máquinas y el medio ambiente

Fuente: Datos tomados (Del Prado, 2019). Elaboración propia

La ergonomía tiene como objetivo adaptar el trabajo a las capacidades y posibilidades de la persona. De esta manera, se busca la reducción de los riesgos de error y el incremento de bienestar de los usuarios, así como la eficiencia en el sistema. A continuación, en la Figura 1 se muestra de forma esquemática el objetivo de la ergonomía.

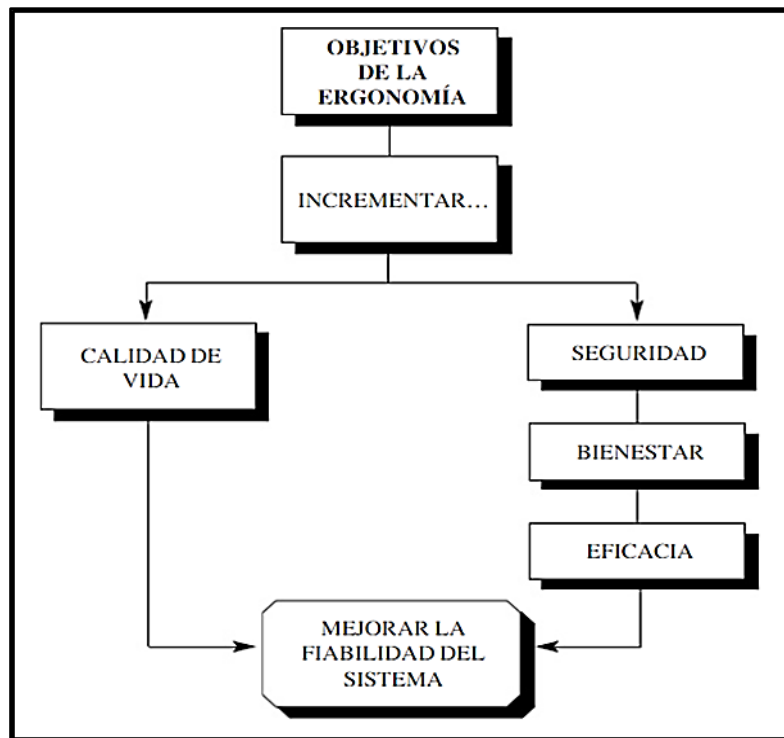


Figura 1. Representación esquemática del objetivo de la ergonomía
Fuente: (Mondelo, Torada, & Bombardo, 2004)

1.1.3.1. Ámbitos de aplicación de la ergonomía

El ámbito de aplicación de la ergonomía abarca el diseño del producto y del puesto de trabajo, tomando en cuenta que estos deben adaptarse a las personas y no al contrario. Asimismo, toda aplicación ergonómica ha de considerar los objetivos de la organización, considerando aspectos como la producción, rentabilidad, innovación y calidad en el servicio (Informando de PRL, 2008).

El estudio del diseño de productos busca crear o adaptar elementos de uso cotidiano o específico de manera que se adapten a las características de las personas que los van a usar. De esta manera, los productos serán eficientes en su uso, seguros y contribuirán a mejorar la productividad (Informando de PRL, 2008).

Por otro lado, el diseño ergonómico del puesto de trabajo intenta obtener un ajuste adecuado entre las aptitudes, habilidades o limitaciones del trabajador y las exigencias del trabajo. En consecuencia, se optimiza la productividad del trabajador y del sistema de producción, al mismo tiempo que se garantiza la satisfacción, la seguridad y salud de los trabajadores (Informando de PRL, 2008).

1.1.4. Tipos de ergonomía y sus beneficios.

De acuerdo con lo establecido por la Asociación Internacional de Ergonomía, la amplia diversidad de enfoques permite dividir la ergonomía en diferentes dominios o tipos, que representan competencias más profundas en atributos humanos específicos o características de la interacción humana (International Ergonomics Association, 2019).

En la Tabla 2 se muestra a detalle los diferentes tipos de ergonomía.

Tabla 2. Tipos de ergonomía

Tipos	Campo de estudio	Temas relevantes
Ergonomía Física	Las características anatómicas, antropométricas y fisiológicas del ser humano en lo que respecta a la actividad física.	- Posturas de trabajo - Movimientos repetitivos - Trastornos musculoesqueléticos en el trabajo - Diseño del lugar de trabajo - Salud y seguridad
Ergonomía Cognitiva	Los procesos mentales, como la percepción, la memoria, el razonamiento y la respuesta motora, que afectan las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema.	- Carga de trabajo mental - Toma de decisiones - Confiabilidad humana - Estrés laboral y capacitación
Ergonomía Organizacional	La optimización de los sistemas socio técnicos, incluidas sus estructuras organizativas, políticas y procesos.	- Comunicación - Administración de recursos - Diseño de horarios de trabajo - Trabajo en equipo - Ergonomía comunitaria - Gestión de calidad

Fuente: Datos tomados de (International Ergonomics Association, 2019). Elaboración propia

1.1.5. Ergonomía en el mundo

La Asociación Internacional de Ergonomía (IEA) cuenta con agrupaciones de sociedades federadas, formadas para atender necesidades específicas de cada región. De acuerdo con el Consejo, órgano rector de la IEA, se aprueba la formación de las redes IEA que están respaldada por las sociedades participantes. A partir de marzo de 2018, existen las siguientes redes de AIE:

- a) La Federación de Sociedades Europeas de Ergonomía (FEES) se fundó en el contexto de la 48ª Conferencia de Primavera de Múnich, el 7 de mayo de 2003. Esta red está conformada por 21 sociedades nacionales que han sido admitidos por el Consejo de la AIE por cumplir con los criterios de elegibilidad establecidos por las Reglas FEES (Federation of European Ergonomics Societies, 2013).
- b) La Unión Latinoamericana de Ergonomía (ULAERGO) fue reconocida como red de sociedad junto a su par FEES en el año 2002. En la actualidad, se busca incorporar a la lista de miembros de la ULAERGO importantes naciones de América, debido a que actualmente presenta 10 miembros en América Latina, los cuales son: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Perú, México, Uruguay y Venezuela. Cuba, se encuentra en proceso de legalización (ULAERGO, s.f.).
- c) La Red de Sociedades de Ergonomía del Sudeste Asiático (SEANES) se establece como red de sociedad por la AIE el 13 de diciembre de 2010 en Cebu, Filipinas. Sin embargo, reemplazó a la antigua Sociedad de Ergonomía del Sudeste Asiático (SEAES) que se estableció en 1984. Como red de sociedad, ofrece otras formas de representación ergonómica, como los grupos de interés especial en los cinco miembros que la conforman (Khalid, 2018).
- d) Ergo África, como red de sociedad establecida por la AIE, aporta en el progreso en temas ergonómicos de los países africanos. Esta red está representada por 3 países miembros, que son Túnez, Sudáfrica y Nigeria (International Ergonomics Association, 2019).

Por otro lado, una gran diferencia observada en la aplicación de la Ergonomía en Europa y América Latina es que, en esta última, se focaliza la acción en la Ergonomía física. Esto se debe a que existe un gran número de organizaciones causantes de accidentes y enfermedades musculo esqueléticas, ocasionadas por factores como la manipulación de carga, trabajo altamente repetitivo y el uso de fuerzas por encima de las capacidades de los hombres y las mujeres trabajadores de nuestra región (Hernández, 2014).

En América Latina se han adoptado los modelos teóricos desarrollados en otros contextos (como los aplicados en países europeos), sin preguntarse si son correctos o están acorde a las características de nuestra región. Por esta razón, la Ergonomía no

contribuye correctamente en la resolución de los problemas musculo esqueléticos ya que la base teórica tomada no sería la apropiada (Hernández, 2014).

Para el desarrollo de la Ergonomía en América Latina no sólo debe abarcarse el ambiente académico, sino que debe irse más allá y apuntar a una aplicación práctica que nos permita tener una mayor conceptualización ergonómica en nuestra región.

1.1.6. Ergonomía en el Perú y normativa básica

En el Perú se encuentra La Sociedad Peruana de Ergonomía (SOPERGO) es una asociación perteneciente a la ULAERGO, comprometida con la mejora de condiciones de trabajo, que busca incentivar el conocimiento, el desarrollo y aplicación de la ergonomía en nuestro país sin fines de lucro. Su fundación se llevó a cabo el 27 de noviembre de 2003 durante el Primer Encuentro de Ergonomía en nuestro país (Sociedad Peruana de Ergonomía, s.f.).

De acuerdo con la Sociedad Peruana de Salud Ocupacional en el Perú, el 35% de trabajadores sufren trastornos musculoesqueléticos debido a la naturaleza de este tipo de actividad en la cual los trabajadores permanecen la mayor parte del día sentados. En ese sentido, es preciso que se implementen medidas preventivas para proteger la salud de las personas (De Queiroz, 2016).

De esta manera, para efectos de la legislación peruana y en cumplimiento con la ley N°29783, Ley de Seguridad y salud en el Trabajo. El Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo emite la “Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico” a través de la Resolución Ministerial N°375-2008-TR, publicada el 30 de noviembre del 2008 (Jiménez, 2014).

La Norma básica tiene por objetivo principal establecer los parámetros que permitan la adaptación de las condiciones de trabajo a las características físicas y mentales de los trabajadores con el fin de proporcionarles bienestar, seguridad y mayor eficiencia en su desempeño, tomando en cuenta que la mejora de las condiciones de trabajo contribuye a una mayor eficacia y productividad en forma general. La Norma básica toma en cuenta las siguientes disposiciones expuestas en la Tabla 3.

Tabla 3. Disposiciones Norma básica de ergonomía

Proceso	Disposición	Consideraciones
Manipulación manual de cargas	– Fuerza necesaria para sacar del reposo o detener una carga: • Hombres: 25 kg • Mujeres: 15 kg – Fuerza necesaria para mantener la carga en movimiento: • Hombres: 10 kg • Mujeres: 7 kg – Cuando las cargas sean mayores, se manipulará con la maquinaria apropiada.	Todos los trabajadores que transporten cargas manualmente deben recibir una formación adecuada sobre técnicas de manipulación para prevención de accidentes.
Posicionamiento postural en los puestos de trabajo	Existen posibilidades de trabajo: • De pie • Sentado	Para evaluar qué forma de trabajo se realizará, se debe tomar en cuenta requisitos que permitan una armonización entre el trabajador y su ambiente laboral, evitando cualquier molestia muscular.
Equipos y herramienta en los puestos de trabajo	Los equipos y herramientas que componen un puesto de trabajo deben estar adaptados a las características físicas y mentales de los trabajadores, y a la naturaleza del trabajo que se esté realizando.	Todos los empleados que hacen uso de herramientas de trabajo deben recibir una formación de técnicas sobre su utilización, con el fin de salvaguardar su salud y la prevención de accidentes.
Condiciones ambientales de trabajo	Para evaluar las correctas condiciones ambientales se toma en cuenta lo siguiente: – Exposición al ruido – El ambiente térmico – La velocidad del aire – La humedad relativa – Niveles de iluminación – Exposición a radiación electromagnética – Contacto con sustancias químicas	Las condiciones ambientales de trabajo deben ajustarse a las características físicas y mentales de los trabajadores, y a la naturaleza del trabajo que se esté realizando
Organización del trabajo	El empleador impulsará un clima de trabajo adecuado, definiendo claramente el rol que le corresponde y las responsabilidades que deba cumplir cada uno de los trabajadores.	– Capacitaciones y entrenamiento – Se deben incluir las pausas para el descanso

Proceso	Disposición	Consideraciones
Identificación de los factores de riesgo disergonómicos	Se debe tomar en cuenta los siguientes factores: – Posturas incómodas o forzadas – Levantamiento de cargas – Esfuerzo de manos y muñecas – Movimientos repetitivos – Vibración de moderada a alta	– Cada factor de riesgo disergonómico será puesto a evaluación y calificación más detallada. – Para la evaluación detallada de los factores de riesgo disergonómico se podrán utilizar diferentes métodos

Fuente: Datos tomados de (Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, 2008). Elaboración propia

1.1.7. Diseño ergonómico en los mobiliarios

En este punto muchas personas involucradas en el diseño ergonómico toman como base las especificaciones referentes al mobiliario descritas en la RM 375-2008 TR. Sin embargo, estas características tienen limitaciones ya que se abarca el tema de mobiliario de manera general y no de manera específica, limitando la adaptación del mobiliario a las distintas tipologías físicas de la persona (Seguridad Minera, 2018).

Esta limitación se presenta debido a que, en el mercado nacional del mobiliario con requisitos ergonómicos, no toman como referencia el perfil antropométrico de un peruano, sino de un extranjero, ya que las sillas son importadas. En consecuencia, cabe enfatizar que no se han hallado estudios de tablas antropométricas peruanas de forma oficial hasta el momento. Es por esta razón que el mobiliario es diseñado según estándares internacionales en nuestro país.

Teniendo en cuenta esto, se procede a explicar el diseño ergonómico con las características de confort que debería tener el mobiliario bajo la Norma básica de ergonomía, evaluando los factores que debe tener la silla de trabajo (asiento, respaldar y reposabrazos).

a) Asiento

Es importante que el asiento se adopte a la postura en la que las extremidades no estén en tensión. Para esto es importante contar con los ajustes y regulaciones que garanticen la libertad de movimiento en busca de la comodidad. De esta manera, se considera que el asiento debe cumplir con las siguientes características:

- Forma: ergonómica con moldeado anatómico para las nalgas y muslos, así mismo los bordes deberán ser redondeados para evitar compresión mecánica de los muslos principalmente en la región del poplíteo.
- Altura: regulable en altura, adaptable a las distintas tipologías, entre los percentiles 5 y 95 de la población usuaria. El espaldar y el asiento deben ser independientes.
- Ancho: adaptable a las distintas tipologías, permitirá la adecuación de los usuarios con anchura de caderas en el percentil 95 teniendo presente la posibilidad de la presencia de apoyabrazos
- Profundidad: asiento con mecanismo ajustable en profundidad, debe ser suficiente pero inferior a la longitud del muslo, para que el borde del asiento (redondeado) no presione la parte posterior de la pierna (De Queiroz, 2016).

b) Respaldar

El respaldo debe contar con una regulación para diferentes puntos de inclinación, así como dejarlo en posición libre para permitir el balanceo durante las pausas o descansos.

- Forma: de “S” suave, cóncava a nivel torácico y convexo a nivel lumbar, de tal manera que se ajusten a los movimientos naturales de la espalda alta y baja.
- Ajuste lumbar: sistema de ajuste lumbar regulable en altura.
- Altura: Debe permitir apoyar la espalda, hasta la espina de la escapula.
- Inclinación: entre 90° y 110° (+/- 1).
- Ancho: adaptable a las diferentes tipologías (De Queiroz, 2016).

c) Reposabrazos

En la actualidad se considera la incorporación de reposabrazos como opcional. Sin embargo, debemos tener en cuenta la importancia que cumple, ya que permiten aliviar tensión de la espalda y los hombros durante la jornada, lo que es algo positivo para disminuir los problemas musculoesqueléticos que se puedan presentar.

- Mecanismos de regulación: regulable en: altura, ancho, profundidad y ángulo, de tal forma que permita que el reposabrazos se adapte a las diferentes tipologías.

- Base: las sillas deben ser giratorias de 360° y estable de 5 aspas (De Queiroz, 2016).

1.1.8. Riesgo ergonómico

Se conoce como riesgo ergonómico a aquellas acciones, que surgen de la interacción entre la persona y su entorno, y que puedan producir algún daño en la salud de la persona como consecuencia de algún movimiento o sobreesfuerzo (Prevalia, 2013).

Los sobreesfuerzos pueden producir trastornos o lesiones musculoesqueléticos, originadas fundamentalmente por la adopción de posturas forzadas, la realización de movimientos repetitivos, por la manipulación manual de cargas y por la aplicación de fuerzas (Prevalia, 2013).

a) Posturas forzadas

Posiciones que adopta un trabajador cuando realiza las tareas del puesto, deja de estar en posición natural para pasar a una posición que genera hipertensiones en distintas partes de su cuerpo.

b) Movimientos repetitivos

Se considera trabajo repetitivo a cualquier movimiento que se repite en ciclos inferiores a 30 segundos o cuando más del 50% del ciclo se emplea para efectuar el mismo movimiento. Además, cuando una tarea repetitiva se realiza durante al menos dos horas durante la jornada es necesario evaluar su nivel de riesgo.

c) Manipulación de cargas

Se consideran tres tipos de manipulaciones:

- Levantamiento: Para cargas superiores a 3kg, sin desplazamiento.
- Transporte: Para cargas superiores a 3kg y con un desplazamiento mayor a 1m (caminando).
- Empuje y arrastre: Cuando se utiliza el movimiento de todo el cuerpo de pie y/o caminando.

d) Aplicación de fuerza

Existe aplicación de fuerzas si durante la jornada de trabajo hay presencia de tareas que requieren el uso de mandos en los que hay que empujar o tirar de ellos, manipularlos hacia arriba o abajo, hacia dentro o fuera. Asimismo, el uso de pedales o mandos que se deben accionar con la extremidad inferior y en postura sentado, o empujar o arrastrar algún objeto sin ruedas, ni guías o rodillos en postura de pie (Prevalia, 2013).

1.1.8.1. Factores de riesgo ergonómico

Los factores de riesgo son aquellas condiciones de trabajo o exigencias durante la realización de trabajo repetitivo que incrementan la probabilidad de que se produzca algún daño y, por tanto, incrementan el nivel de riesgo (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2016).

Las condiciones en las que se encuentra el entorno y las actividades que desarrolla el individuo, tales como malas posturas de trabajo, los sobreesfuerzos y la manipulación manual de cargas, dan lugar a factores de riesgo que originan un gran número de trastornos musculoesqueléticos (Secretaría de Salud Laboral y Medio Ambiente de Asturias, 2008).

Los factores de riesgo y las medidas de prevención que deben tomarse en consideración para cada riesgo ergonómico se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Factores de riesgo ergonómico y medidas de prevención

Riesgo ergonómico	Factores de riesgo	Medidas de prevención
Posturas forzadas	– La frecuencia de movimientos – La duración de la postura – Posturas de tronco – Posturas de cuello – Posturas de las extremidades superiores e inferiores	– Adaptar el mobiliario al puesto. – Disponer de planos de trabajo adecuados a la altura y con distancias que permitan el alcance de los materiales.
Movimientos repetitivos	– La frecuencia de movimientos – El uso de fuerza – La adopción de posturas y movimientos forzados – Los tiempos de recuperación insuficiente – La duración del trabajo repetitivo	– Disminuir las exigencias físicas del puesto de trabajo. – Buscar la automatización de tareas. – Alternar posturas de pie y sentado.

Riesgo ergonómico	Factores de riesgo	Medidas de prevención
Manipulación de cargas	– Levantamiento – Transporte – Empuje y arrastre	– Realizar pausas de trabajo durante la jornada laboral. – Rotación de puestos de trabajo. – Planificar un método de levantamiento de carga. – Utilizar ayudas mecánicas para manipular cargas, o solicitar ayuda.
Aplicación de fuerza	– Frecuencia de la actividad – Postura utilizada – Duración de la actividad – Fuerza necesaria – Velocidad del movimiento	– Utilizar equipos mecánicos como ayuda. – Mantener una posición erguida – Respetar el paso máximo de carga.

Fuente: Datos tomados de (Prevalia, 2013). Elaboración propia

En el presente proyecto se abarcará el riesgo ergonómico al que se expone el individuo producto de las posturas forzadas, específicamente de los riesgos originados por el mal uso del mobiliario.

Como se sabe, la posición sedente es una de las más empleadas por el ser humano en sus actividades cotidianas y de descanso. En el caso de los estudiantes universitarios, en cuyo quehacer diario realizan la mayor parte de sus actividades sentados, la correcta postura adopta un especial interés en el estudio para evitar que, durante la exposición, se adquieran problemas músculo esqueléticos (Rosero Martínez & Vernaza Pinzón, 2010).

De acuerdo con lo que manifiestan Henny Carvajal y Luis Cacia (2017) en su artículo “Ergonomic study of classroom furniture in Uniminuto, Cúcuta”, la cual toma como referencia a una población universitaria en España, entre las molestias físicas que perciben los estudiantes, derivadas de la postura adoptada en el aula de clase, se puede mencionar las siguientes: dolor lumbar y dorsal moderado (36.9%), seguido por dolor leve en el cuello (39.8%), dolor de espalda y hombros (37.3%) y dolor de glúteos (24.6%).

1.2. Antropometría

1.2.1. Definición de Antropometría

El término antropometría proviene del griego “anthropos”, que significa hombre y “metrikos”, que significa medida. Se puede definir como el estudio cuantitativo de las características físicas del hombre (Valero, 2013).

El interés por conocer sobre las mediciones del cuerpo humano es muy antiguo y se remontan a inicios de la historia, generalmente como referencia a la necesidad y utilidad de estas en la selección de las personas más idóneas para la guerra o el trabajo, así como para valoraciones estéticas y artísticas. Sin embargo, es en el año 1976 cuando la antropometría fue presentada como una ciencia en el Congreso Internacional de las Ciencias de la Actividad Física, y 2 años después fue aceptada como ciencia por la UNESCO (Sirvent Belando & Garrido Chamorro, 2009).

Se define a la antropometría como: “La ciencia que estudia las proporciones y medidas del cuerpo humano, tomando como referencia distintas estructuras anatómicas y estableciendo diferencias cuantitativas entre dichas las medidas” (Mondelo et al., 2004, pág. 61). Cabe mencionar que la antropometría, como rama de la ergonomía, sirve como herramienta importante para la adaptación del entorno a las personas.

Asimismo, el estudio de la antropometría se ve aplicada en dos tipos: antropometría estática o estructural y antropometría dinámica o funcional.

La antropometría estática o estructural es aquella cuyo objeto es la medición de dimensiones estáticas, es decir, aquellas que se toman con el cuerpo en una posición fija y determinada. El conocimiento de las dimensiones estáticas es básico para el diseño de los puestos de trabajo y permite establecer las distancias necesarias entre el cuerpo y lo que le rodea (Valero, 2013).

Del cuerpo humano se puede tomar un gran número de datos antropométricos estáticos. En la Figura 2 se muestran algunas de las medidas antropométricas más usadas en el diseño ergonómico.

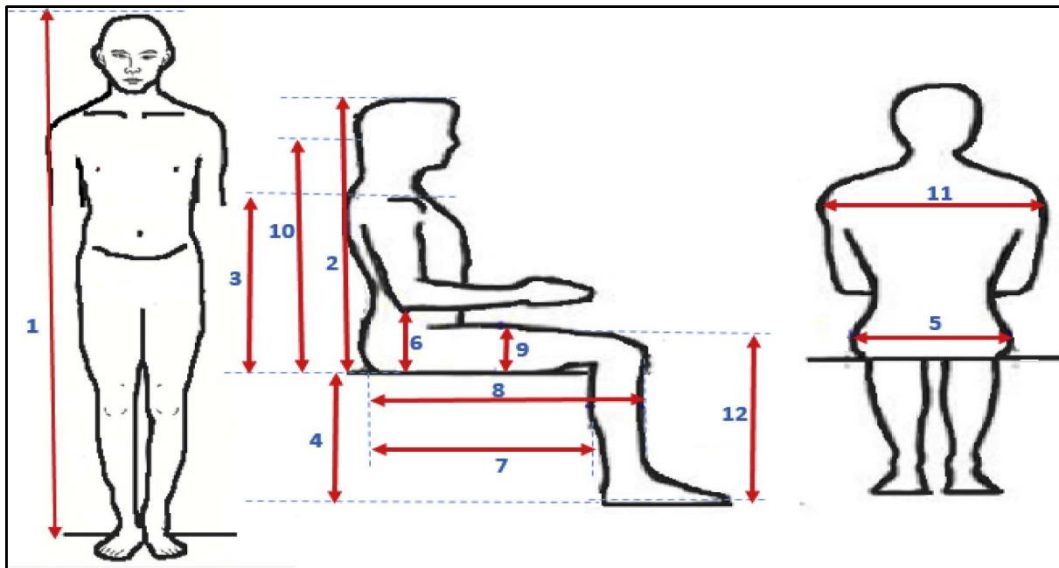


Figura 2. Medidas antropométricas más utilizadas
Fuente: (Taifa, 2016)

Las dimensiones dinámicas o funcionales se toman a partir de las posiciones de trabajo resultantes del movimiento asociado a ciertas actividades, es decir, tiene en cuenta el estudio de las articulaciones y sus posibles movimientos, permitiendo valorar la capacidad de la dinámica articular. Por tratarse de una disciplina difícil, se requiere tener conocimientos de biomecánica que permitan el análisis de los movimientos del trabajador en las operaciones que este realiza (Valero, 2013).

Cabe resaltar que para poder realizar un correcto diseño ergonómico se debe considerar tanto las dimensiones estáticas como las dinámicas.

1.2.2. Antropometría en el mundo

Los primeros conocimientos sobre la antropometría surgieron en Francia, pero donde se desarrolló y consolidó esta disciplina fue en Estados Unidos. Por esta razón, la mayor parte de los estudios importantes sobre la antropometría tienen como fuente de investigación a los Estados Unidos y Europa entre los años 1960 y 1980 (Meisel & Vega, 2006).

De todos los estudios antropométricos realizados, las fuentes de datos más fiables se pueden encontrar en las tablas que se incluyen en las Normas Técnicas relacionadas a dimensiones antropométricas.

Precisamente, la Asociación Española de Normalización (AENOR) establece la norma internacional UNE-EN ISO 7250-1, la cual proporciona una descripción de las

mediciones antropométricas que se pueden utilizar como base para la comparación de grupos de población y para la creación de bases de datos antropométricas. A partir de esta norma se establecen cuatro grupos de medidas fundamentales:

- Medidas tomadas con el sujeto de pie: Entre ellas se puede considerar la estatura, la altura de los ojos, hombros y codo, anchura del pecho y de caderas, entre otros.
- Medidas tomadas con el sujeto sentado: Las medidas consideradas son la altura (sentado), la altura de los ojos (sentado), hombros y codo, anchura de hombros y de cadera, espesor del muslo, altura de la rodilla, entre otros.
- Medidas de segmentos específicos del cuerpo: Toma en cuenta medidas como la longitud de la mano, la longitud del dedo índice, la longitud y anchura del pie, longitud y anchura de la cabeza, entre otros.
- Medidas funcionales: como el alcance del puño (hacia delante), la longitud antebrazo-punta de los dedos, longitud poplíteo-trasero (profundidad del asiento), perímetro del cuello, pecho, cintura, muslo.

La norma indica la descripción, el método y el instrumento de medida, acompañado de una figura que facilita su comprensión. Es así como se registran 56 dimensiones que pretenden servir como una guía para su aplicación al diseño ergonómico (Valero, 2013).

1.2.3. Antropometría en el Perú

Un estudio antropométrico requiere de un gran esfuerzo e inversión para su ejecución. Esto porque se necesita medir a un gran número de personas, y en cada una de ellas medir un gran número de dimensiones para que el estudio sea completo. Además, los estudios deben repetirse con regular periodicidad ya que las dimensiones de la población van cambiando.

El Perú, a la fecha, no cuenta con un estudio antropométrico que tenga como referencia las dimensiones tomadas directamente de su población. Si bien se puede mencionar el “Manual antropométrico del hombre peruano”, este presenta información antropométrica insuficiente, pues solamente se registraron los datos de trabajadores mineros de altura. Asimismo, se encuentra muy desactualizado, ya que fue realizado en el año 1977 (Párraga, 2014).

1.2.4. Aplicaciones de la antropometría

La aplicación de la antropometría debe considerarse en los lugares donde el hombre desarrolla su actividad, tanto laboral como diaria, y se relaciona con la estructura, composición y constitución corporal, así como las dimensiones del cuerpo humano en relación con su entorno. Bajo este concepto, la aplicación de la antropometría se ejerce en los siguientes campos: salud, deporte y diseño industrial. (Obregón Sánchez, 2016)

En el campo de la salud, la antropometría es indispensable en la evaluación del estado nutricional, permitiendo establecer juicios clínicos para definir terapias nutricias, prever riesgos y elaborar diagnósticos de acuerdo con las medidas de la composición corporal de los individuos (Fernández & Navarro, 2009).

En el deporte, la antropometría es fundamental para poder valorar y explotar la capacidad de respuesta de un atleta, para disminuir el riesgo de sufrir lesiones y para saber cómo está constituido su cuerpo, conociendo cuál es la proporción del peso que corresponde a la masa muscular y cuál a la grasa corporal. Asimismo, teniendo un registro de la composición corporal de los deportistas, se puede establecer un parámetro de comparación para desarrollar las capacidades del deportista con mayor efectividad (Vásquez, 2018).

Finalmente, en el diseño industrial, a través de las medidas antropométricas, se busca encontrar la mejor adaptación entre las herramientas, las máquinas y los lugares donde el hombre ejerza su actividad con el objetivo de reducir lesiones físicas, enfermedades y mejorar la satisfacción de los usuarios (Abreo, 2016).

En el presente proyecto la antropometría se enfocará en su aplicación al diseño industrial, específicamente en el diseño del mobiliario, tomando como base las medidas antropométricas de una población en estudio.

1.2.5. Criterios para la medida de datos antropométricos

La heterogeneidad en las técnicas de medición impide tener confiabilidad en los resultados obtenidos y no permiten la comparación de los datos con otros estudios antropométricos o trabajos de investigación (Publice, 2003).

A continuación, mencionaremos los criterios que se deben tener en cuenta para mantener una homogeneidad al momento de realizar la medición de los datos antropométricos.

a) Variabilidad humana

Las distintas medidas antropométricas varían de una población a otra, incluso la variabilidad se puede dar en un solo individuo debido a que no se guarda la misma proporción en sus dimensiones, por lo que se consideran independientes. Por esta razón, es importante disponer de los datos antropométricos de la población en estudio, ya que puede no ajustarse a las referencias tomadas de tablas antropométricas de otros países.

Los parámetros que influyen en la variabilidad humana son los siguientes:

- Sexo: Las dimensiones corporales de los varones, por lo general, son mayores que el de las mujeres, lo que puede representar hasta un 20% de diferencia en cada medida.
- Raza: Las características físicas y diferencias entre los distintos grupos étnicos están determinadas por aspectos genéticos, alimenticios y ambientales entre otros.
- Edad: Sus efectos están relacionados con la fisiología propia del ser humano. Se sabe, por ejemplo, que las mujeres alcanzan un desarrollo completo a una edad más temprana que los hombres.
- Alimentación: La correcta alimentación desde una edad temprana, permite un mayor desarrollo físico en las personas (Valero, 2013).

b) Planos de referencia del cuerpo humano

El cuerpo humano se distribuye de una manera distinta en cada persona. Por esta razón se toma un punto de referencia determinado por superficies planas imaginarias que dividen el cuerpo en dos partes y que permiten describir la ubicación y localización de las distintas partes del cuerpo humano. En general, se tienen 3 planos rectangulares, mostrados en la Figura 3, que se cortan en el centro de gravedad del sujeto: el plano sagital medio, el plano frontal o coronal y el plano horizontal o transversal (Valero, 2013).

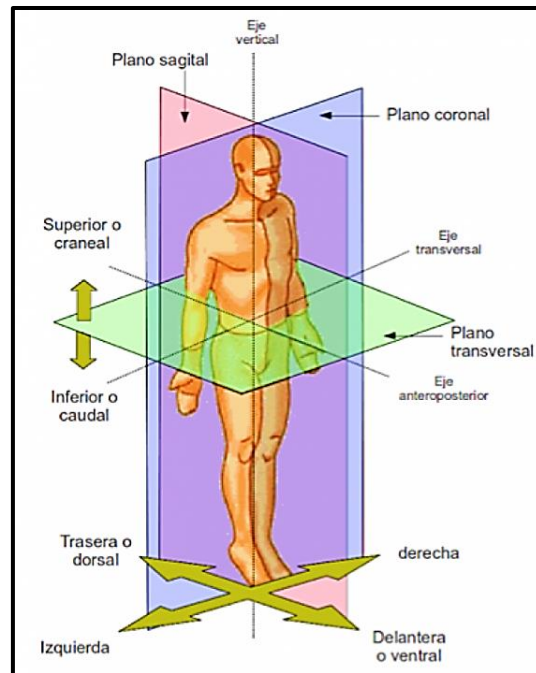


Figura 3. Planos de referencia del cuerpo humano
Fuente: (Bases de Anatomía, 2016)

Estos planos nos permitirán conocer la desviación que se efectúa con relación al plano de referencia o la posición neutral de acuerdo con los movimientos articulares del cuerpo humano.

c) Instrumentos antropométricos

Para la realización de las mediciones antropométricas se utilizan instrumentos como:

- El antropómetro: Se emplea para medir dimensiones lineales y se le puede acoplar reglas especiales para medir diámetros.
- El calibre o pie de rey: Se emplea para medir dimensiones relativamente pequeñas y para medir grosores, espesores o distancias entre puntos.
- El compás de pliegues cutáneos (plicómetro): Se emplea para medir panículo adiposo (Valero, 2013).

En principio, la medida directa con estos instrumentos mencionados proporciona valores más precisos de las dimensiones consideradas. Sin embargo, su adquisición involucraría un costo elevado ya que, si se desea realizar un estudio a una muestra grande, se debe conseguir varios modelos de estos instrumentos.

En el presente proyecto se hará uso de cinta métrica convencional que es un instrumento fiable si es bien utilizado y se carece de antropómetro. Como ventajas cabe destacar que el equipo es ligero y fácil de transportar, tiene un costo razonable y su manejo no es excesivamente complicado. Sin embargo, se requiere tener la mayor precisión posible al momento de realizar las medidas.

1.3. Criterios para el diseño del mobiliario

Al momento de evaluar las dimensiones del diseño de mobiliario deberemos tener en cuenta la variabilidad existente entre los diferentes individuos. De acuerdo con lo establecido por Pedro Mondelo (2001), existen tres principios genéricos para el diseño antropométrico:

a) Principio del diseño para extremos

Este principio implica diseñar para una medida extrema de la población, es decir, para el valor máximo y mínimo respecto de la dimensión antropométrica considerada. Este caso es utilizado cuando el valor extremo no es tan distinto como para alterar el diseño o provocar incomodidades en los usuarios.

Si lo que se quiere es ofrecer un diseño tomando en cuenta este principio, lo ideal sería preguntarse primero quienes presentan mayor dificultad para acceder al lugar (considerando el valor máximo o mínimo). Por ejemplo, si pretendemos diseñar la anchura de una silla, debemos buscar el valor máximo de ancho de caderas para que todos tengan la posibilidad de utilizar la silla, siempre y cuando este máximo no ofrezca un valor tan grande que ponga en crisis el diseño o provoque incomodidades al resto de personas. En tal caso habría que buscar soluciones alternativas a esta persona (Asociación de Ergonomía de la Comunidad Valenciana, 2017).

b) Principio del diseño para la media

El principio de diseño para la media sólo se utiliza en contadas situaciones, cuando la dimensión no tiene importancia o su frecuencia de uso es muy baja, siendo cualquier otra solución o muy costosa o técnicamente muy compleja. Asimismo, los usuarios que se encuentran lejos de la media están expuestos a muchas incomodidades.

Por ejemplo, si queremos diseñar la altura de una puerta para un grupo de personas, y seguimos este principio del promedio, correríamos el riesgo de que las

personas más altas se dieran golpes con el dintel de la puerta o tuvieran que agacharse para pasar ilesos, siendo sólo efectivo para el grupo pequeño que se encuentra dentro del promedio (Asociación de Ergonomía de la Comunidad Valenciana, 2017).

c) Principio del diseño para un intervalo ajustable

Se recurre al diseño de elementos ajustables cuando se trata de un elemento de especial importancia para el diseño, o bien cuando resulta muy complicado acomodar razonablemente a toda la población con una dimensión fija.

Este diseño es el idóneo, porque el operario ajusta el objeto a su medida, a sus necesidades, pero es más caro por el mecanismo de ajuste.

Por ejemplo, si se pretende diseñar una silla de un puesto de oficinas, un sillón de dentista, un asiento de conductor de un vehículo, o cualquier tipo de mobiliario que tenga acceso a un gran número de personas, lo más recomendable es utilizar un diseño de intervalo ajustable ya que el trabajador ajusta el objeto a su medida (Asociación de Ergonomía de la Comunidad Valenciana, 2017).

Para el presente proyecto tomaremos en cuenta el principio del diseño para un intervalo ajustable. El objetivo en este caso es decidir los límites del intervalo ajustable, para lo cual se emplean las dimensiones extremas, consideradas a partir de los percentiles, de las variables antropométricas relevantes. Asimismo, se tomará como referencia el estudio realizado por Ismail Wilson Taifa (2016), el cual ofrece unas dimensiones del diseño del mobiliario a partir de un criterio determinante que toma en cuenta los percentiles P_5 , P_{50} y P_{95} de las variables antropométricas.

Capítulo 2

Fundamentos de la estadística

2.1. Definición de estadística

La estadística es una rama de las matemáticas que permite analizar, interpretar y obtener conclusiones de una población en estudio, para lo cual se fundamenta en el uso de diversos métodos o procedimientos de probabilidad y mediante la presentación ordenada de los datos observados en tablas y gráficos estadísticos, reduciendo los datos observados a un pequeño número de medidas estadísticas que permitirán la comparación entre diferentes series de datos y estimando la probabilidad de éxito que tiene cada una de las decisiones posibles (Fernández Fernández, Cordero Sánchez, & Córdoba Largo, 2002, pág. 18).

La estadística como ciencia es considerada como una herramienta de análisis, y debido a su amplia aplicación en la interpretación de datos, es preciso conocer su clasificación para tener una base fundamental en la toma de decisiones frente a diversas situaciones de incertidumbre. De esta manera, la estadística se divide en dos grandes ramas.

- Estadística descriptiva: Es un proceso a través del cual se analiza e interpreta los datos recopilados de una muestra empleando tablas y gráficos.
- Estadística inferencial: Se basa en la toma de decisiones y el uso de inferencias y/o deducciones, a fin de explicar o entender ciertas características o condiciones respecto a la población a la cual se le tomo la muestra. Este tipo de estadística se divide a su vez en paramétrica y no paramétrica.

Cada una de ellas comprenden distintos tipos de herramientas, algunas de las cuales serán utilizadas en el desarrollo de este trabajo, tal y como se explica en la Tabla 5.

Tabla 5. Ramas de la Estadística

Estadística descriptiva	Estadística inferencial	
	Paramétrica	No paramétrica
Métodos centrados en la descripción de datos: - Medidas de tendencia - Medidas de variabilidad o dispersión	Permite realizar suposiciones específicas acerca de la población de análisis basándonos en distribuciones conocidas y rígidas, con un número finito de parámetros: - Funciones de probabilidad - Prueba t	Permite realizar suposiciones generales acerca de la población de análisis. Aplicable a muestras con distribución desconocida o distribución libre: - Prueba de Kolmogórov-Smirnov - Prueba de Fisher - Prueba Binomial - Ajuste no paramétrico de funciones de probabilidad

Fuente: Elaboración propia a partir de (Scientific European Federation of Osteopaths, 2019)

A continuación, se explicará brevemente las técnicas estadísticas usadas en el presente proyecto.

2.1.1. Estadística descriptiva

La estadística descriptiva no se reduce sólo a establecer conclusiones generales sobre los datos en estudio, sino que representa un análisis exploratorio de datos que ofrece modos de presentar y evaluar las características principales de la información a través de tablas, gráficos y medidas resúmenes (Orellana, 2001).

Aunque la misión principal de la estadística descriptiva es la descripción de los sucesos, esta va mucho más allá que meramente sintetizar los datos pues, en definitiva, constituye la base para la toma de decisiones en función de lo encontrado y frente a situaciones de incertidumbre.

A continuación, se describirán brevemente las herramientas empleadas en este trabajo de investigación y que se encuentran dentro de la rama de la estadística descriptiva.

2.1.1.1. Medidas de centralización

Las medidas de centralización son parámetros obtenidos a partir de una serie de datos que nos permiten identificar el promedio de estos datos y entre que valores oscilan o se centran la mayoría de ellos (Fernández & Díaz, 2001).

Estos valores representan la disparidad¹ de los datos de una distribución y son conocidos como valores intermedios ya que se sitúan alrededor del centro de la distribución. En caso se tratará de una distribución perfectamente simétrica, las tres medidas de centralización (media, mediana y moda) coincidirían en el mismo valor.

a) Media aritmética

La media aritmética es una medida de centralización relacionada únicamente a variables cuantitativas² y que resulta de dividir la suma de varias cantidades por el número de ellas. Conocida también como promedio, es el valor que divide por la mitad a los datos, entre los valores máximos y mínimos de todos los valores trabajados (Gorgas García, Cardiel López, & Zamorano Calvo, 2009).

Supongamos que tenemos una muestra de tamaño N donde la variable x toma los valores $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$. Se define como la media aritmética de la muestra:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

Es decir, la media aritmética se habrá calculado sencillamente sumando todos los valores que tomo x y dividiéndolos por el número de datos N .

La media aritmética será por tanto una especie de centro de gravedad o centro geométrico del conjunto de medidas. Sin embargo, este valor es muy poco robusto y depende mucho de los valores particulares de los datos, así como de los valores extremos³.

¹ Disparidad: Desemejanza, desigualdad y diferencia de unas cosas respecto de otras. Fuente: Real Académica de la Lengua Española (RAE)

² Variables cuantitativas: valor que representa a un dato u objeto numérico. Por ejemplo: la altura de un individuo, el diámetro de una pieza, el peso de un artículo, la masa de una sustancia, etc.

³ Valores extremos: Valores asociados a las colas de la distribución de datos, es decir valores más altos o bajos de la variable de estudio. Fuente: Teoría de valores extremos (Kalinda, 2014)

b) Mediana

La mediana es el valor que ocupa, dentro de una serie de datos ordenados ascendentemente, la posición central. De tal forma que se cumpla que el 50% de los datos son inferiores a su valor y el otro 50% restante son superiores. La mediana será entonces quien divida en dos partes la distribución de frecuencias (Posada Hernández, Elementos Básicos de Estadística Descriptiva para el análisis de datos, 2016).

La posición de la mediana (i) se puede localizar considerando los siguientes criterios:

- Total de datos (n) es impar:

$$i = \frac{X_{n+1}}{2}$$

- Total de datos (n) es par

$$i = \frac{X_{n/2} + X_{n/2+1}}{2}$$

Aunque la media aritmética pueda ser considerada la más representativa dentro de las medidas de centralización; la mediana no es tan sensible como lo es la media, y es muy útil cuando se cuentan con valores extremos. Es preferible para no afectar la descripción y conclusiones obtenida a partir de los datos utilizar la mediana, que mantiene su valor aun con la presencia valores atípicos⁴.

c) Moda

En estadística, la moda es aquel valor de la variable de estudio que más se repite, es decir aquel que tenga mayor frecuencia⁵ en una serie de medidas. A diferencia de la media aritmética y de la mediana, la moda puede ser aplicable tanto a variables cuantitativas como a variables cualitativas (Gorgas García, Cardiel López, & Zamorano Calvo, 2009).

⁴ Valores atípicos: Valores que por sus características se apartan de los modelos representativos, comunes o conocidos. Fuente: Real Academia de la Lengua Española (RAE)

⁵ Frecuencia: Número de veces que se repite un proceso o atributo dentro de un intervalo e distribución determinada. Fuente: Real Academia de la Lengua Española (RAE)

En ocasiones la moda no es única, es decir, puede que dentro de la serie de datos o distribución existan dos o varios elementos que se repitan igual número de veces, en cuyo caso se trataría de una distribución multimodal. Cuando se tienen varios máximos en la distribución de frecuencias podemos especificar si la distribución es bimodal, trimodal, etc. Del mismo modo existirán casos en los que la variable no tome valores repetitivos por lo que no tendría sentido hablar de “moda” sino de distribución amodal.

2.1.1.2. Medidas de posición

Tal y como lo describe Gabriel Posada en su libro “Elementos básicos de estadística descriptiva para el análisis de datos”.

Las Medidas de Posición, también llamadas cuantiles, son aquellas que permiten calcular valores en la distribución de los datos y que la dividen en partes iguales, de tal forma que los intervalos generados por los cuantiles contienen el mismo número de datos. (Posada Hernández, 2016, pág. 87)

Estas medidas de posición se clasifican en tres grandes grupos: cuartiles, deciles y percentiles. A continuación, se procederá a explicar cada grupo detalladamente.

a) Cuartiles

Los cuartiles (Q_i) son los tres valores de la variable que dividen la distribución en cuatro partes iguales, cada una de las cuales engloba el 25% de las mismas (Ruiz Muñoz, 2004).

Q_1 : Representa el primer cuartil, que deja a su izquierda el 25% de la distribución inferior a su valor o a su derecha el 75% por encima de él.

Q_2 : Representa el segundo cuartil, que deja a su izquierda y a su derecha el 50% de la distribución inferior y superior a su valor. Este valor coincide con la Mediana.

Q_3 : Representa el tercer cuartil, que deja a su izquierda el 75% de la distribución inferior a su valor o a su derecha el 25% por encima de él.

Para calcular los valores que ocupan la posición de un cuartil primero se deberá ordenar los datos de forma ascendente, como lo haríamos para calcular la mediana. Posteriormente aplicaremos la fórmula:

$$i = \left(\frac{k}{4}\right) n ;$$

donde k es el número del cuartil que deseamos obtener ($k = 1, 2, 3$) y n es el número total de datos.

Si el valor obtenido por i no es un número entero, se deberá redondear al entero siguiente. Si el valor obtenido por i es un número entero, el cuartil será el promedio de los valores de la posición i y la posición $i + 1$.

b) Deciles

Los deciles (D_i) son valores de la variable que dividen la distribución en diez partes iguales, cada una de las cuales engloba el 10% de los datos (Ruiz Muñoz, 2004).

Para el cálculo de los deciles se emplea un procedimiento similar al de los cuartiles. Primero hemos de ordenar los datos de forma ascendente, posteriormente aplicaremos la siguiente fórmula para obtener la posición de estos valores:

$$i = \left(\frac{k}{10}\right) n ;$$

donde k es el número del decil que deseamos obtener ($k = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$) y n es el número total de datos.

Al igual que en el caso de los cuartiles, si el valor obtenido por i no es un número entero, se deberá redondear al entero siguiente. Si el valor obtenido por i es un número entero, el cuartil será el promedio de los valores de la posición i y la posición $i + 1$.

El D_1 acumula el 10% del conjunto de datos a su izquierda, el D_2 acumula el 20% de los datos a su izquierda y así sucesivamente hasta llegar al D_9 que acumula el 90% de los datos a su izquierda y el 10% de los datos a su derecha.

c) Percentiles

Los centiles o percentiles (P_i) son los valores que dividen a la distribución en 100 partes iguales, cada una de las cuales engloba el 1% de las observaciones, habiendo en total 99 percentiles. Por tanto, el valor del P_{50} coincidirá con el valor del D_5 que a su vez coincidirá con el Q_2 que a su vez será el valor de la mediana. (Ruiz Muñoz, 2004)

Después de ordenar los datos de manera ascendente aplicaremos la siguiente fórmula para encontrar la posición de los 99 percentiles de la distribución de datos:

$$i = \left(\frac{k}{100}\right) n ;$$

donde k es el número del percentil que deseamos obtener ($k = 1, 2, 3, \dots, 99$) y n es el número total de datos.

De igual forma, si el valor obtenido por i no es un número entero, se deberá redondear al entero siguiente. Si el valor obtenido por i es un número entero, el cuartil será el promedio de los valores de la posición i y la posición $i + 1$.

2.1.1.3. Medidas de dispersión

Las medidas de posición nos dan una idea de donde se encuentra el centro de la distribución, las medidas de centralización reducen la información entorno a un valor central, pero ninguna de las dos nos dice cuan disperso es el conjunto de los datos y por tanto que tan significativos o reales son los valores obtenidos. Las medidas de dispersión nos ofrecen precisamente esto, indicarnos que tan dispersos se encuentran los valores entre sí y en torno a su centro (Gorgas García, Cardiel López, & Zamorano Calvo, 2009).

a) Rango

El rango es la medida más simple de obtener y la menos significativa de todas, pues no ofrece más información sobre todos los demás datos que ignora. Representa la diferencia entre el valor más alto y el valor más bajo, por lo que es bastante susceptible a los valores extremos. Se sugiere utilizarlo como complemento de otras medidas de dispersión (Ruiz Muñoz, 2004).

b) Varianza

La varianza mide la dispersión de los valores de una variable respecto a la media aritmética (o promedio). Cuanto mayor sea la varianza mayor dispersión existirá y por tanto menor representatividad tendrá la media aritmética (Ruiz Muñoz, 2004).

Posada y Buitrago (2008) plantean que la diferencia entre cada valor x_i y la media aritmética se llama desviación respecto al promedio, y que la varianza será calculada como la sumatoria de todas estas desviaciones al cuadrado; divididas entre el número total de observaciones para el caso de una población o entre el número total de observaciones menos uno para el caso de una muestra.

La varianza de una población σ^2 será calculada como:

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \mu)^2}{N}$$

donde x_i son todos los valores de la variable, μ representa al promedio de esa población y N es el número de observaciones o datos.

La varianza de una muestra s^2 será calculada como:

$$s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

donde x_i son todos los valores de la variable, $\bar{x}$ representa al promedio de la muestra y n es el tamaño de la muestra.

Las unidades asociadas a la varianza no son las mismas que la muestra o población, pudiendo generarse confusiones. Si por ejemplo, se está calculando la varianza en años para un grupo de estudiantes la varianza tendrá las unidades (años)².

c) Desviación estándar

La desviación estándar no es otra cosa que la raíz cuadrada de la varianza de una población o de una muestra, quedando en este sentido en las mismas unidades que los datos (Ruiz Muñoz, 2004).

- Desviación estándar de una población: $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$
- Desviación estándar de una muestra: $s = \sqrt{s^2}$

La desviación estándar indica el intervalo en donde se agrupan la mayoría de los datos respecto a la media. Este intervalo está comprendido entre $\bar{x} - s$ y $\bar{x} + s$ para el caso de las muestras y entre $\mu - \sigma$ y $\mu + \sigma$ para el caso de la población. Por consiguiente, cuantos más dispersos estén los datos, mayor es el rango del intervalo que contiene la mayoría de los valores de la variable. Cuanto más concentrados estén los datos, menor es el rango del intervalo que los contiene.

Por ejemplo, la desviación estándar del tiempo promedio de atención de un reclamo es de 1 día. Esto quiere decir que la mayor parte de las atenciones de un

reclamo se resolvieron dentro de 1 día alrededor de la media de 3 días. Por tanto, la mayoría de reclamos han sido resueltos entre 2 y 4 días.

2.1.1.4. Gráficas

a) Diagrama de dispersión

Orellana (2001) lo describe como un gráfico simple y útil para estudiar la relación entre dos variables; que permite determinar, en función del patrón que siguen los puntos, la dirección, la forma y la fuerza de la relación.

Se dibuja un sistema de coordenadas cartesianas en el que se representan los valores que toman las dos variables para cada unidad de análisis. Se acostumbra a asignar a la variable independiente el eje horizontal (eje X) y la variable dependiente el eje vertical (eje Y).

La nube resultante de puntos permite evaluar si existe relación entre las dos variables y la naturaleza de esta relación. Si es lineal, curvilínea, exponencial, logarítmica, cíclica, creciente, decreciente, etc. O si es que no existe relación aparente entre las variables.

En la Figura 4 podemos ver diversos tipos de correlación según la relación y distribución de los datos.

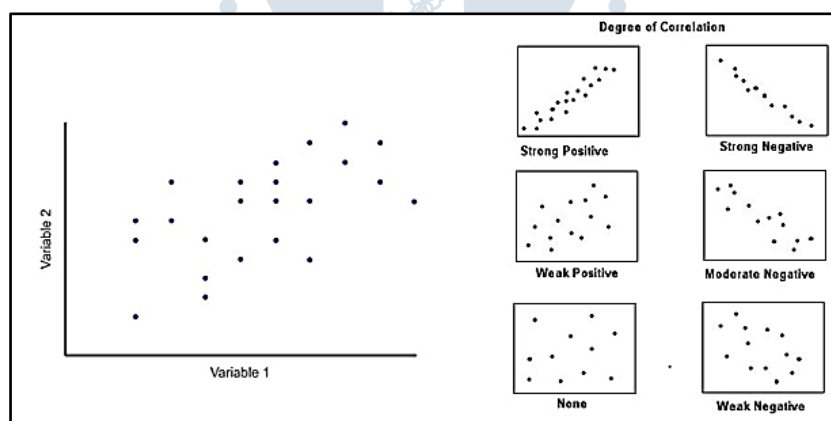


Figura 4. Grado de correlaciones
Fuente: (Pérez, 2016)

b) Diagrama de barras

La descripción de una muestra no termina con las medidas de centralización, posición o dispersión; sino que es necesario graficar los valores respecto a su media central a través de un gráfico de barras (Ángulo Bustios, 2011).

Al repetirse sucesivamente un experimento, los resultados obtenidos constituyen los valores que toma la variable aleatoria definida como X . Cada uno de estos resultados se representan como x_i y la cantidad de veces que se repita un mismo resultado será denominado frecuencia f . Al conjunto de parejas de valores $\{x_i; f_i\}$ se denomina distribución de frecuencia y se representa por un gráfico de barras, Figura 5.

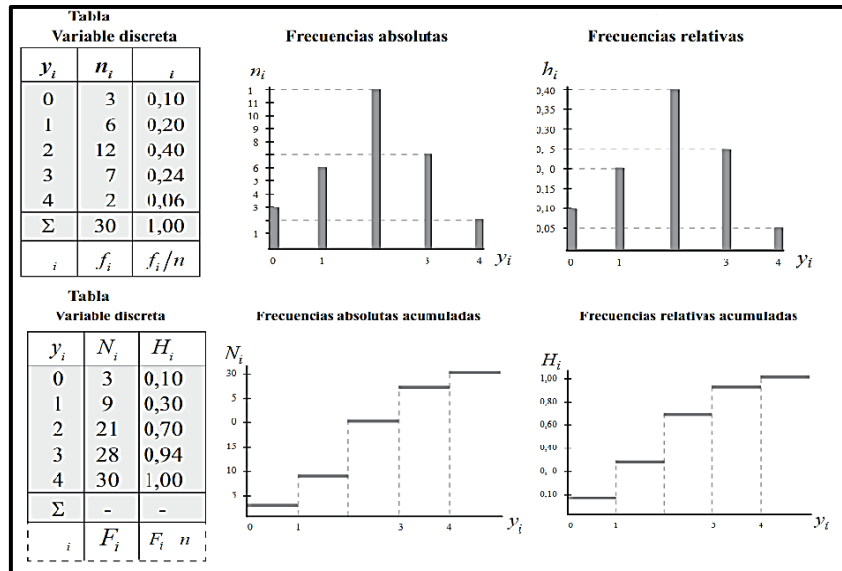


Figura 5. Diagrama de barras
Fuente: (Martínez Bencardino, 2012)

c) Histograma

En el plano cartesiano, el histograma está formado por un conjunto de rectángulos cuya base la determina la amplitud⁶ del intervalo y la altura corresponde a la frecuencia con que se presenta cada intervalo. De esta forma podemos encontrar histogramas con asimetría positiva, simétrica o negativa, tal y como se muestra en la Figura 6.

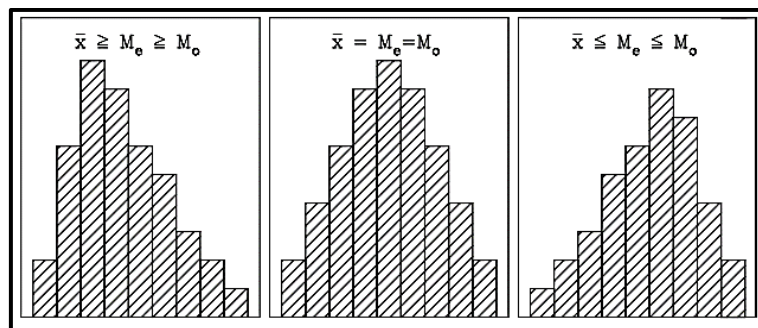


Figura 6. Histograma
Fuente: (Gorgas García, Cardiel López, & Zamorano Calvo, 2009)

⁶ Amplitud: Diferencia entre los valores máximo y mínimos en la distribución de una variable. En histograma amplitud es conocido como amplitud de la clase o ancho del intervalo.

Comúnmente este tipo de gráficos se confeccionan a partir de una amplitud constante, es decir con barras verticales del mismo ancho; sin embargo, dependiendo de la situación que se analice, puede convenir utilizar intervalos de diferente ancho en cuyo caso analizaremos sobre todo el área de las barras (Martínez Bencardino, 2012).

La mayor altura del primer rectángulo en la Figura 7 se debe a una mayor amplitud del intervalo. Esta deformación será corregida reemplazando la frecuencia absoluta n_i por el cociente n_i/C_i denominado coeficiente de densidad, obteniendo el segundo histograma que se observa en la Figura 7.

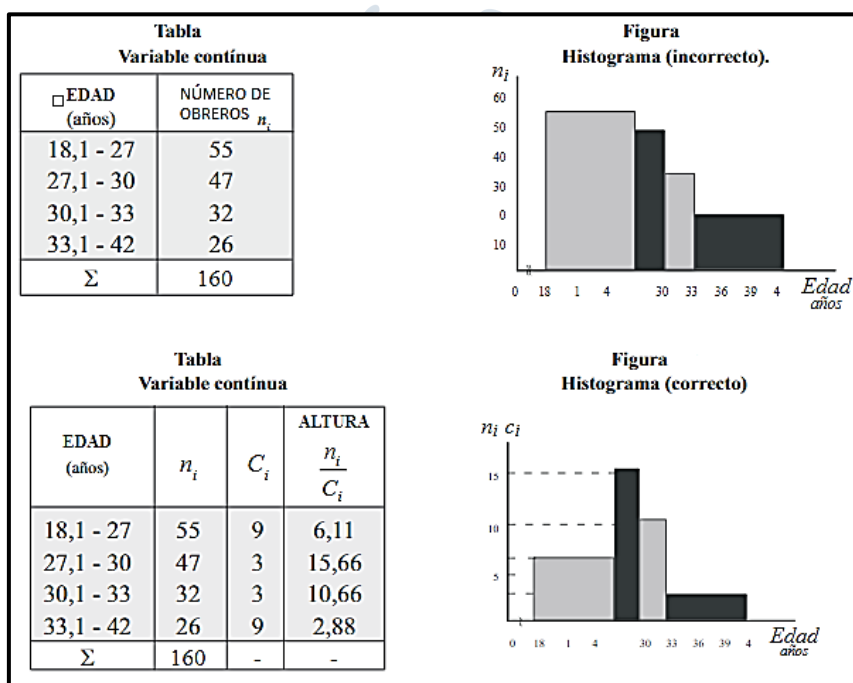


Figura 7. Ejemplo de un histograma con diferente amplitud

Fuente: (Martínez Bencardino, 2012) n_i frecuencia absoluta C_i amplitud del intervalo

En general los histogramas ofrecen información sobre asimetrías, presencia de valores atípicos, multimodal, tipo de distribución, etc. En la Figura 8 podemos apreciar algunas de las interpretaciones que se le puede dar a un histograma en función del patrón que siguen.

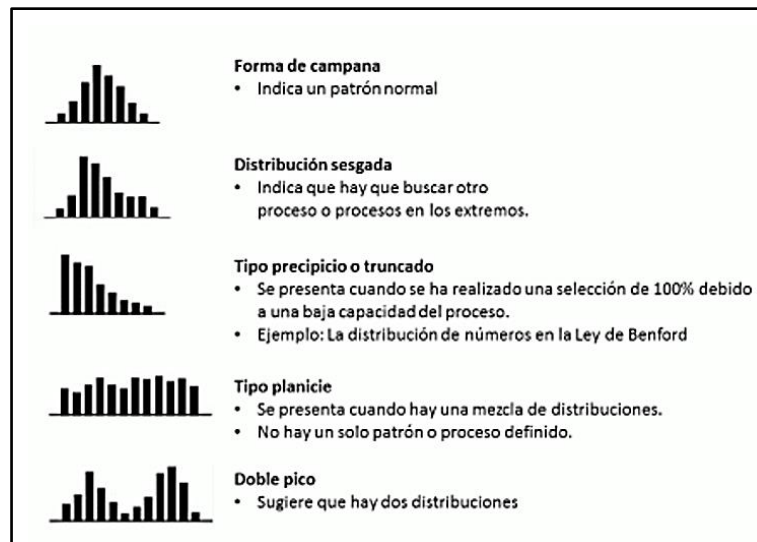


Figura 8. Tipos de histogramas
Fuente: (Data Chronicles, 2017)

2.1.2. Estadística inferencial

Después de la estadística descriptiva y la teoría de probabilidades, aparece la estadística inferencial que, en base a una muestra, es capaz de inferir a toda la población. Es decir, es capaz de dar información sobre una o varias características de la población de donde proviene la muestra analizada. Figura 9

En la estadística inferencial, se puede decir, que se basa en la estimación de parámetros de la población a partir de la muestra y en base a contrastes de hipótesis que aceptan o rechazan una afirmación sobre la población de estudio (Rojas Dávila, 2003).

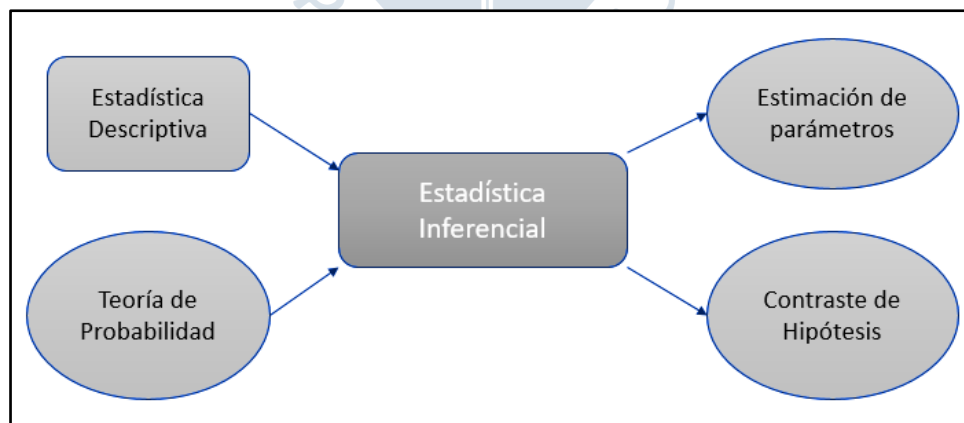


Figura 9. Conceptos de la Estadística Inferencial
Fuente: (Montero Alonso, 2014)

La estadística inferencial ofrece la posibilidad al investigador de realizar suposiciones o generalizaciones acerca de toda una población, que por recursos o disponibilidad no ha sido estudiada en su totalidad, a partir de una muestra

representativa extraída del todo. Es el cambio matemático entre las conclusiones obtenidas en una parte aplicables a un todo.

Como se mencionó anteriormente, la estadística inferencial se divide en dos partes: la estadística paramétrica y la estadística no paramétrica. Sin embargo, antes de entrarnos en estos conceptos y en sus técnicas y/o pruebas estadísticas repasaremos conceptos como la estimación puntual y de intervalo, y las pruebas de hipótesis.

2.1.2.1. Estimación puntual y de intervalo

Con frecuencia se realizan experimentos o se toman datos con el propósito de estimar valores o parámetros que no son conocidos con exactitud. En este sentido se extraerá una muestra de una población y se generarán ecuaciones o patrones con los que se podrán estimar parámetros de manera puntual o por intervalos de confianza (Ángulo Bustios, 2011).

a) Estimación puntual

Tal como su nombre lo indica, la estimación puntual pretende obtener el valor exacto de un variable en toda la población en función de la muestra obtenida de ella. Dicho de otro modo, es la creación de una ecuación para asignar al parámetro el valor del estadístico que mejor sirva para estimarlo (Ángulo Bustios, 2011).

Algún ejemplo de aplicación de la estimación puntual sería determinar la nota promedio de un grupo de estudiantes postulante a la universidad nacional. Se podrá extraer una muestra y ofrecer una estimación puntual sobre el promedio, pues la media de la muestra puede ser un buen estimador de la media de la población.

Sin embargo, no todo lo que se pueda concluir de una muestra es aplicable a toda una población. Para que un dato estadístico sea considerado un buen estimador se deberá cumplir cuatro condiciones: carencia de sesgo, consistencia, eficiencia y suficiencia.

En la Tabla 6 se describen las características que debe presentar un estimador

Tabla 6. Características de un buen estimador

Carencia de sesgo	Consistencia	Eficiencia	Suficiencia
Un estimador $\hat{\theta}$ será insesgado si su valor esperado coincide con el del parámetro a estimar θ $E(\hat{\theta}) = \theta$	Un estimador $\hat{\theta}$ será consistente si, conforme aumenta el tamaño muestral n , su valor se va aproximando a θ $P(\hat{\theta} - \theta < \delta) \rightarrow 1$	Dados dos posibles estimadores $\hat{\theta}_1$ y $\hat{\theta}_2$ diremos que $\hat{\theta}_1$ es un estimador más eficiente que $\hat{\theta}_2$ si se cumple que $\sigma_{\hat{\theta}_1}^2 < \sigma_{\hat{\theta}_2}^2$	Un estimador $\hat{\theta}$ será suficiente si utiliza toda la información muestral disponible.

Fuente: (Chacón, 2017)

Rojas Dávila describir a un estimador como:

Sea $x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_n$ una muestra aleatoria de tamaño n tomada de una población X , cuyo parámetro θ pertenece a A . ($A \in R$). Un estimador $\hat{\theta}$ de θ es una función cuyo valor $\hat{\theta}(x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_n)$ esta dado en términos de los valores muestrales y es definido como la estimación puntual de este parámetro. (2003, pág. 2)

b) Estimación por intervalos

La estimación por intervalos proporciona un rango de valores entre los que estará situado el parámetro con una cierta probabilidad (Chacón, 2017, pág. 7).

Dicho de otro modo, la estimación por intervalos consiste en determinar un par de valores $[a, b]$ dentro de los cuales podemos asegurar, bajo cierto nivel de confianza, que el verdadero parámetro θ se encuentra comprendido. Suponiendo que la probabilidad pre establecida sea $1 - \alpha$ se deberá cumplir que:

$$P(a < \theta < b) = 1 - \alpha$$

La probabilidad o nivel de confianza refleja la “confianza” en la construcción de un intervalo que incluya el verdadero valor del parámetro a estimar. De ahí que para ser aplicable a una población y de la que se puedan obtener conclusiones estadísticas, dicha probabilidad deba ser alta (0.9; 0.95; 0.99).

2.1.2.2. Contraste de hipótesis

El contraste de hipótesis sirve para determinar, a partir de un conjunto de datos, la validez de un planteamiento establecido. En este sentido y tal como la palabra contraste

lo indica, la realización de este tipo de pruebas tiene como referencia de análisis a mínimo dos hipótesis: la hipótesis nula y la hipótesis alternativa (Universidad de Granada, 2014).

- H_0 : Hipótesis nula: Es la característica o condición principal del estudio; por ende, siempre se desea comprobar y estará sujeta a prueba.
- H_0 : Hipótesis alternativa: Esta hipótesis siempre rechaza la afirmación de la hipótesis nula, en consecuencia, aceptar esta hipótesis implica declarar como falsa la H_0 .

2.1.2.3. Estadística inferencial paramétrica

La estadística inferencial paramétrica es la rama de la estadística que comprende los procedimientos estadísticos y de decisión que están basados en distribuciones conocidas y que emplean un número finito de parámetros con los cuales realizar deducciones o estimaciones (Scientific European Federation of Osteopaths, 2019).

Por ejemplo, el peso de los niños entre 8 y 10 años que sufren diabetes sigue una distribución normal, y podemos estimar los parámetros de esta función de probabilidad a partir de una muestra de la población. Para poder afirmar estadísticamente que la variable se ajusta a la normal se debe realizar un contraste de hipótesis.

a) Distribuciones de probabilidad paramétricas

La distribución de probabilidad paramétrica es una función matemática que depende de uno o varios parámetros para asignar a cada posible resultado de un experimento aleatorio un valor con probabilidades determinadas. (Epidat, 2014)

- **Distribución normal**

Distribución con forma de campana, con parámetros media y varianza. Se denota como $N(\mu, \sigma)$. Es posible conocer la probabilidad en distintos rangos, tal y como se muestra en la Figura 10

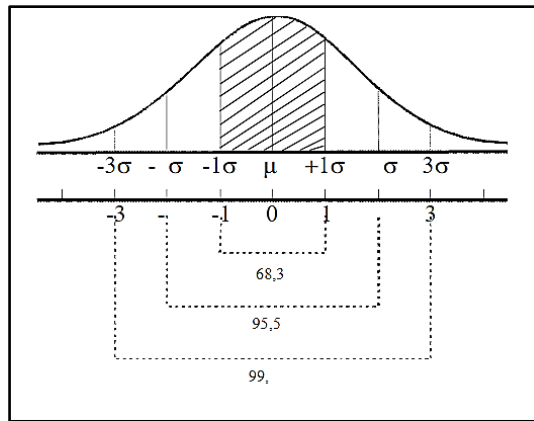


Figura 10. Distribución normal de una variable
Fuente: (Martínez Bencardino, 2012)

El área bajo la curva normal graficada será igual a 100, estando la media aritmética μ localizada en el centro de la curva y dividiéndola en dos partes iguales de 50 y 50 cada una. La variable Z estará representada por el área sombreada bajo la curva, definida por los parámetros μ y σ , que en términos matemático quedaría expresada como:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$$

Donde Z es el valor estadístico de la curva normal, X es cualquier valor de una muestra estadística, μ es el promedio o media aritmética de la muestra estadística y σ que es la desviación estándar.

• Distribución Gamma

Si se estudia un evento generado por un proceso de Poisson cuya media λ , la variable que mide el tiempo transcurrido hasta obtener “n” ocurrencias del evento sigue una distribución gamma con parámetros $a = n\lambda$ (escala) y $p = n$ (forma). (SCIÁN, pág. 19)

Por tanto, esta distribución no es más que una generalización del modelo exponencial, empleada para describir el tiempo que pasa hasta que se producen “n” veces determinado suceso. Por ejemplo, el número de clientes que llegan a una tienda del centro sigue una distribución de Poisson con media en 5 clientes por hora. La probabilidad de que transcurra menos de media hora hasta la llegada del segundo cliente sigue una distribución de gamma $\rightarrow \text{Gamma}(a, p) \rightarrow \text{Gamma}(10, 2)$

- **Distribución logística**

Se utiliza en el estudio del crecimiento temporal de variables. Si U es una variable uniformemente distribuida en el intervalo $[0,1]$ entonces la variable X sería definida: $X = \ln\left(\frac{U}{1-U}\right)$ donde X sigue una distribución logística. Esta función es aplicable a variables de salida cualitativas que son transformadas, a través de operadores logísticos, en valores cuantitativos. (Epidat, 2014)

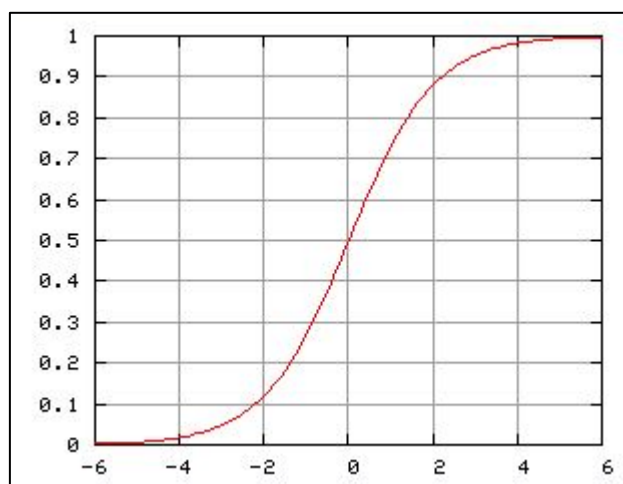


Figura 11. Gráfica de la distribución logística
Fuente: (Olle Sánchez, 2019)

En un estudio se consulta a la muestra de una población sobre el consumo de tabaco, teniendo como opciones: Nunca fumo, Ex-fumador, fuma 20 cigarrillos diarios, fuma más de 20 cigarrillos diarios). De estas 04 posibles respuestas se construyen 03 variables dicotómicas ($4-1=3$), a partir de las cuales se creará una función con la probabilidad de cambio en el riesgo con respecto a la media de las respuestas. (De la Fuente Fernández)

	I1	I2	I3
Nunca fumó	0	0	0
Ex- fumador	1	0	0
< de 20 cigarrillos diarios	0	1	0
≥ 20 cigarrillos diarios	0	0	1

Figura 12. Codificación para el coeficiente de la función de logística
Fuente: (De la Fuente Fernández)

En resumen, esta función busca explicar o predecir una característica cualitativa a partir de datos conocidos (sean estos cuantitativos o cualitativos)

b) T-student

La apariencia general de una distribución t-student será como la de una distribución normal; sin embargo, ha de cumplir con ciertas características como que el centro de esta curva será siempre cero, que es mucho más dispersa que la curva normal y que a medida que el valor de ν (en la Figura 13) aumenta, la dispersión de la curva t disminuye; y que por tanto, a medida que este valor tienda al infinito la curva se aproximará más a una curva normal estándar (Scientific European Federation Osteopaths, 2019).

La fórmula para determinar el valor de la t-student quedaría expresada como:

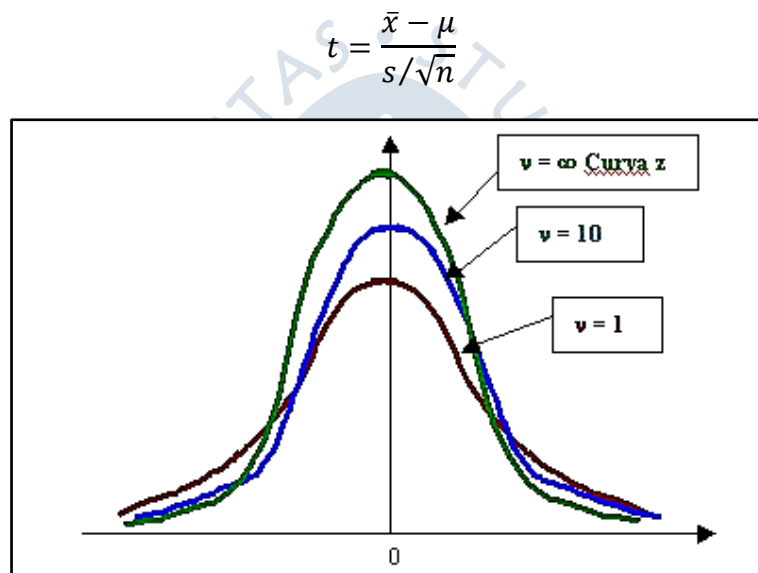


Figura 13. Distribución t-student
Fuente: (INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHIHUAHUA, 2014)

c) Coeficiente de Pearson

El coeficiente de Pearson permite evaluar la correlación entre variables, que es la dependencia lineal entre dos variables; es decir que tanto podemos definir la variable X en términos de la variable Y (Rosas Snell & Zúñiga Contreras, 2008).

Se había descrito antes las medidas de dispersión que en términos gráficos permitía la visualización de dos variables en el plano cartesiano con una relación o tendencia clara. Sin embargo, en ocasiones no basta con la gráfica para determinar la relación entre dos o más variables y se requiere de un concepto matemático que asegure este vínculo estadístico.

De los distintos coeficientes de correlación el más conocido y utilizado es el coeficiente de correlación de Pearson (r) que calcula dividiendo la suma de los productos de las desviaciones de cada variante de X e Y con respecto a sus medias, por el producto de las desviaciones estándar de ambas variables. (Novales, 2010)

En términos matemáticos el coeficiente de Pearson quedaría expresado a través de la siguiente formula donde N es el número de datos.

$$r = \frac{N \sum(XY) - \sum X \sum Y}{\sqrt{[(N \sum X^2 - (\sum X)^2)(N \sum Y^2 - (\sum Y)^2)]}}$$

tal que se cumpla: $-1 \leq r \leq +1$

Se dirá que, r será positivo cuando la relación es perfectamente positiva, es decir cuando al variar la primera variable la segunda varía en las mismas proporciones y en el mismo sentido. r será negativo cuando la relación es perfectamente negativa, es decir cuando al variar la primera variable la segunda varía en las mismas proporciones, pero en direcciones contrarias. r será igual a cero cuando no exista relación entre las dos variables.

2.1.2.4. Estadística inferencial no paramétrica

Como se ha mencionado antes, la estadística inferencial no paramétrica no se basa en distribución de probabilidades conocidas y, por tanto, las conclusiones acerca de la población se basan en los datos analizados sin hacer suposiciones previas acerca de su distribución de probabilidad.

Tenemos técnicas no paramétricas que son contrastes de hipótesis y otras técnicas como regresión, estimación de distribuciones de probabilidad, técnicas cluster, etc.

a) Contraste Chi Cuadrado

La prueba Chi-cuadrado χ^2 permite determinar si una distribución empírica se ajusta o no a una distribución teórica (binomial, multinomial, etc.). Este tipo de pruebas se conoce como bondad de ajuste y no sirve únicamente para determinar si una

distribución se ajusta a la distribución normal, sino que permite averiguar si es que puede ser ajustada a cualquier distribución conocida (Marín, 2006).

En este sentido, la prueba χ^2 compara las frecuencias reales obtenidas (frecuencias observadas n_i) con las frecuencias que debería tener los datos si siguiera la distribución propuesta en la hipótesis nula (frecuencias esperadas m_i):

$$\chi^2 = \sum \frac{(n_i - m_i)^2}{m_i}$$

b) Kolmogorov-Smirnov

La prueba Kolmogorov-Smirnov compara, al igual que la prueba chi-cuadrado, dos frecuencias: la real y la teórica. No obstante, esta prueba se diferencia de la segunda porque trabaja con la distribución acumulada de una variable (IBM Knowledge Center, 2019).

La prueba se calcula a partir de la diferencia mayor (en valor absoluto) entre las funciones de distribución acumuladas teóricas y observadas; evaluando si las observaciones pudieran proceder de una distribución específica (IBM Knowledge Center, 2019).

Plantea las siguientes hipótesis:

- H_0 : La distribución de frecuencias acumuladas observadas es consistente con la distribución teoría X (buen ajuste)
- H_1 : La distribución de frecuencias acumuladas observadas no es consistente con la distribución teórica X (mal ajuste)

c) Estimación no paramétrica de funciones de densidad mediante funciones

Kernel

El método Kernel o estimación no paramétrica de funciones de densidad es una forma de estimar una función de densidad que no siga un modelo conocido (distribución normal, binomial, exponencial, etc.) utilizando principalmente un histograma (Llopis Pérez, 2012).

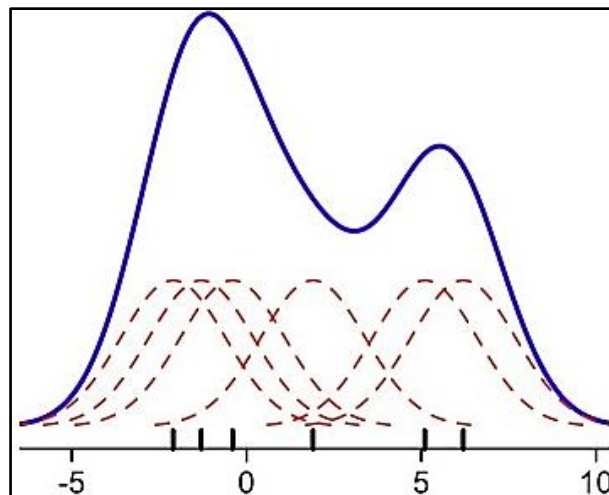


Figura 14. Método Kernel
Fuente: (Llopis Pérez, 2012)

Considerando la Figura 14, diremos que la estimación no paramétrica por densidades transforma las gráficas de rojo en una sola grafica uniforme de azul. Este estimador se construye en primera instancia graficando curvas normales sobre cada valor muestral registrado en el eje X para posteriormente integrarlo en una sola función. Dicho en otras palabras, la estimación de densidades de Kernel sería la suma de funciones normales para todos los puntos muestrales. (Llopis Pérez, 2012).

La función de densidad de Kernel quedará expresada como:

$$\hat{f}_h(x) = \frac{1}{n * h} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{x - x_i}{h}\right)$$

Donde $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ son la muestra de datos aleatorios, k es el Kernel y h (bandwidth) un parámetro mayor a 0 que suaviza la función de densidad. Al ser una función de distribución se presenta un ajuste y un error asociado respecto a la serie de datos desde los cuales se construyó la gráfica (Figura 15), el valor de h estará altamente relacionado. Si h es muy grande, la estimación resultante será muy suave; mientras que si h es muy pequeño, prácticamente se interpolan los datos. (Garzón, 2019)

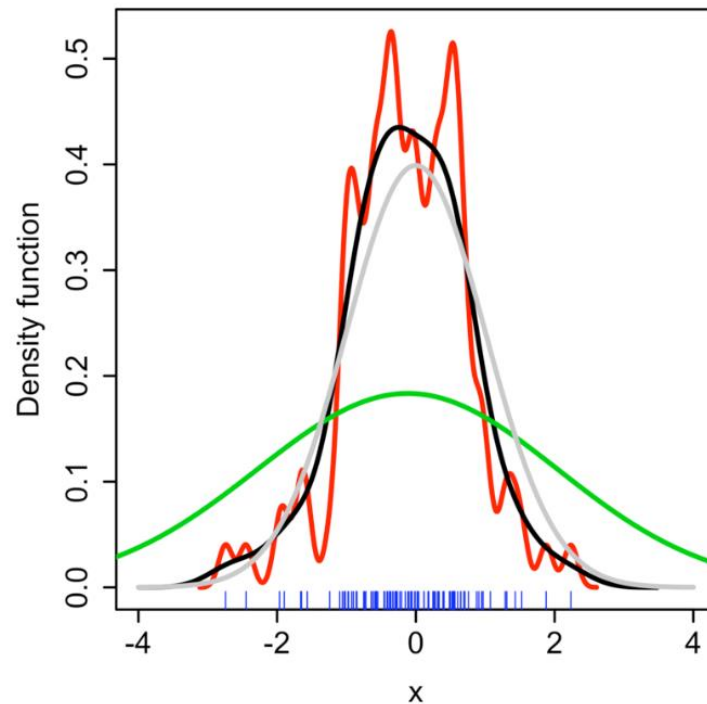


Figura 15. Efecto del valor "h" en estimación de densidad de Kernel.
Fuente: (Garzón, 2019)

La gráfica ha sido realizada en una muestra aleatoria de 100 puntos de una distribución normal. Donde la curva gris representa la densidad real (normal estándar), la roja distribución de densidad de Kernel con un valor de $h=0.05$, la negra, la distribución de densidad de Kernel con un valor de $h=0.377$ y la verde la distribución de densidad de Kernel con un valor de $h=2$

d) Pruebas de distribución binomial

La prueba de distribución binomial permite averiguar si una variable dicotómica sigue o no un determinado modelo de probabilidad. En concreto, permite contrastar la hipótesis de que la proporción observada de aciertos se ajusta a la proporción teórica de una distribución binomial (Marín, 2006, pág. 384).

Este tipo de distribuciones posee ciertas características que harán previsible el modelo matemático que seguirá. En este sentido, diremos que cada prueba realizada deberá tener solo dos posibles resultados (variables dicotómicas) siendo la probabilidad de obtener éxito un valor constante; y, por tanto, la probabilidad de no obtenerlo también lo será. Además, diremos que cada resultado obtenido de las pruebas será completamente independiente del experimento anterior (Marco Sanjuán, 2019).

La distribución binomial quedaría expresada en términos matemáticos como:

$$P(x) = \binom{n}{x} p^x q^{n-x}$$

Donde n es el número de ensayos realizados, p la probabilidad de que el ensayo sea exitoso, q la probabilidad de que el ensayo sea un fracaso ($q = 1 - p$) y x el número de ensayos éxitos realizados.



Capítulo 3

Descripción de procedimiento y encuesta

En este capítulo se describen aspectos relacionados con el conjunto de datos que va a ser utilizado en el diseño antropométrico del mobiliario: tamaño de muestra, universidades seleccionadas para la toma de datos, medidas antropométricas evaluadas, instrumentos y procedimiento de medición.

Asimismo, se presentan las consideraciones que se tomaron en cuenta en la realización de la encuesta con el objetivo de obtener información sobre las deficiencias en el mobiliario universitario que ocasionan molestias o incomodidad en los estudiantes.

3.1. Tamaño de muestra y universidades seleccionadas para la toma de datos

De acuerdo con el Ministerio de Educación, en el 2016 la población universitaria ascendió a casi 15600 estudiantes en Piura (Ministerio de Educación, 2016). Debido a restricciones de tiempo y de personal, se definió un tamaño de muestra de 600 alumnos, que representa el 3.8% del total mencionado anteriormente.

Para la elección de las universidades en las que se llevarían a cabo las mediciones se consideró a las que presentaban un mayor número de estudiantes, ya que la probabilidad de identificar estudiantes de diferentes estratos socioeconómicos era mayor, lo cual favorecía a la aleatoriedad del muestreo. Las universidades seleccionadas fueron: Universidad de Piura (UDEP), Universidad Privada Antenor Orrego (UPAO), Universidad César Vallejo (UCV) y Universidad Nacional de Piura (UNP).

Antes de realizar la toma de datos en los estudiantes, se hizo un análisis ergonómico del mobiliario actual en las aulas de las universidades, con el fin de conocer los posibles

factores que influyen en el discomfort de los estudiantes y establecer diferencias entre los tipos de mobiliario en las universidades evaluadas.

Se tomaron en cuenta los siguientes aspectos: medidas del mobiliario, postura de trabajo y confort ambiental y el análisis se hizo bajo el enfoque de las disposiciones emitidas en la “Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico” (Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, 2008), las cuales se presentan a detalle en el Capítulo 1.

3.1.1. Universidad de Piura

Análisis de las aulas del Aulario (Edificio E), cuyas medidas aproximadas son expuestas en la Tabla 7.

Tabla 7. Medidas del mobiliario de Edificio E - UDEP

Característica	Medida del mobiliario Edificio E – UDEP (cm)
Altura de la superficie del asiento	46.70
Profundidad del asiento	44.20
Ancho del asiento	43.40
Ancho del respaldo	37.60
Altura del respaldo sobre el asiento	42.20
Ángulo del respaldo	112°
Altura del reposabrazos	-
Altura de la mesa	74.30
Profundidad de la mesa	58.80

Fuente: Elaboración propia

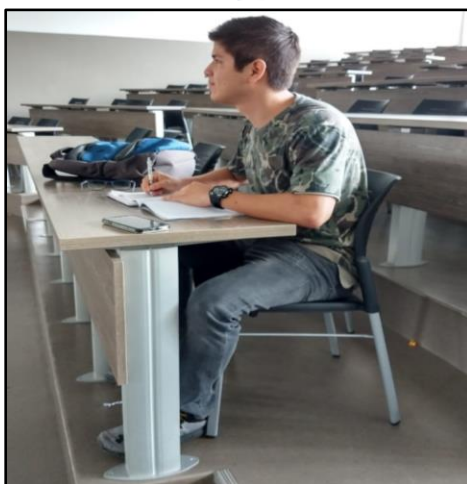


Figura 16. Mobiliario de Edificio E – UDEP
Fuente: Elaboración propia

a) Postura de trabajo

- **Silla de trabajo:** Como se observa en la Figura 16, una de las cualidades que se puede resaltar a simple vista es el diseño del respaldo, el cual guarda relación con la estructura física del cuerpo humano ya que presenta una ligera curvatura que ofrece una mayor comodidad al usuario. Sin embargo, se observa que el asiento no presenta acolchonamiento, y esto puede ser desfavorable teniendo en cuenta la cantidad de horas que permanece sentado el estudiante durante el día, exponiéndose a sufrir molestias en los glúteos o la zona lumbar.
- **Mesa de trabajo:** La mesa de trabajo presenta un espacio suficiente para la movilidad del estudiante cuando realiza sus actividades. Sin embargo, el espacio reservado para las piernas parece ser reducido.

b) Exigencias del confort ambiental

- **Iluminación:** La distribución del aula no permite que la luz solar caiga directamente a través de las ventanas. Asimismo, se cuenta con suficientes luminarias fluorescentes para brindar una correcta iluminación en la totalidad del aula. Sin embargo, podríamos mencionar que la fatiga visual podría darse debido al esfuerzo que deben realizar los estudiantes de las últimas tres filas para ver la pizarra, ya que en promedio distan un radio de 9.6 metros del centro de la pizarra.
- **Temperatura:** De acuerdo con lo manifestado por la Norma Básica, el rango de temperatura recomendado debe oscilar de 23°C a 26°C en invierno y de 20°C a 24°C en verano (Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, 2008).

La temperatura de las aulas en el Edificio E se encuentra en un rango de 20°C a 23°C con el uso del aire acondicionado; es decir, se considera una temperatura adecuada.

Análisis de las aulas del Edificio 80, cuyas medidas aproximadas son expuestas en la Tabla 8.

Tabla 8. Medidas del mobiliario de Edificio 80 - UDEP

Característica	Medida del mobiliario Edificio 80 – UDEP (cm)
Altura de la superficie del asiento	47.6
Profundidad del asiento	41.6
Ancho del asiento	40.7
Ancho del respaldo	36.2
Altura del respaldo sobre el asiento	41.2
Ángulo del respaldo	97°
Altura del reposabrazos	-
Altura de la mesa	76.9
Profundidad de la mesa	45.7

Fuente: Elaboración propia

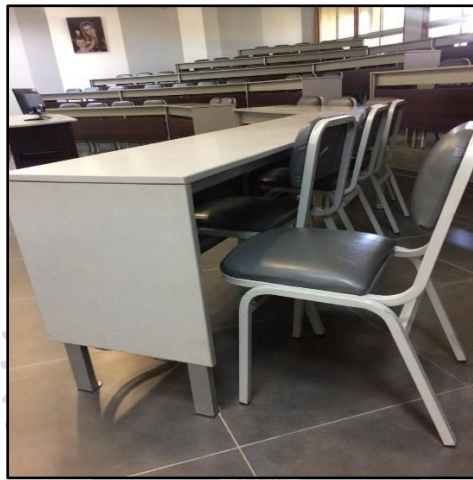


Figura 17. Mobiliario de Edificio 80 – UDEP

Fuente: Elaboración propia

a) Postura de trabajo

- **Silla de trabajo:** De acuerdo con la Figura 17, una característica que se puede rescatar de este tipo de mobiliario es la presencia de acolchonamiento en la base del asiento y respaldo, lo que puede generar un mayor confort en el usuario y reducir el riesgo a sufrir problemas musculoesqueléticos. Por otro lado, las medidas del mobiliario son menores en comparación con las dimensiones del mobiliario del Edificio E, en especial la inclinación del respaldo del asiento. Sin embargo, el rango de confort establecido por la Norma Básica se encuentra entre 90° a 115°, por lo que no presentaría problemas ergonómicos en los estudiantes (Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, 2008).
- **Mesa de trabajo:** La mesa de trabajo presenta un espacio suficiente para la movilidad del estudiante cuando realiza sus actividades. Sin embargo, cabe resaltar que, a mayor

cantidad de sillas presentes en una fila, más reducido será el espacio que disponga el estudiante.

b) Exigencias del confort ambiental

- **Iluminación:** Si bien el aula cuenta con suficientes luminarias fluorescentes para la iluminación del aula, la distribución del aula permite el paso de la luz solar por las ventanas, especialmente en las tardes, lo que puede causar dificultad visual en los estudiantes debido al brillo que se produce en la pizarra.
- **Temperatura:** Las aulas en el Edificio 80 cuentan con aire acondicionado y el rango de temperatura se encuentra entre 20°C y 23°C; es decir, bajo las mismas condiciones mencionadas en el análisis de las aulas del Edificio E, las aulas del Edificio 80 cuentan con una temperatura adecuada de acuerdo con la Norma Básica. Sin embargo, cabe resaltar que, durante su actividad, el aire acondicionado cae directamente a determinados asientos en los que podrían encontrarse estudiantes, los cuales se verían afectados por el aire frío al que están expuestos.

Análisis de las aulas del Edificio Principal, cuyas medidas aproximadas son expuestas en la Tabla 9.

Tabla 9. Medidas del mobiliario de Edificio Principal - UDEP

Característica	Medida del mobiliario Edificio Principal – UDEP (cm)
Altura de la superficie del asiento	47.6
Profundidad del asiento	41.6
Ancho del asiento	40.7
Ancho del respaldo	36.2
Altura del respaldo sobre el asiento	41.2
Ángulo del respaldo	97°
Altura del reposabrazos	-
Altura de la mesa	78.4
Profundidad de la mesa	41.8

Fuente: Elaboración propia



Figura 18. Mobiliario de Edificio Principal – UDEP
Fuente: Elaboración propia

a) Postura de trabajo

- **Silla de trabajo:** Como se puede observar en la Figura 18, las medidas de la silla que presenta el mobiliario del Edificio Principal son iguales a las medidas de la silla del mobiliario del Edificio 80, por lo que la descripción realizada para el caso del Edificio 80 sería la misma para el caso del Edificio Principal.
- **Mesa de trabajo:** A diferencia de la mesa del mobiliario del Edificio 80, la mesa del mobiliario del Edificio Principal es ligeramente más alta y se aprecia una medida mayor en el largo de las filas, por lo que se podría considerar un mayor espacio entre los estudiantes.

b) Exigencias del confort ambiental

- **Iluminación:** Aunque la distribución del aula permite el paso de la luz solar por las ventanas, esta se puede evitar con el uso de las cortinas con las que cuenta el aula. Asimismo, se cuenta con la suficiente cantidad de luminarias fluorescentes para la iluminación. Sin embargo, tal y como sucede en las aulas del Edificio E, los estudiantes de las últimas tres filas deben realizar un esfuerzo visual para poder ver la pizarra, ya que la distancia promedio a la que distan de ella es de 10.8 metros, lo que podría causar una fatiga visual en los estudiantes, perjudicando su concentración en clases.
- **Temperatura:** Las aulas del Edificio Principal, a diferencia de los dos casos anteriormente vistos, cuenta con ventiladores, y aunque estos no generan el mismo

grado de satisfacción térmica que los aires acondicionados, la cantidad de ventiladores presentes por aula mantienen un ambiente con temperatura estable y cómoda. El rango de temperatura se encuentra entre 22°C y 24°C; es decir, bajo las mismas condiciones mencionadas en el análisis de las aulas del Edificio E y del Edificio 80, las aulas del Edificio Principal cuentan con una temperatura adecuada de acuerdo con la Norma Básica.

3.1.2. Universidad Privada Antenor Orrego

Análisis de las aulas de la Universidad Privada Antenor Orrego, cuyas medidas aproximadas son expuestas en la Tabla 10.

Tabla 10. Medidas del mobiliario de UPAO

Característica	Medida del mobiliario – UPAO (cm)
Altura de la superficie del asiento	44.1
Profundidad del asiento	36.7
Ancho del asiento	41.7
Ancho del respaldo	36.4
Altura del respaldo sobre el asiento	41.2
Ángulo del respaldo	108°
Altura del reposabrazos	-
Altura de la mesa	74.7
Profundidad de la mesa	34.8

Fuente: Elaboración propia

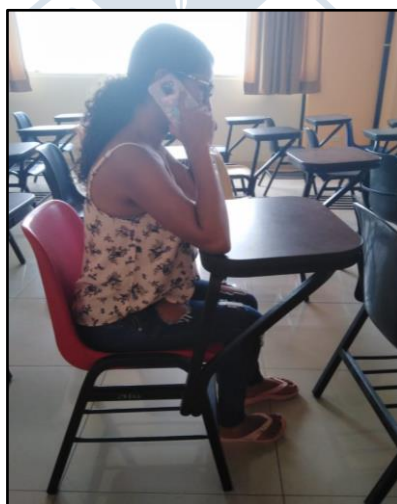


Figura 19. Mobiliario de la Universidad Privada Antenor Orrego
Fuente: Elaboración propia

a) Postura de trabajo

- **La silla de trabajo:** Como se puede observar en la Figura 19, las aulas tienen carpetas unipersonales con asientos rectos y respaldar con ligera inclinación. Asimismo, se observa un espacio insuficiente para la movilidad de brazos y piernas, obligando al alumno a tomar posturas forzadas. Por otro lado, se puede mencionar una peculiaridad existente en la silla, la cual no presenta una separación entre el asiento y el respaldar, siendo poco común observar este diseño con continuidad en las carpetas unipersonales, lo cual permitiría un reposo de la parte lumbar de los estudiantes, resultando favorable para el confort.
- **La mesa de trabajo:** Por lo general, las carpetas unipersonales presentan insuficiente espacio en sus mesas para mantener una buena disposición de elementos sobre ella. Si se compara las medidas de las mesas del mobiliario del caso anterior con la mesa de la carpeta unipersonal presentada en este caso, se apreciará una diferencia de 10cm aproximadamente en lo que respecta a la profundidad de la mesa. Esto obligará a realizar movimientos forzados del tronco y, por consiguiente, futuros dolores de espalda a los estudiantes que usen estas carpetas.

b) Exigencias del confort ambiental

- **Iluminación:** Aunque la luz solar cae directamente a los alumnos por la ventana, debido a la distribución del edificio, el uso de cortinas evita la excesiva exposición de la luz que puede dificultar la visión por el brillo.
- **Temperatura:** Evidentemente este factor se ve afectado por el uso de las cortinas ya que no permiten la fluidez del aire. Sin embargo, los ventiladores mantienen una temperatura entre 23°C a 25°C, lo cual, como lo mencionamos anteriormente, está dentro del rango de confort establecido por la Norma Básica.

3.1.3. Universidad Nacional de Piura

Análisis de las aulas de la Universidad Nacional de Piura, cuyas medidas aproximadas son expuestas en la Tabla 11.

Tabla 11. Medidas del mobiliario de UNP

Característica	Medida del mobiliario – UNP (cm)
Altura de la superficie del asiento	43.3
Profundidad del asiento	35.9
Ancho del asiento	43.2
Ancho del respaldo	37.6
Altura del respaldo sobre el asiento	43.7
Ángulo del respaldo	92°
Altura del reposabrazos	-
Altura de la mesa	76.1
Profundidad de la mesa	33.7

Fuente: Elaboración propia

Figura 20. Mobiliario de la Universidad Nacional de Piura
Fuente: Elaboración propia

a) Postura de trabajo

- **La silla de trabajo:** Como se mencionó en el caso anterior, las carpetas unipersonales presentan, por lo general, espacio insuficiente para la movilidad del estudiante. En este caso, se presentan carpetas unipersonales de espacio insuficiente para la comodidad del estudiante, con asiento y respaldar rectos y sin acolchonamiento que no se ajustan al cuerpo del estudiante y que conllevan a posturas forzadas que podrían ocasionar trastornos musculoesqueléticos.
- **La mesa de trabajo:** En este caso, las medidas de la carpeta unipersonal son similares a las presentadas en el caso anterior. Como se observa en la Figura 20, se presenta un espacio inadecuado para ejercer la movilidad de los brazos o para la utilidad de laptops

en el pupitre. El espacio disponible para la movilidad de las piernas dependerá de la distancia que se mantenga con la carpeta siguiente. Esto obliga que los alumnos tengan mayor fatiga durante su jornada de estudios.

b) Exigencias del confort ambiental

- **Iluminación:** La iluminación mediante lámparas en el aula es adecuada y no obliga a realizar sobreesfuerzos visuales. Sin embargo, la luz del sol dificulta la visualización debido al brillo que produce en la pizarra. Es necesario el uso de cortinas.
- **Temperatura:** Este es el factor que más afecta a los estudiantes y que aumenta su incomodidad durante la jornada de estudios, ya que, a pesar de que las aulas cuenten con ventiladores, estos no son los suficientes para ejercer la potencia necesaria para enfriar toda el aula.

3.1.4. Universidad César Vallejo

Análisis de las aulas de la Universidad César Vallejo, cuyas medidas aproximadas son expuestas en la Tabla 12.

Tabla 12. Medidas del mobiliario de UCV

Característica	Medida del mobiliario – UCV (cm)
Altura de la superficie del asiento	43.8
Profundidad del asiento	37.2
Ancho del asiento	36.6
Ancho del respaldo	37.1
Altura del respaldo sobre el asiento	41.6
Ángulo del respaldo	96°
Altura del reposabrazos	-
Altura de la mesa	75.3
Profundidad de la mesa	35.2

Fuente: Elaboración propia



Figura 21. Mobiliario de la Universidad César Vallejo
Fuente: Elaboración propia

a) Postura de trabajo

- **La silla de trabajo:** Se presenta una silla de trabajo similar a la descrita en las dos universidades anteriores: carpetas unipersonales con asiento y respaldar recto que incrementan la incomodidad de los estudiantes y los expone a sufrir lesiones en las zonas lumbar y pélvica. Asimismo, como se puede observar en la Figura 21, estas carpetas presentan un ancho muy estrecho, lo que perjudica el confort de los estudiantes.
- **La mesa de trabajo:** Espacio reducido que impide la completa movilidad de los brazos y piernas del estudiante. Asimismo, algo muy incómodo con este tipo de carpetas personales es que exigen tomar una postura más forzada a los estudiantes zurdos, lo cual demuestra su falta de asimetría.

b) Exigencias del confort ambiental

- **Iluminación:** Existe una correcta iluminación en las aulas de clase ya que se cuenta con suficientes luminarias fluorescentes, pero la luz solar dificulta la visión debido al brillo que ejerce su reflejo en la pizarra. Es necesario el uso de cortinas.

- **Temperatura:** El uso de ventiladores en las aulas permite mantener una temperatura de 23°C a 25°C, lo cual se encuentra dentro del rango de confort establecido por la Norma Básica como lo mencionamos anteriormente.

3.2. Descripción de los datos antropométricos

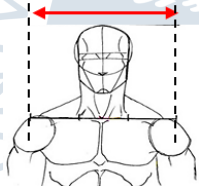
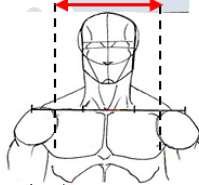
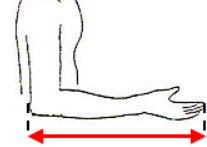
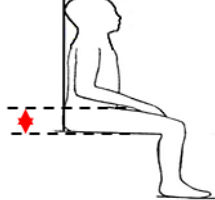
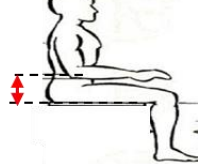
Debido al tamaño de la muestra, las mediciones se realizaron con la ayuda de estudiantes que cursaron la asignatura Seguridad y Salud en el Trabajo en el periodo académico 2018-II. En total se formaron cuatro grupos conformados por cinco estudiantes cada uno, que estuvieron siempre bajo nuestra supervisión. De esta manera, cada grupo tomó datos a 150 estudiantes de una universidad en específico.

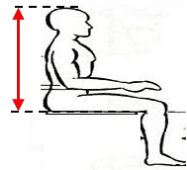
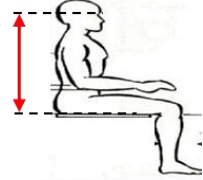
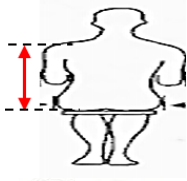
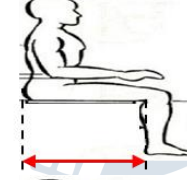
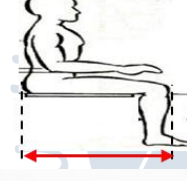
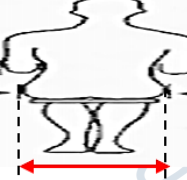
Para las mediciones se realizó las solicitudes a las universidades correspondientes, teniendo las facilidades de las cuatro universidades. Para las mediciones de la Universidad de Piura y la Universidad Nacional de Piura se pudieron realizar dentro de las instalaciones; mientras que, para la Universidad Antenor Orrego y Cesar Vallejo las mediciones se realizaron a las afueras de las instalaciones..

Una vez que se tuvo conocimiento de las universidades objetivo y de los puntos de toma de datos en cada una, se procede a determinar las dimensiones antropométricas que se tomarán en cuenta en las mediciones. Para esto, se consideró la norma ISO 7250-1: 2017 (Organización Internacional de Normalización, 2017), la cual proporciona una descripción de las dimensiones antropométricas que se pueden utilizar para comparar los distintos grupos de población.

En el presente proyecto se consideraron catorce dimensiones antropométricas, las cuales se detallan en la Tabla 13.

Tabla 13. Descripción de medidas antropométricas

Medida antropométrica		Descripción
Peso		Masa corporal de las personas
Estatura		Distancia vertical desde la horizontal hasta la parte superior y más prominente de la cabeza
Altura poplítea parado		Distancia vertical desde el suelo hasta parte de adentro del muslo (fosa poplítea)
Anchura de hombros		Distancia horizontal entre los hombros (máxima protuberancia de los músculos deltoides)
Anchura del pecho		Distancia horizontal entre los extremos del pecho, al nivel del cuarto espacio intercostal sobre el esternón
Largo de apoyabrazos		Distancia horizontal desde la parte posterior del codo hasta la punta del tercer dedo medio de la mano
Altura del muslo		Distancia vertical desde la horizontal (superficie de apoyo del asiento) hasta el punto más alto del muslo
Altura del codo en reposo		Distancia vertical desde la horizontal (superficie de apoyo del asiento) hasta la depresión del codo donde se articulan los huesos del brazo y antebrazo

Medida antropométrica		Descripción
Altura sentado		Distancia vertical desde la horizontal (superficie de apoyo del asiento) hasta la parte superior y más prominente de la cabeza
Altura de ojos sentado		Distancia vertical desde la horizontal (superficie de apoyo del asiento) hasta el ángulo externo del ojo
Altura de hombros sentado		Distancia vertical desde la horizontal (superficie de apoyo del asiento) hasta el acromio (parte superior y más alta y externa del hombro)
Distancia nalga-poplíteo		Distancia horizontal desde la vertical (respaldo del asiento) hasta la parte posterior de la rodilla (fosa poplíteo)
Distancia nalga-rodilla		Distancia horizontal desde la vertical (respaldo del asiento) hasta la parte anterior de la rodilla (rótula, patela)
Ancho de caderas		Distancia horizontal entre los puntos más laterales de las caderas sentado

Fuente: Datos tomados de (Carmenate, Moncada, & Borjas, 2014). Elaboración propia

3.3. Encuesta para conocer posibles problemas musculo esqueléticos

Se realizó una encuesta a los estudiantes con la finalidad de identificar el grado de conocimientos que tienen sobre los riesgos ergonómicos a los que están expuestos y los malos hábitos de estudio que puedan ocasionar daños físicos.

De igual manera, la encuesta permitirá reconocer los problemas musculoesqueléticos o dolencias que más aquejan a los estudiantes y que surgen debido a las malas posturas. Esto es importante ya que, de acuerdo con lo establecido por Pedro Mondelo (2001) en su libro *Ergonomía 4: El trabajo en oficinas*, estos problemas ergonómicos (dolencias) se encuentran relacionados con el diseño del mobiliario.

Precisamente, en la Tabla 14 se muestra la relación que existe entre las dolencias y el diseño del mobiliario, algunas posibles causas que originan los problemas ergonómicos y los parámetros de diseño del mobiliario que deben ser tomados en cuenta para su solución.

Tabla 14. Relación entre problemas ergonómicos y parámetros de diseño

Problemas ergonómicos	Causas posibles	Parámetros de diseño
Molestias en los glúteos	- Distribución de presiones inadecuada - Falta de movilidad - Posturas desplomadas	- Firmeza del asiento - Relieve del asiento - Profundidad del asiento - Inclinación del asiento
Molestias en la espalda	- Flexión dorsal - Falta de movilidad	- Respaldo - Altura mesa-asiento - Profundidad del asiento
Molestias en el cuello	- Flexión del cuello	- Altura mesa-silla - Inclinación de la mesa
Molestias en la cadera	- Posturas muy flexionadas - Falta de movilidad - Posturas desplomadas - Inestabilidad	- Altura mesa-asiento - Respaldo inadecuado - Inclinación del asiento - Profundidad del asiento - Firmeza del asiento

Fuente: Datos tomados de (Mondelo, Torada, Gonzáles, & Gómez, 2001). Elaboración propia

La encuesta constó de cinco preguntas de opción múltiple y se enfocó en las dolencias más habituales que se observan en la Tabla 14 y que surgen como consecuencia de malas posturas y mobiliarios inadecuados: problemas en la cadera, cuello, espalda y glúteos (Mondelo, Torada, Gonzáles, & Gómez, 2001).

Las preguntas incluidas se muestran a continuación:

1. Antes de iniciar su jornada de estudios, ¿Suele presentar alguna molestia física en los músculos o huesos?
 - a) Cadera
 - b) Cuello
 - c) Espalda
 - d) Glúteos
 - e) Otros y ninguno
2. ¿Cuántas horas puedes estar sentado sin que se presente alguna molestia física en su cuerpo?
 - a) 1 a 3 horas
 - b) 3 a 5 horas

- c) 5 a 8 horas
 - d) Más de 8 horas
3. ¿Realiza algún ejercicio de estiramiento y/o relajación después de su sesión de estudios?
- a) Sí
 - b) No
4. ¿Qué tiempo de descanso, como mínimo, considera necesario para poder relajar su cuerpo después de una sesión de estudios?
- a) 10 min.
 - b) 15 min.
 - c) 20 min.
 - d) 30 min.
 - e) Más de 30 min.
5. Después de terminar su jornada de estudios, ¿Suele presentar alguna molestia física en los músculos o huesos?
- a) Cadera
 - b) Cuello
 - c) Espalda
 - d) Glúteos
 - e) Otros y ninguno

Como se puede observar en la encuesta, las preguntas N°1 y N°5 se enfocan en los problemas ergonómicos mencionados en la Tabla 14. Por otro lado, se decidió introducir la alternativa “Otros y ninguno” con el fin de englobar otros posibles problemas que puedan presentar los estudiantes y que no estén incluidos en los problemas ergonómicos más habituales mostrados en la Tabla 14, o para los casos en que no se presente ninguna molestia por parte de los estudiantes.

3.4. Procedimiento para la medición de las dimensiones antropométricas

Dado que las mediciones iban a ser tomadas por diferentes personas, se elaboró una guía (la cual guarda similitud con la Tabla 13) para minimizar errores de medida. En la guía se detalla las consideraciones que deben ser tomadas en cuenta para que la medición de las variables sea correcta. Por ejemplo, un gráfico delimitando, mediante líneas de acotación, la zona que debe ser medida en la persona; la posición correcta en la que se debe encontrar el sujeto antes de tomar la medida ya sea sentado o de pie, etc. Además, se incluye una breve descripción para cada variable.

Para recoger los datos de forma ordenada y clara se confeccionó una plantilla, la cual se muestra en el Anexo A. Los datos recopilados incluyen: sexo, fecha de nacimiento, universidad, carrera y periodo académico que cursa el estudiante y las mediciones de las variables antropométricas.

Antes de iniciar la toma de datos se llevó a cabo una reunión con los alumnos encargados de hacer las mediciones y la encuesta, para poder explicarles personalmente la manera correcta de tomar cada medida, la forma adecuada de completar la plantilla y de realizar las encuestas.

En cuanto a los instrumentos de medición, se usó una cinta métrica para medir, reglas como material de apoyo para proyectar la línea de medición y una balanza. En el caso que la variable a medir se tuviera que realizar en posición sentado, se usó una silla. En la Tabla 15 se especifica los instrumentos utilizados indicando su funcionalidad.

Tabla 15. Instrumentos para mediciones

Instrumento	Función
Cinta métrica	Debido a que presenta una mayor rigidez que la cinta métrica, se realizará una medición más precisa, reduciendo el margen de error en la toma de datos.
Reglas	Permitirán realizar la proyección de los puntos límites de cada medida, trazándolas perpendicularmente a la wincha.
Balanza	Se utilizará específicamente para calcular el peso de cada persona. Se recomienda que sea una balanza digital debido a su precisión.
Silla de apoyo	Se utilizará para las medidas tomadas con el sujeto sentado. Cada grupo debe utilizar la misma silla para todas sus mediciones.

Fuente: Elaboración propia

3.5. Procedimiento para el diseño antropométrico del mobiliario

Para el análisis de los datos se hará uso de dos paquetes informáticos: Minitab 18, que es un paquete estadístico, y Octave 4.0.3, que es un paquete de cálculo.

Los análisis realizados con ellos se detallan a continuación.

3.5.1. Minitab

- Es necesario importar los datos de Excel, y tener la base de datos de tal manera que cada fila representa un individuo y cada columna una variable.
- El primer análisis es exploratorio a través de histogramas, con el fin de detectar datos atípicos que impliquen errores de medida o de tipeo.
- Luego se realiza la segmentación según dos criterios: por sexo y por homogeneidad, este último utilizando la técnica de k-medias.

Si la segmentación es por sexo, se hará uso de la herramienta *Datos > Crear subconjunto de hoja de trabajo*. Con esta opción se puede segmentar la población por los valores que se puedan tener en las columnas o filas, en este caso se indicará la columna sexo como indicador de segmentación.

Si la segmentación es por clúster, se hará uso de la herramienta *Análisis multivariado > Conglomerados de k medias*. Antes de realizar la segmentación en este caso, es indispensable que todas las columnas de variables tengan la misma cantidad de datos, saber la cantidad de grupos que se quiere obtener y la variable que se tomará en cuenta para la segmentación. Finalmente, en una columna adicional asociarán cada dato a un respectivo grupo. De esta manera se realiza la segmentación por clúster.

- Con los datos segmentados se realiza el análisis de cada variable antropométrica. El objetivo es determinar qué distribución de probabilidad (o función de densidad) sigue la variable para poder calcular los percentiles P_5 , P_{50} y P_{95} , que se usan en el cálculo de las dimensiones óptimas del mobiliario.

- Para determinar la distribución de probabilidad se selecciona *Estadística > Herramientas de calidad > Identificación de la distribución individual*. Esta herramienta permite escoger y evaluar si los datos se ajustan a una distribución conocida: normal, lognormal, gamma, entre otras. Para ello, se hace una prueba de bondad de ajuste, de manera que si el valor p es mayor a 0.05 (valor $p > 0.05$), entonces los datos sí se ajustan a dicha distribución.
- En primer lugar, se evalúa si los datos siguen una distribución Normal. Si no es así, se realiza una transformación de Box-Cox para buscar la normalidad de los datos (seleccionar *Estadística > Gráficas de control > Transformación de Box-Cox*);

$$Z_{\lambda} = Y^{\lambda} \quad \text{si } \lambda \neq 0$$

$$Z_{\lambda} = \ln(Y) \quad \text{si } \lambda = 0$$

Si no se consigue normalidad a través de esta transformación, entonces se busca el ajuste con otra distribución conocida: lognormal, beta, etc.

Si ninguna distribución paramétrica es válida, entonces se realiza un ajuste no paramétrico, ese ajuste se hace con Octave.

- Una vez estimada la distribución se calcula el valor de sus percentiles P_5 , P_{50} y P_{95} . Para esto se selecciona *Calculadora > Distribuciones de probabilidad*, y se elige la distribución a la que se ajustó la variable evaluada. En esta herramienta se tendrá que seleccionar la opción de probabilidad acumulada inversa (para obtener directamente el valor del percentil), indicar la variable que se está evaluando y el percentil que se requiera. Asimismo, se deben indicar los parámetros de la distribución, por ejemplo, si es la Normal, se debe indicar la media y varianza que se estimó con los datos.

Estos parámetros se obtienen en Minitab al realizar el ajuste de la distribución.

Si se hizo una transformación de Box-Cox, una vez que se obtengan los percentiles P_5 , P_{50} y P_{95} requeridos, se debe tomar en cuenta que esos son los percentiles para la variable transformada y se debe deshacer la transformación para obtener los percentiles correctos.

3.5.2. Octave

En el caso que las variables no se ajusten a ninguna distribución paramétrica, incluso después de aplicar la Transformación Box-Cox, se estimará una función de densidad no paramétrica con funciones Kernel. Para esto se usará Octave 4.0.3.

- En primer lugar, se debe tomar en cuenta que el programa Octave trabaja con archivos guardados de tipo texto, así que explicaremos cuál es la forma en que se debe tener almacenado los datos para evitar problemas al momento de ejecutar el programa.

El archivo Excel, donde se encuentran almacenados los datos de las variables restantes, tiene incluido los valores atípicos que se determinaron en un inicio. Estos valores no deben ser borrados, ya que al momento de ejecutar el programa nos arrojaría un error por almacenar un dato vacío. De todas formas, se especificará en el código qué número de celdas contienen a los valores atípicos para no tomarlas en cuenta. Posterior a ello, se procede a guardar el archivo con tipo “Documento de texto”. Como última consideración en este punto, se debe abrir el archivo texto y colocar un símbolo de porcentaje (%) al inicio de la primera fila. Esto evitará que el programa lea los datos no numéricos que se almacenan en la primera fila, donde están registrados los nombres de las variables. Con esto, se procede a trabajar directamente en el programa Octave.

- El código será escrito en una nueva hoja de la sección "Editor" de Octave y deberá ser guardado cada vez que se realice alguna modificación para que pueda ser ejecutado.

Debido a su extensión, se procedió a dividir el código en siete partes para poder facilitar su explicación.

- La primera parte del código se encarga de leer el fichero de tipo texto que contiene los datos de las variables. Para esto es importante seleccionar la ruta en la que se guardó el fichero. Asimismo, se indica cuál es el número de columna que almacena los datos de la variable que se va a analizar, y cuáles son las filas que almacenan los valores a considerar en el análisis; es decir, aquellas que no contienen valores atípicos.
- En la segunda parte se muestra el código para poder calcular el ancho de banda óptimo (*h_{ópt}*), que es un parámetro del modelo que influye en la precisión de la estimación de la función de densidad, ya que, a medida que aumenta, la estimación es más suave, y viceversa.

- La tercera parte muestra el código para el desarrollo del gráfico del histograma. Aquí sólo se debe indicar el número de clases o intervalos (*bin*) que tendrá el histograma. El resto del código en esta parte está determinado para calcular el ancho del intervalo en el histograma, el número de observaciones en cada intervalo y puntos medios intervalos. Todos estos cálculos dependerán del valor que se le otorgue al número de clases (*bin*). Asimismo, al momento de ejecutar el programa se mostrará el gráfico del histograma con las características indicadas en esta parte del código.
- La cuarta parte tiene por objetivo elegir los puntos "*x*" donde se realizará la estimación de la densidad. Para esto, se debe ingresar el valor "*d*", que representa la distancia que deberá existir entre cada punto "*x*". La elección de los puntos viene determinada por el código, y depende del valor que se le asigne a "*d*".
- En la quinta parte se realiza la estimación no paramétrica utilizando Kernel Gaussiano. Si bien es la parte más importante, no será necesario ingresar ningún valor aquí, ya que en el código se muestra la fórmula para el cálculo de la estimación Kernel Gaussiano, que viene dada por la siguiente ecuación:

$$K(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}}$$

Cabe resaltar que, al momento de ejecutar el programa, la estimación será mostrada en el mismo gráfico del histograma.

- La sexta parte se basa en la prueba de bondad de ajuste para contrastar si los datos de la variable analizada pertenecen a una población que sigue una distribución de probabilidad de la función de densidad estimada. De acuerdo con el código, en primer lugar, se calculará las frecuencias observadas. Para esto, se generará un histograma y se deberá ingresar el número de intervalos (*B*). Como el histograma será utilizado sólo para esta parte de la prueba de bondad de ajuste y no afecta a la estimación realizada anteriormente, la cantidad de intervalos (*B*) puede diferir de la cantidad de intervalos ingresado para el histograma inicial (*bin*). Aunque, en el procedimiento se decidió utilizar la misma cantidad de intervalos para ambos histogramas (*bin = B*). Posteriormente, ya no es necesario ingresar algún otro dato, pero el código procede a calcular las frecuencias esperadas.

Para concluir este punto, se procede a realizar el test de la Chi cuadrado y verificar si se acepta la hipótesis nula o se rechaza. Para esto, si $p - \text{valor} > 0.05$,

entonces $Chi^2Value < Chi^2Crit$ y, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, y se puede afirmar que la variable analizada pertenece a una población con la función de densidad estimada. Es preciso que el valor de cada frecuencia esperada u observada sea mayor a 5. En el caso de que no se cumpla eso, se tendrá que agrupar clases vecinas, tanto en las frecuencias observadas y esperadas, para que el valor sea mayor a 5. La prueba de bondad de ajuste en este caso de post agrupación tendrá que realizarse manualmente, ya que el código presentado no permite agrupar clases. En el caso de que se rechace la hipótesis nula, se debe variar los parámetros del modelo $hópt, d, bin$ y B hasta obtener una función de densidad adecuada.

- La última parte permite determinar el valor de los percentiles P_5 , P_{50} y P_{95} una vez que se haya aceptado la hipótesis nula en el test de la Chi cuadrado. El código calculará la probabilidad de obtener un valor menor o igual a x , si esta probabilidad es igual a 0.05, 0.50 o 0.95, entonces x es el percentil P_5 , P_{50} y P_{95} , respectivamente.
- Una vez que se hayan ingresado los datos solicitados en cada parte del código, se procede a ejecutar el programa. Para esto, se debe dirigir a la sección "*Command Window*" y escribir el nombre con el cuál se guardó la hoja de Octave. Se verifica la estimación y el valor de cada percentil, y de ser necesario, se realiza alguna modificación a los datos ingresados para obtener una mayor precisión en los resultados.

3.5.3. Dimensiones del mobiliario

Hasta aquí, se han obtenido los percentiles P_5 , P_{50} y P_{95} de cada variable. Estos servirán para determinar las dimensiones óptimas del mobiliario. Para ello, se utilizará el "Principio de diseño para un intervalo ajustable", el cual permite ajustar el mobiliario a las medidas del usuario, a través de ciertos criterios de diseño. En el capítulo 1 se explicó a detalle sobre los principios para el diseño antropométrico y por qué se optó por este principio.

A manera de resumen se presenta un diagrama de flujo del procedimiento en las figuras 22 y 23.

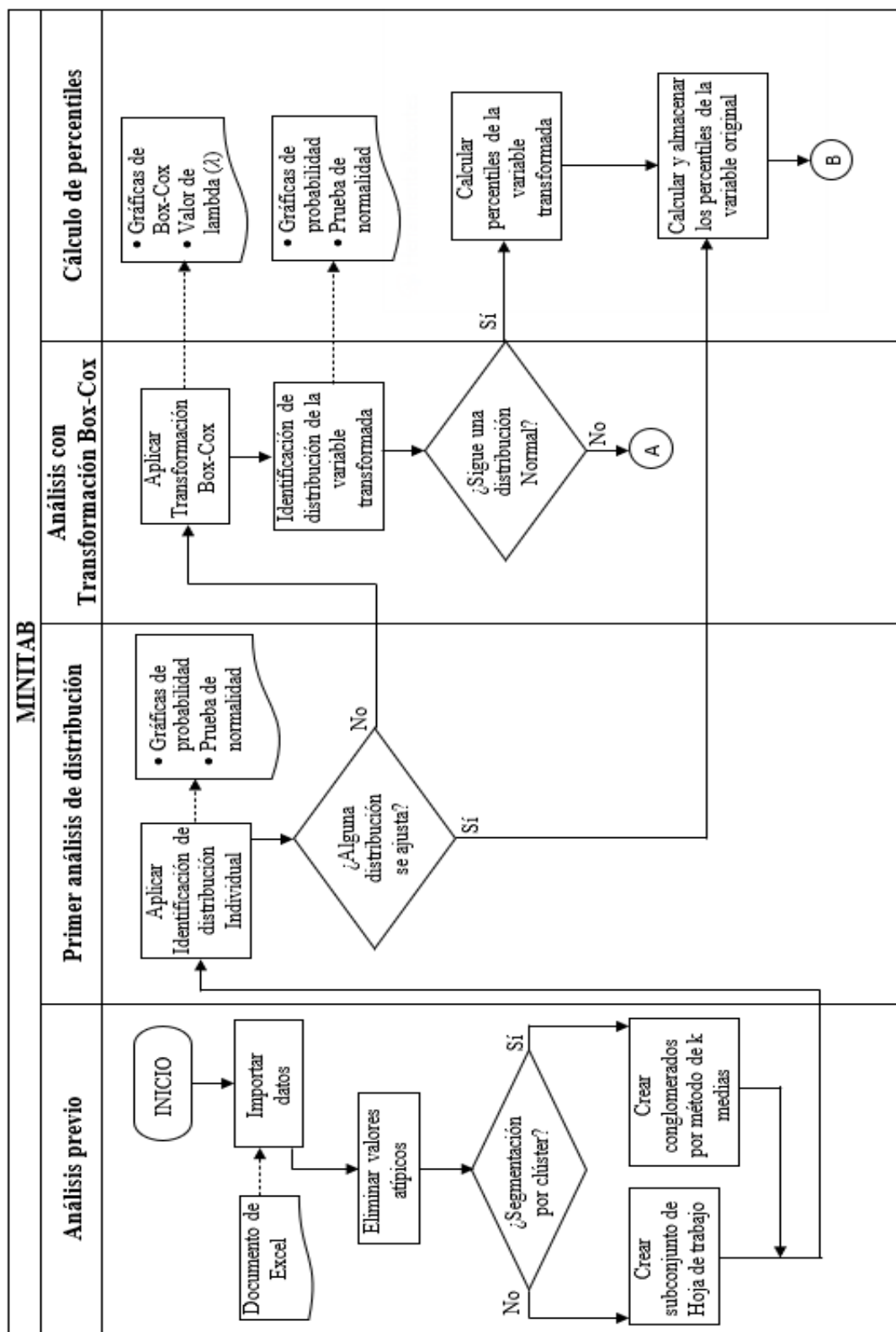


Figura 22. Diagrama de flujo MINITAB
Fuente: Elaboración propia

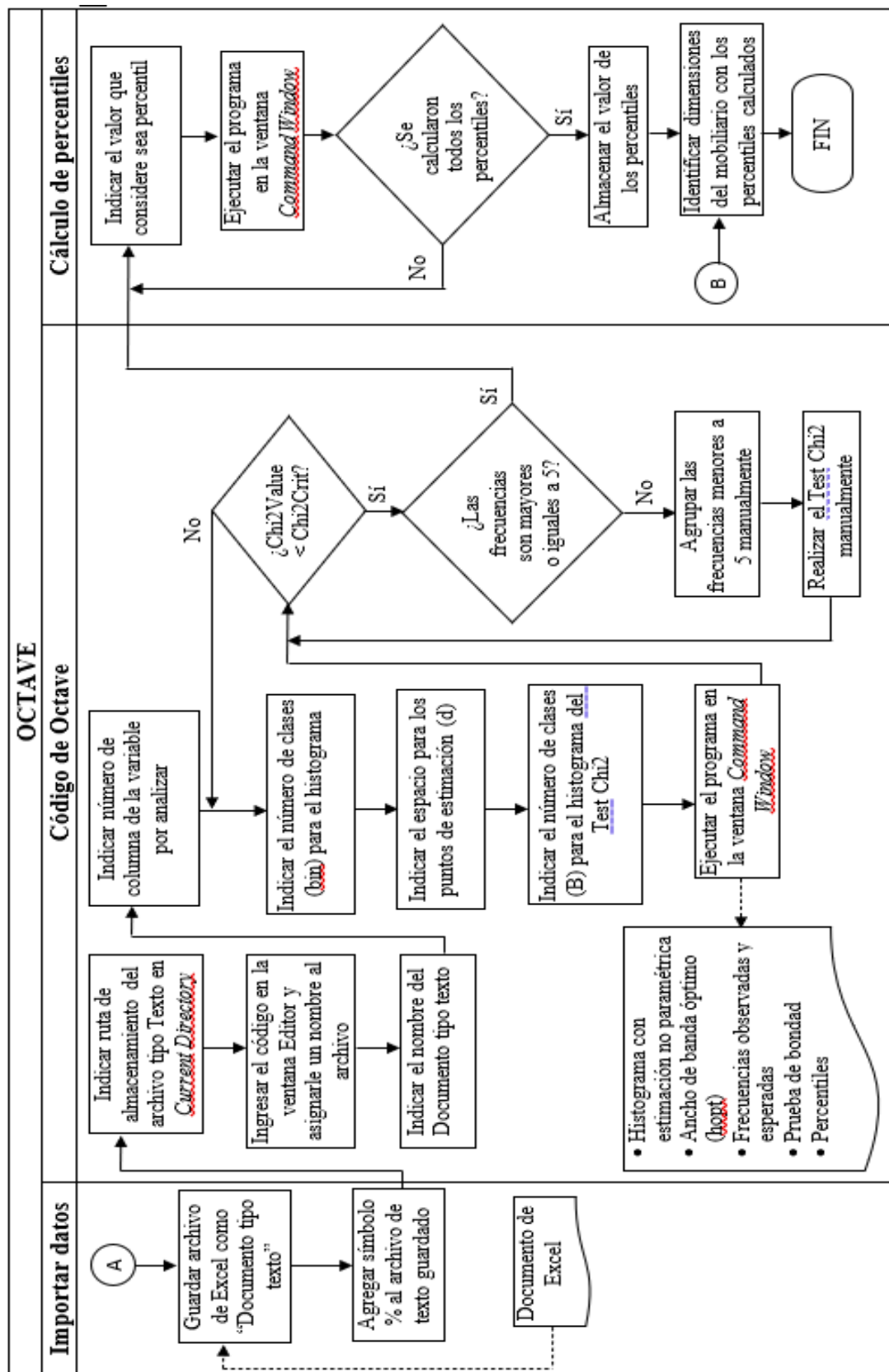


Figura 23. Diagrama de flujo OCTAVE

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4

Resultados de la encuesta

En el presente capítulo se mostrarán los resultados de la encuesta y el análisis realizado a cada pregunta utilizando un diagrama circular.

4.1. Resultados dolencias (pregunta N° 1)

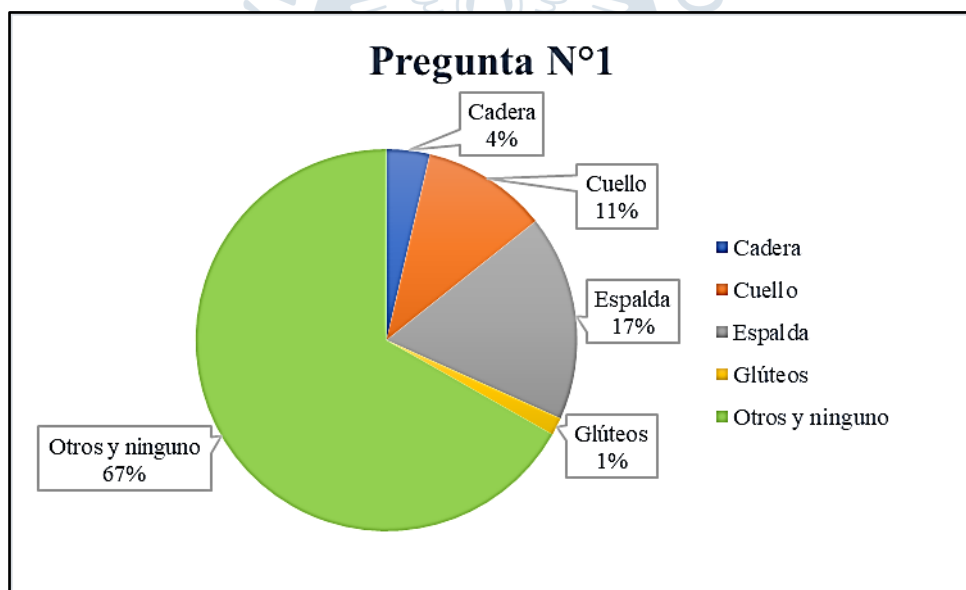


Figura 24. Gráfica circular de la pregunta N° 1
Fuente: Elaboración propia

La pregunta N° 1 está relacionada con las dolencias que presentan los estudiantes antes de iniciar su jornada de estudios. Como se mencionó en el capítulo anterior, tanto en la pregunta N° 1 como en la pregunta N° 5 se tomó en cuenta en las alternativas a las dolencias más habituales: problemas en la cadera, cuello, espalda y glúteos, ya que estos guardan una relación el diseño del mobiliario (Mondelo, Torada, Gonzáles, & Gómez,

2001). Además, la opción de “Otros y ninguno” incluye problemas ajenos que puedan presentar los estudiantes y que no estén incluidos en los problemas ergonómicos más habituales mostrados en la Tabla 14, o para los casos en que no se presente ninguna molestia por parte de los estudiantes.

Como se puede observar en la Figura 24, del total de estudiantes encuestados, 33% presentan las dolencias más habituales que se están evaluando, siendo la opción predominante, y la cual representa un problema musculoesquelético para los estudiantes evaluados antes de iniciar su jornada de estudios, el dolor de espalda con un 17%. Por otro lado, la opción que representa el menor porcentaje de los problemas más habituales es la dolencia en los glúteos con 1%.

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta pregunta y tomando en cuenta la Tabla 14, los parámetros de diseño que tienen más impacto en los problemas ergonómicos presentados por los estudiantes antes de su jornada de estudios son: respaldar de la silla, altura mesa-asiento y profundidad del asiento.

4.2. Resultados tiempo de tolerancia (pregunta N° 2)

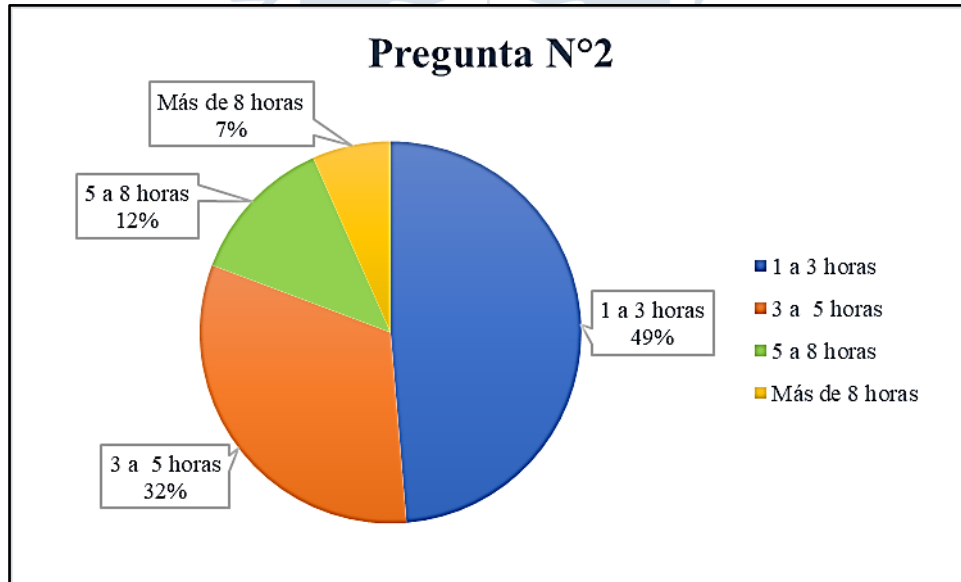


Figura 25. Gráfica circular de la pregunta N° 2
Fuente: Elaboración propia

La pregunta N° 2 se relaciona con el tiempo de tolerancia que mantiene la persona antes de presentar alguna molestia física durante una jornada de estudios. De acuerdo con el gráfico presentado en la Figura 25, el tiempo que pueden permanecer sentados en una determinada postura, sin que se presente alguna molestia física durante su jornada

de estudios es de 1 a 3 horas en el 49% de estudiantes encuestados y de 3 a 5 horas en el 32%.

Según informes de la Organización Mundial de la Salud (OMS), existe una tendencia de permanecer sentado 6 horas o más durante el día conocida como *sitting*, la cual es perjudicial para la salud, aumentando el riesgo de padecer enfermedades cardíacas debido a la inactividad física (Jara Espinoza, 2017).

De esta manera se concluye que el 81% de los estudiantes manejan un tiempo de estudio que se encuentra dentro del rango de aceptación establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Por otro lado, el 19% restante tiene mayores probabilidades de padecer problemas en su salud, debido al desconocimiento sobre los riesgos del *sitting*.

4.3. Conocimiento sobre ergonomía (pregunta N° 3)

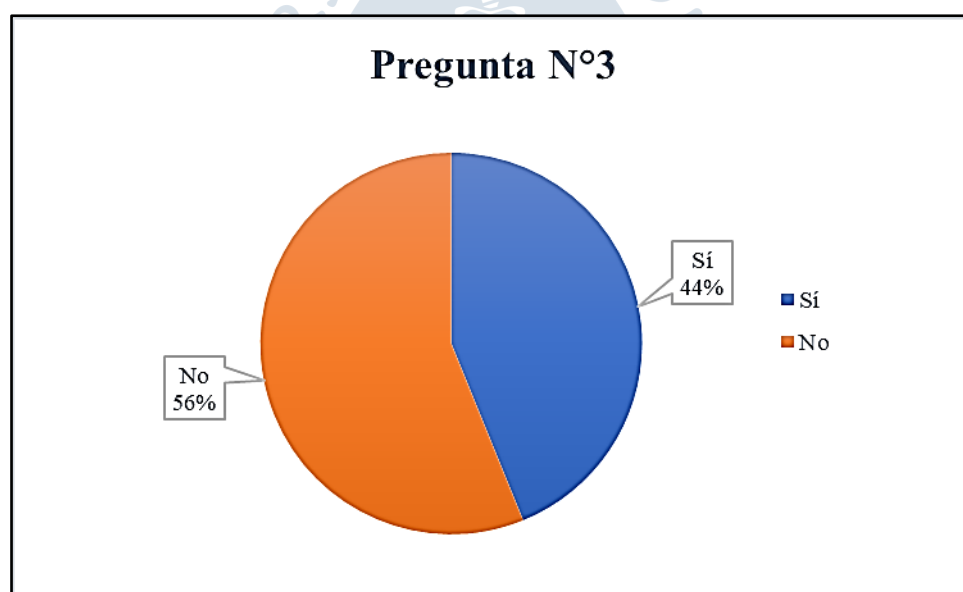


Figura 26. Gráfica circular de la pregunta N° 3
Fuente: Elaboración propia

Las preguntas N° 3 y N° 4 están relacionadas y fueron formuladas con el objetivo de conocer el grado de conocimiento y práctica de las consideraciones ergonómicas que deben tener en cuenta durante su jornada de estudios.

De acuerdo con un estudio realizado por la Universidad Europea del Atlántico, mantenerse activos antes, durante y después de la jornada de estudios mediante estiramientos corporales de corto tiempo, optimiza el rendimiento en el estudio y

previene las tensiones sobre el tejido muscular, lo cual disminuye el riesgo de padecer problemas musculoesqueléticos (Universidad Europea del Atlántico, 2015).

De esta manera, de acuerdo con la Figura 26, que representa a la pregunta N° 3, se observa que el 56% de los estudiantes no realiza ejercicios de estiramientos después de una sesión de estudios. Esto demuestra que el conocimiento que se tiene sobre los riesgos ergonómicos no es suficiente, y que la importancia brindada a temas de prevención de riesgos ergonómicos es pasada a segundo plano por los estudiantes.

4.4. Tiempo de descanso (pregunta N° 4)

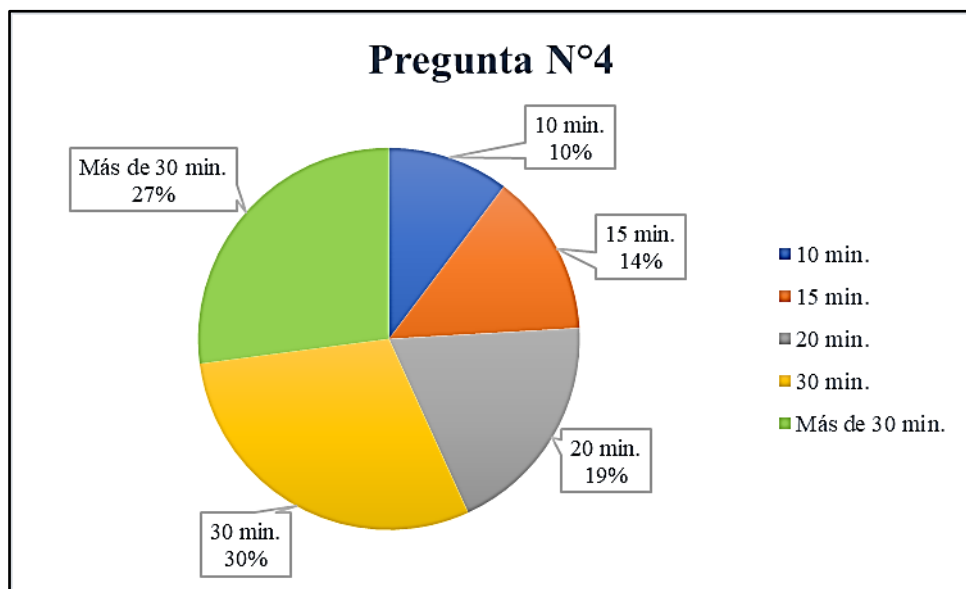


Figura 27. Gráfica circular de la pregunta N° 4
Fuente: Elaboración propia

La pregunta N° 4 se relaciona con el tiempo mínimo de descanso que consideran apropiado tomar los estudiantes después de una jornada de estudios.

De acuerdo con lo descrito por Ester Ruiz (2015) en su libro: *Guía práctica de técnicas de estudio*, las sesiones de estudio no deben superar los 50 minutos ya que la mayor parte de la capacidad para mantener la concentración se consume en ese tiempo, y mantenerse en una posición sedente por un largo tiempo podría conllevar a una fatiga corporal. Es por eso que se recomienda que, por cada sesión de estudio, no mayor a 50 minutos, se tenga un intervalo de descanso y estiramiento corporal que abarque de 10 a 20 minutos.

Como se puede observar en la Figura 27, el 43% de alumnos realiza un tiempo de descanso de 10 a 20 minutos, lo cual se considera dentro de un rango aceptable después de una sesión de estudios no mayor a 50 minutos.

4.5. Resultados dolencias vs jornada (pregunta N° 5)

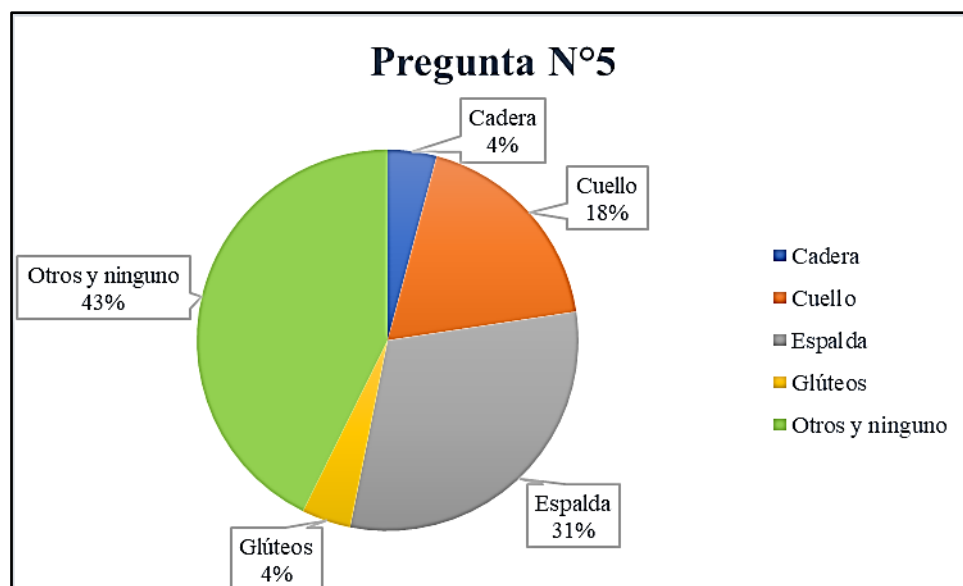


Figura 28. Gráfica circular de la pregunta N° 5
Fuente: Elaboración propia

En la pregunta N° 5 se evaluará en qué porcentaje varían las dolencias entre el inicio y el final de la jornada de estudios. Esto ayudará a identificar qué problemas ergonómicos (dolencias) surgen con el uso del actual diseño de mobiliario que existe en las universidades durante una jornada de estudio. Asimismo, tomando como referencia la Tabla 14, se puede determinar cuáles son los parámetros del diseño que están relacionados a estos problemas ergonómicos, y proponer un diseño de mobiliario que reduzca las dolencias más significativas.

A partir de la Figura 28 se puede concluir que la dolencia más importante es el dolor de espalda, con un 31%, seguido del dolor de cuello con 18% y luego de glúteos y cadera con 4% cada una. Si comparamos este resultado con el de la pregunta N° 1, podemos concluir que el número de alumnos que presentan dolor en los glúteos antes y después de la jornada de estudios pasó de 1% a 4%, lo que representa un aumento considerable si tomamos en cuenta la variación porcentual. También aumenta mucho (75% aproximadamente) el número de estudiantes que tienen dolor de cuello y espalda,

y los que presentan dolor de cadera se mantienen constantes tanto al inicio como al final de la jornada de estudios con un 4%.

De esta manera, el análisis por variación porcentual brinda una información más precisa sobre las dolencias que surgen al finalizar una jornada de estudios, resultando ser las de mayor consideración por el impacto generado en el estudiante las siguientes: dolencia en los glúteos, espalda, cuello y cadera respectivamente.



Capítulo 5

Diseño antropométrico del mobiliario basado en segmentación hombre-mujer

En este capítulo se presentan los resultados del diseño antropométrico del mobiliario de estudio teniendo en cuenta el enfoque tradicional, el cual considera la segmentación de la población en hombres y mujeres. El análisis, sin embargo, no es completamente igual al diseño tradicional porque no se asume normalidad de las variables, sino que cada variable se ajusta a una distribución paramétrica o no paramétrica para obtener sus percentiles representativos (P_5 , P_{50} y P_{95}).

De acuerdo con lo explicado en la sección 3.2 del capítulo 3, las mediciones se realizaron con la ayuda de estudiantes de la Universidad de Piura que cursaron la asignatura Seguridad y Salud en el Trabajo en el periodo académico 2018-II. Se designaron cuatro grupos conformados por cinco estudiantes cada uno, de tal manera que cada grupo pudiera realizar 150 mediciones en una universidad en específico. De esta forma se obtuvo una muestra total de 600 estudiantes; sin embargo, se detectaron 50 datos que fueron tomados de manera errónea por parte del grupo que realizó las mediciones en la Universidad Nacional de Piura. Por esta razón se decidió retirarlos para que no afecten al análisis posterior.

La muestra analizada, finalmente, estuvo formada por 550 datos, de los cuales 257 datos corresponden a mujeres y 293 a hombres.

Los datos serán analizados siguiendo el procedimiento explicado en la sección 3.5 del capítulo 3. En resumen, los pasos a seguir son los siguientes: ajustar cada variable antropométrica con una función de densidad paramétrica o no paramétrica, calcular los percentiles P_5 , P_{50} y P_{95} según la función de densidad estimada y, finalmente, calcular las dimensiones óptimas del mobiliario basándonos en los percentiles.

Se ha realizado el análisis de las 14 dimensiones antropométricas descritas en la Tabla 13. Sin embargo, el diseño del mobiliario se basa solo en 7 de ellas:

- altura poplítea parado
- distancia nalga-poplíteo
- ancho de cadera
- ancho de hombros
- altura de hombros sentado
- altura del codo en reposo
- distancia nalga-rodilla.

Se ha decidido incluir el análisis de todas las dimensiones antropométricas con el fin de que sirvan como documento de consulta para otras personas que trabajen con temas relacionados.

En los siguientes apartados se muestran los resultados obtenidos.

5.1. Análisis en el grupo mujeres

Para estimar la función de densidad de la variable se utilizará la opción de “Identificación de distribución individual” de Minitab, la cual muestra una gráfica de probabilidad y el p-valor del test de bondad de ajuste para cada distribución propuesta. Si una de las distribuciones propuestas provee un buen ajuste para los datos analizados, los puntos en la gráfica seguirán una línea recta dentro de los bordes de confianza y el p-valor será alto. Con un nivel de significancia del 5%, se aceptará la hipótesis nula si él $p_valor > 0.05$.

Al analizar la variable estatura se encontraron 4 valores extremos que corresponden a mujeres muy bajas, con estatura menor de 145 cm. Las medidas de estas 4 personas no serán tomadas en cuenta en el análisis por tratarse de observaciones muy extremas, siendo el objetivo diseñar el mobiliario teniendo en cuenta la antropometría de la mayoría de la población. Por tanto, en el grupo de mujeres se considerarán 253 datos.

De las 14 variables analizadas, 9 de ellas: “estatura”, “peso”, “altura poplítea”, “ancho de pecho”, “largo de apoyabrazos”, “altura del codo en reposo”, “altura sentado”, “altura de ojos sentado” y “distancia nalga-rodilla”, se ajustaron con una distribución paramétrica. Los resultados se muestran en las Figura 29 hasta Figura 51. Las variables fueron ajustadas con funciones de densidad Normal, Logística y Gamma. Se puede ver que, a diferencia de lo que habitualmente se detalla en la bibliografía, no todas las variables son simétricas y se ajustan a la normal. En este caso se observan asimetrías o colas más largas y por ello es necesario usar otras funciones de densidad como la Logística o Gamma. También, a partir de los histogramas podemos ver que existe bastante dispersión, es decir que el grupo de mujeres no es muy homogéneo.

Cabe mencionar que, en el análisis de cada variable, se encontró en algún caso, valores muy alejados del resto que tampoco se han tenido en cuenta en el análisis

En la Figura 29 se muestra el histograma de la variable estatura. Al realizar el ajuste de distribución individual de la estatura se observa que se ajusta a las siguientes distribuciones: Normal, Logística y Gamma (ver Figura 30). Se escoge la distribución Logística porque el p-valor es considerablemente mayor al de las demás distribuciones.

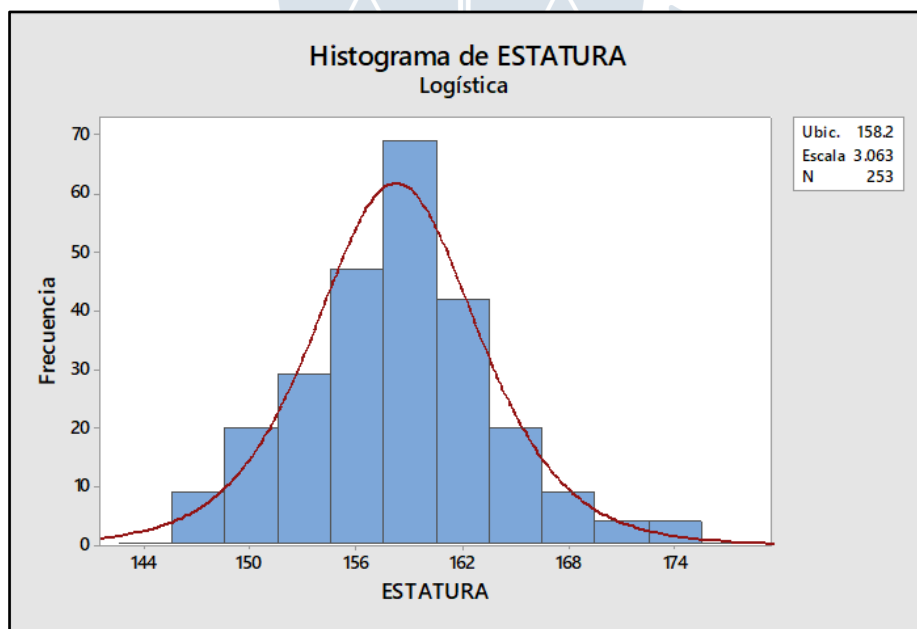


Figura 29. Histograma de la Estatura – Mujeres
Fuente: Elaboración propia

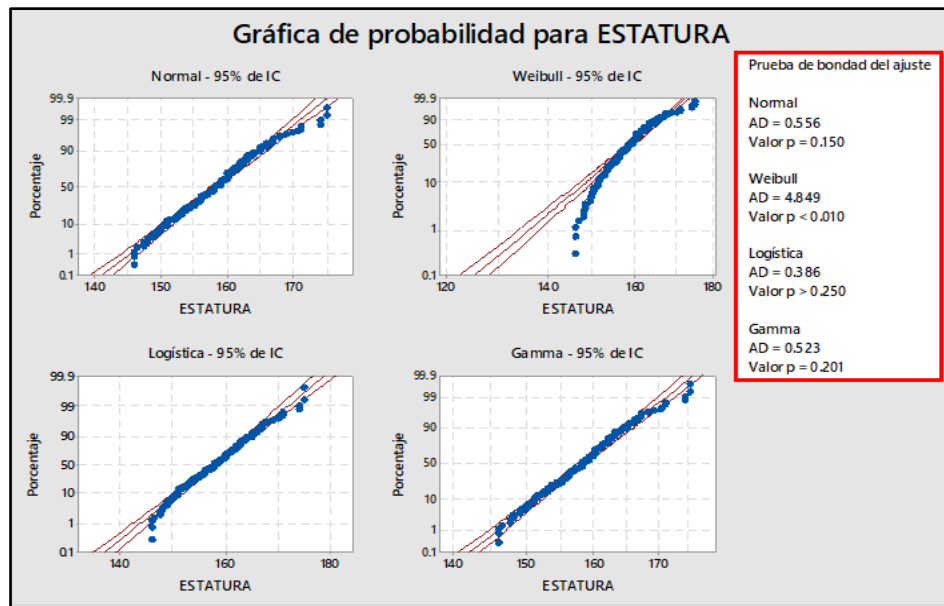


Figura 30. Identificación de distribución individual de la Estatura – Mujeres
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 31 se muestra el histograma del peso. En el caso de esta variable, se detectó 1 dato extremo de una persona que sobrepasaba los 85 kg, por lo que no se tuvo en cuenta por estar más alejado de los demás valores. Al realizar el ajuste de distribución individual se observa que la variable se ajusta a las distribuciones Normal y Gamma. Se escoge la distribución Gamma porque el p-valor es considerablemente mayor al de las demás distribuciones (ver Figura 32)

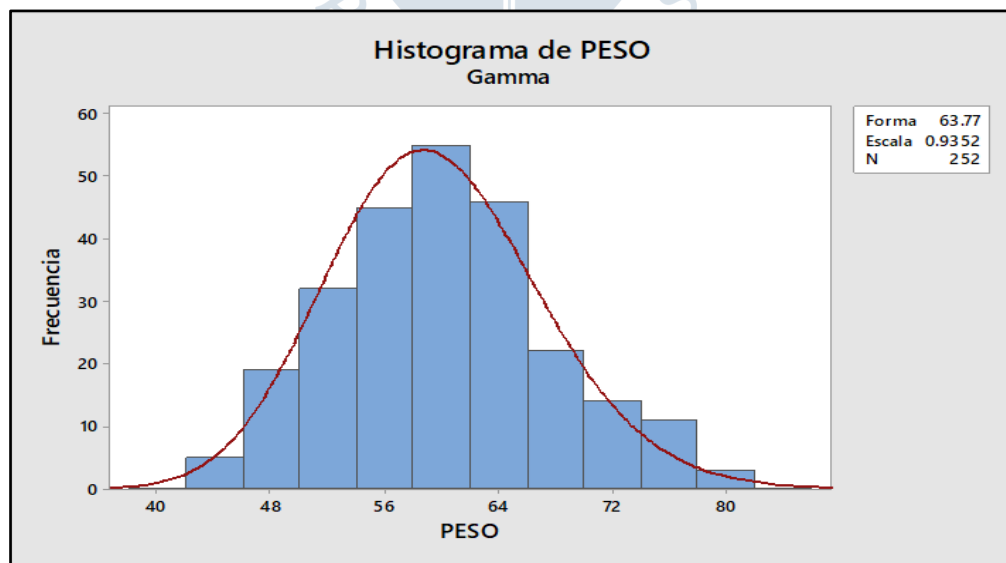


Figura 31. Histograma del Peso – Mujeres
Fuente: Elaboración propia

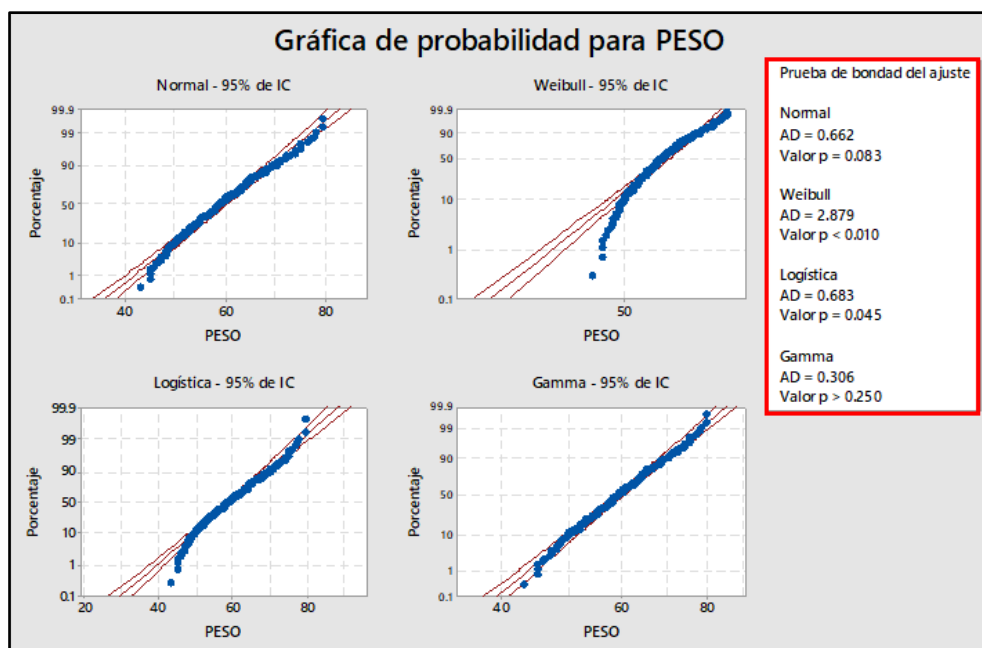


Figura 32. Identificación de distribución individual del Peso – Mujeres

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 33 se muestra el histograma de la altura poplíteo para el caso de esta variable, su ajuste se da a una distribución Logística, (ver Figura 34)

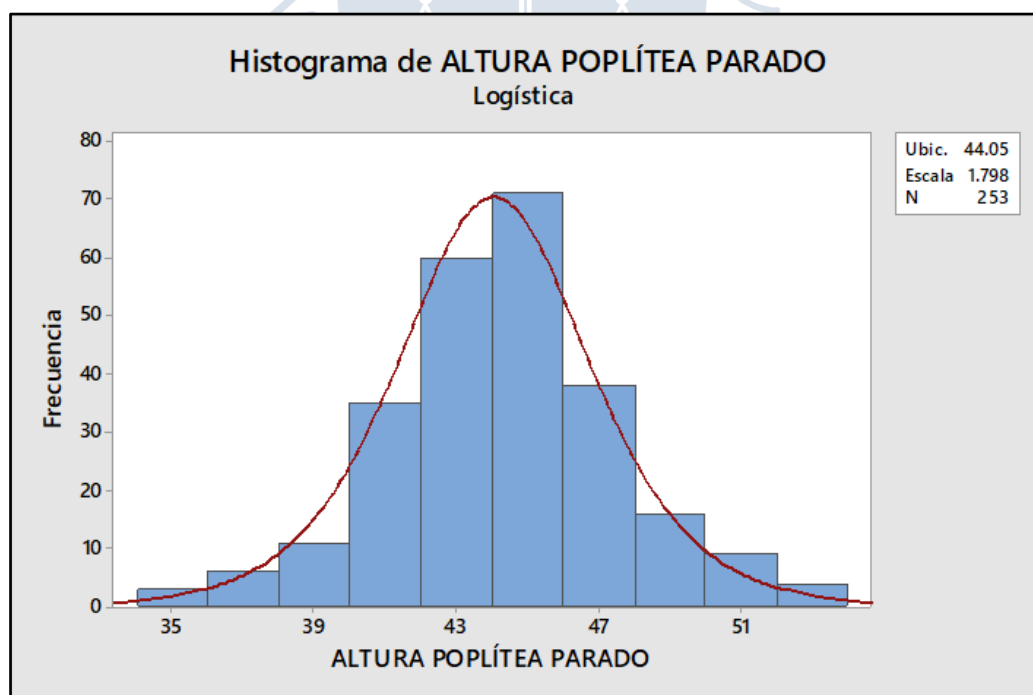


Figura 33. Histograma de altura poplíteo parado – Mujeres

Fuente: Elaboración propia

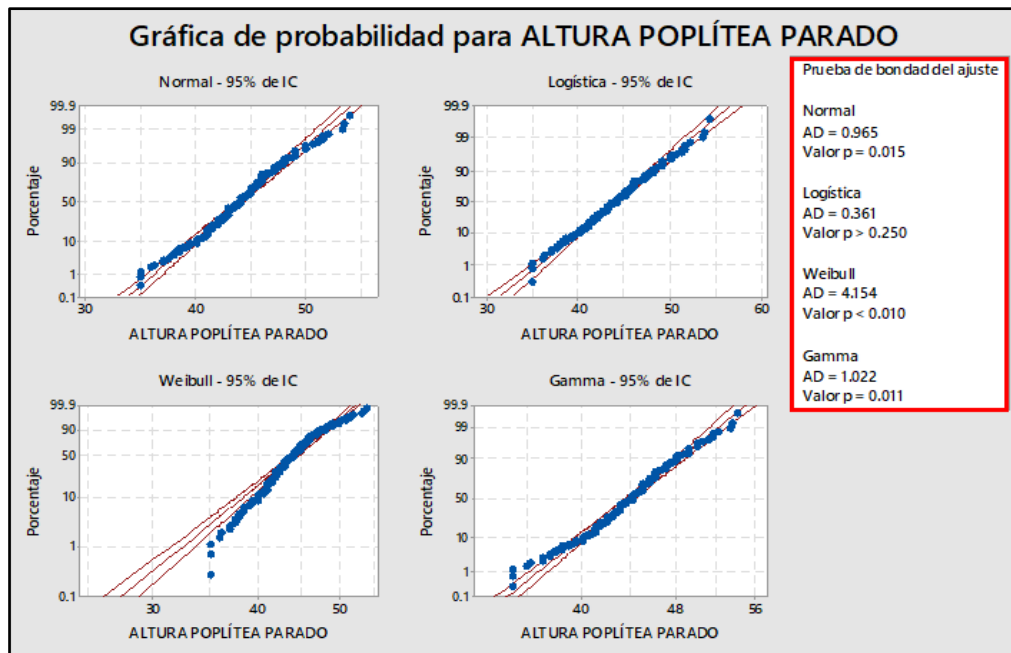


Figura 34. Identificación de distribución individual de altura poplítea parado – Mujeres
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 35 se muestra el histograma del ancho de pecho con su ajuste de distribución. Esta variable se ajusta a las distribuciones Normal, Logística y Gamma. Se escoge la distribución Normal porque el p-valor es considerablemente mayor al de las demás distribuciones (ver Figura 36).

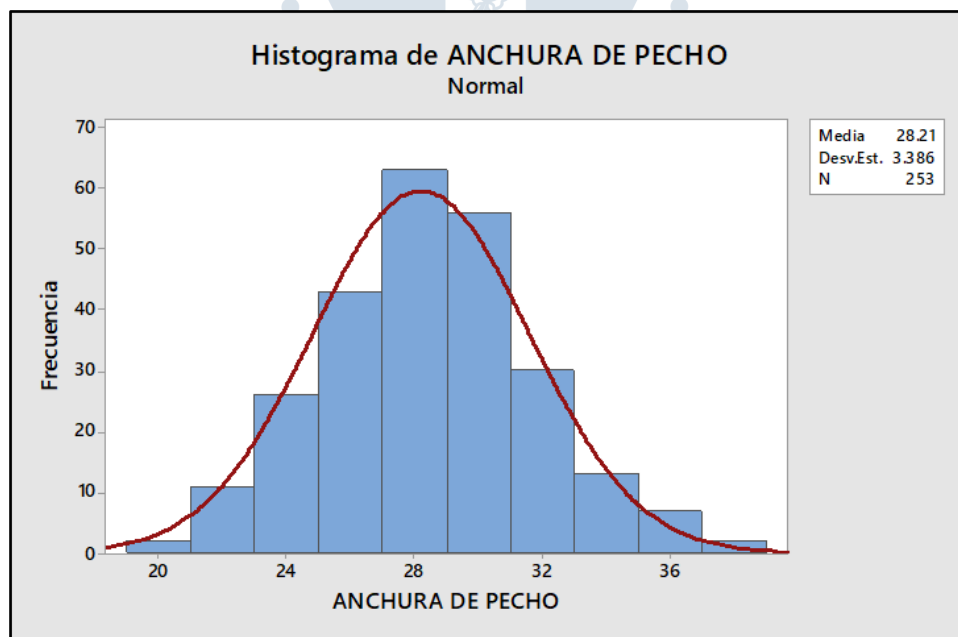


Figura 35. Histograma de ancho de pecho – Mujeres
Fuente: Elaboración propia

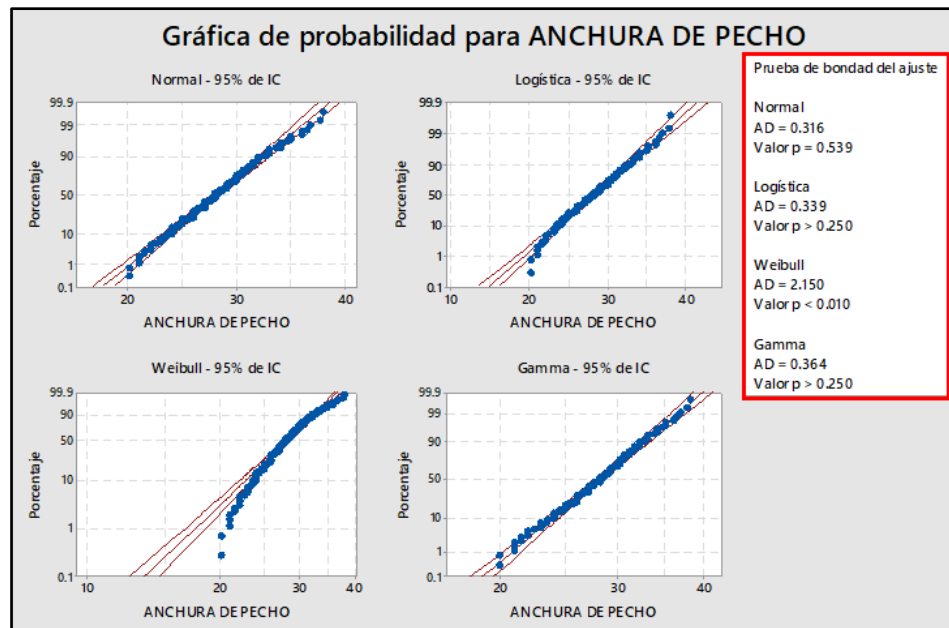


Figura 36. Identificación de distribución individual de ancho de pecho – Mujeres
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 37 se muestra el histograma del largo de apoyabrazos con ajuste a la distribución Gamma. Esta variable se ajusta a las distribuciones Normal y Gamma. Se escoge la distribución Gamma porque el p-valor es considerablemente mayor al de las demás distribuciones (ver Figura 38)

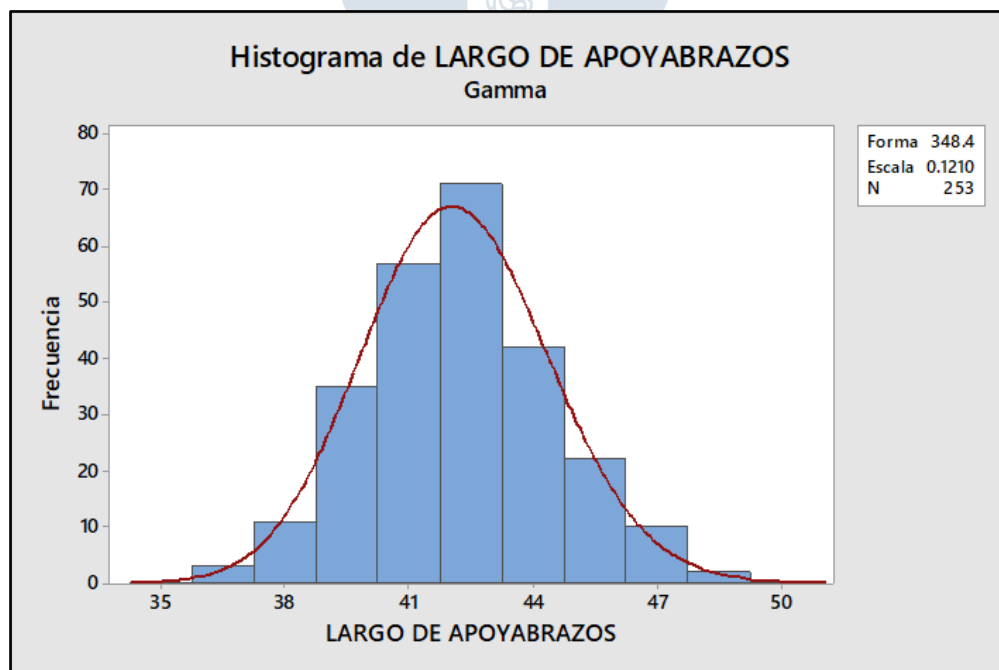


Figura 37. Histograma del largo de apoyabrazos – Mujeres
Fuente: Elaboración propia

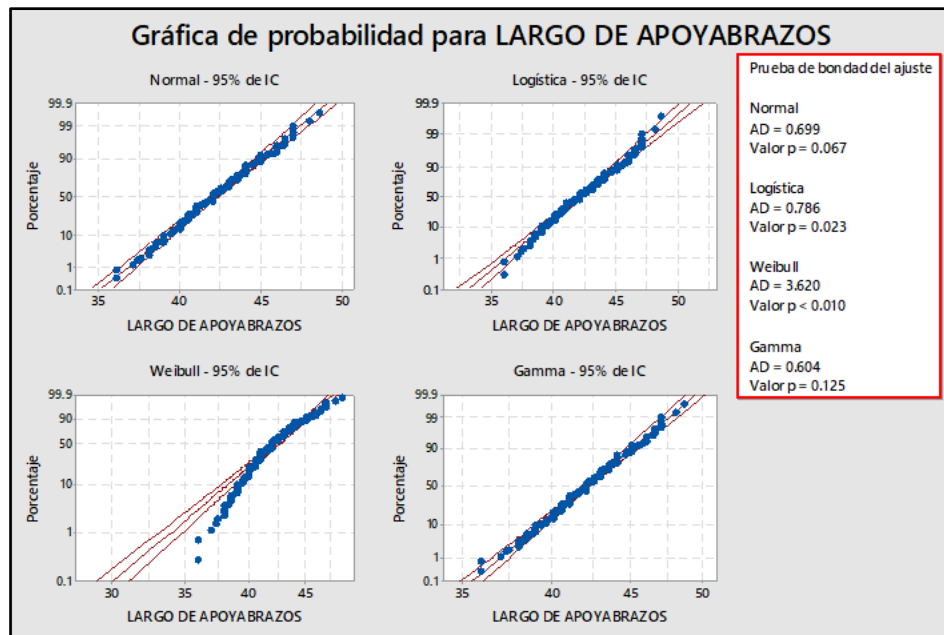


Figura 38. Identificación de distribución individual del largo de apoyabrazos – Mujeres
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 39 se muestra el histograma de la altura del codo en reposo la cual se ajusta a las distribuciones Normal, Logística y Gamma. Se escoge la distribución Normal porque su p-valor es considerablemente mayor que el de las demás distribuciones (ver Figura 40).

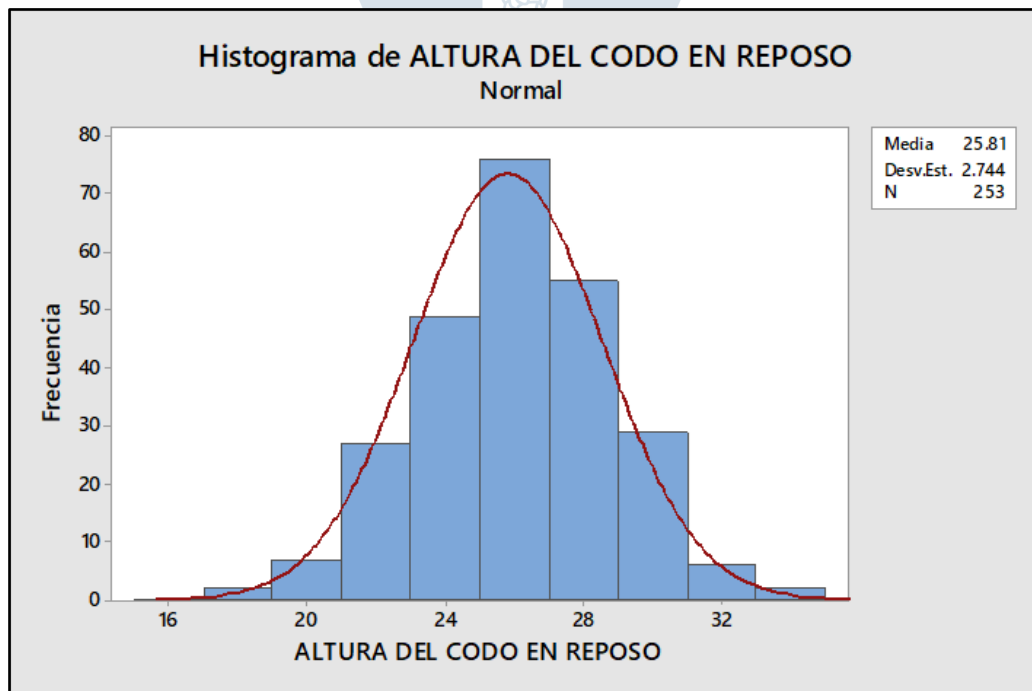


Figura 39. Histograma de altura del codo en reposo – Mujeres
Fuente: Elaboración propia

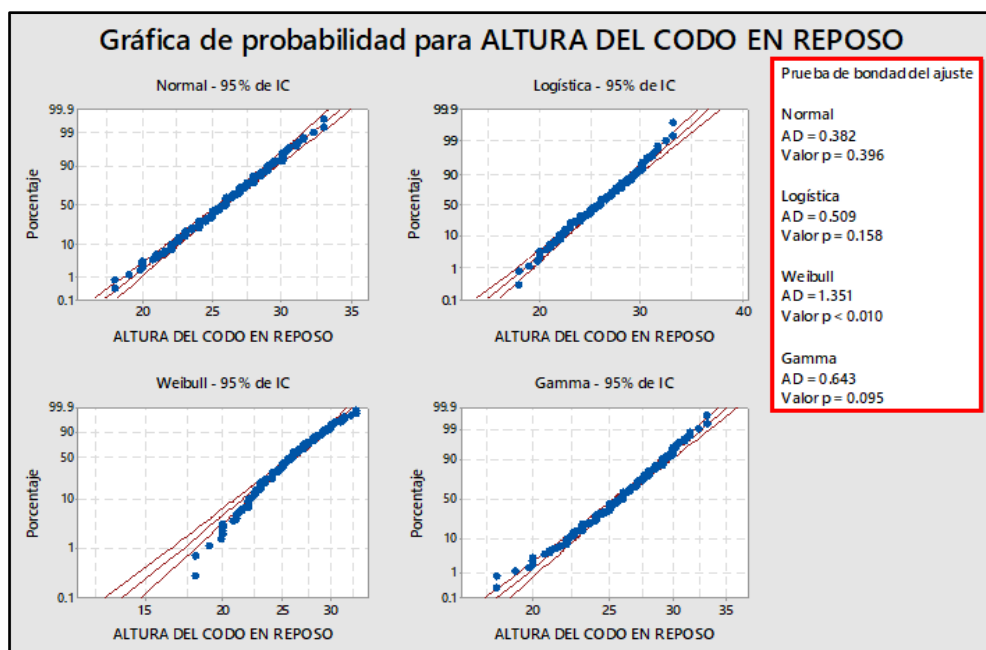


Figura 40. Identificación de distribución individual de altura del codo en reposo—Mujeres
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 41 se muestra el histograma de la altura sentado. En este caso se observa un ajuste a las distribuciones Normal, Logística y Gamma. Se escogerá la distribución Gamma ya que tiene un p-valor mayor que el de las demás distribuciones (ver Figura 42).

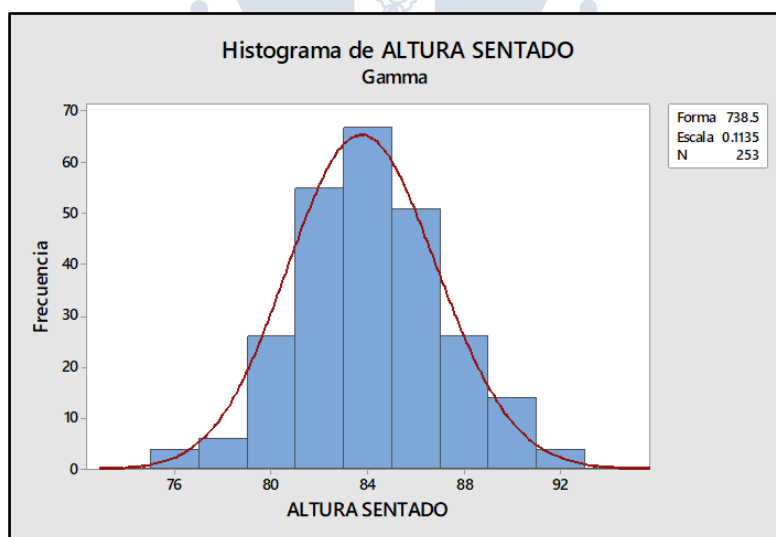


Figura 41. Histograma de altura sentado – Mujeres
Fuente: Elaboración propia

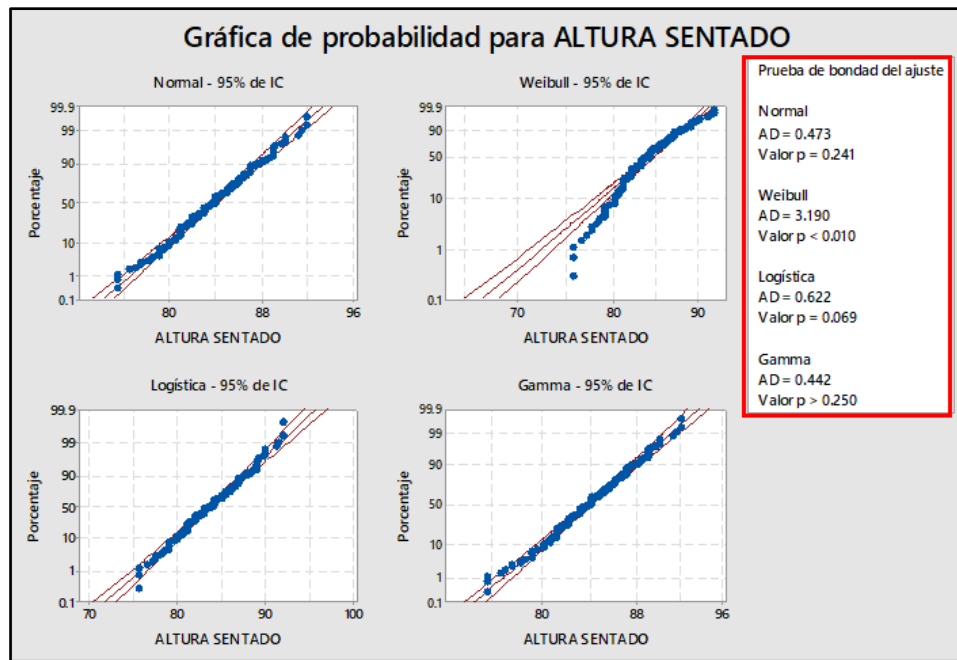


Figura 42. Identificación de distribución individual de altura sentado – Mujeres
Fuente: Elaboración propia

La Figura 43 muestra el histograma de la altura de ojos sentado. Esta se ajusta a las distribuciones Normal, Logística y Gamma. En este caso se escogerá la distribución Normal ya que tiene un p-valor mayor que el de las demás distribuciones (ver Figura 44).

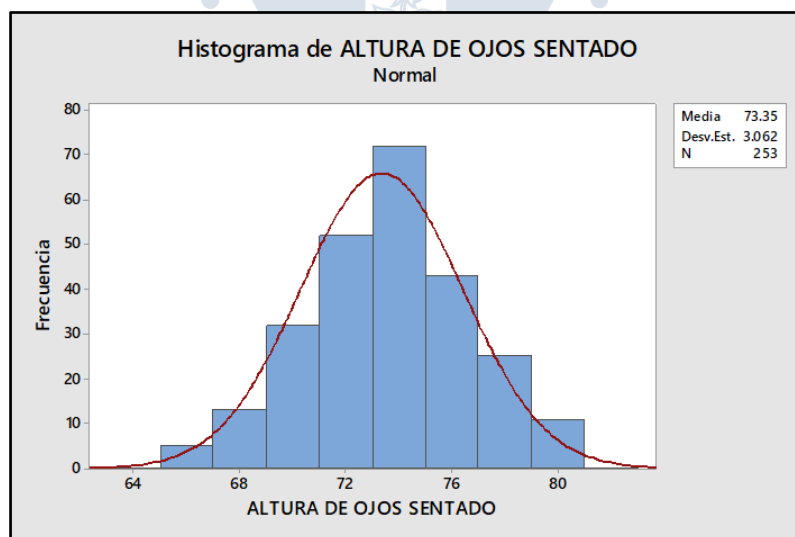


Figura 43. Histograma de Altura ojos sentado – Mujeres
Fuente: Elaboración propia

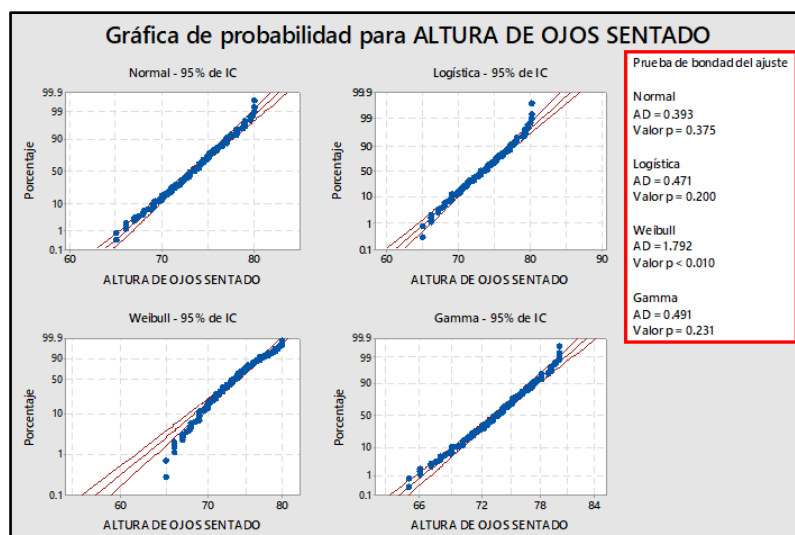


Figura 44. Identificación de distribución individual de Altura de ojos sentado – Mujeres
Fuente: Elaboración propia

La Figura 45 muestra el histograma con el ajuste a la distribución Normal. En esta variable, se detectó 1 dato extremo en una persona cuya medida de la variable era de 41 cm. Este valor es muy menor en comparación al resto de valores, los cuales se encuentran entre 46 cm y 61.5 cm. Por esta razón no se consideró este dato en el análisis de la variable. Al realizar el ajuste de distribución individual se observa que la variable se ajusta a las distribuciones Normal, Logística y Gamma. En este caso se escogerá la distribución Normal porque presenta un p-valor mayor que el de las demás distribuciones (ver Figura 46).

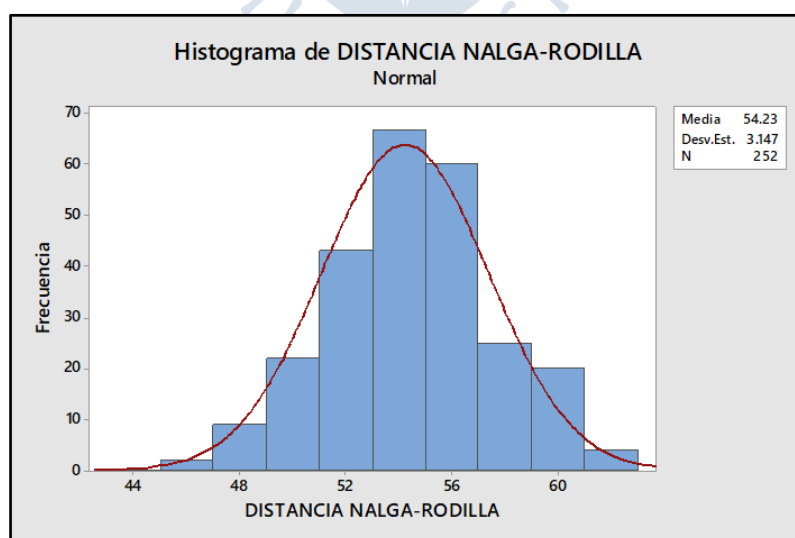


Figura 45. Histograma de Distancia nalga-rodilla – Mujeres
Fuente: Elaboración propia

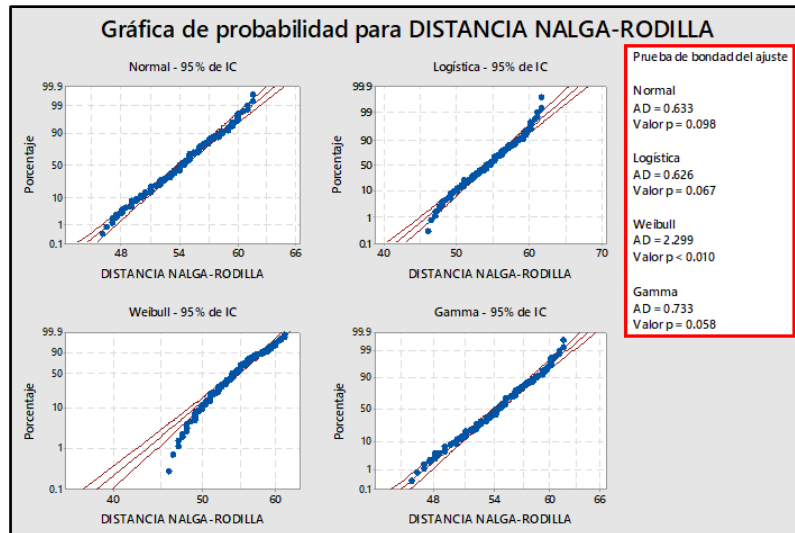


Figura 46. Identificación de distribución individual de Distancia nalga-rodilla – Mujeres
Fuente: Elaboración propia

Las restantes 5 variables no pudieron ajustarse a ninguna distribución paramétrica, ni usando incluso una transformación Box-Cox. Por esa razón, para estas variables se estimó una función de densidad no paramétrica con funciones Kernel. Para ello se empleó el Octave 4.0.3 y se siguió el procedimiento detallado en la sección 3.5 del Capítulo 3. Tal y como se explicó en esta sección, el ajuste no paramétrico se realiza optimizando el parámetro de suavizado de la función Kernel, que en este caso ha sido el Kernel Gaussiano. Y para comprobar que la función de densidad es la que describe los datos, se realiza el test de la Chi cuadrado.

En las Figura 47 a Figura 51 se muestran los histogramas de las variables y la función de densidad no paramétrica estimada. En este caso, las variables presentan mayores asimetrías que las anteriores, como se puede observar en sus histogramas.

Para la variable altura de hombros sentado se detectaron 2 personas con medidas extremas en estas variables. Una de ellas presenta un valor de 41 cm y la segunda persona presenta un valor de 74 cm. Ambos datos se alejan de los demás valores, los cuales se encuentran entre 49 cm y 67.8 cm. Es por eso que se decide retirarlos y no considerarlos en el análisis de esta variable. En la Figura 47 se muestra el histograma y la función de densidad no paramétrica estimada para la variable altura de hombros sentado.

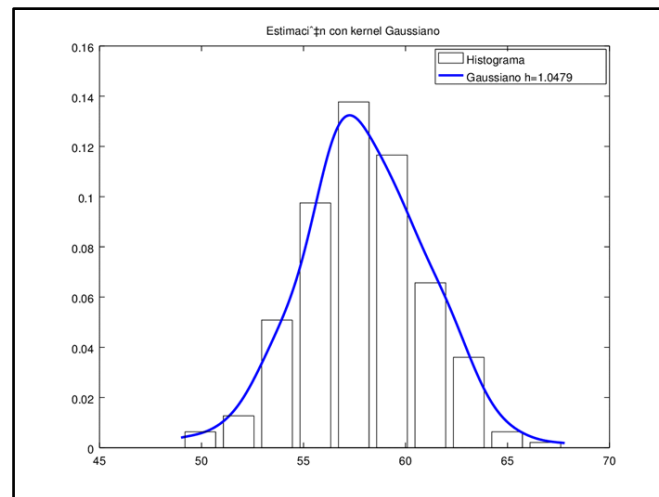


Figura 47. Función de densidad no paramétrica de Altura de hombros sentado – Mujeres
Fuente: Elaboración propia

Para la variable distancia nalga-poplíteo se detectó 1 valor extremo de una persona que presenta 31 cm en esta variable. Se decide retirarla del análisis porque se encuentra muy alejada de los demás valores, los cuales se encuentran entre 37 cm y 54.5 cm. En la Figura 48 se muestra el histograma y la función de densidad no paramétrica estimada. Se observa que la variable presenta mucha asimetría y curtosis.

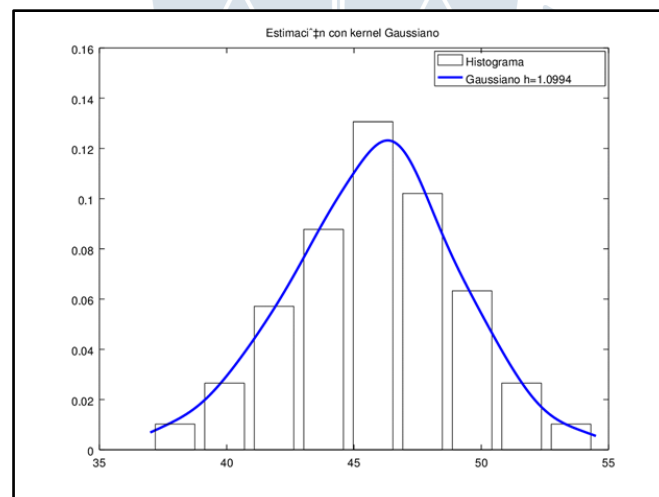


Figura 48. Función de densidad no paramétrica de Distancia nalga poplíteo – Mujeres
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 49 se muestra el histograma y la función de densidad no paramétrica estimada, para la variable ancho de hombros.

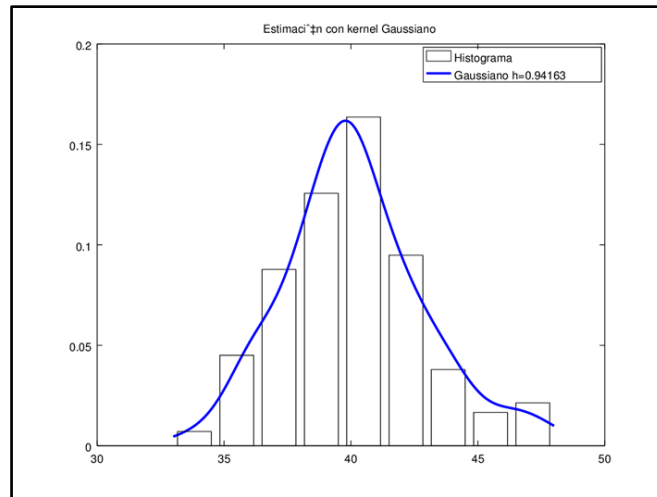


Figura 49. Función de densidad no paramétrica de Ancho de hombros – Mujeres
Fuente: Elaboración propia

En la variable altura del muslo se detectó 1 dato extremo de una persona que presenta 24 cm en esta variable. Se decide retirarla del análisis de esta variable porque se encuentra muy alejada de los demás valores, los cuales se encuentran entre 11 cm y 19.3 cm. En la Figura 50 se muestra el histograma y la función de densidad no paramétrica estimada. Se observa que para esta variable en particular, los datos muestran bastante dispersión y asimetría.

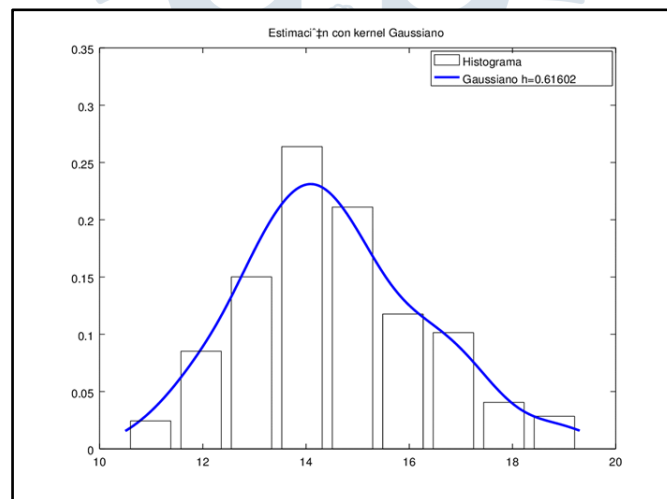


Figura 50. Función de densidad no paramétrica de Altura del muslo – Mujeres
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 51 se muestra el histograma y la función de densidad no paramétrica estimada de la variable ancho de caderas. Se observa que la variable presenta bastante asimetría.

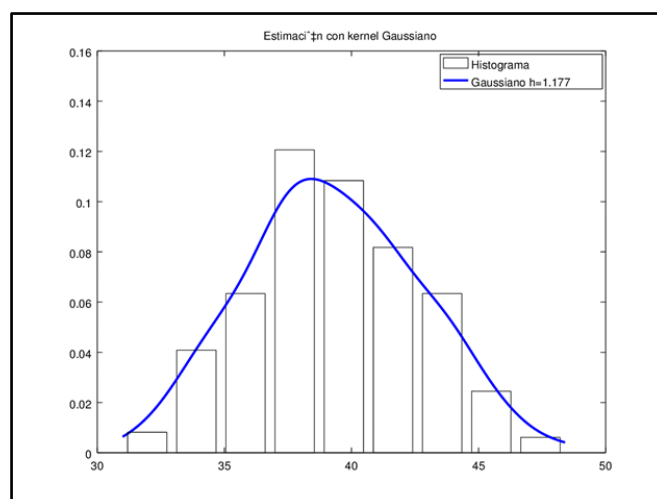


Figura 51. Función de densidad no paramétrica de Ancho de caderas – Mujeres
Fuente: Elaboración propia

Una vez estimadas las funciones de densidad, se calculan los percentiles P_5 , P_{50} y P_{95} , los cuales se muestran en la Tabla 16, junto con otros estadísticos descriptivos: mínimo, máximo, media y desviación típica.

Tabla 16. Resumen de datos antropométricos – Mujeres

Dimensiones corporales	Ajuste de distribución	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Percentiles		
						P5	P50	P95
Estatura (cm)	Logística	146.00	175.00	158.29	5.46	149.21	158.23	167.25
Peso (kg)	Gamma	43.00	79.50	59.64	7.52	47.91	59.33	72.44
Altura poplítea parado (cm)	Logística	35.00	54.00	44.06	3.27	38.76	44.05	49.34
Anchura de pecho (cm)	Normal	20.00	38.00	28.21	3.39	22.64	28.21	33.78
Largo de apoyabrazos (cm)	Gamma	36.00	48.60	42.16	2.26	38.52	42.13	45.95
Altura del codo en reposo (cm)	Normal	18.00	33.00	25.81	2.74	21.29	25.81	30.32
Altura sentado (cm)	Gamma	75.50	92.00	83.84	3.09	78.83	83.80	88.98
Altura de ojos sentado (cm)	Normal	65.00	80.00	73.35	3.06	68.32	73.35	78.39
Distancia nalga-rodilla (cm)	Normal	46.00	61.50	54.23	3.15	49.06	54.23	59.41
Altura de hombros sentado (cm)	No Paramétrica	49.00	67.80	57.99	3.04	52.76	57.90	63.26
Distancia nalga-poplítea (cm)	No Paramétrica	37.00	54.50	45.77	3.29	39.84	45.89	51.36
Ancho de hombros (cm)	No Paramétrica	33.00	48.00	40.15	2.76	35.58	39.96	45.51
Altura del muslo (cm)	No Paramétrica	11.00	19.30	14.52	1.75	11.64	14.37	17.82
Ancho de caderas (cm)	No Paramétrica	31.00	48.40	39.25	3.38	33.45	39.14	45.23

Fuente: Elaboración propia

5.2. Análisis en el grupo de hombres

Procedemos a realizar el mismo procedimiento que se aplicó para las mujeres.

De la misma manera que para el grupo de mujeres, se da inicio al análisis con la variable estatura. A partir de ella, de los 293 datos analizados, se determinaron 3 valores atípicos: una persona muy alta de 189 cm y dos personas muy bajas (menores a 155 cm). Las medidas de estas tres personas no serán tomadas en cuenta en el análisis de variables de los hombres, es decir, en el análisis se considerarán los 290 datos restantes. Sin embargo, hay que tener en cuenta que, en la segmentación por clúster, que se explicará en el capítulo 6, sí serán tomadas en cuenta las 2 medidas que representan a las personas más bajas de los hombres, ya que al momento de realizar la separación por clúster estas personas se agruparan a las medidas de las mujeres.

De las 14 variables analizadas, 7 de ellas fueron ajustadas con funciones de densidad paramétricas. Estas variables fueron: “estatura”, “peso”, “ancho de hombros”, “ancho de pecho”, “altura sentado”, “altura de ojos sentado”, “altura de hombros sentado”. Los resultados de los análisis realizados en Minitab se muestran en las Figura 52 a Figura 65. En este caso, las variables fueron ajustadas con funciones de densidad Normal y Gamma, y de igual manera que en el caso de las mujeres, se observa bastante dispersión en los datos.

En la Figura 52 se muestra el histograma de la variable estatura. Al realizar el ajuste de distribución individual de la estatura se observa que se ajusta a las distribuciones Normal y Gamma (ver Figura 53). Se escoge la distribución Gamma porque el p-valor es considerablemente mayor al de las demás distribuciones.

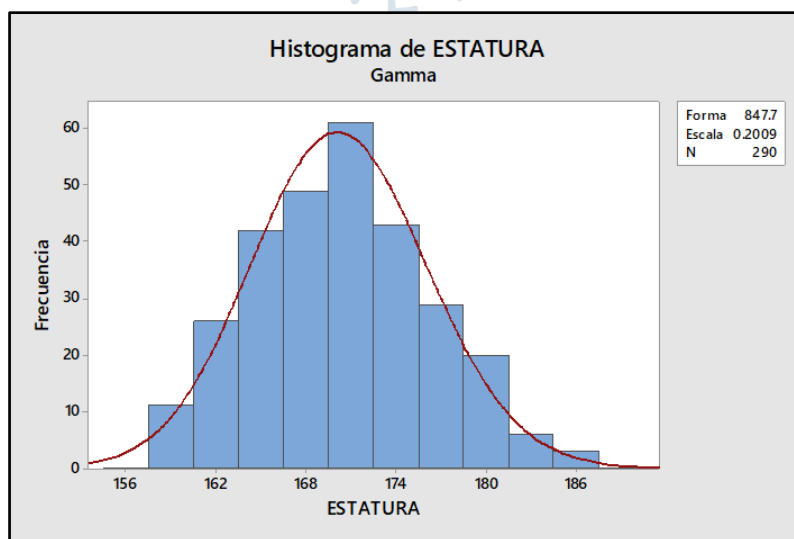


Figura 52. Histograma de la Estatura – Hombres
Fuente: Elaboración propia

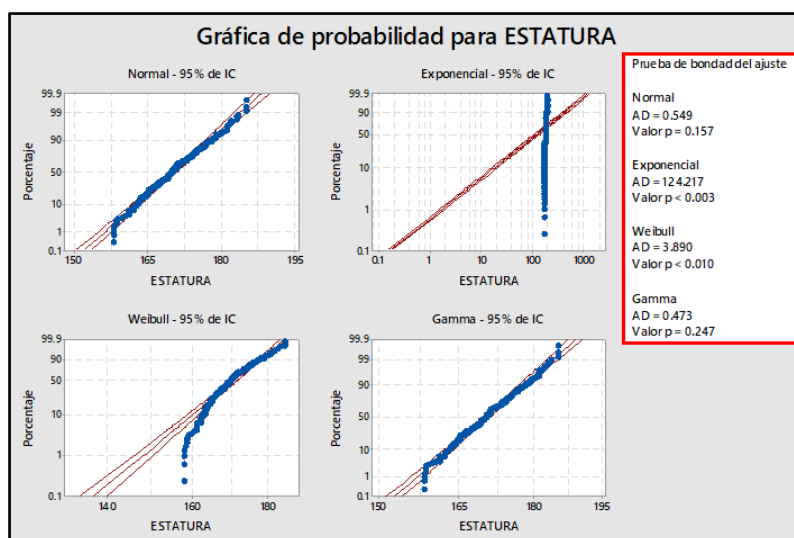


Figura 53. Identificación de distribución individual de la Estatura – Hombres
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 54 se muestra su histograma de la variable peso. En este caso, se detectaron 2 datos extremos de dos personas cuyos pesos sobrepasaban los 120 kg, por lo que no se consideraron en el análisis por estar muy alejados de los demás valores que se encuentran entre 47 kg y 105 kg. Al realizar el ajuste de distribución individual se observa que la variable se ajusta a las distribuciones Normal y Gamma. Se elige escoge la distribución Gamma ya que presenta un p-valor considerablemente mayor que el de las demás distribuciones. (ver Figura 55).

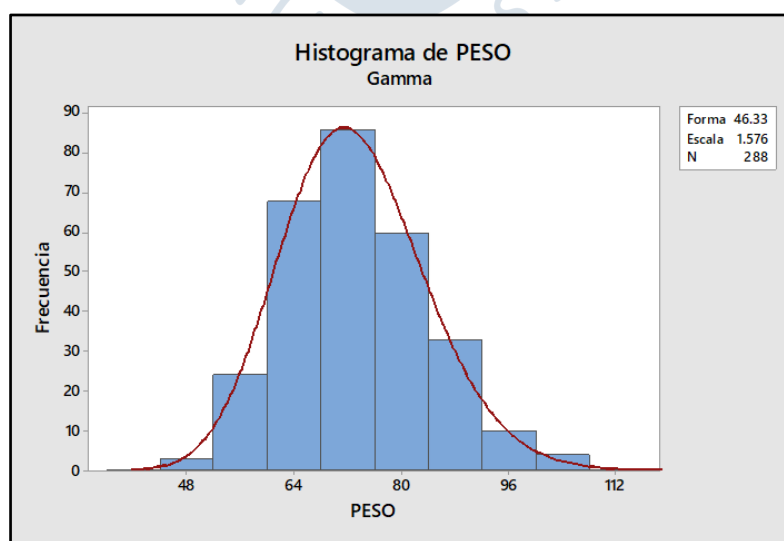


Figura 54. Histograma del Peso – Hombres
Fuente: Elaboración propia

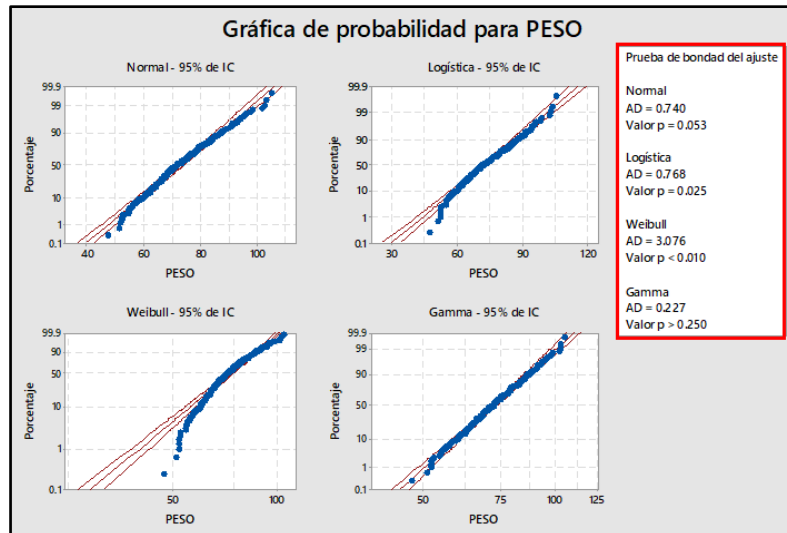


Figura 55. Identificación de distribución individual del Peso – Hombres
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 56 se muestra el histograma del ancho de hombros. Al realizar el ajuste de distribución individual se observa que la variable se ajusta a las distribuciones Normal, Logística y Gamma. En este caso, se escogerá la distribución Gamma ya que el p-valor es mayor que el de las demás distribuciones (ver Figura 57).

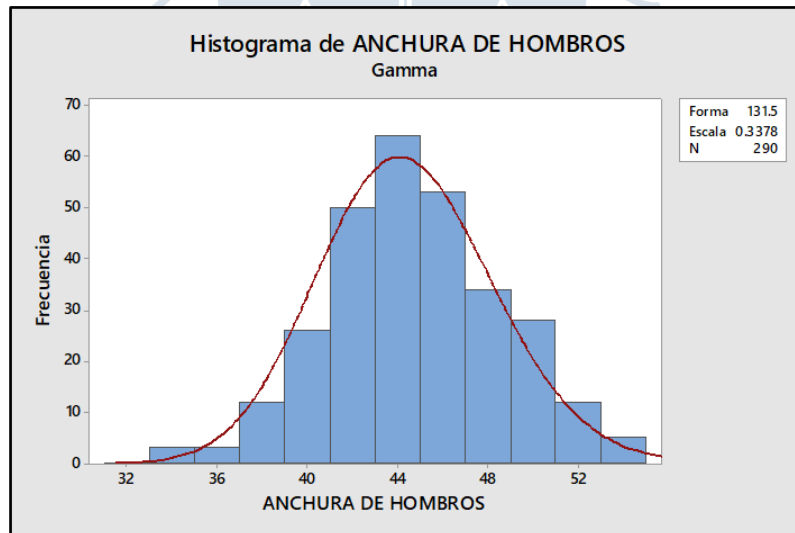


Figura 56. Histograma de Ancho de hombros – Hombres
Fuente: Elaboración propia

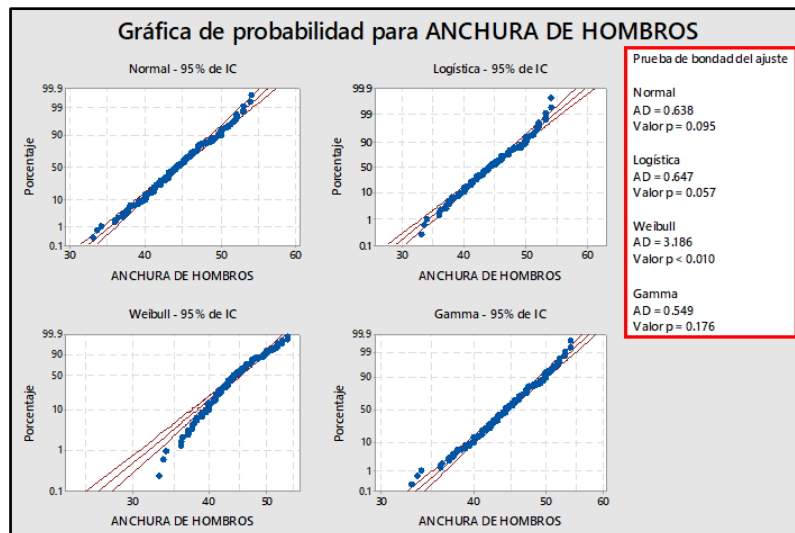


Figura 57. Identificación de distribución individual de Ancho de hombros – Hombres
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 58 se muestra el histograma del ancho de pecho. Al realizar el ajuste de distribución individual para esta variable, se observa un ajuste a las distribuciones Normal, Gamma y Logística. En este caso se escogerá la distribución Normal ya que tiene un p-valor considerablemente mayor que el de las demás distribuciones (ver Figura 59).

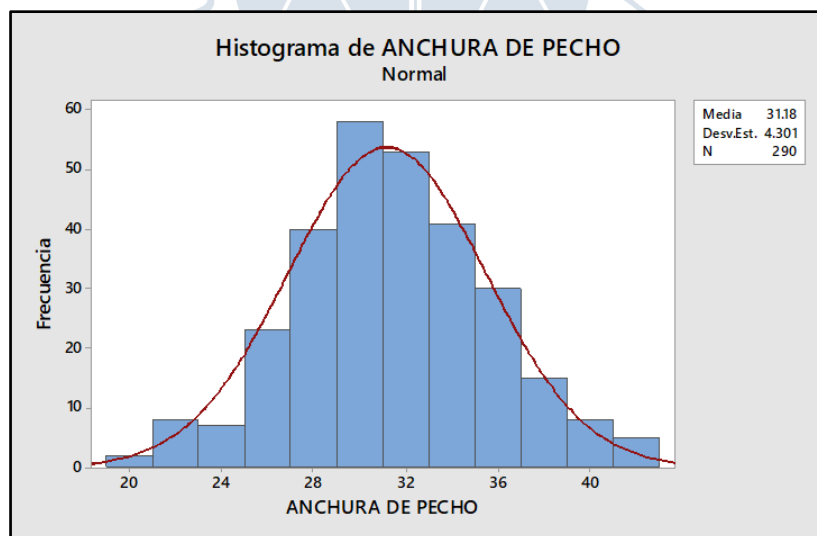


Figura 58. Histograma de Ancho de pecho – Hombres
Fuente: Elaboración propia

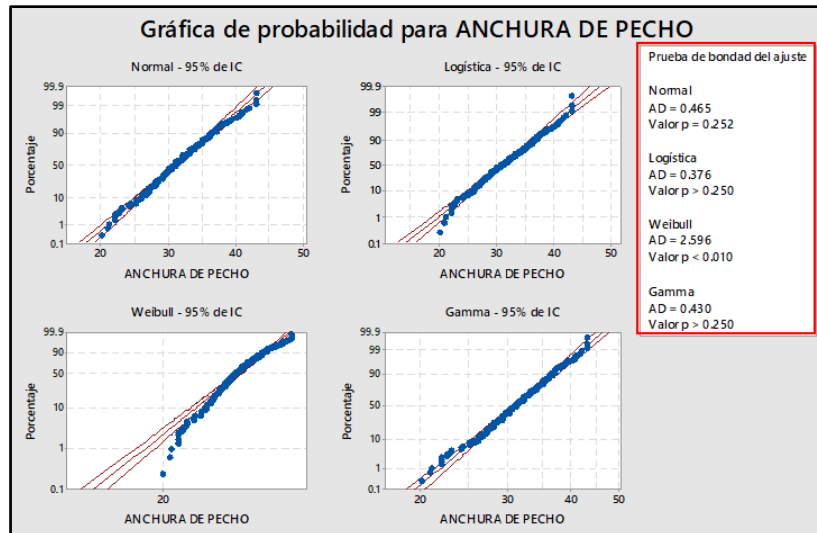


Figura 59. Identificación de distribución individual de Ancho de pecho – Hombres
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 60 se muestra el histograma de la altura sentado. El ajuste en esta distribución está dado en las distribuciones Normal, Logística y Gamma. En este caso se escogerá la distribución Normal ya que tiene un p-valor mayor que el de las demás distribuciones (ver Figura 61).

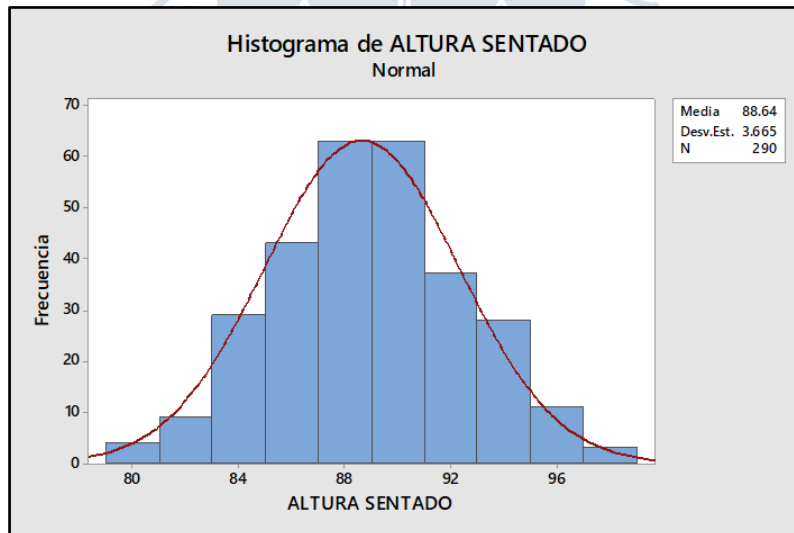


Figura 60. Histograma de Altura sentado – Hombres
Fuente: Elaboración propia

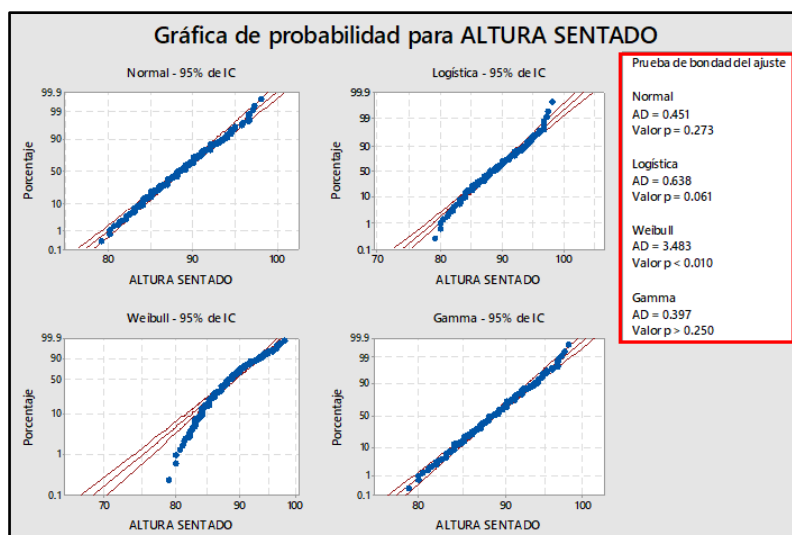


Figura 61. Identificación de distribución individual de Altura sentado – Hombres
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 62 se muestra el histograma de la altura de ojos sentado. En este caso, se detectó 1 dato extremo correspondiente a una persona que presenta 36.5 cm. Este valor no se considerará en el análisis de esta variable ya que se encuentra muy alejado de los demás datos, los cuales se encuentran entre 67 cm y 88.2 cm. Al realizar el ajuste de distribución individual se observa que la variable se ajusta a las distribuciones Normal y Gamma. En este caso se escogerá la distribución Gamma ya que tiene un p-valor mayor que el de las demás distribuciones (ver Figura 63).

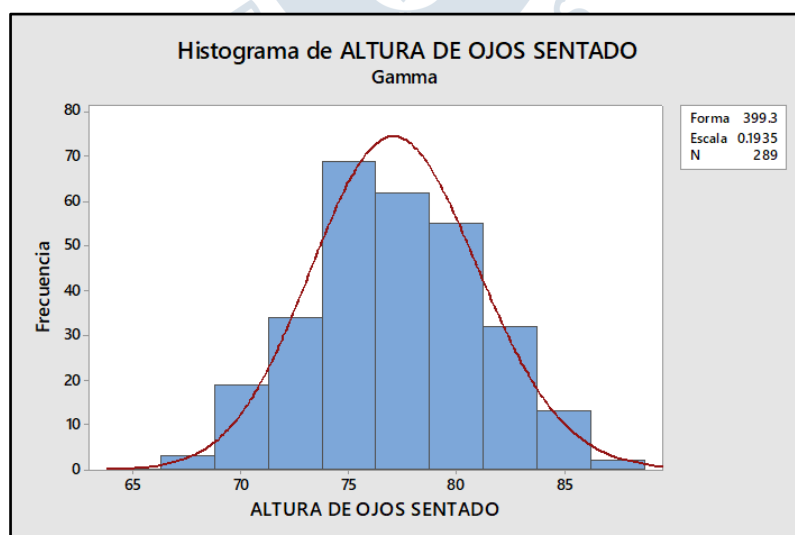


Figura 62. Histograma de Altura de ojos sentado – Hombres
Fuente: Elaboración propia

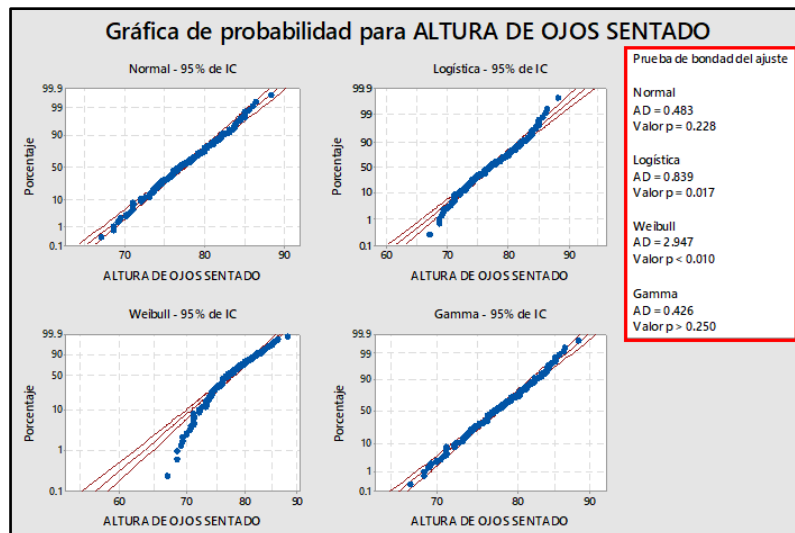


Figura 63. Identificación de distribución individual de Altura de ojos sentado – Hombres
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 64 se muestra el histograma de la altura de hombros sentado. En este caso, se detectó 1 valor extremo de una persona que presenta 79.8 cm, siendo este valor muy alejado de los demás datos que se encuentran entre 51 cm y 71.6 cm. Por esta razón no se considerará en el análisis de esta variable. Al realizar el ajuste de distribución individual se observa que la variable se ajusta a las distribuciones Normal, Logística y Gamma. En este caso se escogerá la distribución Gamma ya que tiene un p-valor considerablemente mayor que el de las demás distribuciones (ver Figura 65).

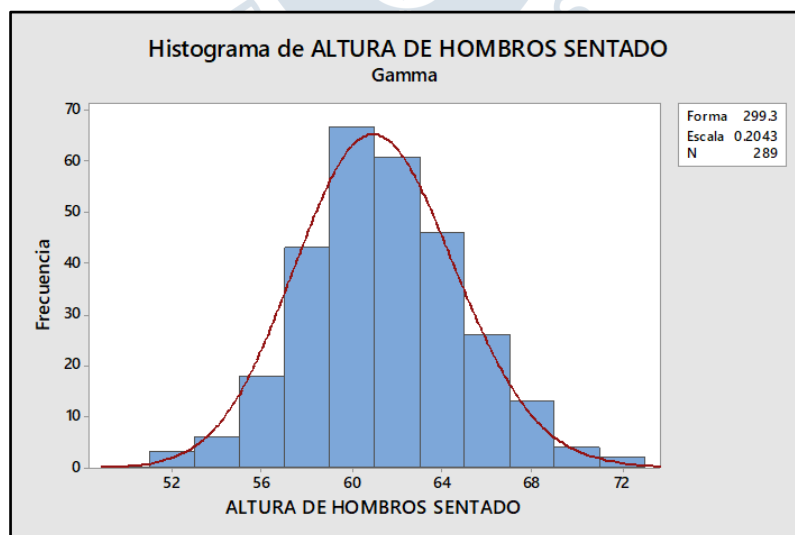


Figura 64. Histograma de Altura de hombros sentado – Hombres
Fuente: Elaboración propia

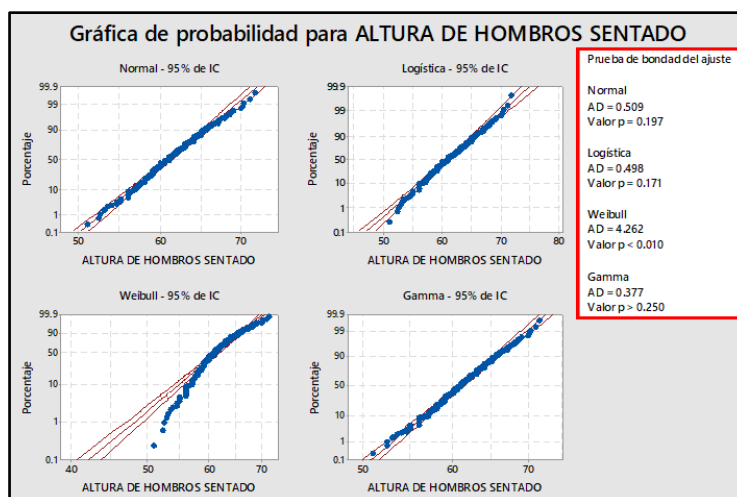


Figura 65. Identificación de distribución individual de Altura de hombros sentado – Hombres
Fuente: Elaboración propia

Las otras variables no tuvieron un ajuste adecuado con distribuciones paramétricas, incluso después de realizar una transformación de Box Cox. Por esta razón, para estas 7 variables se estimó una función de densidad no paramétrica con funciones Kernel. Los resultados se muestran en las Figura 66 a Figura 72.

Para la variable altura poplítea parado se detectó 1 valor extremo que hace referencia a una persona que presenta 29.4 cm en esta variable. Este valor no será considerado en el análisis de esta variable ya que está muy alejado de los demás datos, los cuales se encuentran entre 38.5 cm y 55 cm. En la Figura 66 se muestra el histograma de la variable altura poplítea parado y su función de densidad no paramétrica estimada. Se observa que la variable presenta mucha asimetría.

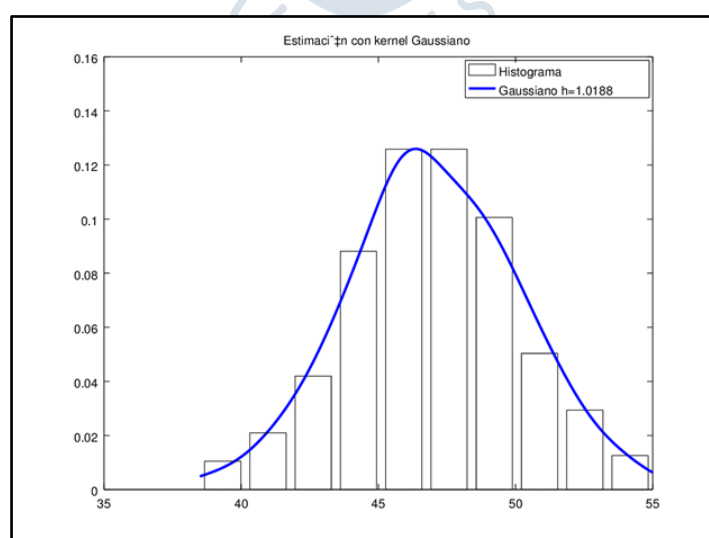


Figura 66. Función de densidad no paramétrica de Altura poplítea parado – Hombres
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 67 se muestra el histograma y la función de densidad no paramétrica estimada de la variable altura del codo en reposo. Se observa que la variable presenta una cola hacia la izquierda.

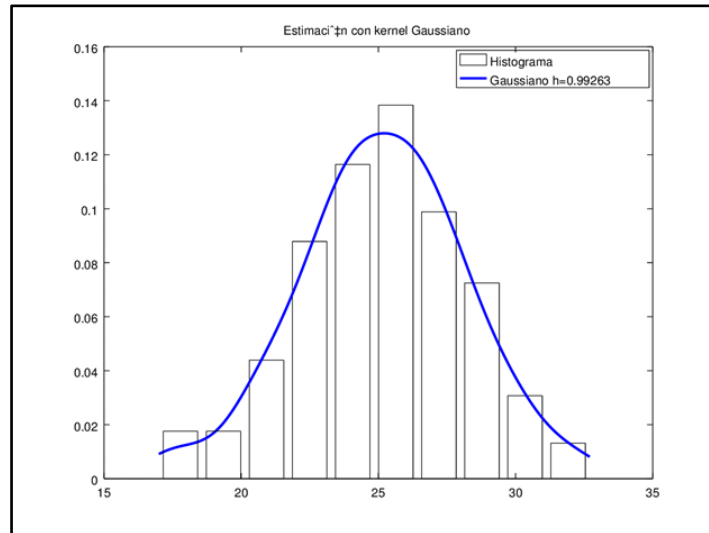


Figura 67. Función de densidad no paramétrica de Altura del codo en reposo – Hombres
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 68 se muestra el histograma y la función de densidad no paramétrica estimada de la variable distancia nalga-poplíteo.

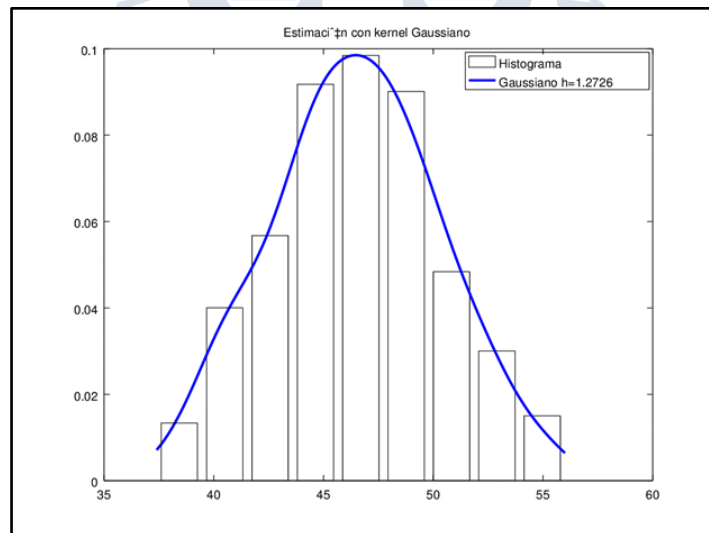


Figura 68. Función de densidad no paramétrica de Distancia nalga poplíteo – Hombres
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 69 se muestra el histograma y la función de densidad no paramétrica estimada de la variable distancia nalga-rodilla. Se observa que la variable presenta bastante asimetría.

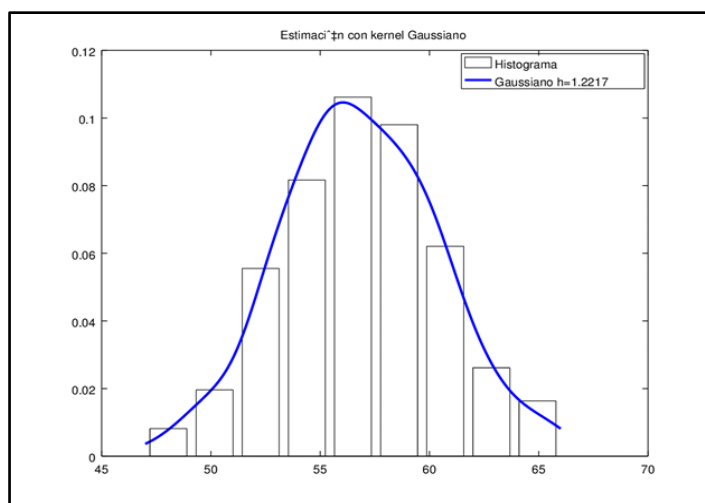


Figura 69. Función de densidad no paramétrica de Distancia nalg a rodilla – Hombres
Fuente: Elaboración propia

Para la variable largo de apoyabrazos se detectó 1 valor extremo que hace referencia a una persona que presenta 56 cm en esta variable. Este valor no será considerado en el análisis de esta variable ya que está muy alejado de los demás datos, los cuales se encuentran entre 40 cm y 53 cm. En la Figura 70 se muestra el histograma de la variable largo de apoyabrazos y su función de densidad no paramétrica estimada. Se observa que la variable presenta colas largas.

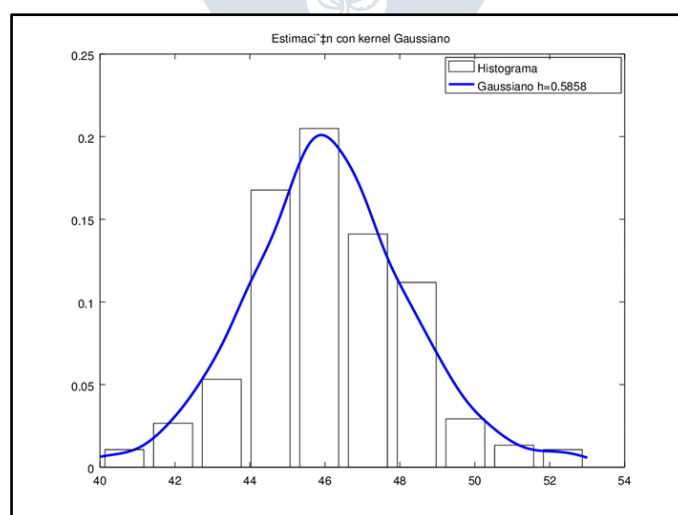


Figura 70. Función de densidad no paramétrica de Largo de apoyabrazos – Hombres
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 71 se muestra el histograma y la función de densidad no paramétrica estimada de la variable altura del muslo. Se observa que la variable presenta bastante asimetría y colas largas.

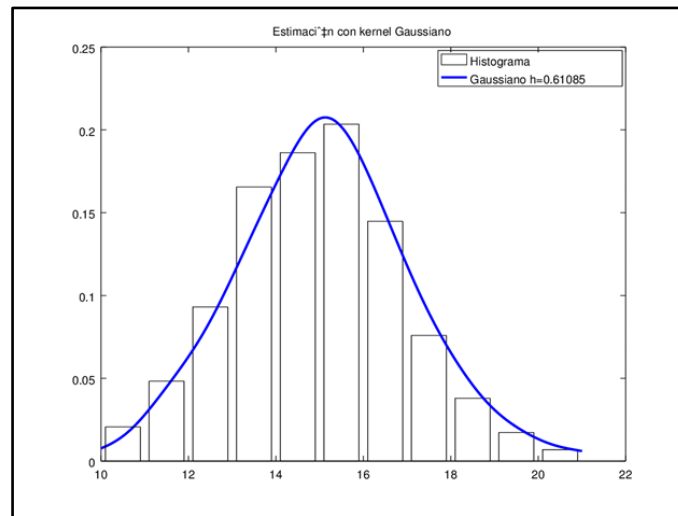


Figura 71. Función de densidad no paramétrica de Altura del muslo – Hombres
Fuente: Elaboración propia

Para la variable ancho de caderas se detectó 1 valor extremo que hace referencia a una persona que presenta 94.3 cm en esta variable. Este valor no será considerado en el análisis de esta variable ya que está muy alejado de los demás datos, los cuales se encuentran entre 31 cm y 47.3 cm. En la Figura 72 se muestra el histograma de la variable ancho de caderas y su función de densidad no paramétrica estimada. Se observa que la variable presenta colas largas y curtosis.

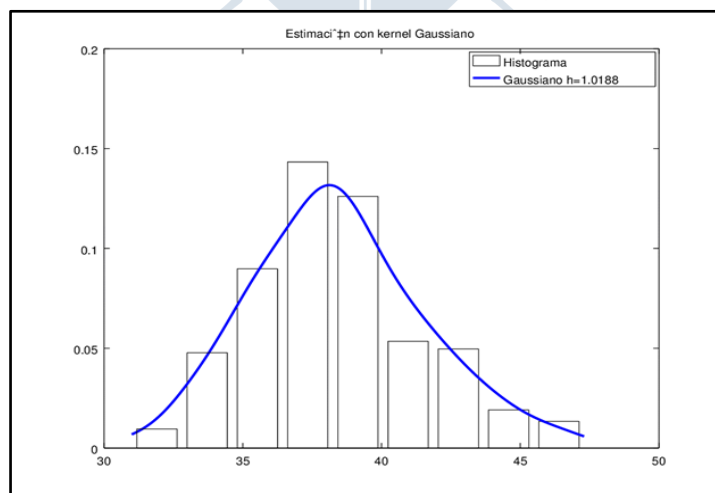


Figura 72. Función de densidad no paramétrica de Ancho de caderas – Hombres
Fuente: Elaboración propia

Una vez estimadas las funciones de densidad, se calculan los percentiles P_5 , P_{50} y P_{95} , los cuales se muestran en la Tabla 17, donde se indican igual que para las mujeres, otros estadísticos descriptivos.

5.3. Diseño antropométrico del mobiliario basado en hombres-mujeres

Las dimensiones del mobiliario se calcularán teniendo en cuenta el principio del diseño para un intervalo ajustable explicado en la sección 1.3 del capítulo 1. El principio propone los límites del intervalo ajustable en base a las dimensiones extremas, consideradas a partir de los percentiles P_5 , P_{50} y P_{95} , de las variables antropométricas relevantes. Los resultados se muestran en la Tabla 18, junto con el criterio que se ha tenido en cuenta.

Las dimensiones obtenidas se representan en las Figura 73 y Figura 74.

Tabla 17. Resumen de datos antropométricos - Hombres

Dimensiones corporales	Ajuste de distribución	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Percentiles		
						P5	P50	P95
Estatura (cm)	Gamma	158.00	185.00	170.29	5.87	160.79	170.23	180.03
Peso (kg)	Gamma	47.00	105.00	73.00	10.79	56.30	72.47	91.49
Ancho de hombros (cm)	Gamma	33.00	54.00	44.43	3.53	38.25	44.32	50.99
Anchura de pecho (cm)	Normal	20.00	43.00	31.18	4.30	24.10	31.18	38.25
Altura sentado (cm)	Normal	79.00	98.00	88.64	3.67	82.61	88.64	94.67
Altura de ojos sentado (cm)	Gamma	67.00	88.20	77.25	3.87	71.00	77.19	83.72
Altura de hombros sentado (cm)	Gamma	51.00	71.60	61.14	3.54	55.45	61.07	67.07
Altura poplítea parado (cm)	No Paramétrica	38.50	55.00	46.99	3.07	41.65	46.94	52.37
Altura del codo en reposo (cm)	No Paramétrica	17.00	32.70	25.13	3.02	19.76	25.18	30.30
Distancia nalga-poplítea (cm)	No Paramétrica	37.40	56.00	46.47	3.78	39.84	46.48	53.12
Distancia nalga-rodilla (cm)	No Paramétrica	47.00	66.00	56.83	3.59	50.66	56.74	63.20
Largo de apoyabrazos (cm)	No Paramétrica	40.00	53.00	46.11	2.18	42.48	46.05	49.91
Altura del muslo (cm)	No Paramétrica	10.00	21.00	15.11	1.96	11.74	15.09	18.57
Ancho de caderas (cm)	No Paramétrica	31.00	47.30	38.41	3.12	33.27	38.24	44.23

Tabla 18. Dimensiones del mobiliario basado en segmentación mujeres-hombres

Nº	Características	Medida antropométrica	Dimensión de diseño (cm)	Criterio determinante ^a
1	Altura de la superficie del asiento	Altura parado poplítea	41.26 – 54.87	Percentil <i>P</i> 5 de mujeres a percentil <i>P</i> 95 de hombres, de altura poplítea. + 2.5 cm por holgura de zapatos
2	Profundidad del asiento	Distancia nalga-poplíteo	46.48	Percentil <i>P</i> 50 de hombres de longitud nalga – poplíteo
3	Ancho del asiento	Ancho de cadera	45.23	Percentil <i>P</i> 95 de las mujeres, de ancho de cadera
4	Ancho del respaldo	Ancho de hombros	44.32	Percentil <i>P</i> 50 de hombres de ancho de los hombros
5	Altura del respaldo sobre el asiento	Altura de hombros sentado	52.76	Percentil <i>P</i> 5 de mujeres, de altura de los hombros
6	Ángulo del respaldo	-	110°	Sugerencias en bibliografía
7	Altura del reposabrazos	Altura del codo en reposo	21.29	Percentil <i>P</i> 5 de mujeres de altura del codo sentado (regulable)
8	Altura de la mesa	Altura del codo en reposo y altura poplítea parado	60.05 – 82.67	Percentil <i>P</i> 5 de mujeres a percentil <i>P</i> 95 de hombres, de la suma de la altura del codo en reposo con la altura poplítea parado
9	Profundidad de la mesa	Distancia nalga-rodilla	63.20	Percentil <i>P</i> 95 de hombres de longitud nalga-rodilla

^a Según I.W. Taifa, D.A. Desai, Anthropometric measurements for ergonomic design of students' furniture in India, Eng. Sci. Tech., Int. J. (2016)

Fuente: Elaboración propia



Figura 73. Diseño de la silla del mobiliario basado en segmentación mujeres-hombres

Fuente: Elaboración propia

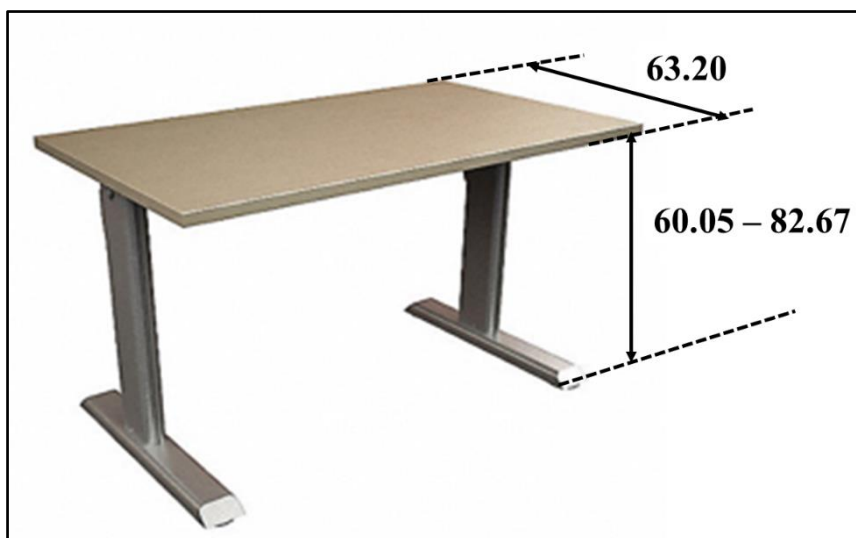


Figura 74. Diseño de la mesa del mobiliario basado en segmentación mujeres-hombres
Fuente: Elaboración propia



Capítulo 6

Diseño antropométrico del mobiliario basado en segmentación clúster

En el presente capítulo se continúa con el análisis de los datos. En este caso, se presentan los resultados del diseño antropométrico del mobiliario de estudio teniendo en cuenta la segmentación clúster, para lo cual será necesario aplicar la técnica de k-medias con el fin de obtener grupos homogéneos.

Se aplica la segmentación clúster para mejorar la homogeneidad de los grupos, de esa manera disminuir la variabilidad que existe en los grupos de mujeres y hombres.

A continuación, se explica el criterio de agrupación para la determinación del número de conglomerados o clústeres finales.

6.1. Identificación de los grupos clúster

En este estudio se aplicará el método de k-medias donde se distribuirá los datos en dos grupos clúster para así realizar la comparación con los resultados obtenidos en la segmentación por hombres y mujeres.

Para el cálculo haremos uso del software estadístico Minitab, específicamente la opción “Conglomerados de k-medias”, el cual permite realizar una clasificación de los datos en k-grupos, tomando en cuenta una partición inicial. En este caso, la partición inicial estará dada por la variable sexo. De esta manera, la opción tomará los k primeros casos como grupos unitarios y asignará el resto de los casos a los grupos con el centroide más próximo.

De acuerdo con lo explicado en el capítulo 5, no se toman en cuenta las medidas de 4 mujeres por presentar dimensiones muy bajas, ni las medidas de 1 hombre por presentar dimensiones muy altas. Estas 5 medidas se encuentran muy alejadas de las demás y en la agrupación clúster presentarían valores muy extremos en las variables.

Por lo tanto, la muestra para el análisis clúster estuvo formada por 545 datos, de los cuales 253 datos corresponden a mujeres y 292 a hombres.

Teniendo esto en cuenta, se procede a identificar los dos grupos clúster.

A través del software estadístico, la información arrojada por cada grupo clúster y los valores obtenidos de la segmentación en los 2 grupos clúster se describe continuación:

- Clúster 1

Comprende a las personas que presentan mayores medidas con respecto al grupo del clúster 2. Está formada por 237 personas, de las cuales 208 (87.8%) corresponden a hombres y 29 (12.2%) a mujeres. Además, el clúster 1 tiene mayor variabilidad ya que presenta una distancia promedio al centroide de 3.16, mayor que la presentada por el clúster 2, que es de 2.89.

- Clúster 2

Comprende a las personas que presentan menores medidas con respecto al grupo del clúster 1. Está formada por 308 personas, de las cuales 84 (27.3%) corresponden a hombres y 224 (72.7%) a mujeres.

Una vez identificados los 2 grupos clúster, los datos serán analizados siguiendo el procedimiento explicado en la sección 3.5 del capítulo 3. En resumen, los pasos a seguir son los siguientes: ajustar cada variable antropométrica con una función de densidad paramétrica o no paramétrica, calcular los percentiles P_5 , P_{50} y P_{95} según la función de densidad estimada y, finalmente, calcular las dimensiones óptimas del mobiliario basándonos en los percentiles.

En los siguientes apartados se muestran los resultados obtenidos al analizar cada grupo clúster.

6.2. Análisis en el clúster 1

En el diseño antropométrico del mobiliario el clúster 1 es equivalente al grupo de los hombres. Sin embargo, el grupo de hombres presenta mayor dispersión en las variables, que el clúster 1.

De las 14 variables, 9 de ellas: “estatura”, “altura poplítea”, “ancho de pecho”, “largo de apoyabrazos”, “altura del muslo”, “altura del codo en reposo”, “altura sentado”, “altura de hombros sentado” y “distancia nalga-poplítea”, se ajustaron con una distribución paramétrica. Los resultados se muestran en las Figura 75 a Figura 92. Las variables fueron ajustadas con funciones de densidad Normal y Gamma.

En la Figura 75 se muestra el histograma de la variable estatura. Al realizar el ajuste de distribución individual de la estatura se observa que se ajusta a las siguientes distribuciones: Normal, Logística y Gamma (ver Figura 76). Se escoge la distribución Normal porque el p-valor es mayor que el de las demás distribuciones.

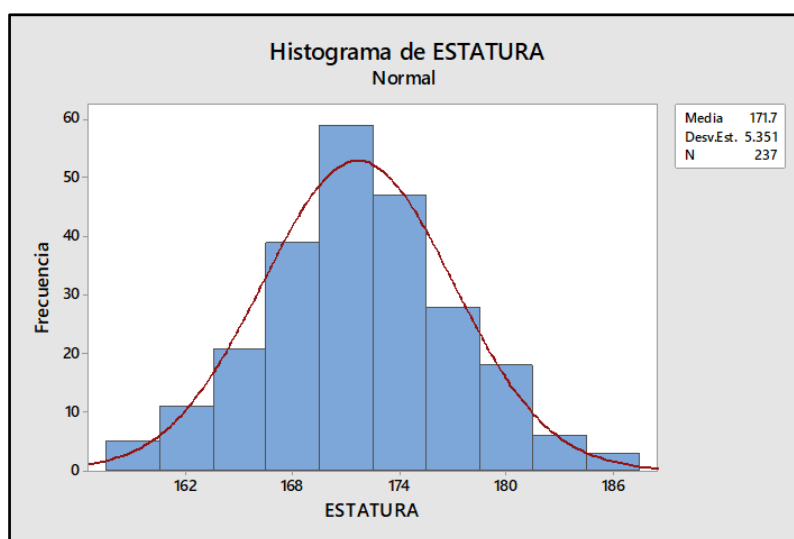


Figura 75. Histograma de la Estatura - Clúster 1
Fuente: Elaboración propia

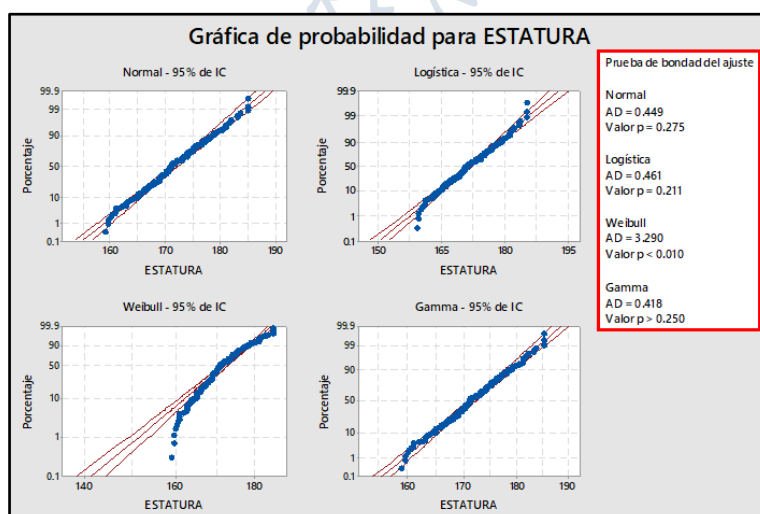


Figura 76. Identificación de distribución individual de la Estatura - Clúster 1
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 77 se muestra el histograma de la altura poplítea parado. Para esta variable, se detectó 1 dato extremo de una persona que presentaba una medida de 29.4 cm, por lo que no se tuvo en cuenta por estar muy alejado de los demás valores. Al realizar el ajuste de distribución se observa que se ajusta a las siguientes distribuciones: Normal, Logística y Gamma. Se escoge la distribución Normal porque el p-valor es considerablemente mayor que el de las demás distribuciones (ver Figura 78).

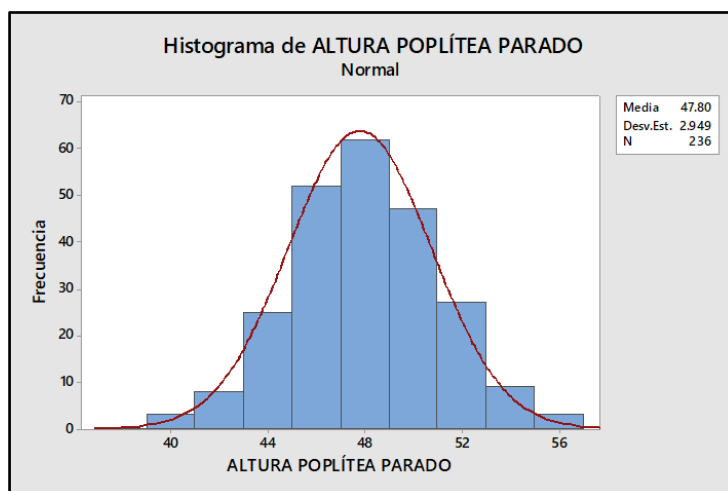


Figura 77. Histograma de Altura poplítea parado - Clúster 1
Fuente: Elaboración propia

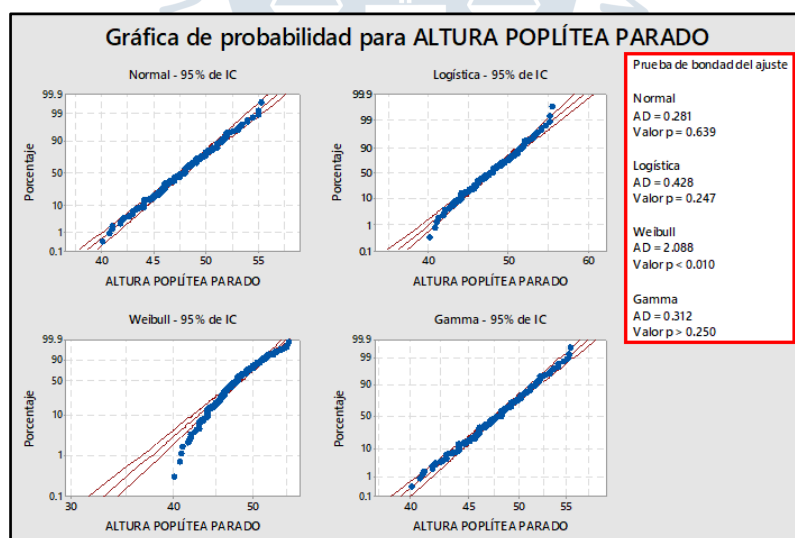


Figura 78. Identificación de distribución individual de Altura poplítea parado - Clúster 1
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 79 se muestra el histograma del ancho de pecho con su ajuste de distribución. Esta variable se ajusta a las distribuciones Normal, Logística y Gamma. Se

escoge la distribución Normal porque el p-valor es mayor que el de las demás distribuciones (ver Figura 80).

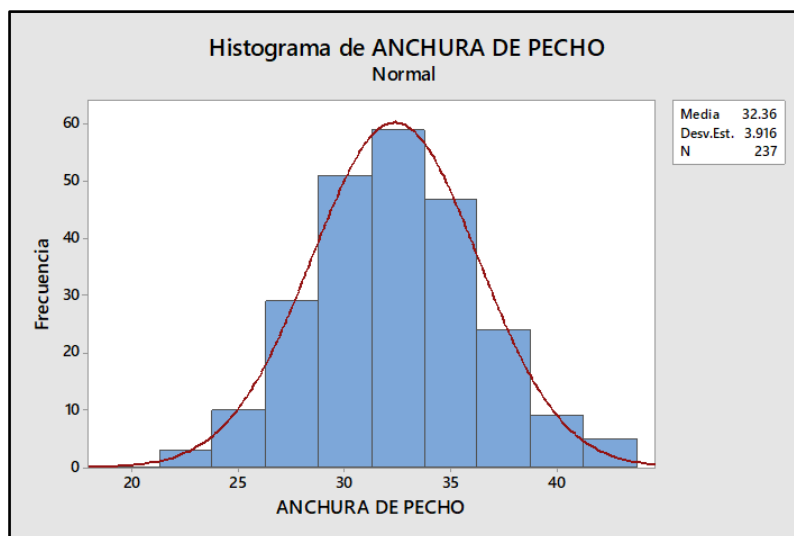


Figura 79. Histograma de Ancho de pecho - Clúster 1
Fuente: Elaboración propia

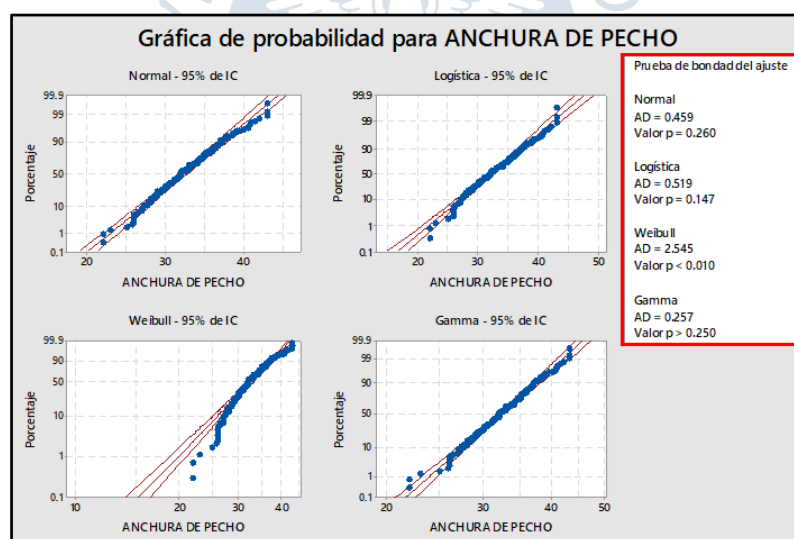


Figura 80. Identificación de distribución individual de Ancho de pecho - Clúster 1
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 81 se muestra el histograma del largo de apoyabrazos. Al realizar el ajuste de distribución individual se observa que la variable se ajusta a las distribuciones Normal, Logística y Gamma. Se escoge la distribución Gamma porque el p-valor es mayor que el de las demás distribuciones (ver Figura 82).

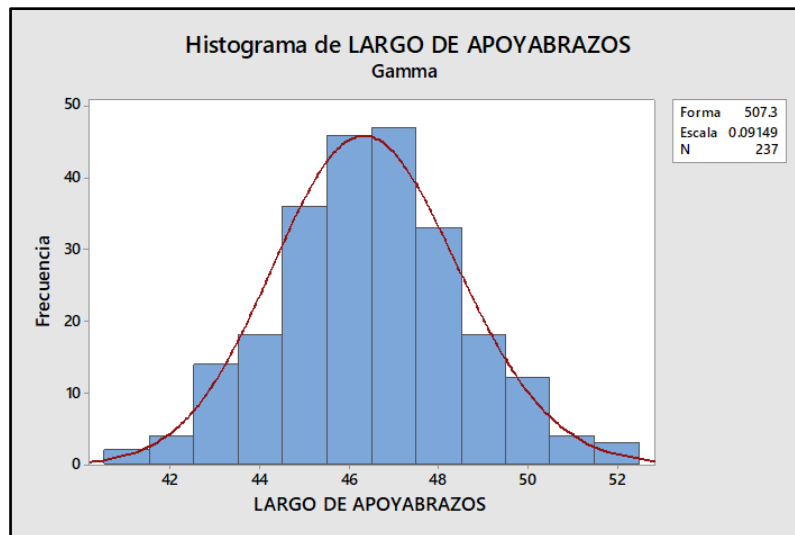


Figura 81. Histograma del Largo de apoyabrazos – Clúster 1
Fuente: Elaboración propia

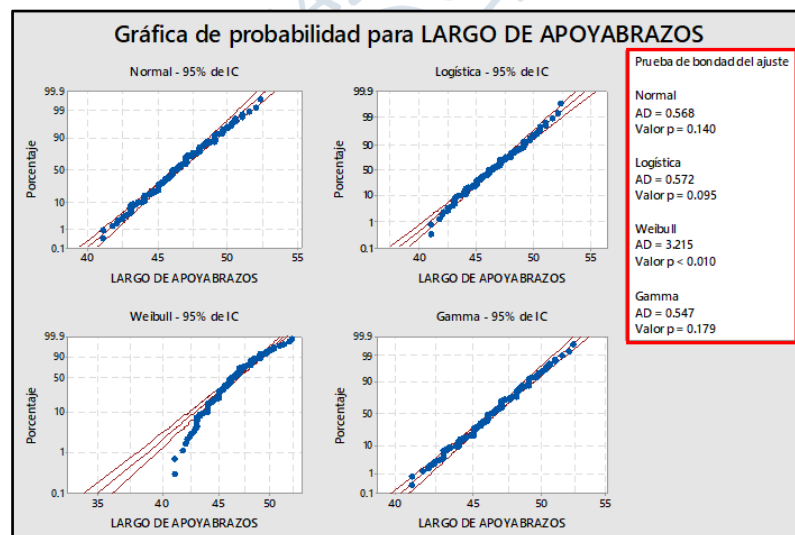


Figura 82. Identificación de distribución individual del Largo de apoyabrazos – Clúster 1
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 83 se muestra el histograma de la altura del muslo. Al realizar el ajuste de distribución individual se observa que la variable se ajusta a las distribuciones Normal y Gamma. Se escoge la distribución Normal porque el p-valor es considerablemente mayor el de la distribución Gamma (ver Figura 84).

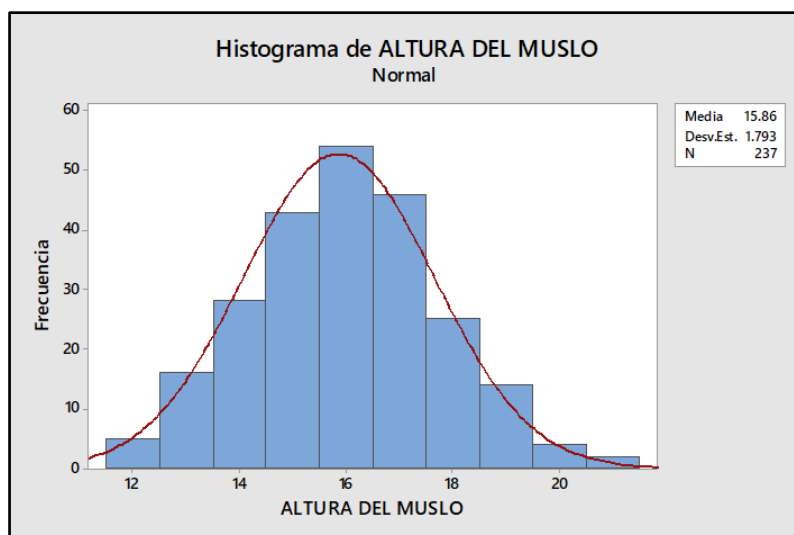


Figura 83. Histograma de Altura del muslo - Clúster 1

Fuente: Elaboración propia

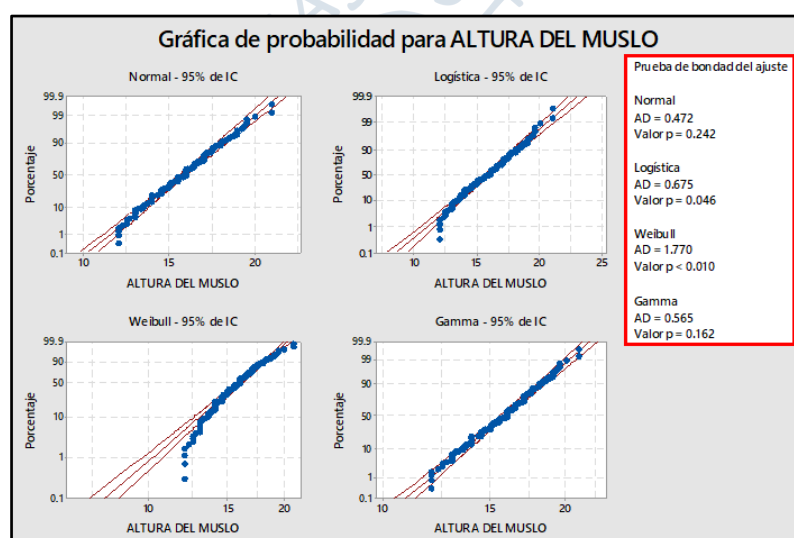


Figura 84. Identificación de distribución individual de Altura del muslo - Clúster 1

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 85 se muestra su histograma de la altura del codo en reposo. Esta variable se ajusta a las distribuciones Normal, Logística y Gamma. Se escoge la distribución Normal porque su p-valor es considerablemente mayor que el de las demás distribuciones (ver Figura 86).

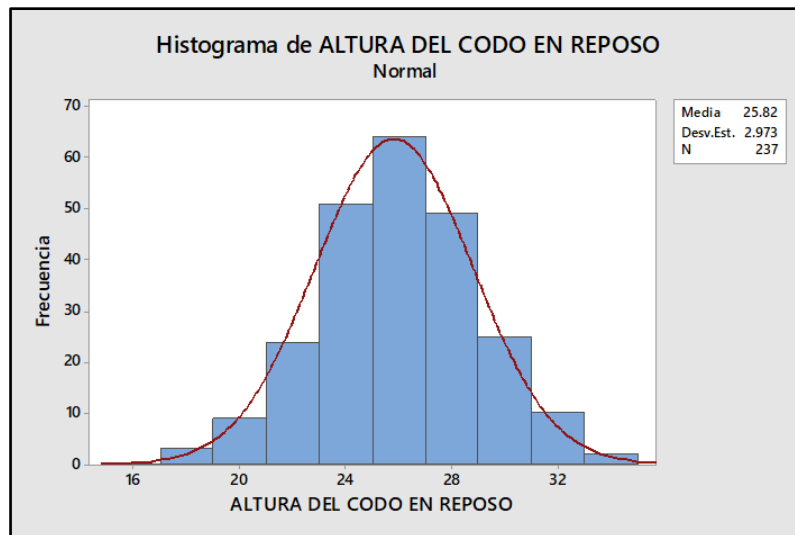


Figura 85. Histograma de Altura del codo en reposo - Clúster 1
Fuente: Elaboración propia

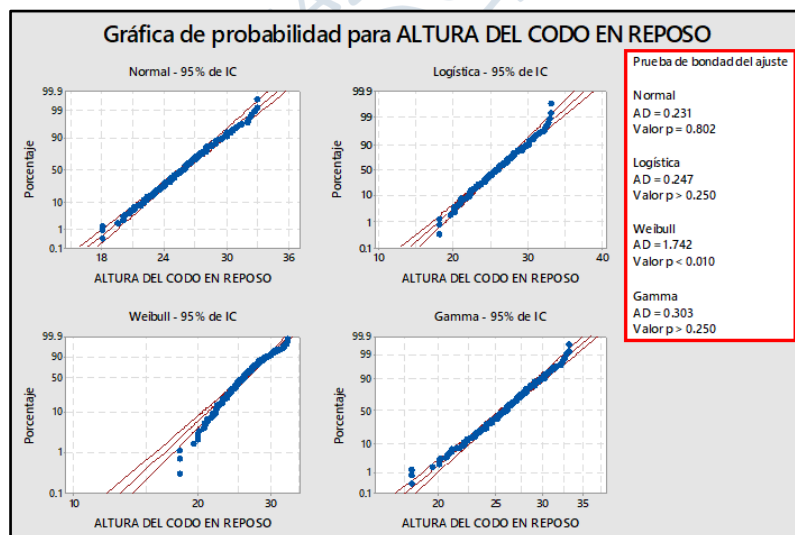


Figura 86. Identificación de distribución individual de Altura del codo en reposo - Clúster 1
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 87 se muestra el histograma de la altura sentado con ajuste a la distribución Normal. En este caso se observa un ajuste a las distribuciones Normal, Logística y Gamma. Se escogerá la distribución Normal ya que tiene un p-valor considerablemente mayor que el de las demás distribuciones (ver Figura 88).

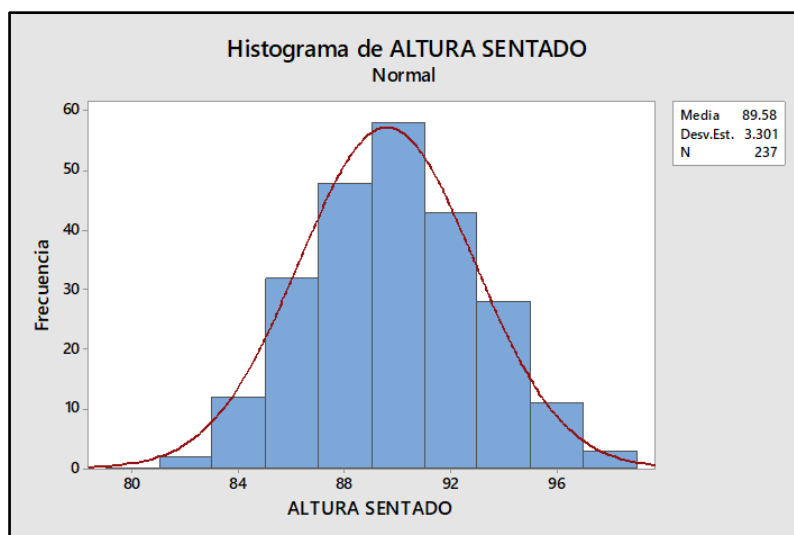


Figura 87. Histograma de Altura sentado – Clúster 1
Fuente: Elaboración propia

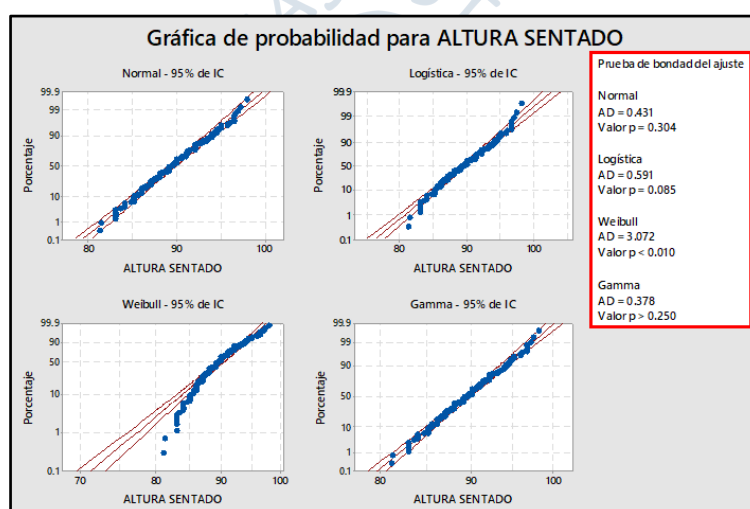


Figura 88. Identificación de distribución individual de Altura sentado – Clúster 1
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 89 se muestra el histograma de la altura de hombros sentado con su ajuste de distribución Normal. En esta variable se detectó 1 dato extremo de una persona que presentaba una medida de 79.8 cm, por lo que no se tuvo en cuenta por estar más alejado de los demás valores. Al realizar el ajuste de distribución individual de la estatura se observa que se ajusta a las siguientes distribuciones: Normal, Logística y Gamma. Se escoge la distribución Normal porque el p-valor es mayor que el de las demás distribuciones (ver Figura 90).

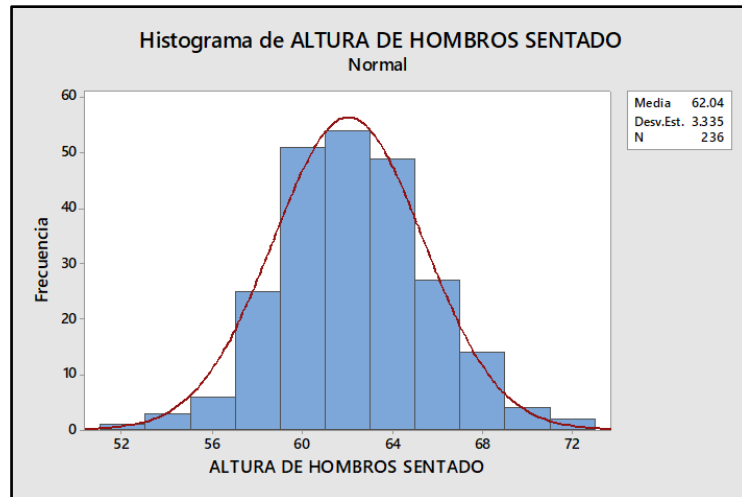


Figura 89. Histograma de Altura de hombros sentado - Clúster 1
Fuente: Elaboración propia

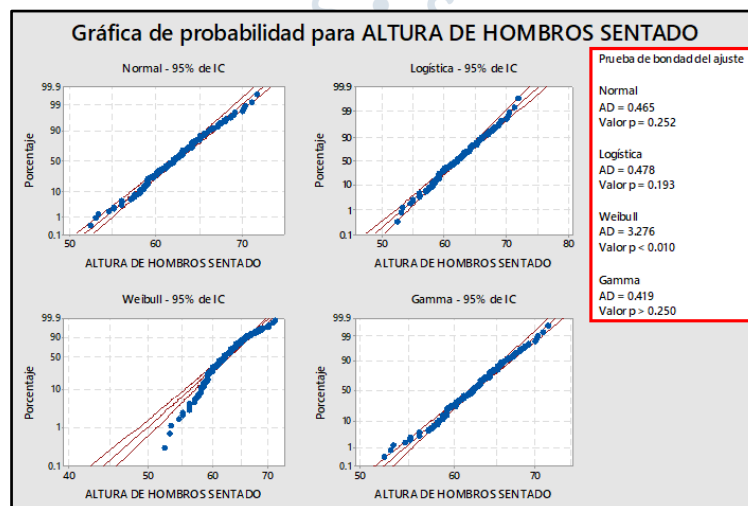


Figura 90. Identificación de distribución individual de Altura de hombros sentado - Clúster 1
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 91 se muestra el histograma de la distancia nalga-poplíteo. Se observa un ajuste a las distribuciones Normal, Logística y Gamma. En este caso, se escogerá la distribución Normal ya que tiene un p-valor considerablemente mayor que el de las demás distribuciones (ver Figura 92).

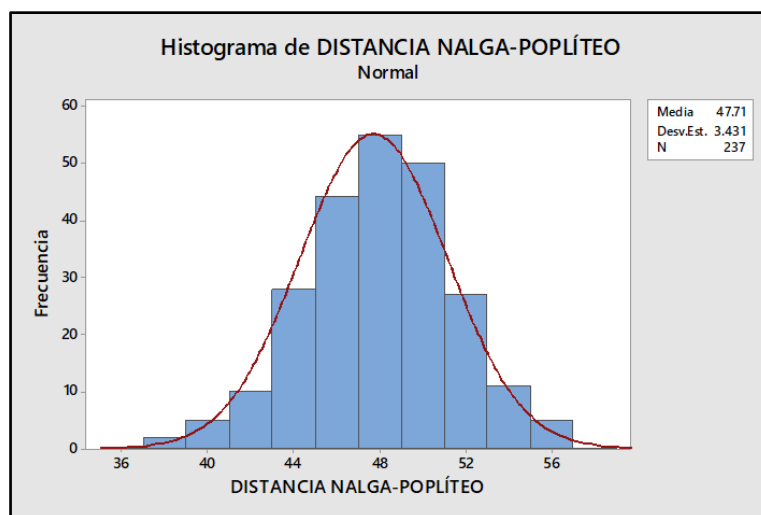


Figura 91. Histograma de Distancia nalga-poplíteo - Clúster 1
Fuente: Elaboración propia

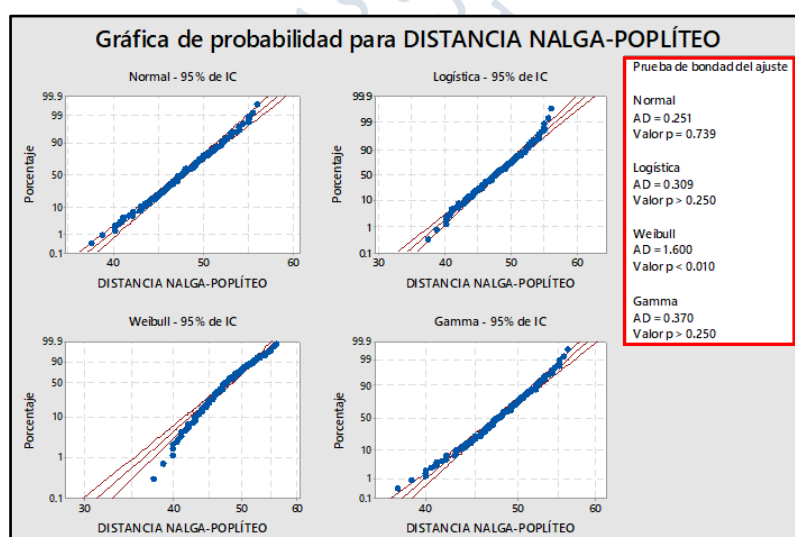


Figura 92. Identificación de distribución individual de Distancia nalga-poplíteo - Clúster 1
Fuente: Elaboración propia

Las restantes 5 variables: “peso”, “ancho de hombros”, “altura de ojos sentado”, “distancia nalga-rodilla” y “ancho de caderas” no pudieron ajustarse a ninguna distribución paramétrica, ni usando incluso una transformación Box-Cox. Por esa razón, para estas variables se estimó una función de densidad no paramétrica con funciones Kernel. Para ello se empleó el Octave 4.0.3 y se siguió el procedimiento detallado en la sección 3.5 del Capítulo 3. Tal y como se explicó en esta sección, el ajuste no paramétrico se realiza optimizando el parámetro de suavizado de la función Kernel, que en este caso ha sido el Kernel Gaussiano. Y para comprobar que la función de densidad es la que describe los datos, se realiza el test de la Chi cuadrado.

En las Figura 93 a Figura 97 se muestran los histogramas de las variables y la función de densidad no paramétrica estimada. En este caso, las variables presentan mayores asimetrías que las anteriores, como se puede observar en sus histogramas.

En el peso se detectaron 2 datos extremos en personas que sobrepasaban los 120 kg en esta variable. Ambos datos se alejan de los demás valores, es por eso que se decide retirarlos y no considerarlos en el análisis de esta variable. En la Figura 93 se muestra el histograma y la función de densidad no paramétrica estimada para la variable peso. Se observa que la variable presenta una cola hacia la derecha.

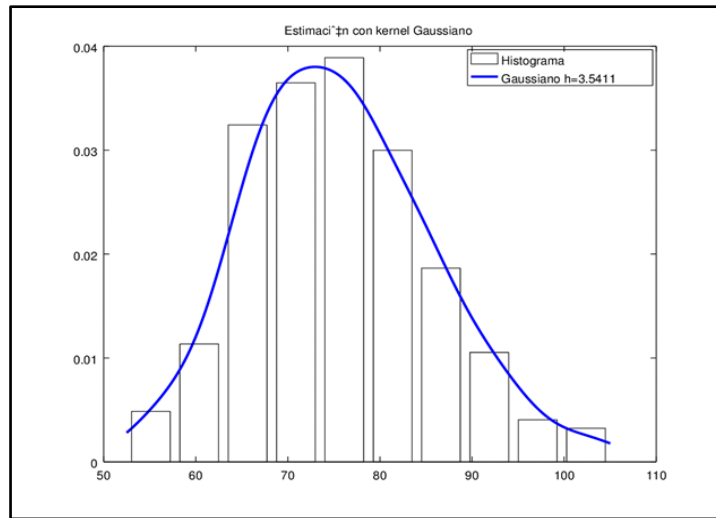


Figura 93. Función de densidad no paramétrica del Peso - Clúster 1
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 94 se muestra el histograma y la función de densidad no paramétrica estimada, para la variable ancho de hombros.

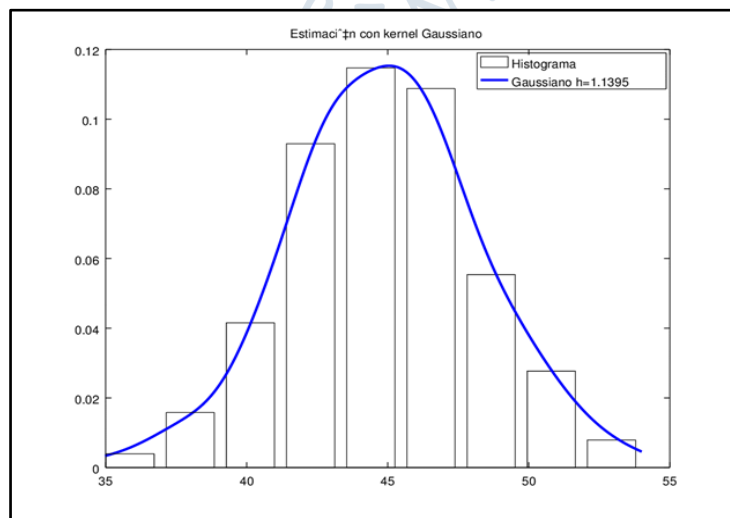


Figura 94. Función de densidad no paramétrica de Ancho de hombros - Clúster 1
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 95 se muestra el histograma y la función de densidad no paramétrica estimada, para la variable altura de ojos sentado.

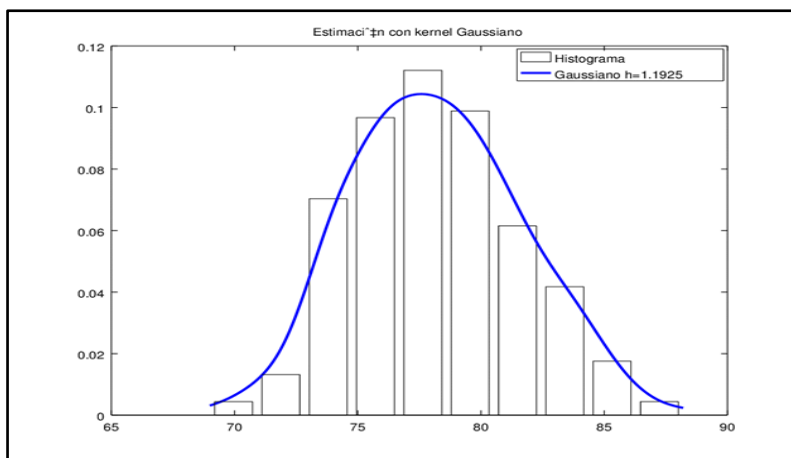


Figura 95. Función de densidad no paramétrica de Altura de ojos sentado - Clúster 1
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 96 se muestra el histograma y la función de densidad no paramétrica estimada, para la variable distancia nalga-rodilla.

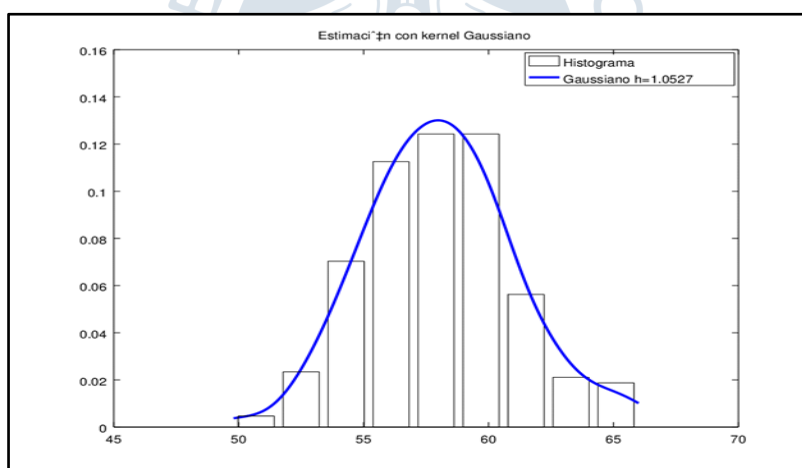


Figura 96. Función de densidad no paramétrica de Distancia nalga-rodilla - Clúster 1
Fuente: Elaboración propia

En el ancho de caderas se detectó 1 dato extremo en una persona que presentaba 94.3 cm en esta variable. Este valor se encuentra muy alejado de los demás datos, por eso que se decide retirarlo y no considerarlo en el análisis de esta variable. En la Figura 97 se muestra el histograma y la función de densidad no paramétrica estimada para la variable ancho de caderas. Se observa que la variable presenta una cola hacia la derecha.

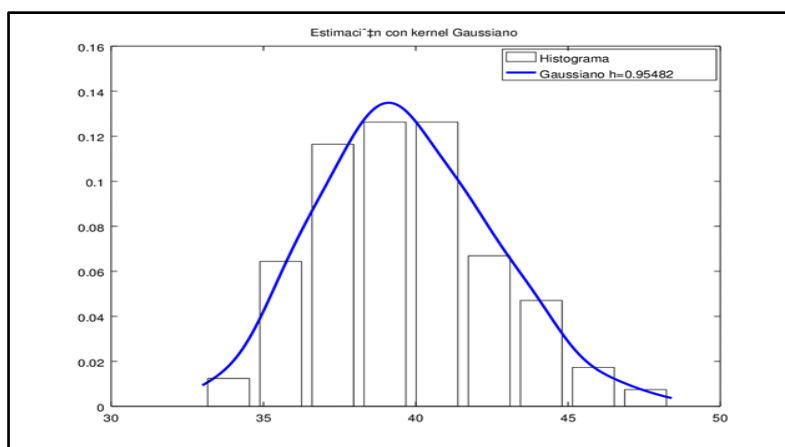


Figura 97. Función de densidad no paramétrica de Ancho de caderas - Clúster1
Fuente: Elaboración propia

Una vez estimadas las funciones de densidad, se calculan los percentiles P_5 , P_{50} y P_{95} , los cuales se muestran en la Tabla 19, junto con otros estadísticos descriptivos: mínimo, máximo, media y desviación típica.

Tabla 19. Resumen de datos antropométricos - Clúster 1

Dimensiones corporales	Ajuste de Distribución	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Percentiles		
						P5	P50	P95
Estatura (cm)	Normal	159.00	185.00	171.67	5.35	162.87	171.67	180.48
Altura poplítea parado (cm)	Normal	40.00	55.00	47.80	2.95	42.95	47.80	52.65
Anchura de pecho (cm)	Normal	22.00	43.00	32.36	3.92	25.92	32.36	38.80
Largo de apoyabrazos (cm)	Gamma	41.00	53.00	46.41	2.07	43.08	46.38	50.09
Altura del muslo (cm)	Normal	12.00	21.00	15.86	1.79	12.91	15.86	18.81
Altura del codo en reposo (cm)	Normal	18.00	32.70	25.82	2.97	20.93	25.82	30.70
Altura sentado (cm)	Normal	81.20	98.00	89.58	3.30	84.15	89.58	95.01
Altura de hombros sentado (cm)	Normal	52.40	71.60	62.04	3.34	56.56	62.04	67.53
Distancia nalga-poplítea (cm)	Normal	37.40	56.00	47.71	3.43	42.07	47.71	53.36
Peso (kg)	No Paramétrica	52.50	105.00	74.93	9.96	59.36	74.92	94.11
Ancho de hombros (cm)	No Paramétrica	34.80	54.00	44.87	3.34	39.08	44.86	51.27
Altura de ojos sentado (cm)	No Paramétrica	69.00	88.20	78.19	3.43	72.57	78.04	84.38
Distancia nalga-rodilla (cm)	No Paramétrica	49.80	66.00	58.06	2.96	53.11	57.97	63.55
Ancho de caderas (cm)	No Paramétrica	33.00	47.30	39.67	2.88	34.96	39.51	44.87

Fuente: Elaboración propia

6.3. Análisis en el clúster 2

Este clúster es equivalente al grupo de las mujeres, y presenta menor variabilidad en las variables antropométricas.

Procedemos a realizar el mismo procedimiento que se aplicó para el clúster 2.

De las 14 variables analizadas, 10 de ellas fueron ajustadas con funciones de densidad paramétricas. Estas variables fueron: “estatura”, “altura poplítea parado”, “ancho de pecho”, “largo de apoyabrazos”, “altura del codo en reposo”, “altura sentado”, “altura de ojos sentado”, “altura de hombros sentado”, “distancia nalga-poplíteo” y “distancia nalga-rodilla”. Los resultados de los análisis realizados en Minitab se muestran en la Figura 98 a Figura 117. En este caso, las variables fueron ajustadas con funciones de densidad Normal, Logística y Gamma.

En la Figura 98 se muestra el histograma de la variable estatura. Al realizar el ajuste de distribución individual de la estatura se observa que se ajusta a las distribuciones Normal, Logística y Gamma (ver Figura 99). Se escoge la distribución Normal porque el p-valor es considerablemente mayor al de las demás distribuciones.

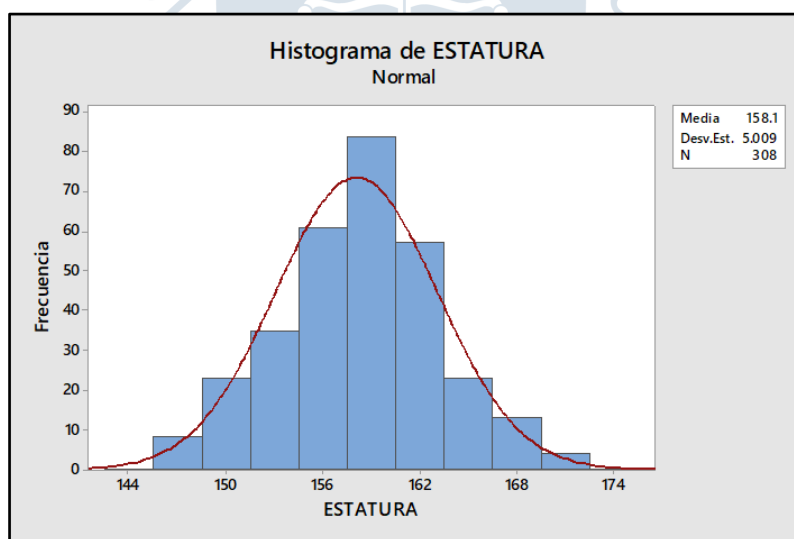


Figura 98. Histograma de la Estatura - Clúster 2

Fuente: Elaboración propia

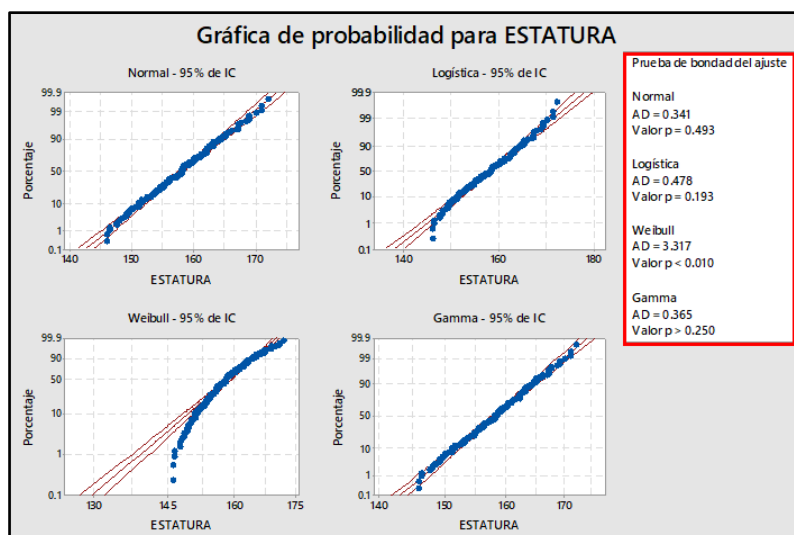


Figura 99. Identificación de distribución individual de la Estatura – Clúster 2
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 100 se muestra el histograma de la altura poplíteo-parado. Al realizar el ajuste de distribución individual se observa que se ajusta a las siguientes distribuciones: Normal, Logística y Gamma. Se escoge la distribución Normal porque el p-valor es considerablemente mayor que el de las demás distribuciones (ver Figura 101).

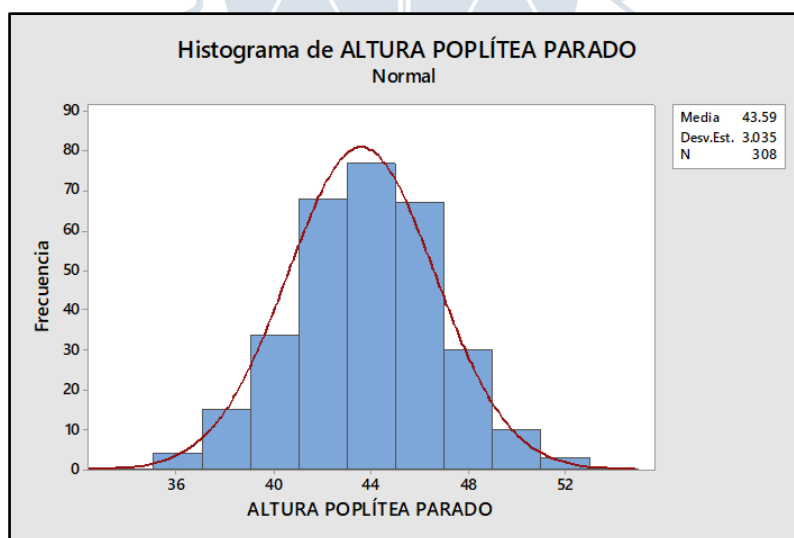


Figura 100. Histograma de Altura poplíteo-parado - Clúster 2
Fuente: Elaboración propia

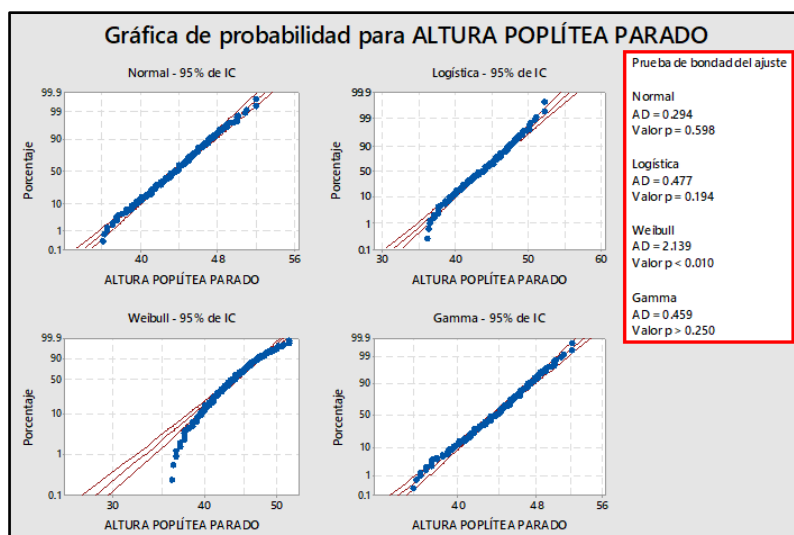


Figura 101. Identificación de distribución individual de Altura poplítea parado - Clúster 2
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 102 se muestra su histograma. Al realizar el ajuste de distribución individual se observa que la variable se ajusta a las distribuciones Normal, Gamma y Logística. En este caso, se escogerá la distribución Normal ya que tiene un p-valor considerablemente mayor que el de las demás distribuciones (ver Figura 103).

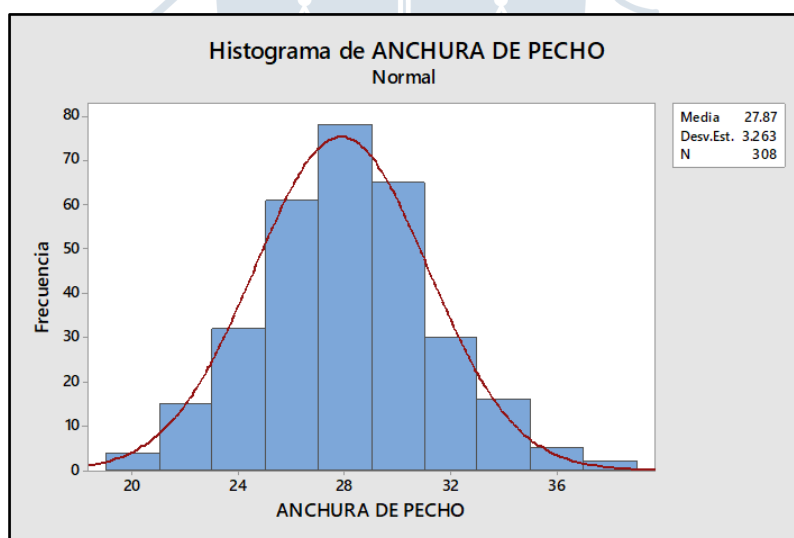


Figura 102. Histograma de Ancho de pecho - Clúster 2
Fuente: Elaboración propia

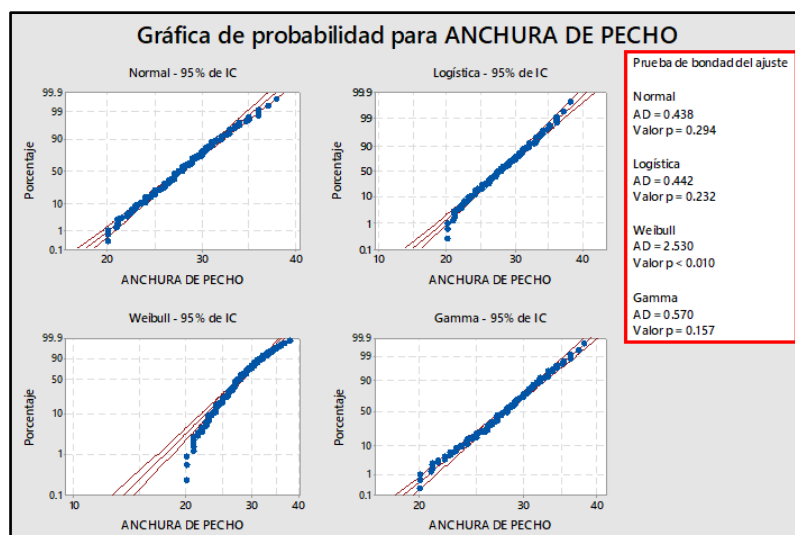


Figura 103. Identificación de distribución individual de Ancho de pecho - Clúster 2
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 104 se muestra el histograma del largo de apoyabrazos. En este caso, se detectó 1 valor extremo de una persona que presenta 56 cm, siendo este valor muy alejado de los demás datos. Por esta razón no se considerará en el análisis de esta variable. Al realizar el ajuste de distribución individual se observa que la variable se ajusta a las distribuciones Normal y Gamma. En este caso se escogerá la distribución Normal ya que tiene un p-valor mayor que el de las demás distribuciones (ver Figura 105).

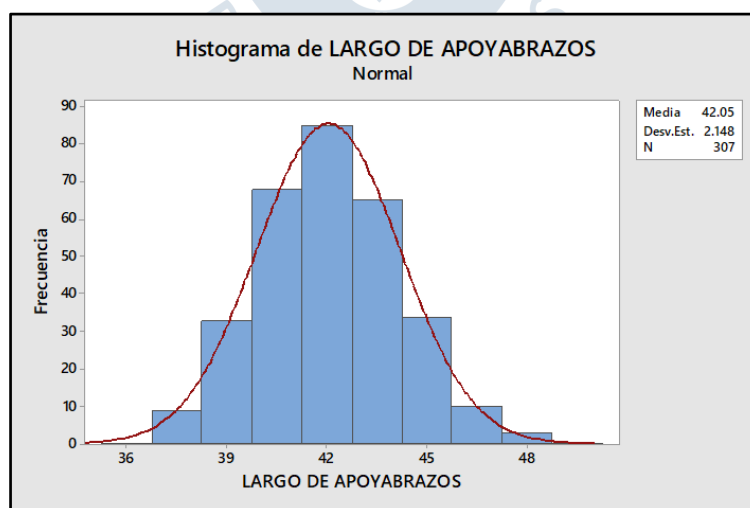


Figura 104. Histograma de Largo de apoyabrazos - Clúster 2
Fuente: Elaboración propia

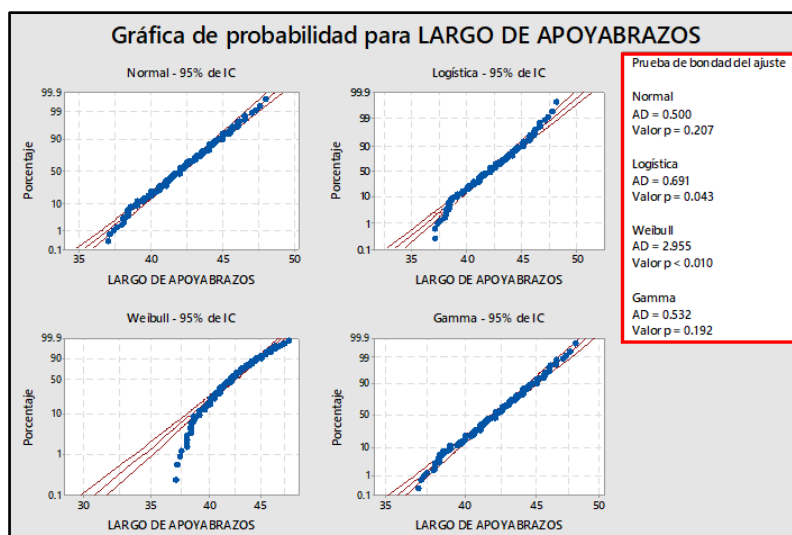


Figura 105. Identificación de distribución individual de largo de apoyabrazos - Clúster 2
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 106 se muestra el histograma de la altura del codo en reposo. Al realizar el ajuste de distribución individual, se observa que la variable se ajusta a la distribución Logística (ver Figura 107).

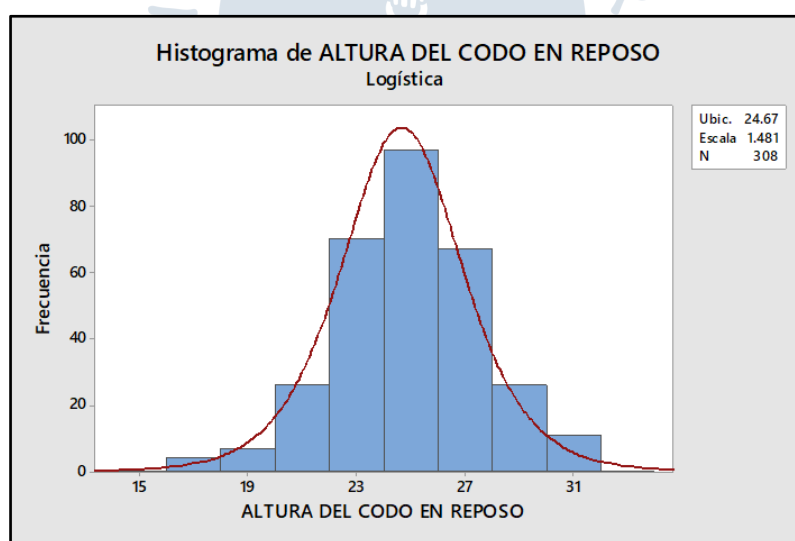


Figura 106. Histograma de altura del codo en reposo - Clúster 2
Fuente: Elaboración propia

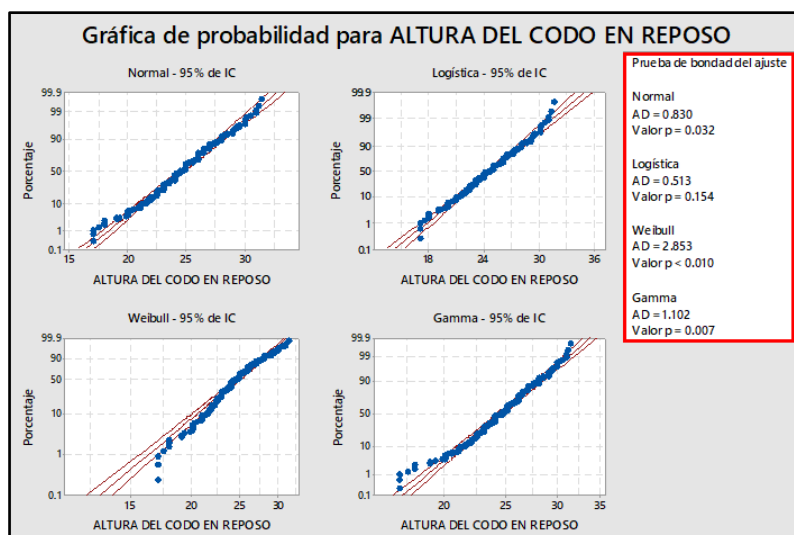


Figura 107. Identificación de distribución individual de Altura del codo en reposo - Clúster 2
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 108 se muestra el histograma de la altura sentado. Al realizar el ajuste de distribución individual, se observa que la variable se ajusta a las distribuciones Normal, Gamma y Logística. En este caso se escogerá la distribución Gamma ya que tiene un p-valor ligeramente mayor que el de las demás distribuciones (ver Figura 109).

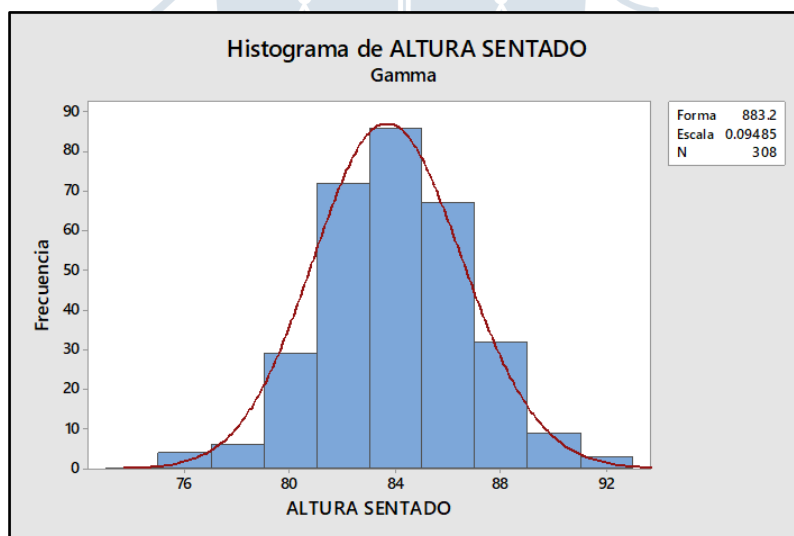


Figura 108. Histograma de Altura sentado - Clúster 2
Fuente: Elaboración propia

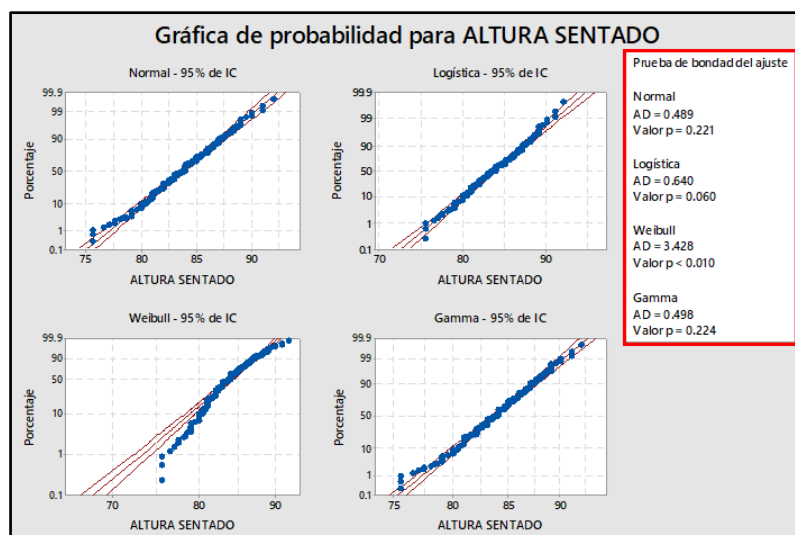


Figura 109. Identificación de distribución individual de Altura sentado - Clúster 2
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 110 se muestra el histograma de la altura de ojos sentado. En esta variable se detectó 1 valor extremo de una persona que presenta 36.5 cm, siendo este valor muy alejado de los demás datos. Por esta razón no se considerará en el análisis de esta variable. Al realizar el ajuste de distribución individual se observa que la variable se ajusta a las distribuciones Normal, Logística y Gamma. En este caso se escogerá la distribución Normal ya que tiene un p-valor mayor que el de las demás distribuciones (ver Figura 111).

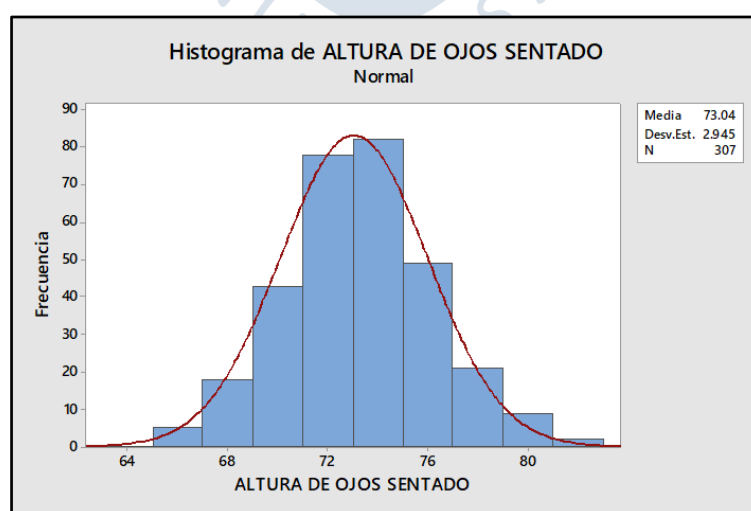


Figura 110. Histograma de Altura de ojos sentado - Clúster 2
Fuente: Elaboración propia

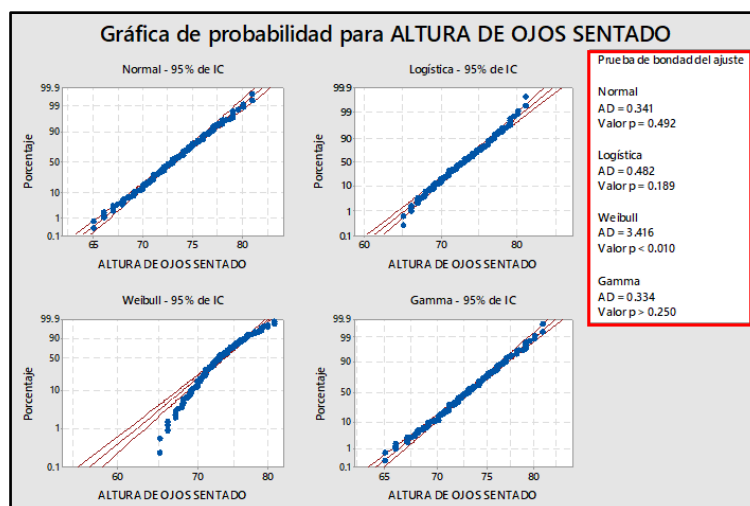


Figura 111. Identificación de distribución individual de Altura de ojos sentado - Clúster 2
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 112 se muestra el histograma de la altura de hombros sentado. En esta variable se detectaron 2 valores extremos, una persona que presenta un valor muy elevado de 74 cm, y con un valor muy bajo de 41 cm. Ambos valores se encuentran muy alejados de los demás datos. Por esta razón no se considerarán en el análisis de esta variable. Al realizar el ajuste de distribución individual se observa que la variable se ajusta a la distribución Normal (ver Figura 113).

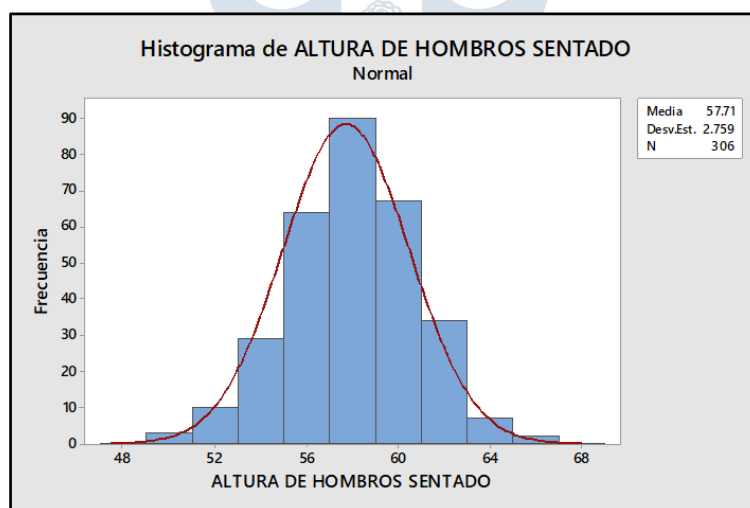


Figura 112. Histograma de Altura de hombros sentado - Clúster 2
Fuente: Elaboración propia

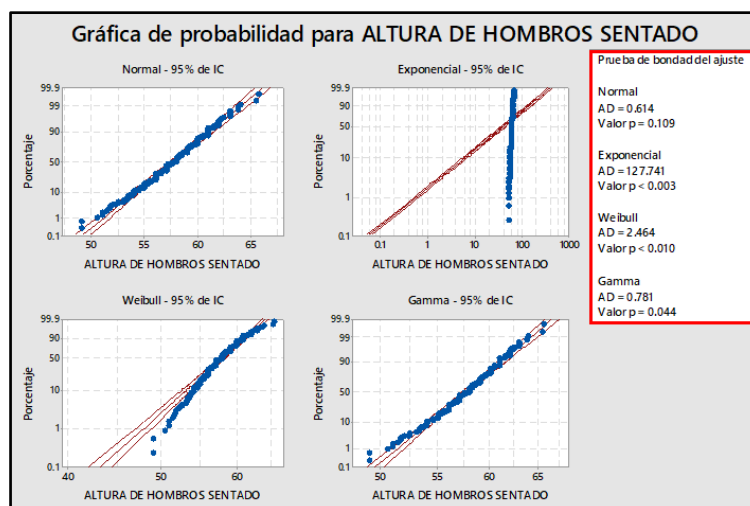


Figura 113. Identificación de distribución individual de Altura de hombros sentado - Clúster 2
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 114 se muestra el histograma de la distancia nalga-poplíteo. En esta variable se detectó 1 valor extremo de una persona que presentaba 31 cm. Este valor se encuentra muy alejado de los demás datos. Por esta razón no se considerará en el análisis de esta variable. Al realizar el ajuste de distribución individual se observa que la variable se ajusta a las distribuciones Normal y Gamma. Se escoge la distribución Normal porque presenta un p-valor considerablemente mayor que el de la distribución Gamma (ver Figura 115).

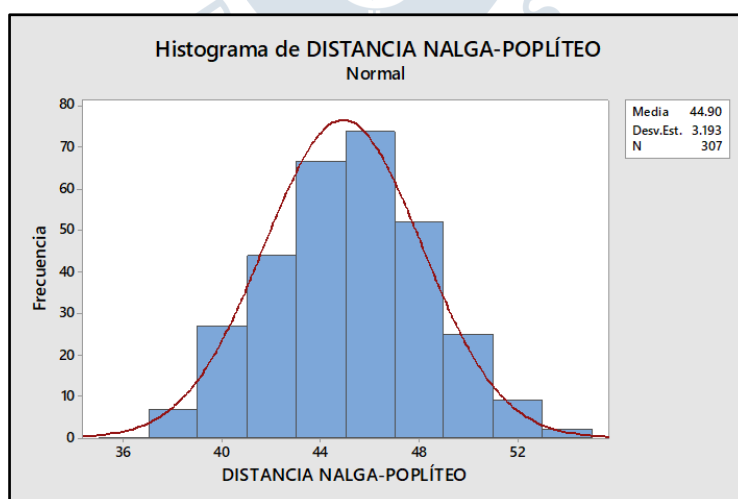


Figura 114. Histograma de Distancia nalga-poplíteo - Clúster 2
Fuente: Elaboración propia

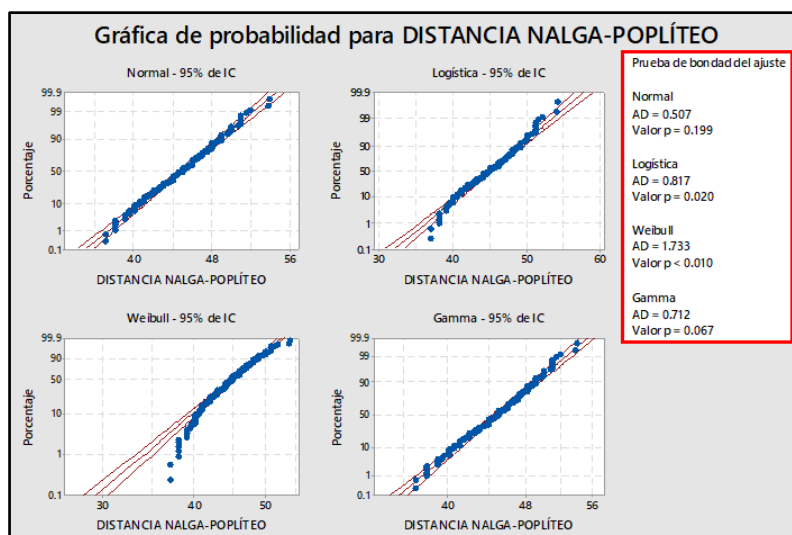


Figura 115. Identificación de distribución individual de Distancia nalga-poplíteo - Clúster 2
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 116 se muestra el histograma de la distancia nalga-rodilla. En esta variable se detectó 1 valor extremo de una persona que presentaba 41 cm. Este valor se encuentra muy alejado de los demás datos. Por esta razón no se considerará en el análisis de esta variable. Al realizar el ajuste de distribución individual se observa que la variable se ajusta a las distribuciones Normal, Logística y Gamma. Se escoge la distribución Logística porque presenta un p-valor ligeramente mayor que el de las demás distribuciones (ver Figura 117).

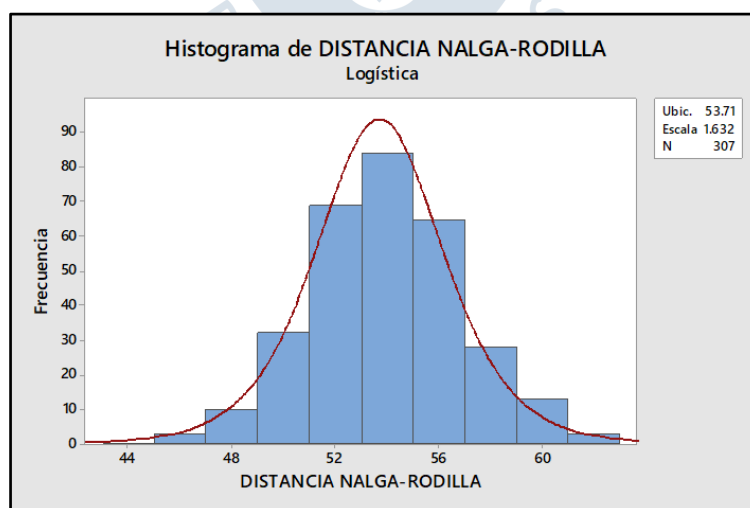


Figura 116. Histograma de Distancia nalga-rodilla - Clúster 2
Fuente: Elaboración propia

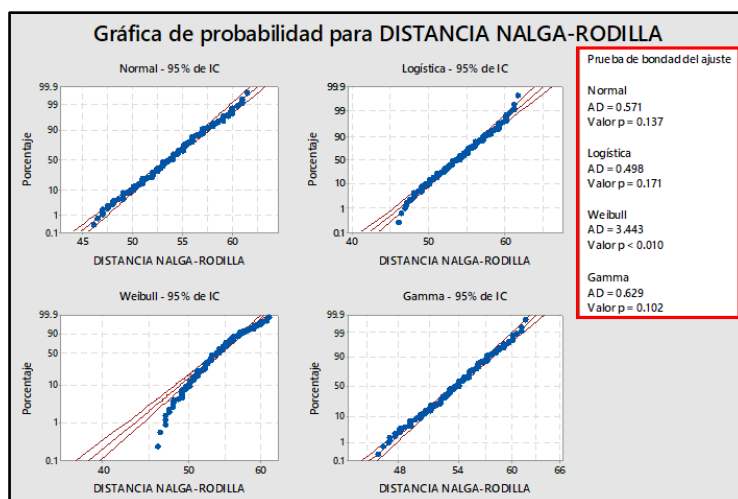


Figura 117. Identificación de distribución individual de Distancia nalga-rodilla - Clúster 2
Fuente: Elaboración propia

Las otras 4 variables restantes: “peso”, “ancho de hombros”, “altura del muslo” y “ancho de caderas”, no tuvieron un ajuste adecuado con distribuciones paramétricas, incluso después de realizar una transformación de Box Cox. Por esta razón, para estas variables se estimó una función de densidad no paramétrica con funciones Kernel. Los resultados se muestran en la Figura 118 a Figura 121.

En la Figura 118 se muestra el histograma y la función de densidad no paramétrica estimada de la variable peso.

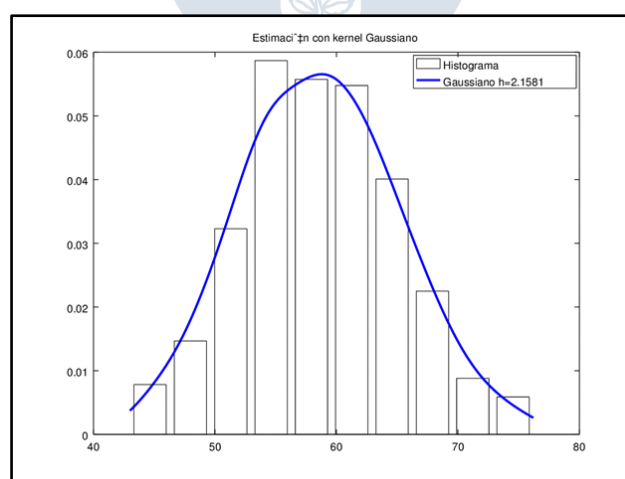


Figura 118. Función de densidad no paramétrica del Peso – Clúster 2
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 119 se muestra el histograma y la función de densidad no paramétrica estimada de la variable ancho de hombros.

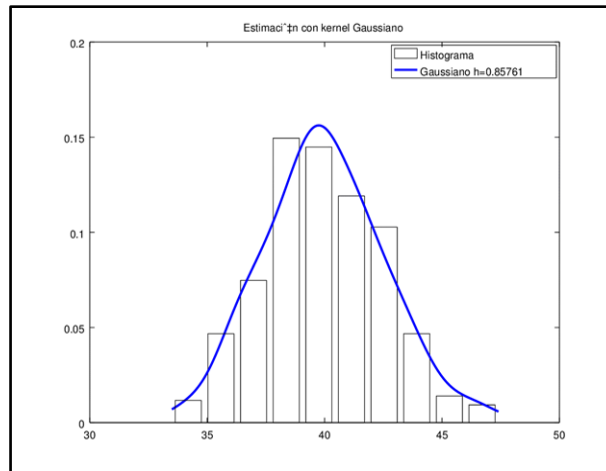


Figura 119. Función de densidad no paramétrica de Ancho de hombros – Clúster 2
Fuente: Elaboración propia

Para la variable altura del muslo se detectó 1 valor extremo que hace referencia a una persona que presenta 24 cm en esta variable. Este valor no será considerado en el análisis de esta variable ya que está muy alejado de los demás datos. En la Figura 120 se muestra el histograma de la variable altura del muslo y su función de densidad no paramétrica estimada.

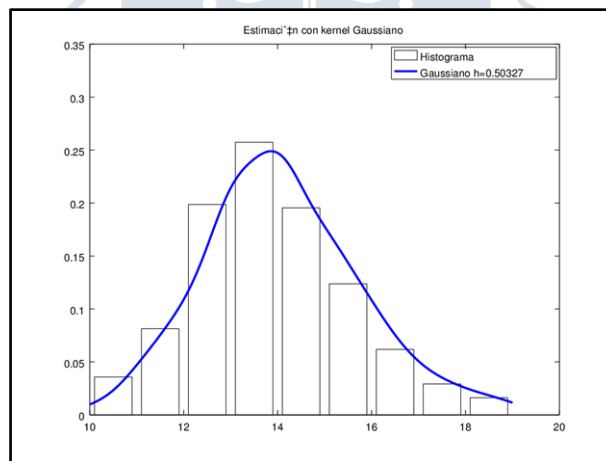


Figura 120. Función de densidad no paramétrica de Altura del muslo. Clúster 2
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 121 se muestra el histograma y la función de densidad no paramétrica estimada de la variable ancho de caderas.

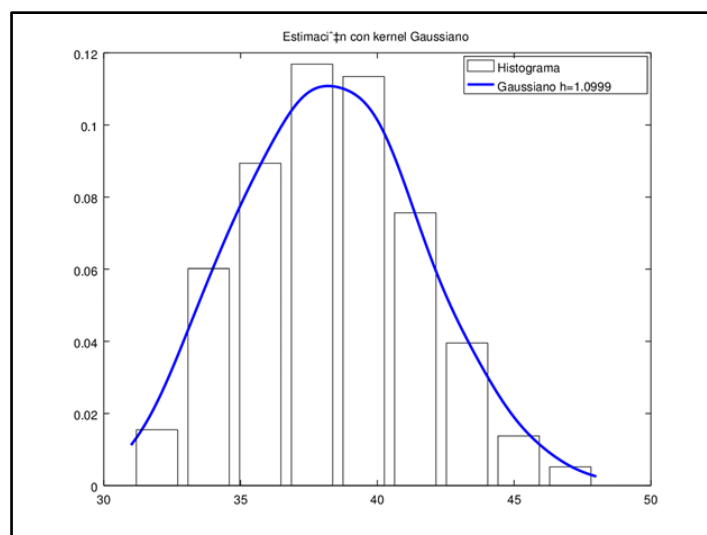


Figura 121. Función de densidad no paramétrica de Ancho de caderas – Clúster 2
Fuente: Elaboración propia

Una vez estimadas las funciones de densidad, se calculan los percentiles P_5 , P_{50} y P_{95} , los cuales se muestran en la Tabla 20, donde se indican igual que para el clúster 1, otros estadísticos descriptivos.

Tabla 20. Resumen de datos antropométricos - Clúster 2

Dimensiones corporales	Ajuste de Distribución	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Percentiles		
						P5	P50	P95
Estatura (cm)	Normal	146.00	172.00	158.08	5.01	149.09	158.03	166.32
Altura poplítea parado (cm)	Normal	35.00	52.00	43.59	3.04	38.52	43.59	48.58
Anchura de pecho (cm)	Normal	20.00	38.00	27.87	3.26	22.50	27.87	33.23
Largo de apoyabrazos (cm)	Normal	37.00	48.00	42.05	2.15	38.42	42.05	45.58
Altura del codo en reposo (cm)	Logística	18.00	31.50	24.67	2.65	20.31	24.67	29.04
Altura sentado (cm)	Gamma	75.50	92.00	83.67	2.82	78.24	83.66	88.46
Altura de ojos sentado (cm)	Normal	65.00	81.00	73.04	2.95	68.20	73.04	77.88
Altura de hombros sentado (cm)	Normal	49.00	65.70	57.72	2.76	52.67	57.71	62.25
Distancia nalga-poplítea (cm)	Normal	37.00	54.00	44.90	3.19	39.65	44.90	50.16
Distancia nalga-rodilla (cm)	Logística	46.00	61.50	53.71	2.89	48.90	53.71	58.52
Peso (kg)	No paramétrica	43.00	76.20	58.63	6.40	47.80	58.51	70.01
Ancho de hombros (cm)	No paramétrica	33.00	47.40	39.97	2.55	35.46	39.87	44.51
Altura del muslo (cm)	No paramétrica	11.00	19.00	14.10	1.67	11.36	13.98	17.21
Ancho de caderas (cm)	No paramétrica	31.00	48.00	38.29	3.26	32.76	38.24	44.12

Fuente: Elaboración propia

6.4. Diseño antropométrico del mobiliario basado en segmentación clúster

Tal y como se aplicó en el capítulo anterior con la segmentación por sexo, las dimensiones del mobiliario se calcularán teniendo en cuenta el principio del diseño para un intervalo ajustable explicado en la sección 1.3 del capítulo 1. El principio propone los límites del intervalo ajustable en base a las dimensiones extremas, consideradas a partir de los percentiles P_5 , P_{50} y P_{95} , de las variables antropométricas relevantes. Los resultados se muestran en la Tabla 21, junto con el criterio que se ha tenido en cuenta.

Las dimensiones obtenidas se representan en las Figura 122 y Figura 123.

Tabla 21. Dimensiones del mobiliario basado en segmentación clúster

Nº	Características	Medida antropométrica	Dimensión de diseño (cm)	Criterio determinante ^a
1	Altura de la superficie del asiento	Altura poplítea	41.02 – 55.15	Percentil P_5 de clúster 2 a percentil P_{95} de clúster 1, de altura poplítea. + 2.5 cm por holgura
2	Profundidad del asiento	Distancia nalga-poplítea	47.71	Percentil P_{50} de clúster 1 de longitud nalga – poplítea
3	Ancho del asiento	Ancho de cadera	44.12	Percentil P_{95} de clúster 2, de ancho de cadera
4	Ancho del respaldo	Ancho de hombros	44.86	Percentil P_{50} de clúster 1 de ancho de los hombros
5	Altura del respaldo sobre el asiento	Altura de hombros sentado	52.67	Percentil P_5 de clúster 2, de altura de los hombros
6	Ángulo del respaldo	-	110°	Sugerencias en bibliografía
7	Altura del reposabrazos	Altura del codo en reposo	20.31	Percentil P_5 de clúster 2 de altura del codo sentado (regulable)
8	Altura de la mesa	Altura del codo en reposo y altura poplítea parado	58.84 - 83.35	Percentil P_5 de clúster 2 a percentil P_{95} de clúster 1, de la suma de la altura del codo en reposo con la altura poplítea parado
9	Profundidad de la mesa	Distancia nalga-rodilla	63.55	Percentil P_{95} de clúster 1 de longitud nalga-rodilla

^a Según I.W. Taifa, D.A. Desai, Anthropometric measurements for ergonomic design of students' furniture in India, Eng. Sci. Tech., Int. J. (2016)

Fuente: Elaboración propia



Figura 122. Diseño de la silla del mobiliario basado en segmentación clúster
Fuente: Elaboración propia



Figura 123. Diseño de la mesa del mobiliario basado en segmentación clúster
Fuente: Elaboración propia

Capítulo 7

Comparación de diseños de mobiliario

En este capítulo se comparan los diseños de mobiliario aquí propuestos con otros trabajos relacionados. Los dos diseños propuestos son: 1. Basado en la segmentación por sexo (Tabla 18); 2. Basado en la segmentación clúster (Tabla 21). En ambos, se estima la función de probabilidad de cada variable, ya sea de forma paramétrica como no paramétrica, si es necesario.

En la Tabla 22 se muestra la comparación con los diseños propuestos por J. Bellina Morán y S. Pérez Asalde (2017) en *“Metodología para el diseño de mobiliario basado en datos antropométricos en Perú”*. En ese trabajo se propuso un mobiliario basado en la segmentación por sexo y por clúster de los trabajadores de la Clínica Sanna en el Perú, es decir usuarios mayores de 30 años. También, se compara con el diseño propuesto por Ismail Wilson Taifa (2016) en *“Anthropometric measurements for ergonomic design of students' furniture in India”*, el cual establece un mobiliario tomando en cuenta la información recogida en universidades de la India. Finalmente, se incluye el diseño antropométrico tradicional, es decir, el que considera la segmentación por sexo y asume normalidad de las variables.

En la Tabla 23 se muestra la comparación de los diseños propuestos en este proyecto con el mobiliario existente en las universidades analizadas: Universidad de Piura, Universidad Privada Antenor Orrego, Universidad Nacional de Piura y Universidad César Vallejo, cuyas dimensiones fueron presentadas en las Tabla 7, Tabla 10, Tabla 11 y Tabla 12, respectivamente.

Tabla 22. Comparación con otras propuestas de diseño

Características	Medida antropométrica	Primer diseño basado en hombres y mujeres (cm)	Segundo diseño basado en clúster (cm)	Diseño basado en hombres y mujeres en SANNA (cm) ²	Diseño basado en clúster en SANNA (cm) ^b	Diseño propuesto en India (cm) ^a	Diseño tradicional con distribuciones normales (cm)
Altura de la superficie del asiento	Altura poplítea parado	41.26 – 54.87	41.02 – 55.15	38.80 – 51.50	38.90 – 50.20	39.90 – 51.20	41.18 – 54.55
Profundidad del asiento	Distancia nalga-poplíteo	46.48	47.71	44.80	44.60	45.00	46.47
Ancho del asiento	Ancho de cadera	45.23	44.12	45.00	46.00	43.00	44.82
Ancho del respaldo	Ancho de hombros	44.32	44.86	47.00	44.00	42.00	44.43
Altura del respaldo sobre el asiento	Altura de hombros sentado	52.76	52.67	54.30	53.70	50.00	52.99
Ángulo del respaldo	-	110°	110°	110°	110°	110 °	110°
Altura del reposabrazos	Altura del codo en reposo	21.29	20.31	20(mínimo regulable)	20(mínimo regulable)	15.50	21.29
Altura de la mesa	Altura del codo en reposo y altura poplítea parado	60.05 – 82.67	58.84 – 83.35	56.30 – 78.00	56.40 – 76.60	55.50 – 75.70	59.97 – 82.14
Profundidad de la mesa	Distancia nalga-rodilla	63.20	63.55	61.00	60.50	62.00	62.73

^a Obtenido del artículo “Anthropometric measurements for ergonomic design of students furniture in India”.

^b Obtenido de la Tesis de pregrado “Metodología para el diseño de mobiliario basado en datos antropométricos en Perú”.

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 22 se puede concluir lo siguiente:

- Las medidas presentadas en los diseños basados en segmentación por sexo y segmentación clúster no presentan grandes diferencias, salvo la altura de la superficie del asiento y la altura de la mesa. Se ha encontrado un rango mayor en el diseño basado en clúster. Esta diferencia se puede explicar tomando en cuenta lo siguiente:
 - Desde el punto vista ergonómico, la evaluación de qué tipo de segmentación conviene aplicar: tradicional o clúster, dependerá de la diferencia de dimensiones entre los sexos y el puesto de trabajo para el que se aplique el estudio.

Por ejemplo, si se desea aplicar el estudio a un puesto de trabajo en el que intervienen hombres y mujeres, y estos no presentan una diferencia muy marcada en cuanto a dimensiones corporales, convendría aplicar la segmentación clúster ya que existirán hombres que se ajusten más al grupo de mujeres y viceversa. En cambio, si la diferencia sí es notoria, convendría más realizar una segmentación por sexo ya que de por sí los grupos serían lo más heterogéneos posibles entre ellos y homogéneos internamente, por lo que una segmentación clúster no sería la apropiada.

- Desde el punto de vista estadístico, la evaluación de qué tipo de segmentación conviene aplicar: tradicional o clúster, dependerá del número de grupos o conglomerados que se deseen obtener para el estudio.

Por ejemplo, si en el estudio realizado en el presente proyecto se hubiera obtenido en los resultados una cantidad muy superior de hombres que de mujeres (o viceversa), hubiera sido conveniente aplicar la segmentación clúster ya que para un mejor análisis es preciso mantener una cierta equidad entre la cantidad de observaciones que existe en cada grupo.

- Las medidas presentadas en el diseño propuesto en India son, en general, menores que las medidas de los dos diseños propuestos en este proyecto.

Las variables con mayor diferencia son la altura poplítea parado y la altura del codo en reposo. Esta diferencia se puede explicar debido a la influencia de distintos factores como la edad, sexo, raza, ocupación, o incluso la forma en que se realizó la medición de las dimensiones antropométricas de cada grupo que está siendo comparado.

De allí, que las dimensiones del mobiliario que dependen de estas variables son muy diferentes:

- La altura de la superficie del asiento se diferencia en 4 cm aproximadamente, ya que esta característica depende de la altura poplítea parado.
- La altura de la mesa tiene una diferencia de 7 cm, ya que depende tanto de la altura poplítea parado y de la altura del codo en reposo.

- Podría decirse que los estudiantes medidos en este proyecto presentan el largo del brazo más corto que en la India. Es por eso que la altura del codo en reposo es mayor.
 - La diferencia podría ser debida también, a la suposición de normalidad y el cálculo de percentiles en el trabajo realizado en la India.
-
- Respecto al diseño basado en los trabajadores de la clínica SANNA, si bien las dimensiones se asemejan, estas siguen siendo menores en comparación con las dimensiones de los diseños presentados en este proyecto. Nuevamente, las variables que presentan mayor diferencia son la altura poplítea parado y la altura del codo en reposo, aunque la diferencia es menor que la presentada con el diseño de la India. Esto se puede explicar debido a que la muestra tomada en consideración para el diseño de mobiliario en la clínica SANNA fue de 80 trabajadores, de los cuales el 80% fueron mujeres, siendo mucho menor con respecto a la muestra de 550 estudiantes considerada en este proyecto en donde el 53% fueron estudiantes hombres; además que el grupo medido para SANNA son personas que se encuentran entre los 19 a 50 años, siendo la media 30 años para los hombres y de 25 años para las mujeres., en cambio los medidos en este proyecto son jóvenes entre 16 y 23 años. Desde el punto de vista biológico y evolutivo esto influye en las medidas antropométricas encontradas (Pérez Asalde & Bellina Morán, 2017).
 - Finalmente, el diseño del mobiliario que toma en cuenta el enfoque tradicional de segmentación por sexo, considerando las distribuciones de sus variables normales, difiere en todas las dimensiones del mobiliario, aunque no son grandes diferencias. Aun así, es mejor considerar el diseño basado en la función de probabilidad más adecuada a la variable.

De la Tabla 23 se puede concluir lo siguiente:

- Las medidas de los diseños propuestos en este proyecto presentan características regulables a diferencia de las medidas del mobiliario de las universidades analizadas, las cuales presentan dimensiones fijas. Además, por tratarse de carpetas unipersonales, estas no presentan reposabrazos por lo que esta característica no se encuentra en las dimensiones del mobiliario de las universidades. Esto puede

afectar el trabajo de la zona lumbar, las articulaciones de hombros y brazos o empeorar la situación de las personas con lesiones en estas áreas, más aún si se permanece sentado durante jornadas largas (WORKING BLOG, 2018).

Tabla 23. Comparación con mobiliario actual de universidades

Características	Medida antropométrica	Primer diseño basado en hombres y mujeres (cm)	Segundo diseño basado en clúster (cm)	Medida del mobiliario Edificio E – UDEP (cm)	Medida del mobiliario – UPAO (cm)	Medida del mobiliario – UNP (cm)	Medida del mobiliario – UCV (cm)
Altura de la superficie del asiento	Altura poplítea parado	41.26 – 54.87	41.02 – 55.15	46.7	44.1	43.3	43.8
Profundidad del asiento	Distancia nalga-poplíteo	46.48	47.71	44.2	36.7	35.9	37.2
Ancho del asiento	Ancho de cadera	45.23	44.12	43.4	41.7	43.2	36.6
Ancho del respaldo	Ancho de hombros	44.32	44.86	37.6	36.4	37.6	37.1
Altura del respaldo sobre el asiento	Altura de hombros sentado	52.76	52.67	42.2	41.2	43.7	41.6
Ángulo del respaldo	-	110°	110°	112°	108°	92°	96°
Altura del reposabrazos	Altura del codo en reposo	21.29	20.31	-	-	-	-
Altura de la mesa	Altura del codo en reposo y altura poplítea parado	60.05 – 82.67	58.84 – 83.35	74.3	74.7	76.1	75.3
Profundidad de la mesa	Distancia nalga-rodilla	63.2	63.55	58.8	34.8	33.7	35.2

Fuente: Elaboración propia

La Universidad de Piura cuenta con aulas especializadas con mobiliario que presenta carpetas con reposabrazos para clases de jornadas largas como maestrías. Asimismo, las dimensiones del mobiliario que se encuentran más cercanas a las dimensiones de los diseños propuestos son las de la Universidad de Piura, que presentan sillas y mesas de forma individual favoreciendo el confort del estudiante en comparación con las demás universidades que presentan carpetas unipersonales (silla y mesa unidas).

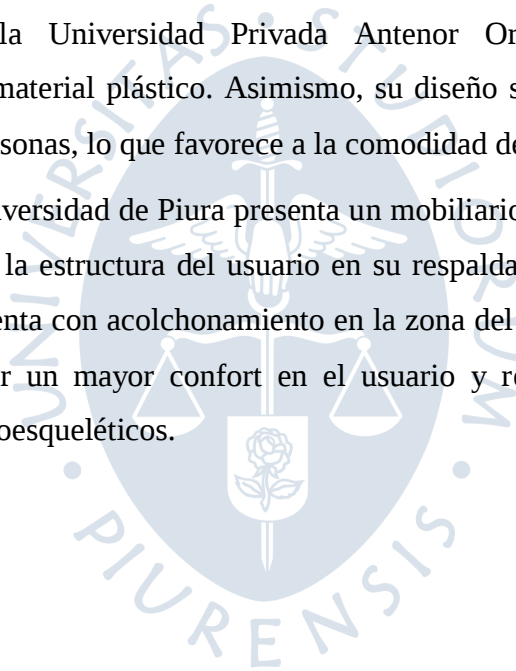
- Las dimensiones del mobiliario de las cuatro universidades se encuentran en el rango de regulación de las características altura de la mesa y altura de la superficie del asiento, por lo que se podría decir que no hay una diferencia muy marcada, en

cuanto a dimensiones, entre ellas. Sin embargo, es preciso comentar sobre la diferencia que existe entre el tipo de material que presentan los mobiliarios de las universidades, ya que este influye en el confort del usuario y permite al mobiliario tener una mayor duración.

Las carpetas unipersonales que presentan la Universidad Nacional de Piura y la Universidad César Vallejo están hechas de madera con recubrimiento de plástico en el respaldar y asiento. Este plástico puede llegar a romperse, exponiendo al usuario a cortes o lesiones. Además, el diseño recto de las carpetas no guarda relación con la estructura física del cuerpo humano, lo que puede ocasionar incomodidad o incluso trastornos musculoesqueléticos si se permanece sentado durante jornada largas.

Por otro lado, la Universidad Privada Antenor Orrego presenta carpetas unipersonales de material plástico. Asimismo, su diseño se amolda a la estructura corporal de las personas, lo que favorece a la comodidad de los usuarios.

Finalmente, la Universidad de Piura presenta un mobiliario de material plástico que se adapta mejor a la estructura del usuario en su respaldar. Además, presentan un mobiliario que cuenta con acolchonamiento en la zona del respaldar y el asiento, lo que puede generar un mayor confort en el usuario y reducir el riesgo a sufrir problemas musculoesqueléticos.



Conclusiones

1. Se ha realizado el primer estudio antropométrico de estudiantes universitarios de Perú para el diseño del mobiliario de estudio. Esto es importante porque se tienen en cuenta las características reales de nuestra población, que pueden ser muy distintas a las de otros países. Se ha tomado una muestra de 550 estudiantes repartidos en distintas zonas, niveles económicos y edades.
2. En la determinación del diseño de mobiliario mediante el estudio antropométrico de estudiantes universitarios de Perú influyen distintos factores como la edad, sexo, raza, o incluso las condiciones en las que se realizaron las mediciones. Esto, sumado con la diferencia en las medidas corporales que existen con personas en otros países, nos permite concluir que el diseño de mobiliario mostrado en el presente estudio se ajusta más a las medidas de un estudiante universitario peruano promedio. Sin embargo, el mobiliario utilizado actualmente toma como referencia estudios realizados en otros países, los cuales presentan un diseño con dimensiones menores, como en el caso de la India mostrado en la Tabla 22; y otros con dimensiones mayores, como en el caso del estudio realizado por Ricardo Chavarría (2011) “Ergonomía: análisis ergonómico de los espacios de trabajo en oficinas” que muestra un diseño de mobiliario tomando como referencia dimensiones de españoles.
3. Se han propuesto dos tipos de segmentación de la población, una considera hombres y mujeres; y la otra segmenta en grupos más homogéneos de individuos en función de sus características antropométricas. Esta diferente segmentación influye en el diseño final del mobiliario. Por otro lado, se ha realizado el ajuste paramétrico

o no paramétrico de la función de probabilidad de las variables antropométricas, con el fin de tener un diseño más preciso acorde con las características observadas de la población. La estrategia basada en grupos homogéneos parece ser la más adecuada porque, disminuye la variabilidad en el grupo y permite calcular con mayor precisión los percentiles 5% y 95% usados en el diseño del mobiliario.

Como dato adicional, en el grupo 1 que comprendía a los estudiantes con dimensiones antropométricas más grandes, estaba conformado por 12% de mujeres y un 88% de hombres. En el grupo 2, se tenía un 27% de hombres y un 73% de mujeres. Del total de mujeres, el 11.3% fueron incluidas en el grupo 1; y del total de hombres un 28.6% fueron incluidos en el grupo 2.

4. Al comparar las dimensiones del mobiliario de las cuatro universidades estudiadas en este proyecto: Universidad de Piura, Universidad Privada Antenor Orrego, Universidad Nacional de Piura y Universidad César Vallejo, con las de los mobiliarios óptimos, tomando en cuenta los diseños por sexo y por clúster, se comprueba que existen algunas deficiencias de diseño en todas las universidades. Específicamente, la altura del respaldo sobre el asiento y la profundidad de la mesa son las características que presentan mayor diferencia con el diseño óptimo. Esto conllevaría a que los estudiantes presenten problemas musculo esqueléticos en brazos, hombros y espalda para jornadas de más de 2 horas sentados, es recomendable que los alumnos puedan realizar diferentes actividades, esto dependerá del curso y del diseño de la clase con metodologías que no conlleven a que el alumno se encuentre sentado durante toda la clase y así reducir su exposición.
5. Las dimensiones del mobiliario del Edificio E de la Universidad de Piura son las que más se aproximan a las dimensiones óptimas del diseño del mobiliario mostradas en el presente proyecto. Esto se puede explicar ya que, de las cuatro universidades tomadas en cuenta para el estudio, la UDEP es la única que presenta un mobiliario de escritorio; es decir, con mesa y asiento separados, esto permite que estos asientos se puedan adaptar para alumnos con otras características como alumnos de congresos, alumnos de maestría, etc. Cuyas jornadas son más largas; sin embargo, es recomendable que de igual modo se recomienda realizar

actividades que no involucren estar sentados. Las otras tres universidades presentan carpetas unipersonales, las cuales, debido a su diseño, presentan carencia de espacio para el confort del estudiante, lo que podrían conllevar a que sufran de problemas ergonómicos.

6. Con referencia al mobiliario actual que utilizan las universidades consideradas, el uso de carpetas unipersonales o pupitres puede llegar a causar enfermedades musculo esqueléticas. De acuerdo con la encuesta realizada a los universitarios en el presente proyecto, la dolencia más importante que surge después de una jornada de estudio es el dolor de espalda, esto debido a la ausencia de reposabrazos. Precisamente, en el estudio: *“Evaluación ergonómica del pupitre universitario basada en un estudio antropométrico mediante fotogrametría”* (2015), realizado por estudiantes de la Universidad de Extremadura en España, se detectó que este tipo de mobiliario cuenta con insuficiente espacio en las mesas y deficiencias en el respaldo de la silla ya que carece de apoyo para la zona lumbar, lo que conllevaría a futuras molestias en la zona baja de la espalda.
7. El diseño del mobiliario que se presenta en este proyecto es de tipo ajustable. Sin embargo, en las universidades en estudio utilizan un diseño no ajustable. Esto se debe a que existen factores externos como el costo, las restricciones de diseño, el mecanismo de ajuste o factor de tiempo, los cuales se presentan como un obstáculo para permitir tener un mobiliario 100% ajustable. Aunque esto sea así, se debe poner un esfuerzo en mejorar el confort de los alumnos para evitar posibles lesiones musculo esqueléticas y reducir el impacto negativo en su rendimiento académico.
8. El estudio antropométrico realizado puede ser de interés en otras áreas, por ejemplo, en la manufactura textil, específicamente en la confección de ropa para ajustarse mejor con las tallas.

Recomendaciones

1. Se recomienda que los diseños presentados en el proyecto sirvan como referencia para la adquisición de un mobiliario correcto en las universidades tomadas en cuenta para el análisis. Asimismo, en un futuro se recomienda actualizar la data o realizar el mismo estudio a la población en mención, ya que las medidas antropométricas de las personas irán cambiando, y con ellas, la tendencia de las dimensiones del mobiliario óptimo.
2. Para obtener una correcta medición antropométrica, se recomienda utilizar instrumentos más precisos como báscula, tallímetro, antropómetro o pie de rey, lo cual permitirá reducir el rango error en al calcular las dimensiones óptimas del mobiliario. De igual manera, se debe tener en cuenta las medidas externas que no deben ser consideradas en la medición como la suela del calzado o los tacos en algunas mujeres.
3. Se observó que los estudiantes no tienen conocimiento sobre los riesgos ergonómicos que conlleva tener una mala postura al momento de sentarse. Esto se debe a que se tiene la costumbre de adquirir una postura incómoda durante mucho tiempo en el piso o en cualquier mueble provisto. Se recomienda capacitar o generar consciencia en los estudiantes sobre este mal hábito, el cual tiene una gran posibilidad de causar algunos problemas ergonómicos, incluidos los trastornos musculoesqueléticos (TME) y la insatisfacción del estudiante debido a los muebles no ergonómicos.

4. Se recomienda realizar un estudio similar en las universidades de otras regiones del país para tener un registro o base de datos suficiente sobre las medidas antropométricas de las personas en el Perú, que pueda ayudar a los diseñadores a encontrar soluciones ergonómicas para el mobiliario de los estudiantes en el país.
5. Se recomienda a las universidades adquirir, en la medida que sea posible, un mobiliario ajustable, ya que utilizando un mobiliario prefabricados, los cuales no consideran las mediciones antropométricas de los estudiantes, puede resultar en una falta de comodidad, trastornos musculoesqueléticos (TME) y también puede reducir el rendimiento de los estudiantes que usan tales mobiliarios durante varias horas al día.



Referencias bibliográficas

- Abreo, J. (01 de agosto de 2016). *DISEÑO INDUSTRIAL*. Obtenido de Antropometría: http://antropometriacarlos.blogspot.com/2016/08/la-antropometria_1.html
- Angulo Bustios, C. (2011). *Estadística*. Piura: Universidad de Piura.
- Asociación de Ergonomía de la Comunidad Valenciana. (2017). *Diseño ergonómico y antropometría*. Obtenido de Ergo: <https://ergocv.com/disenio-ergonomico-y-antropometria/>
- Bases de Anatomía. (6 de julio de 2016). *Planos Anatómicos del Cuerpo*. Obtenido de <http://m2anatomia.blogspot.es/1467761016/planos-anatomicos-del-cuerpo/>
- Camargo, N. E. (2013). La enseñanza de la ergonomía en México. *Arcos Design*, 115-137. doi:10.12957
- Carmenate, L., Moncada, F., & Borjas, E. (2014). *SALTRA*. Obtenido de Manual de medidas antropométricas: <https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/8632/MANUAL%20ANTROPOMETRIA.->
- Carvajal Villamizar, H., & Cacia Barreto, L. (2017). Ergonomic study of classroom furniture in Uniminuto, Cúcuta. *Revista Virtual de Ciencias Sociales y Humanas "PSICOESPACIOS"*, 11-18.
- Chacón, J. (2017). *Una introducción a la Estadística Inferencial*. Obtenido de <http://esta2.galeon.com/Temas1-3.pdf>
- Data Chronicles. (22 de febrero de 2017). *La forma de los datos*. Obtenido de La forma de los datos: <http://www.granadostroncoso.com.mx/?p=223>
- De Queiroz, J. S. (2016). Importancia del mobiliario ergonómico en la salud y productividad de los trabajadores. *Arte & Diseño*, 68-74.

- Del Prado, J. (2019). *La ergonomía y las ciencias afines a ella*. Obtenido de IMF Business School: <https://blogs.imf-formacion.com/blog/prevencion-riesgos-laborales/actualidad-laboral/la-ergonomia-y-las-ciencias-afines-a-ella/>
- Elsevier España S.L.U. (14 de Noviembre de 2004). *Asociación de variables cualitativas: El test exacto de Fisher y el test de McNemar*. Obtenido de Fistera: <https://www.fisterra.com/mbe/investiga/fisher/fisher.asp>
- Federation of European Ergonomics Societies. (28 de junio de 2013). *FEES is the Federation of the European Ergonomics Societies*. Obtenido de <http://www.ergonomics-fees.eu/node/8>
- Fernández Fernández, S., Cordero Sánchez, J. M., & Córdoba Largo, A. (2002). *Estadística Descriptiva*. ESIC Editorial.
- Fernández, A. S., & Navarro, K. H. (2009). *Manual de antropometría para la evaluación del estado nutricional en el adulto*. Ciudad de México: Universidad Iberoamericana.
- Fernández, P., & Díaz, P. (2001). *Fistera*. Obtenido de Estadística descriptiva de los datos: <https://www.fisterra.com/mbe/investiga/10descriptiva/10descriptiva.asp>
- Gianikellis, K., Pantrigo, J., Del Castillo Miro, C., Martínez Vázquez, A., & Fernández Fernández, A. (2015). Obtenido de EVALUACIÓN ERGONOMICA DEL PUPITRE UNIVERSITARIO BASADA EN UN ESTUDIO ANTROPOMÉTRICO MEDIANTE FOTOGRAMETRÍA: https://www.cienciadeporte.com/images/congresos/caceres/Actividad_fisica/5pupitre.pdf
- Gorgas García, J., Cardiel López, N., & Zamorano Calvo, J. (2009). *Estadística Básica para Estudiantes de Ciencias*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Hernández, P. (2014). Principales brechas de la Ergonomía en América Latina: a quince años del siglo XXI. *Ciencia y Salud*, 5-10.
- IBM Knowledge Center. (2019). *Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra*. Obtenido de https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSLVMB_sub/statistics_mainhelp_ddita/spss/base/idh_ntk1.html
- Informando de PRL. (18 de enero de 2008). *Ámbitos de la ergonomía*. Obtenido de <https://informandodeprl.wordpress.com/category/ergonomia/>

- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2016). *Factores de riesgo del trabajo repetitivo*. Obtenido de Trastornos Musculoesqueléticos: <http://www.insht.es/MusculoEsqueleticos/Contenidos/Factores%20de%20riesgo/Trabajos%20repetitivos/Factores%20de%20riesgo%20TR.pdf>
- INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHIHUAHUA. (2014). Obtenido de DISTRIBUCION "T DE STUDENT": <http://www.itchihuahua.edu.mx/academic/industrial/estadistica1/cap03.html>
- International Ergonomics Association. (2019). *Definition and Domains of Ergonomics*. Obtenido de International Ergonomics Association: <https://www.iea.cc/whats/index.html>
- International Ergonomics Association. (2019). *ErgoAfrica*. Obtenido de https://www.iea.cc/about/council_ergoafrika.html
- Jara Espinoza, R. (11 de enero de 2017). *¿Pasas mucho tiempo sentado?* Obtenido de ProFuturo: <https://www.piensaprofuturo.com/articulo/pasas-mucho-tiempo-sentado-244>
- Jiménez, L. G. (2014). Normas básicas de ergonomía. *Actualidad Empresarial*, 4-8.
- Khalid, H. (2018). *Brief history of SEANES*. Obtenido de http://www.est.or.th/SEANES2018/images/ShareFile/FINAL-SEANES-Brief-History-for-IEA-2018-Congress_HMKhalid-20180523.pdf
- Llopis Pérez, J. (13 de Diciembre de 2012). *Estimación no paramétrica de funciones de densidad (Método Kernel)*. Obtenido de La Estadística: Una orquesta hecha instrumento: <https://estadisticaorquestainstrumento.wordpress.com/2012/12/13/estimacion-no-parametrica-de-funciones-de-densidad-metodo-kernel/>
- Lobeiras, L. L. (2009). Historia de la Ergonomía, o de cómo la Ciencia del Trabajo se basa en verdades tomadas de la psicología. *Revista de historia de la psicología*, 33-53.
- Marco Sanjuán, F. J. (2019). *Distribución Binomial*. Obtenido de Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/distribucion-binomial.html>
- Marín, J. (2006). *Análisis no paramétrico: El procedimiento Pruebas no paramétricas*. Obtenido de Estadística: <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/GuiaSPSS/19nparam.pdf>
- Martínez Bencardino, C. (2012). *Estadística Básica Aplicada*. Bogotá: Ecoe Ediciones.

- Meisel, A., & Vega, M. (2006). *Los orígenes de la antropometría histórica y su estado actual*. Cartagena: Banco de la República. Obtenido de http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/chee_18.pdf
- Ministerio de Educación. (2016). *Piura: ¿cómo vamos en educación?* Obtenido de <http://escale.minedu.gob.pe/documents/10156/4228634/Perfil+Piura.pdf>
- Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. (2008). *APRUEBAN LA NORMA BÁSICA DE ERGONOMÍA Y DE PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE RIESGO DISERGONÓMICO*. Obtenido de <http://www.usmp.edu.pe/recursoshumanos/pdf/RM-375-2008-TR-NORMA-BASICA-ERGONOMIA.pdf>
- Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. (2008). *APRUEBAN LA NORMA BÁSICA DE ERGONOMÍA Y DE PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE RIESGO DISERGONÓMICO*. Obtenido de <http://www.usmp.edu.pe/recursos humanos/pdf/RM-375-2008-TR-NORMA-BASICA-ERGONOMIA.pdf>
- Mondelo, P., Torada, E., & Bombardo, P. (2004). *Ergonomía 1. Fundamentos*. Catalunya: Iniciativa Digital Politécnica.
- Mondelo, P., Torada, E., Gonzáles, Ó., & Gómez, M. (2001). *Ergonomía 4 El trabajo en oficinas*. Catalunya: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Mondelo, P., Torada, E., Gonzáles, Ó., & Gómez, M. (2001). *Ergonomía 4: El trabajo en oficinas*. Catalunya: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Montero Alonso, M. Á. (2014). Inferencia, Estimación y Contraste de Hipótesis. En *Estadística II* (págs. 45 - 66). España: Escuela Universitaria de Ciencias Sociales.
- Obregón Sánchez, M. G. (2016). *Fundamentos de ergonomía*. Grupo Editorial Patria.
- Orellana, L. (2001). *Estadística*. Obtenido de Estadística Descriptiva: http://www.dm.uba.ar/materias/estadistica_Q/2011/1/modulo%20descriptiva.pdf
- Organización Internacional de Normalización. (agosto de 2017). *Organización Internacional de Normalización (ISO)*. Obtenido de ISO 7250-1: 2017: <https://www.iso.org/standard/65246.html>
- Párraga, M. d. Diseño ergonómico de aulas universitarias que permitan optimizar el confort y reducir la fatiga de estudiantes y docentes. (*Tesis de Maestría*). UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, Lima.

- Pérez Asalde, S., & Bellina Morán, J. Metodología para el diseño de mobiliario basado en datos antropométricos en Perú. (*Tesis de pregrado*). Universidad de Piura, Piura.
- Pérez, A. (14 de marzo de 2016). *CEOLEVEL*. Obtenido de Las 7 herramientas básicas de la Calidad: <http://www.ceolevel.com/las-7-herramientas-basicas-de-la-calidad>
- Posada Hernández, G. J. (2016). *Elementos Básicos de Estadística Descriptiva para el análisis de datos*. Medellín: Fondo Editorial Luis Amigó.
- Posada Hernández, G. J., & Buitrago Cardona, M. V. (2008). *Módulo de Estadística*. Colombia: Fundación Universitaria Luis Amigó.
- Prevalia. (2013). *Riesgos Ergonómicos y Medidas Preventivas*. Obtenido de Asociación de Jóvenes Empresarios de Madrid: http://www.ajemadrid.es/wp-content/uploads/aje_ergonomicos.pdf
- Publice. (2003). Mediciones antropométricas. Estandarización de las técnicas de medición, actualizada según parámetros internacionales. *Publice*, 1-17. Obtenido de <https://journal.onlineeducation.center/api-oas/v1/articles/sa-n57cfb2711576d/export-pdf>
- QuestionPro. (2019). *¿Qué son las pruebas no paramétricas?* Obtenido de <https://www.questionpro.com/blog/es/pruebas-no-parametricas/>
- Rojas Dávila, M. A. (2003). *Técnicas Estadísticas Paramétricas y No Paramétricas Equivalentes: Resultados Comparativos por Simulación*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Rosas Snell, A., & Zúñiga Contreras, J. (2008). *Estadística Descriptiva e Inferencial I*. Colegio de Bachiller.
- Rosero Martínez, R., & Vernaza Pinzón, P. (2010). Postural Profile among Physical Therapy Students. *Aquichan*, 69-79. Obtenido de <http://aquichan.unisabana.edu.co/index.php/aquichan/article/view/1607/2004>
- Ruiz Muñoz, D. (2004). *Manual de Estadística*. Obtenido de Librería Enciclopedia Virtual Eumed Net: <http://www.eumed.net/cursecon/libreria/drm/drm-estad.pdf>
- Ruiz, E. (2015). *Guía práctica de técnicas de estudio: Saber estudiar, la clave del éxito académico*. Ester Ruiz Coello.
- Scientific European Federation of Osteopaths. (01 de 2019). *Scientific European Federation of Osteopaths*. Obtenido de <https://www.scientific-european-federation-osteopaths.org/wp-content/uploads/2019/01/Estad%C3%ADstica-param%C3%A9trica.pdf>

- Scientific European Federation Osteopaths. (2019). *Distribución de t Student*. Obtenido de Scientific European Federation Osteopaths: https://www.scientific-european-federation-osteopaths.org/wp-content/uploads/2019/01/Distribucion_tStudent.pdf
- Secretaría de Salud Laboral y Medio Ambiente de Asturias. (2008). *Lesiones musculoesqueléticas de origen laboral*. Obtenido de <http://tusaludnoestaennomina.com/wp-content/uploads/2014/06/Lesiones-musculoesquel%C3%A9ticas-de-origen-laboral.pdf>
- Seguridad Minera. (20 de febrero de 2018). *Importancia del mobiliario ergonómico para la salud y confort de trabajadores*. Obtenido de Seguridad Minera: <http://www.revistaseguridadminera.com/salud-ocupacional/importancia-del-mobiliario-ergonomico-para-la-salud-y-confort-de-trabajadores/>
- Sirvent Belando, J. E., & Garrido Chamorro, R. P. (2009). *Valoración antropométrica de la composición corporal: Cineantropometría*. Alicante: Publicaciones de la Universidad de Alicante. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=H1l_m4e10U0C&pg=PA37&lpg=PA37&dq=la+antropometr%C3%ADa+fu+e+presentada+como+una+ciencia+en+el+Congreso+Internacional+de+las+Ciencias+de+la+Actividad+F%C3%ADsica&source=bl&ots=pNe9qJpe1U&sig=ACfU3U1LHCRDZEOPZQ4j4QiaX9Kf7
- Sociedad Peruana de Ergonomía. (s.f.). *1er Encuentro 2003*. Obtenido de SOPERGO: <http://sopergo.com/v2/encuentros-de-ergonomia/1er-encuentro-de-ergonomia/#>
- Taifa, I. (2016). Anthropometric measurements for ergonomic design of students' furniture in India. *Engineering Science and Technology*, 232-239.
- Taifa, I. W., & Desai, D. (2016). Anthropometric measurements for ergonomic design of students' furniture in India. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 232-239.
- Taifa, I., & Desai, D. (2016). Anthropometric measurements for ergonomic design of students' furniture in India. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 20(1), 232-239.
- ULAERGO. (s.f.). *Unión Latinoamericana de Ergonomía*. Obtenido de http://www.ulaergo.net/internas.php?pg=quienes_somos

- Universidad de Granada. (2014). Obtenido de INFERENCIA, ESTIMACIÓN Y CONTRASTE DE: <https://www.ugr.es/~eues/webgrupo/Docencia/MonteroAlonso/estadisticaII/tema4.pdf>
- Universidad Europea del Atlántico. (04 de febrero de 2015). *CINCO ESTIRAMIENTOS PARA PRACTICAR MIENTRAS ESTUDIAS*. Obtenido de Universidad Europea del Atlántico: <https://opiniones.uneatlantico.es/facultad-de-ciencias-de-la-salud/2015/02/04/cinco-estiramientos-para-practicar-mientras-estudias>
- Valero, E. (2013). *ANTROPOMETRÍA*. Obtenido de Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo: <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Diseno%20del%20puesto/DTEAntropometriaDP.pdf>
- Vásquez, W. D. (02 de enero de 2018). *Antropometría, el estudio clave para saber en cuál deporte ser mejor y en qué posición rendir más*. Obtenido de Infobae: <https://www.infobae.com/salud/fitness/2018/01/02/antropometria-el-estudio-clave-para-saber-en-cual-deporte-ser-mejor-y-en-que-posicion-rendir-mas/>
- WORKING BLOG. (2018). *Lambdatres: Inspirando espacios de trabajo*. Obtenido de <https://www.lambdatres.com/2015/11/por-que-deberias-elegir-sillas-con-reposabrazos-regulables/>
- XLSTAT. (20 de Octubre de 2017). *Prueba de Chi-cuadrado y prueba exacta de Fisher en Excel*. Obtenido de XLSTAT Su solución de análisis de datos: https://help.xlstat.com/customer/es/portal/articles/2062459-prueba-de-chi-cuadrado-y-prueba-exacta-de-fisher-en-excel?b_id=9283

Anexos



Anexo A. Plantilla para la toma de datos a estudiantes

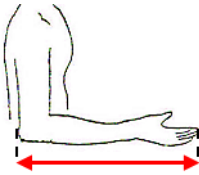
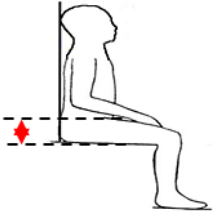
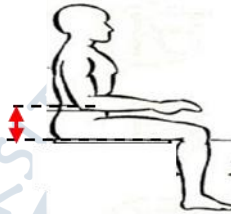
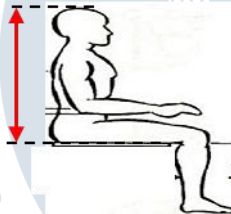
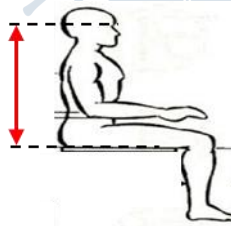
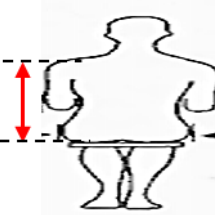
Sexo: ☐ M ☐ F

Fecha de nacimiento: ____/____/____

Carrera: _____

Peso (kg): _____

N°	Medida antropométrica	Descripción
1	Estatura	Distancia vertical desde la horizontal hasta la parte superior y más prominente de la cabeza, sin considerar la altura de cabello
2	Altura poplítea parado	Distancia vertical desde el suelo (acera) hasta la parte posterior de la rodilla
3	Anchura de hombros	Distancia horizontal máxima que separa los músculos deltoides, medidas tomadas desde la parte más extensa del hombro lateral
4	Anchura del pecho	Distancia horizontal entre los extremos del pecho. Línea a nivel de inferior e interno del hueso que sobresale del hombro

Nº	Medida antropométrica		Descripción
5	Largo de apoyabrazos		Distancia horizontal desde la parte posterior del codo (flexionado en ángulo recto) hasta la punta del tercer dedo (medio) de la mano
6	Altura del muslo		Distancia vertical desde la horizontal del asiento hasta el punto más alto del muslo
7	Altura del codo en reposo		Distancia desde la superficie del asiento hasta el codo (flexionado en 90 grados) exactamente en la depresión donde se articulan los huesos del brazo y antebrazo
8	Altura sentado		Distancia vertical desde la superficie horizontal (base del asiento) hasta el punto más alto de la cabeza
9	Altura de ojos sentado		Distancia vertical desde la superficie horizontal (base del asiento) hasta la altura de la parte externa del ojo
10	Altura de hombros sentado		Distancia vertical desde la horizontal (base del asiento) hasta el punto más alto del hombro, exactamente donde sobresale el hueso de la clavícula.

N°	Medida antropométrica	Descripción
11	Distancia nalga-poplíteo	Distancia horizontal desde la vertical (respaldo del asiento) hasta la parte posterior de la rodilla
12	Distancia nalga-rodilla	Distancia horizontal que se toma desde la superficie exterior de las nalgas (respaldar del asiento) hasta la cara frontal de la rodilla
13	Ancho de caderas	Distancia horizontal entre los puntos más laterales de las caderas sentado