



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

Universidad Politécnica de Valencia

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

**CONTRIBUCIÓN AL ANÁLISIS ERGONOMÉTRICO Y EL ECODISEÑO DEL
EQUIPAMIENTO EDUCATIVO PARA LA SISTEMATIZACIÓN DE SU
PROCESO DE DISEÑO. CASO DE ESTUDIO DEL SUBSISTEMA SILLA-MESA
ORIENTADO A LA DISCAPACIDAD MOTRIZ**

Programa de Doctorado: Diseño Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales.

Tesis Doctoral

Presentado por: Dña. Margarita del Rocío Pomboza Floril

Director: Dr. Vicente Agustín Cloquell Ballester.

Valencia, noviembre 2015

Tesis realizada bajo la dirección del Profesor Doctor Vicente Agustín Cloquell Ballester, a través del Departamento de Proyectos de Ingeniería, de la Universidad Politécnica de Valencia, y que para la obtención del grado de Doctor presente Dña. Margarita del Rocío Pomboza Floril

Dedicatoria y agradecimiento

Agradezco a Dios y a la Virgen, por la espléndida familia que poseo, en especial por mi Esposo Ciro, ya que ha sido el que me ha impulsado a seguir adelante y ha caminado conmigo todo este largo camino hasta llegar alcanzar la meta, sin dejarme decaer y apoyándome en todo momento, y conjuntamente con mi hija Rafaella son el motor de mi vida y la razón de mi superación cada día.

Agradezco también al Doctor Vicente Cloquell Ballester, Director del presente proyecto de investigación, quien con su gran conocimiento y don de gente me ha sabido guiar y apoyar para concluir con éxito mi tesis doctoral.

Por último agradezco a la Universidad Nacional de Chimborazo-Ecuador, que fue la Institución que me apoyo con una Beca Institucional para poder cursar mis estudios de doctorado.

Líneas de investigación:

- Diseño hacia el usuario
- La innovación a través del diseño
- Integración del diseño y evaluación medioambiental.

Research lines:

- Design to the user.
- Innovation through design.
- Integration of design and environmental assessment.

Resumen

La presente tesis doctoral tiene como objetivo principal, llegar a establecer una metodología de diseño para equipamiento educativo para personas con discapacidad motriz, fundamentada en dos aspectos especialmente, como son las consideraciones ergonómicas que aporten a dar respuesta a las necesidades corporales del usuario que presenta dicha condición física y consideraciones medioambientales, las mismas que aporten a disminuir el impacto ambiental generado en el ciclo de vida del producto a fabricar.

Con respecto a las consideraciones ergonómicas, los criterios que se han tomado en cuenta son: la seguridad, la confortabilidad y la accesibilidad, los mismos que permitan diseñar un mobiliario escolar acorde al usuario, en este caso acorde a las personas que presentan discapacidad motriz en grado leve.

En lo referente a las consideraciones medioambientales, se ha realizado un estudio de materiales sustentables, que aporten a disminuir el impacto ambiental generado por el ciclo de vida del producto fabricado, obteniendo un equipamiento educativo que aporte a la sustentabilidad ambientalmente.

Para comprobar que la metodología diseñada cumple con las consideraciones ergonómicas y medioambientales, se diseñó un subsistema escolar correspondiente a una silla y mesa para niños y niñas de entre 5 a 10 años con discapacidad motriz de la República del Ecuador, siguiendo las directrices planteadas en la metodología en mención, obteniendo como resultado un producto que cumple con los requerimientos ergonómicos del grupo de investigación seleccionado, además de ser un sustentable ambientalmente.

De esta manera se determina que sí fue posible definir una metodología de diseño de equipamiento educativo, que aporte al diseño y fabricación de mobiliario escolar acorde a las demandas corporales de los usuarios, y a su vez aporte a reducir el impacto ambiental generado en su ciclo de vida, en comparación con el impacto ambiental generado por el equipamiento educativo ofertado actualmente en el mercado.

Palabras claves: Metodología de diseño, ergonomía, antropometría, prototipo, medioambiente.

Abstract

This thesis has as main objective, get to establish a design methodology for educational equipment for people with motor disabilities, especially based on two aspects, such as ergonomic considerations that contribute to respond to the needs of the user body having such physical condition and considerations environmental, them to contribute to reducing the environmental impact generated in the lifecycle of the product to be manufactured.

Regarding ergonomic considerations, the criteria taken into account are: safety, comfort and accessibility, that allowed design a school furniture according to user, in this case according to people with mobility disabilities in mild.

With regard to environmental considerations, has made a study of sustainable materials, that contribute to reducing the environmental impact caused by the life cycle of the manufactured product. Obtaining an educational equipment that contributes to environmentally sustainability.

To verify that the designed methodology complies with ergonomic and environmental considerations, was designed a school subsystem corresponding to a chair and table for children aged 5-10 years with a physical disability of the Republic of Ecuador, following the guidelines proposed in the methodology in question, resulting a product that meets with ergonomic requirements the research group selected, besides being environmentally sustainable.

Thus it is determined that whether it was possible to define a design methodology of educational equipment, that contributes to the design and manufacture according to physical demands of users, and in turn contribute to reducing the environmental impact in their life cycle, compared with the environmental impact generated by the equipment that currently offered the market.

Keywords: Methodology design, ergonomics, anthropometry, prototype, environment.

Resum

La present tesi doctoral té com a objectiu principal, arribar a establir una metodologia de disseny per a equipament educatiu per a persones amb discapacitat motriu, fonamentada en dos aspectes especialment, com són les consideracions ergonòmiques que aporten a donar resposta a les necessitats corporals de l'usuari que presenta la dita condició física i consideracions mediambientals, les mateixes que aporten a disminuir l'impacte ambiental generat en el cicle de vida del producte a fabricar.

Respecte a les consideracions ergonòmiques, els criteris que s'han pres en compte són: la seguretat, la confortabilitat i l'accessibilitat, els mateixos que permeten dissenyar un mobiliari escolar d'acord amb l'usuari, en este cas d'acord amb les persones que presenten discapacitat motriu en grau lleu.

Pel que fa a les consideracions mediambientals, s'ha realitzat un estudi de materials sustentables, que aporten a disminuir l'impacte ambiental generat pel cicle de vida del producte fabricat, obtenint un equipament educatiu que aporte a la sustentabilidad ambientalment.

Per a comprovar que la metodologia dissenyada complix amb les consideracions ergonòmiques i mediambientals, es va dissenyar un subsistema escolar corresponent a una cadira i taula per a xiquets i xiquetes d'entre 5 a 10 anys amb discapacitat motriu de la República de l'Equador, seguint les directrius plantejades en la metodologia en menció, obtenint com resultat un producte que complix amb els requeriments ergonòmics del grup d'investigació seleccionat, a més de ser un sustentable ambientalment.

D'esta manera es determina que sí va ser possible definir una metodologia de disseny d'equipament educatiu, que aporte al disseny i fabricació de mobiliari escolar d'acord amb les demandes corporals dels usuaris, i al seu torn també aporte a reduir l'impacte ambiental generat en el seu cicle de vida, en comparació amb l'impacte ambiental generat per l'equipament educatiu ofert actualment en el mercat.

Paraules clau: Metodologia de disseny, ergonomia, antropometria, prototip, medi ambient

Índice

1. INTRODUCCIÓN	18
<i>1.1 JUSTIFICACIÓN E INTERÉS DEL TEMA</i>	<i>19</i>
<i>1.2 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....</i>	<i>20</i>
<i>1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</i>	<i>21</i>
<i>1.4 METODOLOGÍA Y ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN</i>	<i>22</i>
<i>1.4.1 Metodología:</i>	<i>22</i>
<i>1.4.2 Estructura del trabajo y del documento.</i>	<i>23</i>
2. ESTADO DEL ARTE.....	24
<i>2.1 LA DISCAPACIDAD Y SUS TIPOS</i>	<i>24</i>
<i>2.1.1 Discapacidad Motriz.....</i>	<i>24</i>
<i>2.1.2 La discapacidad a nivel mundial.....</i>	<i>25</i>
<i>2.1.3 La Discapacidad en el mundo y en América Latina</i>	<i>26</i>
<i>2.1.4 Índice de discapacidad y parámetros educativos en Ecuador</i>	<i>28</i>
<i>2.1.5 La accesibilidad y el diseño universal</i>	<i>28</i>
<i>2.1.6 La accesibilidad en el Ecuador</i>	<i>30</i>
<i>2.2 NORMATIVAS PARA EL DISEÑO DE MOBILIARIO ESCOLAR EN LATINOAMÉRICA.</i>	<i>31</i>
<i>2.2.1 Especificaciones relevantes de la Norma NTE INEN 2583:2011. Muebles Escolares. Pupitre con silla para alumnos. Requisitos e inspección de Ecuador.</i>	<i>31</i>
<i>2.2.3 Especificaciones relevantes de la Norma Técnica Colombiana NTC 4641: Muebles escolares. Pupitre con silla para aulas de clase.</i>	<i>42</i>
<i>2.3 ERGONOMÍA Y SU RELACIÓN CON LA ANTROPOMETRÍA</i>	<i>47</i>
<i>2.3.1 Medidas antropométricas</i>	<i>49</i>
<i>2.3. 2 Movimiento Articulario</i>	<i>52</i>
<i>2.3.3 Posturas recomendadas</i>	<i>55</i>

2.3.4	<i>Diseño de un puesto de trabajo</i>	56
2.3.5	<i>Ángulos de confort según Wisner para espacio de trabajo</i>	57
2.3.6	<i>Ángulos de abducción de los brazos</i>	58
2.3.7	<i>Áreas de Farley</i>	59
2.3.7	<i>Planos de alcance horizontal</i>	60
2.3.8	<i>Estudios antropométricos realizados y su aplicación en el diseño de mobiliario escolar.</i>	60
2.3.9	<i>El confort en el mobiliario escolar (sillas y mesas).</i>	69
2.3.10	<i>Estándares para el mobiliario escolar de los centros educativos</i>	69
2.3.11	<i>Diseño de mobiliario escolar</i>	70
2.3.12	<i>Metodología utilizada para la toma de medidas</i>	74
2.4	ECODISEÑO	75
2.4.1	<i>Sustentabilidad ambiental</i>	75
2.4.2	<i>Desarrollo sostenible</i>	75
2.4.3	<i>Ecoeficiencia</i>	75
2.4.4	<i>Impacto Ambiental</i>	76
2.4.5	<i>Diseño respetuoso con el medio ambiente</i>	81
2.4.6	<i>Análisis del ciclo de vida</i>	82
2.4.7	<i>Herramientas para el análisis del ciclo de vida</i>	85
2.4.8	<i>Propuestas para la mejora ambiental. Estrategias de ecodiseño</i>	87
2.4.9	<i>Resultados de estudios realizados</i>	88
2.5.	METODOLOGÍA DE DISEÑO	90
3.	METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE MOBILIARIO ESCOLAR PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTRIZ.....	93
3.1	<i>DIAGRAMA DE FLUJO DEL LA METODOLOGÍA DE DISEÑO</i>	94
3.2	<i>DESGLOSE DE LA METODOLOGÍA DE DISEÑO</i>	95
4.	DISEÑO DE LA PROPUESTA.....	171

<i>4.1 APLICACIÓN METODOLÓGICA. Caso: Subsistema escolar silla-mesa.</i>	171
<i>4.1.1 Investigación de necesidades y demandas del mercado</i>	171
A.3 Consideraciones Ergonómicas.....	176
5. CONCLUSIONES, SÍNTESIS DE LAS APORTACIONES Y DESARROLLO DE TRABAJOS FUTUROS.	353
5.1 <i>CONCLUSIONES</i>	353
5.2 <i>SÍNTESIS DE LAS APORTACIONES</i>	358
5.3 <i>DESARROLLOS FUTUROS</i>	360
BIBLIOGRAFÍA	361
Anexos	377

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de pupitres y sillas según edad y grado escolar según la Norma NTE INEN 2583:2011.....	32
Tabla 2. Dimensiones de pupitre unipersonal según la Norma NTE INEN 2583:2011.....	32
Tabla 3. Dimensiones de silla según la Norma NTE INEN 2583:2011.....	33
Tabla 4. Requisitos específico pupitres y sillas según la Norma NTE INEN 2583:2011.....	35
Tabla 5. Materiales para pupitres y sillas según la Norma NTE INEN 2583:2011.....	35
Tabla 6. Espesor nominal de la estructura de acero para pupitres y sillas según la Norma NTE INEN 2583:2011.....	37
Tabla 7. Clasificación según estatura del usuario basado en la Norma CONVENIN 1650-89.....	38
Tabla 8. Requisitos dimensionales para respaldar, mesa individual y colectiva según la Norma CONVENIN 1650-89.....	42
Tabla 9. Clasificación de pupitres y sillas según edad y grado escolar según la Norma NTC 4641.....	42
Tabla 10. Espesor nominal de la lámina y los tubos de acero para pupitres y mesas según la Norma NTC 4641...	43
Tabla 11. Dimensiones de cada parte (pupitre) según la Norma NTC 4641.....	44
Tabla 12. Dimensiones de los pupitres y las sillas según la Norma NTC 4641.....	45
Tabla 13. Medidas según Norma Chilena NCh 2566 para pupitres y sillas.....	47
Tabla 14. Criterios a tomar en cuenta al momento de realizar medidas antropométricas en posición sedente.....	50
Tabla 15. Variantes de los criterios de Pheasant, para medidas antropométricas en posición sedente.....	51
Tabla 16. Ángulos de confort de diferentes partes del cuerpo establecido por Wisner A. (1988).....	58
Tabla 17. Estudios realizados y datos antropométricos obtenidos en diferentes investigaciones y planteados por varios autores.....	68
Tabla 18. Resumen de las características y variables antropométricas que debe presentar el mobiliario escolar..	73
Tabla 19. Herramientas software para análisis de ciclo de vida.....	86
Tabla 20. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable Estatura.....	101
Tabla 21. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable altura codo-piso.....	102
Tabla 22. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable altura ojos-piso.....	103
Tabla 23. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable altura ojos-piso.....	104
Tabla 24. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable alcance vertical de asimiento.....	105
Tabla 25. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable frontal del brazo-mano.....	106
Tabla 26. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable alcance lateral brazo-mano.....	107

Tabla 27. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable altura nuca-piso.	108
Tabla 28. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable asiento-nuca.	109
Tabla 29. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable altura ojos-piso.	110
Tabla 30. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable altura piso-codo.	111
Tabla 31. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable altura codo-asiento.	112
Tabla 32. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable altura hombros-asiento.	113
Tabla 33. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable altura hombros-piso.	114
Tabla 34. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable alcance vertical de asiento.	115
Tabla 35. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable concavidad lumbar-asiento.	116
Tabla 36. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable altura piso-escápula.	117
Tabla 37. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable asiento-escápula.	118
Tabla 38. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable longitud hombro-codo.	119
Tabla 39. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable longitud del antebrazo-dedo pulgar.	120
Tabla 40. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable distancia entre codos.	121
Tabla 41. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable anchura torácica.	122
Tabla 42. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable ancho hombro.	123
Tabla 43. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable ancho cintura.	124
Tabla 44. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable ancho cadera.	125
Tabla 45. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable altura poplítea.	126
Tabla 46. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable ancho nalga-poplítea.	127
Tabla 47. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable longitud nalga-rodilla.	128
Tabla 48. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable longitud nalga-talón.	129

Tabla 49. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable espesor del muslo.	130
Tabla 50. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable longitud pie.	131
Tabla 51. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable ancho del pie.	132
Tabla 52. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable ancho radio de movimiento.....	133
Tabla 53. Ficha técnica para la recopilación de datos antropométricos de personas con discapacidad motriz.	136
Tabla 54. Matriz de variables vs aplicación para el diseño de mobiliario para personas con discapacidad motriz.	137
Tabla 55. Medidas antropométricas en relación a su aplicación.....	138
Tabla 56. Medidas máximas y mínimas a utilizar en el diseño de mobiliario escolar.....	138
Tabla 57. Medidas definitivas para el diseño del mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz.....	138
Tabla 58. Resumen de los especificaciones de diseño que debe cumplir el equipamiento educativo a diseñar.....	155
Tabla59. Especificaciones de diseño en función a su empleo en el diseño del mobiliario escolar.....	157
Tabla 60. Sistema de ponderación de las posibles alternativas de solución.....	159
Tabla 61. Matriz de validación de propuestas para el diseño y fabricación de equipamiento educativo, en función a criterios de seguridad, confortabilidad, accesibilidad y viabilidad técnica.....	160
Tabla 62. Matriz de validación de bocetos para el diseño y fabricación de equipamiento educativo en función a criterios de seguridad, confortabilidad, accesibilidad y viabilidad técnica.....	161
Tabla 63. Matriz de componentes que conforma el equipamiento educativo.....	163
Tabla 64. Matriz de evaluación técnica del prototipo.....	164
Tabla 65. Matriz de evaluación ergonómica del prototipo.....	165
Tabla 66. Matriz de evaluación del prototipo por el usuario.....	166
Tabla 67. Matriz de detalle de desmontabilidad del equipamiento educativo diseñado.....	167
Tabla 68. Matriz de entradas y salidas del sistema.....	168
Tabla 69. Matriz MET del sistema.....	169
Tabla 70. Media aritmética y la desviación estándar de los datos antropométricos obtenidos.....	183
Tabla 71. Percentiles 2,5% y 97,5% calculados del total de los datos antropométricos obtenidos.....	184
Tabla 72. Matriz de variables vs aplicación para el diseño del subsistema escolar silla -mesa mobiliario escolar	185
Tabla73. Datos antropométricos ordenados en función a su aplicación.	188
Tabla 74. Medidas máximas y mínimas a utilizar en el diseño del subsistema escolar.....	146
Tabla 75. Datos antropométricos definitivos a utilizar en el diseño del subsistema escolar silla-mesa para niños y niñas de entre 5 a 10 años con discapacidad motriz.	189
Tabla 76. Ángulos de confort de diferentes partes del cuerpo establecido por Wisner A. (1988)... ..	194
Tabla 77. Análisis de materiales en función al tipo y uso en la fabricación de muebles en general.....	197
Tabla 78. Identificación de lugar de origen de los materiales utilizables en la fabricación de mobiliario y su	200

porcentaje de reciclabilidad.....	
Tabla 79. Principales especies forestales y su ciclo vegetativo en Ecuador.....	203
Tabla 80. Densidad de las especies madereras de desarrollo fisiológico menor o igual a 15 años.....	204
Tabla 81. Análisis técnico del Bambú. Propiedades físicas y mecánicas.....	206
Tabla 82. Análisis técnico del pachaco. Propiedades físicas y mecánicas.	209
Tabla 83. Propiedades comparativo entre la especie maderera bambú y el pachaco de sus físico – mecánicas. ...	210
Tabla 84 Análisis comparativo entre las características medioambientales del bambú y pachaco.....	211
Tabla 85: Análisis comparativo de las propiedades del aluminio y acero reciclado y de su sostenibilidad ambiental.	214
Tabla 86. Sistema de ponderación de las posibles alternativas de solución.	225
Tabla 87. Matriz de validación de propuestas para el diseño y fabricación del subsistema silla-mesa en función a criterios de seguridad, confortabilidad, accesibilidad y viabilidad técnica.....	231
Tabla 88. Evaluación de los bocetos del subsistema escolar silla-mesa para niños y niñas con discapacidad motriz del Ecuador.	239
Tabla 89. Matriz de detalle de elemento y componente del mobiliario escolar diseñado.....	279
Tabla 90. Matriz de evaluación técnica del prototipo subsistema escolar silla – mesa diseñado, para niños y niñas con discapacidad motriz.	291
Tabla 91. Matriz de evaluación ergonómica del prototipo subsistema escolar silla – mesa diseñado, para niños y niñas con discapacidad motriz.	297
Tabla 92. Matriz de evaluación con el usuario del prototipo subsistema escolar silla – mesa diseñado, para niños y niñas con discapacidad motriz.	300
Tabla 93. Impacto ambiental generado por tipo de metales utilizados en la fabricación de mobiliario escolar	303
Tabla 94. Impacto ambiental generado por tipo de maderas utilizados en la fabricación de mobiliario escolar ...	304
Tabla 95. Impacto ambiental generado proceso de transporte en la fabricación de mobiliario escolar.....	305
Tabla 96. Impacto ambiental generado proceso de energía en la fabricación de mobiliario escolar.....	305
Tabla 97. Desmontabilidad del subsistema escolar silla – mesa diseñado para niños y niñas con discapacidad motriz.....	315
Tabla 98. Matriz MET. Del subsistema escolar diseñado para niños y niñas con discapacidad motriz.....	320
Tabla 99. Impacto ambiental por categoría de impacto generado por el subsistema diseñado	329
Tabla 100. Desmontabilidad del subsistema escolar silla – mesa ofertado actualmente para niños y niñas con discapacidad motriz.	334
Tabla 101. Matriz MET del subsistema ofertado actualmente en el mercado.	339
Tabla 102. Categoría de impactos ambientales en puntos, generados por el subsistema escolar silla-mesa ofertado actualmente en el mercado.	344
Tabla 103. Análisis comparativo entre el subsistema diseñado y el ofertado actualmente, para determinar cual genera un mayor impacto ambiental.	346
Tabla 104. Categorías de impacto ambiental en puntos generados por el subsistema escolar silla – mesa diseñada y el subsistema ofertado actualmente en mercado.....	348

Índice de figuras

Figura 1. Modelo 3d , vistas 2D y dimensiones del pupitre unipersonal según la Norma NTE INEN 2583:2011.....	32
Figura 2. Modelo 3D , vistas 2D y dimensiones de la silla según la Norma NTE INEN 2583:2011.....	33
Figura 3. Representación 2D de la mesa y silla escolar según la Norma CONVENIN 1650-89.....	41
Figura 4. Representación 2D de los pupitres y las sillas según la Norma NTC 4641.....	44
Figura. 5: Características generales del mobiliario escolar chileno	46
Figura. 6: Dimensiones de sillas y mesas según El Manual de Apoyo Para la Adquisición de Mobiliario Escolar – Chile	46
Figura. 7. Características de un producto bien diseñado.....	49
Figura 8. Posición básica para la toma de medidas antropométricas en posición sentada.....	49
Figura. 9. Dimensiones antropométricas relevantes para el diseño de un puesto de trabajo sentado/Vista lateral y frontal.	51
Figura 10. Movimientos articulatorios según Panero J.	55
Figura 11. Siete ángulos de confort para la posición de sentado establecidos por Wisner.....	58
Figura. 12. Áreas de trabajo normal y máxima en el plano horizontal para operadores hombres y mujeres, desarrolladas por Farley.	59
Figura.13. Zonas funcionales.....	60
Figura 14. Emisiones totales de CO2, de materiales vírgenes aluminio y acero.	80
Figura 15. Emisiones de dióxido de carbono en función del contenido de material reciclado en la etapa de pre-fabricación.	80
Figura. 16. Concepto de la perspectiva de un análisis de Ciclo de Vida y Fases que se tienen en cuenta.....	84
Figura 18. Estrategias para establecer propuestas de mejora de Ecodiseño.....	87
Figura 19. Diagrama de flujo de la metodología de diseño para equipamiento educativo.....	94
Figura 20. Pendiente y canto semicircular que debe presentar la silla escolar.....	142
Figura 21. Ubicación del mobiliario aéreo en función al ángulo de confort del brazo-mano en elevación.....	144
Figura 22. Altura y ubicación de cajoneras en función a los ángulos de confortabilidad brazo-mano en elevación y extensión del usuario.	144
Figura 23. Parámetros de holgura de desplazamiento de una persona en posición de pie.....	147
Figura 24. Dimensiones de una silla de ruedas y radios de giro.....	148
Figura 25. Distribución espacial del mobiliario en el aula de clases.....	149
Figura 26. Lluvia de imágenes de niños y niñas con discapacidad, utilizando el subsistema silla-mesa en Ecuador y análisis de problemas ergonómicos.	178
Figura27. Moodboard de referentes del mercado de sillas y mesas escolares.....	221
Figura 28. Moodboard de referentes del mercado de sillas y mesas escolares para personas con discapacidad...	222

Figura 29. Bocetos del subsistema escolar silla-mesa para niños con discapacidad motriz.....	236
Figura 30. Boceto final del subsistema escolar silla-mesa.	240
Figura 31. Subespacio funcional del subsistema escolar silla.....	244
Figura 32. Subespacio funcional del subsistema escolar mesa.	246
Figura 33. Subsistema escolar enmarcado dentro del subespacio ergonómico determinado.....	249
Figura 34. Subsistema escolar mesa enmarcado dentro del subespacio ergonómico determinado.....	251
Figura 35. Mancha gráfica del subsistema escolar silla-mesa.	257
Figura 36. Vista frontal, lateral y superior del subsistema escolar silla.	260
Figura 37. Vista frontal, lateral y superior del subsistema escolar mesa.	263
Figura 38. Vista frontal, lateral y superior de la canasta portalibros para el subsistema escolar.....	266
Figura 39. Planos en detalle del subsistema silla.	271
Figura 40. Planos en detalle del subsistema mesa.	276
Figura 41. Planos en detalle de la canasta portalibros del subsistema escolar.....	277
Figura 42. Vista en perspectiva del prototipo del subsistema escolar ilustrado, lado izquierdo.....	280
Figura 43. Vista en perspectiva del prototipo del subsistema escolar ilustrado, lado derecho.....	281
Figura 44. Vista lateral y frontal del subsistema escolar.....	282
Figura 45. Vistas superior del prototipo del subsistema escolar ilustrado.....	282
Figura 46. Vistas lateral izquierda del prototipo del subsistema escolar fabricado.....	283
Figura 47. Vistas lateral derecha del prototipo del subsistema escolar fabricado.....	283
Figura 48. Vistas lateral derecha del prototipo del subsistema escolar fabricado con los reposabrazos ubicados en posición horizontal.	284
Figura 49. Vistas superior del prototipo del subsistema escolar fabricado.....	284
Figura 50. Vistas frontal del prototipo del subsistema escolar fabricado.....	285
Figura 51. Vistas en detalle del prototipo del subsistema escolar fabricado.....	286
Figura 52. Diagrama de flujo de las entradas, procesos y salidas, necesarios del subsistema diseñado.....	317
Figura 53. Impacto ambiental generado por la estructura de aluminio de reciclado del subsistema diseñado silla.....	321
Figura 54. Impacto ambiental generado por los tableros de madera de bambú del subsistema silla diseñado.....	322
Figura 55. Impacto ambiental generado por el tablero de bambú del subsistema diseñado mesa.....	323
Figura 56. Impacto ambiental generado por la estructura de aluminio reciclado del subsistema diseñado.....	324
Figura 57 Impacto ambiental generado por canasta portalibros diseñada para ser ubicada en los laterales del subsistema mesa.....	325
Figura 58. Impacto ambiental generado los componentes auxiliares del subsistema escolar silla-mesa diseñado.....	326
Figura 59. Evaluación de impacto ambiental ocasionado por el subsistema silla-mesa diseñado.....	327

Figura 60. Subsistema escolar silla-mesa diseñado para niños y niñas con discapacidad motriz.....	329
Figura 61. Subsistema escolar silla-mesa ofertado actualmente en el mercado.....	330
Figura 62 Diagrama de flujo de las entradas, procesos y salidas, necesarios del subsistema ofertado actualmente en el mercado.	336
Figura 63. Impacto ambiental generado por subsistema escolar silla ofertado actualmente en el mercado.....	340
Figura 64. Impacto ambiental generado por el subsistema escolar mesa ofertado actualmente en el mercado.	341
Figura 65 Impacto ambiental generado por los componentes auxiliares del subsistema escolar ofertado actualmente en el mercado.	342
Figura 66. Análisis del impacto ambiental generado por el subsistema escolar silla-mesa ofertado actualmente en el mercado.....	343
Figura 67. Gráfica comparativa del impacto ambiental generado por el subsistema silla-mesa diseñada y el subsistema ofertado actualmente en el mercado.	347
Figura 68. Porcentaje de niños con discapacidad motriz en Ecuador.....	352
Figura 69. Análisis comparativo entre los datos de la Norma INEN 2583 y las obtenidas en el presente estudio para mobiliario escolar silla.....	354
Figura 70. Análisis comparativo entre los datos de la Norma INEN 2583 y las obtenidas en el presente estudio para mobiliario escolar mesa.....	354

1. INTRODUCCIÓN

El mobiliario escolar ha evolucionado a través del tiempo, debido a que constituye un elemento fundamental en el proceso de enseñanza – aprendizaje, puesto que el mismo es utilizado por los estudiantes aproximadamente de seis a ocho horas diarias de lunes a viernes. Además es importante destacar que si dicho mobiliario no presenta las condiciones físicas idóneas puede ocasionar problemas considerables en la salud del estudiante, como: malestar, incomodidad, pérdida de atención entre otros; dichos problemas se acrecientan aún más si el estudiante es un niño y niña con discapacidad motriz debido a la condición física que presenta, acrecentando sus problemas músculo esqueléticos, lo que afectaría su vida escolar presente e incluso futura, provocando posibles deserciones. Así también considerando que según estimaciones establecidas para el 2012 por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Banco Mundial existe aproximadamente más de mil millones de personas que viven con algún tipo de discapacidad en el mundo, de la cuales en Latinoamérica según la CEPAL (2012) alrededor de un 17,8%, de la población tiene alguna discapacidad, lo que involucraría aproximadamente a 66 millones de personas, de las cuales 5,4% corresponden al Caribe y un 12,4% a América.

Con lo anteriormente dicho, se hace prioritario plantear consideraciones de diseño ergonómico para mobiliario escolar que acojan a las personas con discapacidad motriz. En donde dichas consideraciones deberán dar respuesta a sus necesidades corporales tanto de seguridad, confortabilidad y accesibilidad, tomando en cuenta que un mobiliario bien diseñado mejorará la calidad de vida del usuario y aportará el proceso de enseñanza-aprendizaje del mismo.

Considerando además que en lo referente al aspecto medioambiental, existe una preocupación de los gobiernos mundiales por el respeto y cuidado de la naturaleza, los reales decretos o constituciones, según sea el caso, establecen parámetros que debe cumplir el ser humano para salvaguardar el medioambiente. En cumplimiento a dichos parámetros, empresas y consumidores están empezando a ofertar y demandar productos ecológicos,

reciclables y/o reutilizables. Es por ello que con la presente investigación trata de contribuir a reducir el impacto ambiental que genera la producción de mobiliario escolar, para lo cual en este estudio se ha considerado materiales que aporten a la sustentabilidad ambiental, mitigando la deforestación de los bosques y la reducción del consumo energético en la obtención y transformación de los mismos.

Compaginando tanto los aspectos ergonómico y los medioambientales, la presente investigación plantea una metodología de diseño de mobiliario escolar, que cumpla con dichos aspectos, con la finalidad de servir de referente para futuras propuestas de diseño de mobiliario. Dicha metodología fue comprobada mediante el diseño y fabricación del subsistema escolar silla-mesa para niños y niñas con discapacidad motriz leve del Ecuador, obteniendo como resultado que el mencionado subsistema cumple con los aspectos ergonómicos requeridos para el grupo de investigación seleccionado, además de aportar a la sustentabilidad ambiental, esto debido a que después de un estudio comparativo de materiales se llegó a determinar que los más idóneos por su sustentabilidad ambiental son: la madera obtenida del bambú y el aluminio reciclado, siendo dichos materiales innovadores en el diseño de mobiliario escolar en el Ecuador.

1.1 JUSTIFICACIÓN E INTERÉS DEL TEMA

Los estudiantes en un aula escolar deben contar con un equipamiento educativo (mobiliario escolar) que responda a sus necesidades de seguridad, comodidad y accesibilidad, creando entornos adecuados para el proceso de enseñanza-aprendizaje, dicho mobiliario debe permitirle al estudiante desarrollar tareas de una manera agradable y sin riesgo de sufrir accidentes, para lo cual el mismo debe ajustarse a las necesidades corporales del usuario, convirtiéndose en un aporte para el desarrollo de sus actividades escolares. Dicha consideración se debe tomar más en cuenta cuando el usuario presenta una condición física que limita sus movimientos, por lo tanto con la presente investigación se trata de aportar al correcto diseño y fabricación del mobiliario escolar destinado a niños y niñas con discapacidad motriz leve, mediante el planteamiento de una metodología de diseño que se apoya en consideraciones ergonómicas y medioambientales. Metodología que establece directrices de ejecución de tareas, que permitirán obtener un mobiliario acorde a los

requerimientos ergonómicos demandados por las personas del grupo de investigación seleccionado, y a las consideraciones medioambientales del entorno donde se vaya a implementar, considerando además que la materia prima y los procesos empleados para su fabricación sean los más respetuosos con el medioambiente. Por lo tanto se justifica el desarrollo del presente proyecto, considerando que la metodología planteada puede ser utilizada en el diseño de mobiliario destinado a personas con discapacidad motriz leve a nivel mundial, estableciendo un referente de diseño dentro de la categorías de diseño para personas con discapacidad. Así también dicha metodología plantea recursos metodológicos, a ser utilizados por diseñadores cuando plantee trabajos similares a los especificados en la presente investigación, ya que los mismos podrán basarse y referenciarse de los aspectos tanto gráficos como teóricos planteados.

Con respecto al criterio medioambiental, los materiales elegidos para la fabricación del mobiliario son sustentables ambientalmente y aportan a disminuir el impacto ambiental generado por la fabricación de dicho mobiliario en Ecuador, el mismo que fue demostrado mediante un análisis comparativo entre el subsistema diseñado y el ofertado actualmente en el mercado. Por lo expuesto se puede determinar que el aporte presentado en esta investigación es relevante, debido a que los resultados obtenidos aportan a la correcta ejecución de tareas referentes al diseño y fabricación de mobiliario, enmarcadas en aspectos ergonómicos y medioambientales, para personas con discapacidad motriz leve.

1.2 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

El planteamiento de una metodología de diseño de equipamiento educativo para personas con discapacidad motriz, sustentada en criterios ergonómicos y medioambientales, permitirá diseñar un mobiliario escolar acorde a las necesidades corporales del usuario y a su vez aportar a la sustentabilidad ambiental, debido a que se diseñará un subsistema escolar silla-mesa basado en datos antropométricos obtenidos de niños y niñas con discapacidad motriz leve, el mismo que contribuirá a mejorar la calidad de vida y el proceso de enseñanza aprendizaje del grupo de investigación seleccionado y aportará a salvaguardar la naturaleza ya que estará fabricado con material eco-amigable.

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

General:

- Establecer una metodología de diseño para fabricar equipamiento educativo, sustentada en criterios ergonómicos y medioambientales, que permita diseñar un mobiliario escolar acorde al grupo de usuarios (discapacitados) seleccionado.

Específicos:

- Recopilar información existente sobre los ejes en los que está enmarcado el estudio como son la discapacidad, ergonomía y ecodiseño, los mismos que serán la base para ejecución del proyecto planteado.
- Plantear un diagrama de flujo de procesos que permita entender la metodología de una forma sistemática y concreta, además de optimizar el tiempo en el desarrollo de tareas para el diseño y fabricación de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz.
- Definir los criterios de seguridad, confortabilidad y accesibilidad que debe presentar el equipamiento educativo a diseñar, acorde a las demandas del grupo de usuarios (discapacitados) seleccionado.
- Tomar datos antropométricos a niños y niñas con discapacidad motriz en la República del Ecuador, debido a que hasta la fecha no existe información referente a este tema, los mismos que servirán para aplicarse en diferentes diseños ergonómicos de objetos.
- Realizar un estudio de materiales a ser utilizados en el diseño del mobiliario escolar que aporten a la sustentabilidad ambiental
- Definir el subespacio funcional a utilizar en el diseño de mobiliario escolar, específicamente del subsistema (silla-mesa), el mismo que constituirá el área de trabajo a utilizar en el diseño y fabricación del mobiliario escolar especificado.

- Diseñar y fabricar un prototipo de subsistema silla y mesa escolar, en función a la metodología definida.
- Evaluar el subsistema diseñado y fabricado para determinar la calidad del mismo.
- Establecer esquemas de análisis de impacto ambiental, aplicables en futuros estudios de impacto ambiental.
- Definir el porcentaje de impacto ambiental generados por diferentes insumos y procesos que intervienen en el ciclo de vida del mobiliario escolar fabricado.
- Evaluar el impacto ambiental generado por el subsistema silla- mesa diseñado.
- Realizar un análisis comparativo medioambiental entre subsistema diseñado y el ofertado actualmente para concluir que subsistema genera mayor impacto ambiental.

1.4 METODOLOGÍA Y ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Metodología:

La primera etapa de la metodología fue la recopilación de contenido científico referente a la discapacidad motriz, ergonomía y ecodiseño, lo que permitió definir claramente los problemas de investigación y plantear de este modo las posibles soluciones, que se convertirán en los resultados relevantes a obtener, luego del desarrollo del presente proyecto de investigación.

Para la segunda etapa se planteó una metodología innovadora de diseño de equipamiento educativo para personas con discapacidad motriz, la misma se presenta resumida en un diagrama de flujo que ordena y establece tareas que se deben ejecutar en forma secuencial para obtener un diseño idóneo de mobiliario escolar. Posteriormente las tareas especificadas de forma general en el diagrama de flujo se detallan a profundidad de manera clara y precisa, con el objetivo que sean entendidas y utilizadas en futuros trabajos que conlleven características similares. Es por ello que la metodología desarrollada, representa un aporte

relevante de la presente investigación, puesto que plantea directrices para el diseño de mobiliario en general especificando criterios de seguridad, confortabilidad y accesibilidad enmarcados en aspectos ergonómicos. Y considera además criterios medioambientales, los cuales permitieron luego de un estudio comparativo de materiales, obtener los más idóneos en cuanto a sustentabilidad ambiental para la fabricación de mobiliario escolar en el Ecuador.

Por último como tercera etapa, se desarrolló y validó la metodología planteada, diseñando y fabricando un prototipo de subsistema escolar silla-mesa para niños y niñas con discapacidad motriz leve de entre 5 a 10 años de edad de la República del Ecuador, obteniendo que dicho prototipo estuvo acorde con los datos antropométricos obtenidos y por ende con las necesidades corporales de dicho grupo de investigación. A más de ser eco amigable, debido a que los materiales utilizados aportaron a disminuir el impacto generado en el ciclo de vida del producto fabricado, con lo cual se obtiene una disminución sustancial de impacto ambiental en relación con el equipamiento educativo (subsistema silla-mesa) ofertado actualmente en el mercado. Esto basado en otro aporte innovador de esta investigación, como son los datos referenciales de impacto ambiental de materias primas a ser utilizados en la fabricación de equipamiento educativo, los mismos que mediante la aplicación de una regla de proporcionalidad pueden ser calculados para diferentes cantidades utilizadas.

1.4.2 Estructura del trabajo y del documento.

El contenido de la presente investigación se puede resumir en los siguientes puntos:

En el capítulo dos se detalla el estado del arte realizado para la presente investigación.

En el capítulo tres se presenta la metodología de diseño del equipamiento educativo para personas con discapacidad motriz, planteando directrices a seguir para su correcto desarrollo.

El capítulo cuatro se presenta la aplicación metodología en el caso práctico (subsistema silla-mesa)

El capítulo cinco se presenta las conclusiones, síntesis de las aportaciones y desarrollos de trabajos futuros.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 LA DISCAPACIDAD Y SUS TIPOS

La discapacidad es definida por Tortosa et al. (1999), como la restricción o ausencia para realizar una actividad. Por su parte el Banco Mundial (2005) define a la discapacidad no solo como una condición médica, sino que es más bien el resultado de la interacción entre impedimentos físicos, mentales o sensoriales y la cultura, las instituciones sociales y los medios físicos.

Así también se determinan 4 grupos de discapacidad, cada uno con sus diferentes características y subgrupos. Los tipos de discapacidad son: grupo 1 discapacidades sensoriales y de la comunicación, grupo 2 discapacidades motrices, grupo 3 discapacidades mentales y grupo 4 discapacidades múltiples y otras.

2.1.1 Discapacidad Motriz

En la presente investigación, se dará énfasis a la discapacidad motriz, por ser la de mayor interés en el tema a desarrollar.

Soro E. (1994), establece que las personas con discapacidad motriz o motora presentan características clínicas y funcionales muy distintas. Su discapacidad puede ser de origen congénito como la parálisis cerebral o la espina bífida, así como los traumatismos craneales, ya sea por enfermedades degenerativas, o por alguna distrofia muscular, las mismas que pueden tener una prevalencia permanente o temporal. La mayoría de estas afecciones dificultan o imposibilitan la movilidad funcional de una o varias partes del cuerpo. Por su parte el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI 2013), establece que estos tipos de disfunción orgánica dan lugar a clasificaciones como

hemiplejía¹, paraplejía², tetraplejía³, etc. y a diferentes grados de disfunción muscular que puede producir espasticidad⁴, atetosis⁵, y ataxia⁶, ocasionando así discapacidad.

También es importante considerar cuando una persona sufre discapacidad motriz la correcta postura corporal al momento de estar sentado o acostado, en este caso, la postura física del alumno debe ser lo más correcta posible en el aula de clases, tanto en condiciones de sedestación⁷ como en bipedestación⁸ o desplazamiento. Una buena postura corporal es importante para prevenir malformaciones óseas, evitar cansancio muscular, mejorar la percepción y la realización de tareas (McEWEN, I.R, y KARLAN, G.R 1989).

Cardona M. (2000), clasifica a la discapacidad motriz como: patología de la columna, acondroplasia⁹, espina bífida¹⁰, artrogriposis¹¹, lesión cerebral.

2.1.2 La discapacidad a nivel mundial

La discapacidad forma de alguna manera parte de la condición humana, ya que casi todas las personas pueden sufrir algún tipo de discapacidad ya sea permanente o transitoriamente, debido por ejemplo a una malformación congénita, un accidente, o por el avance de la edad. Es por ello que la Convención sobre los Derechos de las personas con Discapacidad (CDPD), aprobada por las Naciones Unidas (2006), pretende “promover, proteger y asegurar el goce pleno y en condiciones de igualdad de todos los derechos humanos y libertades fundamentales por todas las personas con discapacidad, promover el respeto de su dignidad inherente”. La CDPD protege los derechos de los niños con discapacidad, y esto se hace visible en la promulgación de los artículos 1, 9 y 24, en donde establece el

¹ Trastorno del cuerpo del paciente en el que la mitad ipsolateral de su cuerpo está paralizada.

² Enfermedad por la cual la parte inferior del cuerpo queda paralizada y carece de funcionalidad.

³ Signo por el que se produce parálisis total o parcial de brazos y piernas causada por un daño en la médula espinal, específicamente en alguna de las vértebras cervicales

⁴ Enfermedad que refleja un trastorno motor del sistema nervioso en el que algunos músculos se mantienen permanentemente contraídos

⁵ Son lesiones en el sistema extrapiramidal que se manifiesta en movimientos lentos, involuntarios, incontrolados y sin objeto.

⁶ Se caracteriza por provocar la descoordinación en el movimiento de las partes del cuerpo de cualquier animal, incluido el hombre.

⁷ Posición sentado

⁸ Capacidad para andar sobre las dos extremidades inferiores a diferencia de los cuadrúpedos

⁹ Consiste en una modificación al ADN causada por alteraciones en el receptor del factor de crecimiento 3 de los fibroblastos, lo que a su vez genera anomalías en la formación de cartilago

¹⁰ malformación congénita del tubo neural, que se caracteriza porque uno o varios arcos vertebrales posteriores no han fusionado correctamente durante la gestación y la médula espinal queda sin protección ósea.

¹¹ Enfermedad congénita de causa desconocida caracterizada por un desarrollo deficiente de la musculatura esquelética asociada con contractura simétrica y múltiple de las articulaciones. No es progresiva.

derecho a su integración en la sociedad, y en su forma de vivir y convivir integrada y armónicamente en la misma.

Además, la Convención de los Derechos del Niño de las Naciones Unidas (CDN 1989), establece cuatro artículos que son importantes para los derechos de los niños y niñas con discapacidad, dichos artículos son el 2, 23, 28 y 29, donde claramente se establece la protección a los niños con discapacidad y equipara su desarrollo social, con los demás de su contexto, sin discriminación alguna, mostrando interés en el derecho a la educación accesible a todos. En este sentido es importante mencionar que la educación inclusiva se preocupa para que los niños y niñas con discapacidad aprendan de una manera efectiva, una vez que están matriculados en la escuela regular (Save the Children Inglaterra 2002).

Hay que destacar también que la pobreza y la discapacidad mantienen una relación estrecha, el inicio de la incapacidad puede conducir a una menor calidad de vida y la pobreza a generar un impacto negativo en la educación, en el empleo, en los ingresos y en el aumento de los gastos relacionados con la discapacidad.

En lo concerniente al parámetro educativo Filmer, D. (2008), establece que la discapacidad puede impedir la asistencia escolar de los niños y jóvenes con discapacidades a sus centros de estudio y restringir la acumulación de capital humano, por lo tanto puede dar lugar a oportunidades limitadas de empleo y la productividad reducida. Así también los estudios realizados por Mitra S. et al. (2011), determinan que las personas con discapacidad que han completado la educación primaria son significativamente bajas en todos los países del mundo. Por tal situación se predice que los niños con discapacidad tendrán menos posibilidades de trabajo debido a los bajos rendimientos escolares esperados, considerando además que según establece la ONG Humanium (2015), tan solo alrededor de un 2% de los niños con discapacidad tiene acceso a la educación.

2.1.3 La Discapacidad en el mundo y en América Latina

Se estima que más de mil millones de personas viven con algún tipo de discapacidad; es decir una quinta parte del total de la población mundial según las estimaciones establecidas para el 2012 por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Banco Mundial. A su vez

la OMS mediante el estudio de la Carga Mundial de Morbilidad mide las discapacidades infantiles de niños de entre 0 a 14 años, tomando una estimación de 95 millones de niños, que corresponden al 5,1%, de los casi 1 000 millones de niños de la población humana, de los cuales 13 millones (0,7%) tiene “discapacidad grave” (UNICEF 2012).

La CEPAL (2012), determinó que en Latinoamérica alrededor del 17,8%, de la población tiene alguna discapacidad, lo que involucraría aproximadamente a 66 millones de personas, de estas un 5,4% corresponde al Caribe y un 12,4% a América Latina. En este sentido se puede establecer que existe una estrecha correlación entre pobreza y discapacidad, debido a que la mayoría de los niños que padecen alguna discapacidad viven en países en desarrollo y representan la tercera parte de todos los niños del mundo que no están escolarizados (UNESCO 2012). Por otra parte se estima que los niños que sí asisten a la escuela tienen menos probabilidades de completar los estudios, considerando que en la mayoría de los casos, la educación de los niños discapacitados se realiza en contextos pedagógicos segregados. Por su parte Filmer, D. (2008) establece que los niños con discapacidades presentan menores tasas de asistencia escolar, y más aún si son países en desarrollo, ya que en África, América Latina y el Sudeste Asiático estudios realizados determinaron que los niños con discapacidades entre 6-17 años de edad eran menos propensos a entrar a la escuela o estar inscrito en ella al momento. Es así que la educación de los niños con discapacidades plantea en cada país un esfuerzo de considerable dificultad, para su inclusión en igualdad de condiciones en los centros educativos, la estructura escolar de los países en desarrollo experimenta una presión cada vez mayor tendiente a elevar los niveles de enseñanza, ampliar los programas de estudios, incorporar tecnologías, desarrollar aptitudes sociales y personales, tener más en cuenta la igualdad de oportunidades y, en conjunto, preparar a los niños para un mundo en rápida evolución. Considerando todos estos factores, no es de extrañar que la educación de los alumnos con discapacidades sea una de las principales prioridades de los sistemas educativos de los países de América Latina.

2.1.4 Índice de discapacidad y parámetros educativos en Ecuador

En el Ecuador, país ubicado en Suramérica, la población asciende según lo establece el INEN a inicios del 2014 a 15 915 103 habitantes, de los mismos el CONADIS establece que 361 487 personas sufren algún tipo de discapacidad, siendo 52 362 menores de edad y 18 956 padecen alguna discapacidad física, lo que viene a representar el 0,11% del total de la población, de los mismos solo el 20% de los jóvenes en edad escolar con necesidades educativas especiales asociadas a la discapacidad estudian (Peñañiel F. 2014). Por tal situación ha sido política del gobierno ecuatoriano velar por el bienestar y la inclusión social de las personas con discapacidad, por lo que dicho país cuenta con la Ley Orgánica de Discapacidades que se encuentra publicada en el suplemento del registro oficial No.796, del 25 de Septiembre de 2012, donde establece en el Capítulo Segundo, De las personas con discapacidad, en la Sección Tercera, De la Educación, Artículo 28: Educación inclusiva: “La autoridad educativa nacional implementará las medidas pertinentes, para promover las inclusión de estudiantes con necesidades educativas especiales que requieran apoyos técnico-tecnológicos y humanos, tales como personal especializado, temporales o permanentes y /o adaptaciones curriculares y de accesibilidad física, comunicacional y espacios de aprendizaje, en un establecimiento de educación escolarizada...”

Así mismo en el Artículo 33: Accesibilidad a la educación, dice “La autoridad educativa nacional en el marco de su competencia, vigilará y supervisará, en coordinación con los gobiernos autónomos descentralizados, que las instituciones educativas escolarizadas y no escolarizadas, especial y de educación superior, públicas y privadas, cuenten con infraestructura, diseño universal, adaptaciones físicas, ayudas técnicas y tecnológicas para las personas con discapacidad; adaptación curricular; participación permanente de guías intérpretes, según la necesidad y otras medidas de apoyo personalizadas y efectivas que fomenten el desarrollo académico y social de las personas con discapacidad...”

2.1.5 La accesibilidad y el diseño universal

El termino accesibilidad se utiliza comúnmente para describir las posibilidades de alcanzar lo que se desea o llegar a donde se requiera. De este modo Alonso F. (2007), identifica la

accesibilidad con suprimir barreras para los colectivos de personas con discapacidad, lo que supone intervenciones, a veces complejas y caras destinadas a solo una parte limitada de la población. Además hace hincapié, que en la actualidad se está reconociendo la implicación que la accesibilidad tiene en la calidad de vida de las personas, a través de un diseño de mayor calidad y orientado hacia la diversidad de usuarios: cualquier persona debe poder disponer y utilizar con confort y seguridad los entornos, servicios o productos, tanto físicos como virtuales, de forma presencial o no presencial, en igualdad de condiciones que los demás. Por lo tanto los criterios de accesibilidad lograrían generar un significativo beneficio para este tipo de personas.

Por otra parte la accesibilidad definida desde una cualidad de entorno, es considerada por Aragall, F (2003) como la característica de un entorno u objeto que permite a cualquier persona relacionarse con él y utilizarlo de forma amigable, respetuosa y segura, es decir que la accesibilidad es el encuentro entre la capacidad funcional de una persona o grupo y las demandas de diseño del entorno físico. (Iwarsson, S. y Stahl, A. 2003).

Así también para lograr esta accesibilidad hay que considerar las denominadas ayudas técnicas que para Pérez A. (1999), representan una ayuda para realizar una actividad a aquellas personas que tienen alguna limitación física, bien por una enfermedad congénita o adquirida en el transcurso de su vida. También las ayudas técnicas pueden utilizarse por un período de tiempo o de por vida, por ejemplo las ayudas técnicas más conocidas son las sillas de ruedas, un bastón entre otras.

En lo referente al diseño universal o conocido también como diseño para todos establece parámetros para que los objetos puedan ser utilizados por todas las personas. Dentro de este contexto Mace R.L (1990) establece que el diseño universal se basa en diseñar todos los productos, edificios y espacios exteriores para ser utilizables por todas las personas en la forma más amplia posible, el mismo que se hace posible mediante la aplicación de siete principios del diseño universal que detalla Alonso F. (2007), los mismos que son:

- Uso universal, para todos
- Flexibilidad de uso
- Uso simple e intuitivo

- Información perceptible
- Tolerancia para el error o mal uso
- Poco esfuerzo físico requerido
- Tamaño y espacio para acercamiento, manipulación y uso

2.1.6 La accesibilidad en el Ecuador

La accesibilidad física ha sido un factor que ha preocupado al Gobierno Central del Ecuador, es por ello que La vicepresidencia de la república el 28 de octubre de 2009 presentó las nuevas “Guías Técnicas sobre Accesibilidad e Implementación de Unidades Básicas de Rehabilitación”, las cuales contienen alternativas para que en el campo de la construcción, los gobiernos seccionales del país puedan aplicar las normas INEN que establecen modelos universales de accesibilidad física para las personas con discapacidad. Siendo el Ecuador uno de los primeros países de Latinoamérica en adoptar modelos de accesibilidad orientados a integrar socialmente a las personas con discapacidad, en una tarea coordinada con varias instituciones y ministerios.

En dicha norma destaca que los espacios, materiales, recursos didácticos, programas y estrategias metodológicas deben:

Respetar las diferencias físicas, pero teniendo en cuenta que además de las personas usuarias de sillas de ruedas, muletas, prótesis de algún miembro, o con otra discapacidad física o sensorial, ya sea permanente o temporal, también existen diferencias dimensionales (alto, bajo, obeso, delgado), problemas de manipulación, destreza y fortaleza, así como pequeñas discapacidades motrices que no se aprecian a simple vista (no poder estirar el brazo o la pierna del todo, por ejemplo). Pero también aquellas que, sin llegar a ser una discapacidad, conllevan una dificultad funcional o diferencia de usabilidad respecto a la mayoría como es el caso de las personas zurdas. Así también la distribución espacial del mobiliario de tal manera que el estudiante pueda desplazarse por los espacio libres sin sufrir accidentes ni encontrarse con obstáculos y tener todos los espacios y objetos del aula señalizados.

2.2 NORMATIVAS PARA EL DISEÑO DE MOBILIARIO ESCOLAR EN LATINOAMÉRICA.

La Revista Internacional Científica y Profesional “El Profesional de la Información” (2008) en su artículo ISO 9000 define a la Norma como un documento establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido, que se establece para un uso común y repetido, planteando reglas, directrices o características para ciertas actividades o sus resultados, con el fin de conseguir un grado óptimo de orden en un contexto dado. Una norma debe ser aceptada, utilizada, actualizada y única.

Conocida la definición y la aplicabilidad de las normas, es importante considerar las normas establecidas para el diseño de mobiliario escolar según el país o región donde se lo vaya a implementar.

En la presente investigación se considerará la Norma Ecuatoriana NTE INEN 2583:2011. Muebles Escolares. Pupitre con silla para alumnos. Requisitos e inspección de Ecuador. La Norma Venezolana CONVENIN 1690-89: Requisitos dimensionales. La Norma Técnica Colombiana NTC 4641 y la Norma Chilena NCh 2544, de requisitos funcionales y la NCh 2566, que indican los requisitos dimensionales de los pupitres escolares.

2.2.1 Especificaciones relevantes de la Norma NTE INEN 2583:2011. Muebles Escolares. Pupitre con silla para alumnos. Requisitos e inspección de Ecuador.

Los datos presentados en este apartado están tomados de la Norma NTE INEN 2583:2011 ecuatoriana; cabe indicar que se han transcrito los datos más relevantes considerados para esta investigación.

La norma hace referencia a la clasificación de pupitres y silla por grado escolar tal como se indica en la Tabla 1.

Edad (años)	Grado de escolaridad	Pupitre y silla Tipo	Rango tallas compatibles (cm)
6a7	2do de básica	1	100 a 115
7a8	3ro de básica	2	116 a 125
8a9	4to de básica	2	116 a 125
9a10	5to de básica	3	126 a 130
10a11	6to de básica	3	131 a 140
11a12	7mo de básica	4	141 a 145
13a14	8vo de básica	4	146 a 155
14a15	9no de básica	5	156 o más
16a18	10mo de básica 1ro,2do,3ro de bachillerato	5	

Tabla 1. Clasificación de pupitres y sillas según edad y grado escolar según la Norma NTE INEN 2583:2011.

Así también especifica las dimensiones del pupitre (silla) y mesa, representadas en las Tablas 2 y 3, basados en las figuras 1 y 2.

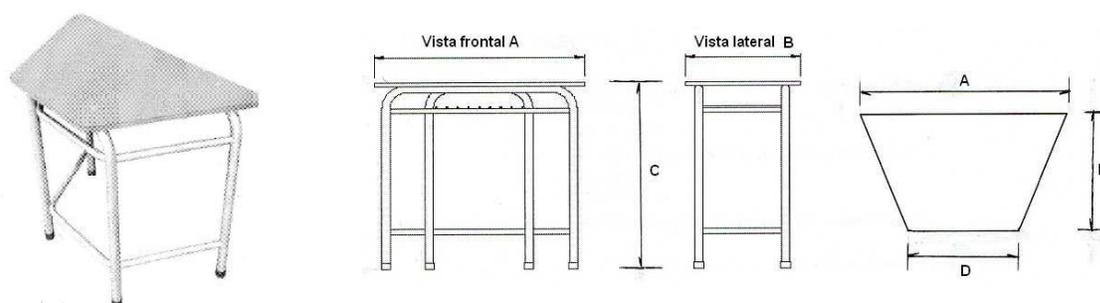


Figura. 1. Modelo 3d , vistas 2D y dimensiones del pupitre unipersonal según la Norma NTE INEN 2583:2011.

Tipo	A Cm	B cm	C cm	D cm	Color (coordenadas cromáticas)	Nivel de educación
1	65	48	51	47	Amarillo (RAL 1004)y/o Verde (RAL 6017)	2do de básica
2	65	48	57	47	Azul (RAL 5015)	3ro, 4to de básica
3	65	48	63	47	Celeste (RAL 5012)	5to y 6to
4	65	48	68	47	Naranja (RAL 2010)	7mo, 8vo de básica
5	65	48	73	47	Aluminio (RAL 9007)	9no, 10mo de básica, 1ro, 2do, 3ro de bachillerato

Nota: Los colores del mueble son referenciales, basados en el Código RAL (Colores RAL)

Tabla 2. Dimensiones de pupitre unipersonal según la Norma NTE INEN 2583:2011.

Leyenda: A es el largo frontal de la mesa, B es el ancho, C es la altura de la mesa y D es el largo posterior de la mesa.

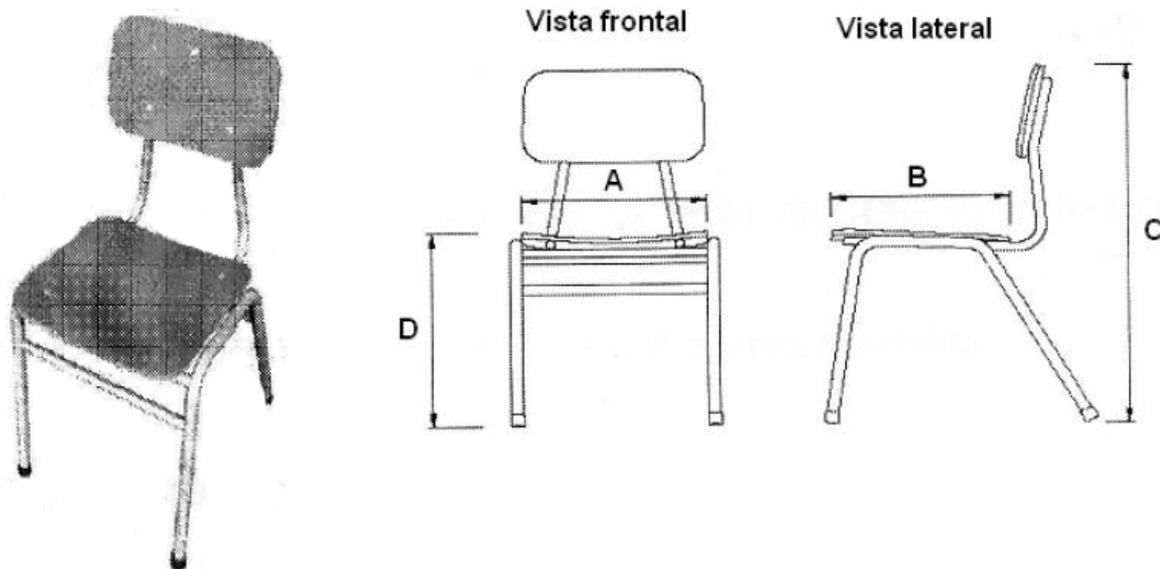


Figura 2. Modelo 3D , vistas 2D y dimensiones de la silla según la Norma NTE INEN 2583:2011.

Tipo	A Cm	B cm	C cm	D cm	Color (coordinadas cromáticas)	Nivel de educación
1	34	24	55	30	Amarillo (RAL 1004)y/o Verde (RAL 6017)	2do de básica
2	34	26	61	34	Azul (RAL 5015)	3ro, 4to de básica
3	38	30	68	38	Celeste (RAL 5012)	5to y 6to
4	40	35	76	41	Naranja (RAL 2010)	7mo, 8vo de básica
5	40	35	80	45	Aluminio (RAL 9007)	9no, 10mo de básica, 1ro, 2do, 3ro de bachillerato

Nota: Los colores del mueble son referenciales, basados en el Código RAL (Colores RAL)

Tabla 3. Dimensiones de silla según la Norma NTE INEN 2583:2011.

Donde A corresponde al ancho del asiento, B a la profundidad, C al alto total, y D a la altura del asiento de la silla.

La Norma define también disposiciones generales que debe cumplir el pupitre (silla) y la mesa en referente a la apariencia, estos son: el mobiliario debe estar libre de defectos, grietas y deformaciones, ninguna parte del mueble debe presentar protuberancias, la superficie de trabajo del pupitre debe ser plana y lisa, las superficies del asiento y del espaldar de la silla deben ser anatómicos y de apariencia uniforme e impedir que el usuario resbale, las superficies de trabajo del pupitre y del asiento de la silla deben ser uniformes en brillo y tono del color, sin defectos tales como pintura dispereja, irregularidades y poros. La superficie de trabajo debe tener bajo índice de reflexión, el mueble terminado no debe

presentar defectos como desviaciones, grietas, aristas vivas ni elementos que afecten la seguridad del usuario, igualmente todos los bordes y las esquinas de las superficies deben ser redondeadas, el ensamble de la estructura metálica del mueble debe ser con extremos matrizados y debe hacerse mínimo con soldaduras TIG, MIG o con otro método que la supere, si se emplean tornillos u otros accesorios metálicos se deben asegurar de forma tal que las uniones no se aflojen, la superficie de trabajo del pupitre debe estar asegurada de tal forma que permanezca firme cuando esté en uso, cualquier elemento de ensamble que una la estructura con el tablero superior, debe estar hecho de tal forma que sus extremos no sobresalgan de los bordes de la misma, los extremos de las patas deben tener un tratamiento adecuado para que al mover el pupitre no queden marcas ni rayones en el piso ni ocasionen ruido excesivo. En el caso de estructuras metálicas, los extremos de las patas deben tener tapones internos a presión. Los terminales de los tubos deben estar totalmente protegidos y los materiales utilizados en la fabricación de este tipo de muebles deben ser tratados para evitar la propagación del fuego y la emisión de gases tóxicos. Los requisitos específicos se establecen los parámetros que se indican en la Tabla 4:

	Ítem	Requisito		
(1)(2)	Dimensiones	El pupitre y la silla deben cumplir con las dimensiones de la Tabla anterior		
(1)	Apilabilidad	El mueble debe permitir apilabilidad.		
(1)	Manipulabilidad	La silla debe ser manipulable por una persona en pilas de mínimo (5) unidades y se deben manejar sin tener que adoptar posiciones no aceptables por la ergonomía. Su peso no debe ser superior a los 25 kg.		
(2)	Estabilidad	EL pupitre no debe inclinarse ni volcarse cuando se coloque en una esquina pesos de 45 kg.		
(2)	Curvatura y alabeo de la superficie de la Tabla superior	El espacio mínimo entre la regla y la Tabla superior debe ser ≤ 2 mm/m		
(1)(2)	Resistencia a la carga estática	La silla debe soportar una carga estática de 126kg \pm 1,4kg y el pupitre una carga estática de 100kg \pm 1,4 kg sin que se deformen ni presenten roturas ni cam- estructurales.		
(2)	Resistencia del pupitre al impacto repetido	Todas las partes de la silla deben quedar libres de defectos que afecten su uso, como daños, deformaciones, juntas o aflojamientos.		
(1)	Resistencia de la bandeja portalibros al impacto repetido	Todas las partes de la bandeja portalibros deben quedar libres de daños que afecten su uso, cuando se deje caer una masa de 15 kg.		
(3)	Espesor de la película del recubrimiento del mueble	El espesor de la película del recubrimiento del mueble como se indica a continuación; en: μ m		
		División	Partes constituyentes	Espesor del tablero
		Pupitre	Parte superior del tablero	20 μ m min

		Parte inferior del tablero	10 µm min
		Silla	Espaldar y superficie superior del asiento. Superficie inferior del asiento 20 µm min 10 µm min
	Adhesión de la pintura a las partes de madera	Las partes de madera que son rayadas con una gubia, deben quedar libres de película de pintura una vez peladas.	
	Espesor de la pared del tubo de acero laminado en frío	Mínimo 1,5mm	
	Resistencia a los líquidos a temperatura ambiente	El mueble al ser sometido al ensayo no debe presentar anomalías.	
	Adhesión de la película de pintura sobre el metal	La película de pintura sobre las partes metálicas debe presentar una adherencia superior al 95%.	
	Resistencia de la película de pintura al óxido sobre metal	La película de pintura sobre las partes metálicas no debe presentar ampollas ni óxido en un espacio de 3mm a cada lado de un rayón.	
	Dureza de la película de pintura sobre metal	No inferior a la dureza del lápiz 2H.	
(4)	Requisitos para superficies plásticas	Los establecidos en la norma ASTM F 1561-03 2008.	
(5)		Notas: (1)aplicable a silla (1) aplicable a pupitres (3)aplicable a superficies de madera (4)aplicable a superficies metálicas (5) aplicable a superficie plásticas.	

Tabla 4. Requisitos específico pupitres y sillas según la Norma NTE INEN 2583:2011.

Con respecto a los materiales la Norma establece ciertos criterios planteados en la Tabla 5.

Tipo de material	Norma técnica de control
Madera prefabricada	NTE INEN 900 Tableros de madera contrachapada. Requisitos, Tipo I, grado A
Maderas prefabricadas con recubrimiento de película decorativa	NTE INEN 2342 Tableros de madera contrachapada. Chapas. Requisitos. NTC 2809 Maderas. Tableros melamínicos termofundidos. NTE INE 895 Tableros de madera aglomerados, contrachapada y de fibra de madera (MDF). Determinación de las dimensiones de las probetas. NTE INEN 896 Tableros de madera aglomerada, contrachapada y de fibras de madera (MDF). Determinación del contenido de humedad. NTE INEN 897 Tableros de madera aglomerada, contrachapada y fibras de madera (MDF). Determinación de la densidad aparente.
Metal	NTE INEN 2 492 Láminas de acero recubiertas con zinc (galvanizadas o recubiertas con aleación hierro zinc (galvano recocido) mediante procesos de inmersión en caliente. NTC 2150 Electrotecnia. Recubrimientos electrolíticos con cinc en hierro y acero. NTE INEN 2 415 Tubos de acero al carbono soldado para aplicaciones estructurales y uso general. Requisitos.

Tipo de material	Norma técnica de control
Laca de poliuretano	NTE INEN 2 283 Pinturas. Lacas nitrocelulósicas para acabados sobre madera. Requisitos
Pinturas	NTE INEN 2 269 Pinturas y Productos afines. Aplicación en láminas metálicas de ensayo. NTE INEN 2 283 Pinturas. Lacas nitrocelulósicas para acabado sobre madera. Requisitos. NTE INEN 2 282 Pinturas. Sellado nitrocelulósico lijable para madera. NTC 2150 Electrotecnia. Recubrimiento electrolítico con cinc en hierro y acero.
Polietileno de alta densidad grado de fluidez 8 o polipropileno con copolímeros	ASTM F 1561-03-2008

Tabla 5. Materiales para pupitres y sillas según la Norma NTE INEN 2583:2011.

Así también detalla que los accesorios como son los tornillos deben ser galvanizados autorroscantes, para la sujeción del tablero a la estructura de metal de los pupitres se deben utilizar herrajes de lámina de acero de 2 mm de espesor, los regatones para las patas deben ser de PVC de alta resistencia de color negro, la bandeja portallibros será de malla electro soldada con celdillas de 50mm x 50mm máximo y de alambre de 3mm mínimo. Esta bandeja se colocará a una distancia máxima de 12cm de la cara inferior del tablero. El espesor nominal de los tubos de acero debe ser como se indica en la Tabla 6.

Tipo de mueble	Sitio de uso	Espesor nominal de la pared de tubo de acero (mm)	Diámetro exterior (mm)
Pupitre	Patas	1,5 min	25mín.
Silla	Patas	1,5 min	22mín.
Pupitre y silla	Travesaños y refuerzos	1,5 min	19 mín

Tabla 6. Espesor nominal de la estructura de acero para pupitres y sillas según la Norma NTE INEN 2583:2011.

Resumiendo las características técnicas que debe cumplir el mobiliario escolar con respecto a la norma son: la Tabla superior, superficie del asiento y el espaldar deben ser de madera contrachapada Tipo 1 grado A, de acuerdo a la NTE INEN 900, o un producto formado de resina sintética postformado o inyectado en polímero, el acabado y la pintura de las maderas deben usar laminado decorativo de 0,6 mm de espesor, para pintar las partes metálicas se debe usar pintura electrostática termofundible con recubrimiento en polvo, semi-mate, según la NTE INEN 1 020 o un material de recubrimiento con dureza y durabilidad superior o equivalente.

2.2.2 Especificaciones relevantes de Norma COVENIN 1650-89. Mobiliario escolar pupitre integrado, mesa y silla. Parte: I. Características generales. Requisitos de seguridad.

Los datos presentados en este apartado han sido tomados de la Norma COVENIN 1650-89, cabe indicar que se han transcrito los datos que la autora ha considerado más relevantes.

La norma de mobiliario mencionada establece criterios relativos al individuo en relación al confort del alumno, la correcta postura física en las actividades escolares y la seguridad que debe proporcionar el mobiliario. En lo referente a los criterios de uso, el mobiliario debe satisfacer las necesidades de flexibilidad en el aula, la variedad de actividades y la funcionalidad planteadas por la educación actual, de igual manera con respecto a los criterios técnicos establece que, se debe generar por parte de las industrias que producen mobiliario escolar una mayor durabilidad y facilidad de mantenimiento, así como también lograr homogeneización en la calidad y el dimensionamiento del mueble escolar.

En lo referente a las dimensiones que debe presentar el mobiliario escolar, la normativa clasifica los COVENIN según la estatura del usuario, tal como se ve en la Tabla 7.

CONVENIN 1	Hasta 110cm
CONVENIN 2	110 a 127 cms.
CONVENIN 3	128 a 140 cms.
CONVENIN 4	141 A 157 cms
CONVENIN 5	158cms ó más.

Tabla 7. Clasificación según estatura del usuario basado en la Norma CONVENIN 1650-89

Con respecto al diseño y fabricación, especifica que tanto la silla como la mesa deberán cumplir con los siguientes requisitos básicos de confort:

- La altura del asiento debe permitir que las plantas de los pies se apoyen completamente en el piso.
- No debe haber presión del asiento contra los músculos inferiores de los muslos.
- Debe existir espacio libre entre la parte inferior de la mesa y los muslos, y ser suficiente para permitir la libertad de postura.
- El codo debe poderse apoyar sobre la mesa o estar a una altura ligeramente inferior en relación a la superficie del trabajo.
- El respaldo debe permitir el apoyo adecuado de la región lumbar entre la 3ra y 5ta vértebras lumbares.
- Debe existir espacio libre entre la parte superior de la pierna y la parte frontal del asiento.
- El borde frontal del asiento debe ser redondeado.
- Debe haber espacio libre entre el apoyo lumbar y la superficie del asiento para acomodar la región glútea.
- El ancho del asiento no debe ser inferior al ancho menor del hombro del usuario.
- Debe permitir el libre movimiento de los pies de la mesa y silla.

En lo referente a la funcionalidad la norma establece que el pupitre debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Ser fuerte y rígido, ser liviano de forma tal que los usuarios para quienes fue diseñado puedan moverlo sin dificultad. La superficie de trabajo debe ser razonablemente resistente al deterioro por el uso normal en actividades escolares.
- Estar diseñado de forma tal que facilite su almacenamiento, tener los extremos de las patas diseñadas de forma tal que no ocasionan ningún tipo de daño en la superficie de apoyo ni ruido excesivo, permitir la fácil reposición de sus parte, la superficie de trabajo no debe ser absorbente ni propicia a mancharse permanentemente, las mesas deberán permitir su acoplamiento para formar superficies continuas, permitir la limpieza fácil y frecuente.

Dentro del parámetro confort la norma plantea que el pupitre deberá cumplir con las siguientes condiciones:

- Presentar la superficie del asiento un ángulo tal que evite que el usuario resbale, permitir la comodidad y la correcta posición del usuario, proporcionar amplitud de la superficie de trabajo en todos los sentidos para facilitar las ejecuciones propias del usuario, permitir al usuario la movilidad de los pies hacia atrás y hacia adelante para facilitar las ejecuciones propias del usuario, permitir al usuario la movilidad de los pies hacia atrás y hacia los lados, así como la variación de la posición sentado.
- Tener la superficie de trabajo pulida y diseñada de forma tal que permanezca firme cuando está en uso, tener el respaldar diseñado de tal forma que sea cóncavo en el sentido horizontal y ligeramente convexo o con los extremos superior e inferior redondeados, en el sentido vertical, tener un lugar para guardar los útiles de trabajo, sin alterar los requisitos dimensionales y funcionales establecidos en esta Norma, sólo podrán tener descansabrazo los pupitres integrados COVENI 3, CONVENIN4, y COVENIN 5. El descansabrazo deberá formar una superficie continua con la superficie de trabajo. El pupitre integrado podrá diseñarse, considerando los

requisitos dimensionales y funcionales establecidos en esta norma, también para el individuo zurdo.

En lo referente a la seguridad el pupitre deberá cumplir con las siguientes condiciones:

- Tener el asiento, respaldar y cualquier elemento estructural diseñado de forma tal que no presenten ángulos vivos y pestañas o enganches que pueden producir daños físicos al usuario, tener una adecuada estabilidad, de forma tal que evite vibraciones, estar fabricados de forma tal que al producirse cualquier tipo de rotura no se generen astillas o lancetas, no desprender gases tóxicos en caso de incendio, la superficie de trabajo deberá tener baja conductividad térmica, bajo índice de reflexión y ser de colores neutros, las partes del pupitre que tengan contacto directo con el usuario deberán ser tratados con materiales tales como por ejemplo: pintura, selladores, barnices, esmaltes u otros, dependiendo del material base. Las partes del pupitre que estén sujetas a la acción de la corrosión, deben ser protegidas contra ella, permitir el fácil ingreso, evitando posiciones incómodas y peligrosas de acceso, así como golpes en las extremidades del usuario.

Se ha considerado relevante destacar ciertos criterios de diseño establecidos en la presente Norma que plantea para los pupitres CONVENIN 1 Y CONVENIN 2, donde establece que los mismos no deberán ser de tipo integrado y que el espaldar del asiento podrá estar constituido por una o más piezas.

A continuación se detallan las dimensiones que establece la Norma COVENIN tanto del pupitre y la mesa (Tabla 8) basados en La Fig. 3.

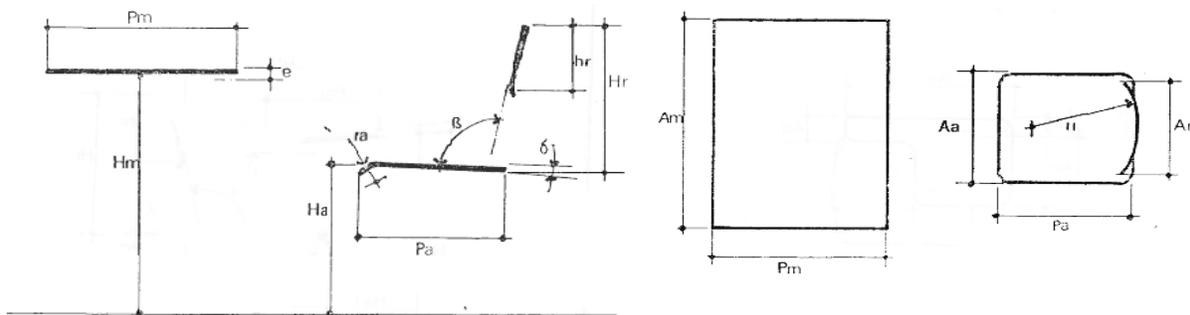


Figura 3. Representación 2D de la mesa y silla escolar según la Norma CONVENIN 1650-89

Requisitos		CONVENIN 1	CONVENIN 2	CONVENIN 3	CONVENIN 4	CONVENIN 5	
Asiento y respaldo gráfico x	Ha	Altura del borde anterior del asiento al piso (cm)	22+1	27+1	32+1	37+1	42+1
	Aa	Ancho mínimo del asiento (cm)	26	29	31	34	37
	Pa	Profundidad del asiento	21 0 -2	25 0 -2	30 0 -2	34 0 -2	37 0 -2
	∞	Inclinación o ángulo del asiento con la horizontal	3°-5°	3°-5°	3°-5°	3°-5°	3°-5°
	ra	Radio de curvatura del borde anterior del asiento (cm)	mín.1 máx. 10				
	Hr	Altura del asiento a la parte superior del respaldo ()	22 +2 ó -1	24 +2 ó -1	28 +2 ó -1	30 +2 ó -1	34 +2 ó -1
	Ar	Ancho del respaldo (cm)	25+2+6-4	28+26-4	30+26-4	33+26-4	38+26-4
	hr	Alto del respaldo (cm)	10+1	10+1	10+1	10+1	10+1
	B	Ángulo del respaldo con respecto al asiento	95°-106°	95°-106°	95°-106°	95°-106°	95°-106°
	rr	Radio de curvatura del respaldo (cm)	min	40	40	40	40
max.			2,5 Pa				
Mesa individual	Hm	Altura del centro de la mesa piso (cm)	40+-0,5	47+-0,5	52+-0,5	62+-0,5	67+-0,5
	Am	Ancho de la mesa min. (cm)	60	60	60	60	60

	Pm	Profundidad de la mesa mín. (cm)	40	40	50	50	50
	e	Espesor de la mesa (independientemente del tipo de material max. (cm)	6	6	6	6	6
Mesa colectiva	Ac	Ancho de la mesa colectiva (cm)	80	80			
	Pc	Profundidad de la mesa mín. (cm)	120	120			

Tabla 8. Requisitos dimensionales para respaldar, mesa individual y colectiva según la Norma CONVENIN 1650-89.

2.2.3 Especificaciones relevantes de la Norma Técnica Colombiana NTC 4641: Muebles escolares. Pupitre con silla para aulas de clase.

Los datos presentados en este apartado están tomados de la Norma NTC 4641 Colombiana, cabe indicar que se han transcrito los datos más relevantes para esta investigación. La norma hace referencia a la clasificación de pupitres y silla como se indica en la Tabla 9.

Edad (años)	Grado de escolaridad	Pupitre y silla. Clase	Rango tallas compatibles (cm)
3 a 5	0	1	110 a 137
6 a 9	1 a 4	2	138 a 151
10 a 13	5 a 7	3	152 a 165
14 a 19	8 a 11	4	166 mas

Tabla 9. Clasificación de pupitres y sillas según edad y grado escolar según la Norma NTC 4641.

La norma NTC 4641 plantea requisitos generales y específicos que debe cumplir el pupitre y la silla; entre los generales establece que:

- La apariencia del pupitre y de la silla debe ser como se indica a en la Figura 4, además debe estar libre de defectos, grietas y deformaciones, ninguna parte del mueble debe presentar protuberancias, la superficie de trabajo del pupitre debe ser plana, las superficies del asiento y del espaldar de la silla deben ser anatómicos y de apariencia uniforme e impedir que el usuario resbale, las superficies de trabajo del pupitre y del asiento de la silla deben ser uniformes en brillo y tono del color, sin defectos tales como pintura dispareja, irregularidades y poros. La superficie de trabajo debe tener bajo índice de reflexión, el mueble terminado no debe presentar defectos como desviaciones, grietas, aristas vivas ni elementos que afecten la

seguridad del usuario, igualmente, las esquinas de las superficies deben ser redondeadas, el ensamble del mueble debe ser fuerte y debe hacerse mínimo con soldadura, Si se emplean tornillos u otros accesorios metálicos, estos se deben asegurar de forma tal que las uniones no se aflojen, la superficie de trabajo del pupitre debe estar asegurada de tal forma que permanezca firme cuando este en uso. Cualquier elemento de ensamble que una la estructura con la tabla superior, debe estar hecho de tal forma que sus extremos no sobresalgan de los bordes de la misma. Los extremos de las patas deben tener un tratamiento adecuado para que al mover el pupitre no queden marcas ni rayones en el piso ni ocasionen ruido excesivo. En el caso de estructuras metálicas, los extremos de las patas deben tener tapones internas a presión. Los terminales de los tubos deben estar totalmente protegidos. El borde frontal del asiento debe ser redondeado al igual que las esquinas de las superficies. Los materiales utilizados en la fabricación de este tipo de muebles deben ser tratados para evitar la propagación del fuego y la emisión de gases tóxicos, además de requisitos específicos con ítems similares a los planeados en la Norma Ecuatoriana.

En lo referente a los accesorios, los tornillos deben ser autorroscantes con recubrimiento antioxidante y el espesor nominal de las partes de acero. El espesor nominal de la lámina y los tubos de acero debe ser como se indica en la Tabla 10.

Clase	Sitio de uso	Espesor nominal de la lámina de acero	Espesor nominal de la pared del tubo de acero.	Diámetro
Pupitre	Patas, tubo de acero		1,21 mm. (calibre)	22 mínimo
	Compartimiento, otro	0,76 mm (calibre 22)		
Silla	Pata		1,21 mm. (calibre)	22mínimo

Tabla 10. Espesor nominal de la lámina y los tubos de acero para pupitres y mesas según la Norma NTC 4641.

El material de la tabla superior y de la superficie del asiento y del espaldar debe ser de madera contrachapada Tipo 1 grado 1, de acuerdo a la NTC 698, o un producto formado de resina sintética postformado o inyectado en polímero. La pintura para las maderas se debe usar sellador y laca mate o semi-mate catalizada al ácido o un material de recubrimiento con dureza y durabilidad equivalente o superior. Para pintar las partes metálicas se debe

usar pintura electrostática horneable con recubrimiento en polvo, semi-mate, según la NTC 2808 o un material de recubrimiento con dureza y durabilidad superior o equivalente. Las dimensiones tanto para los pupitres como las sillas se establecen en la Tabla 12 en base al Gráfico 4, además deben presentar la tolerancia de ± 2 .

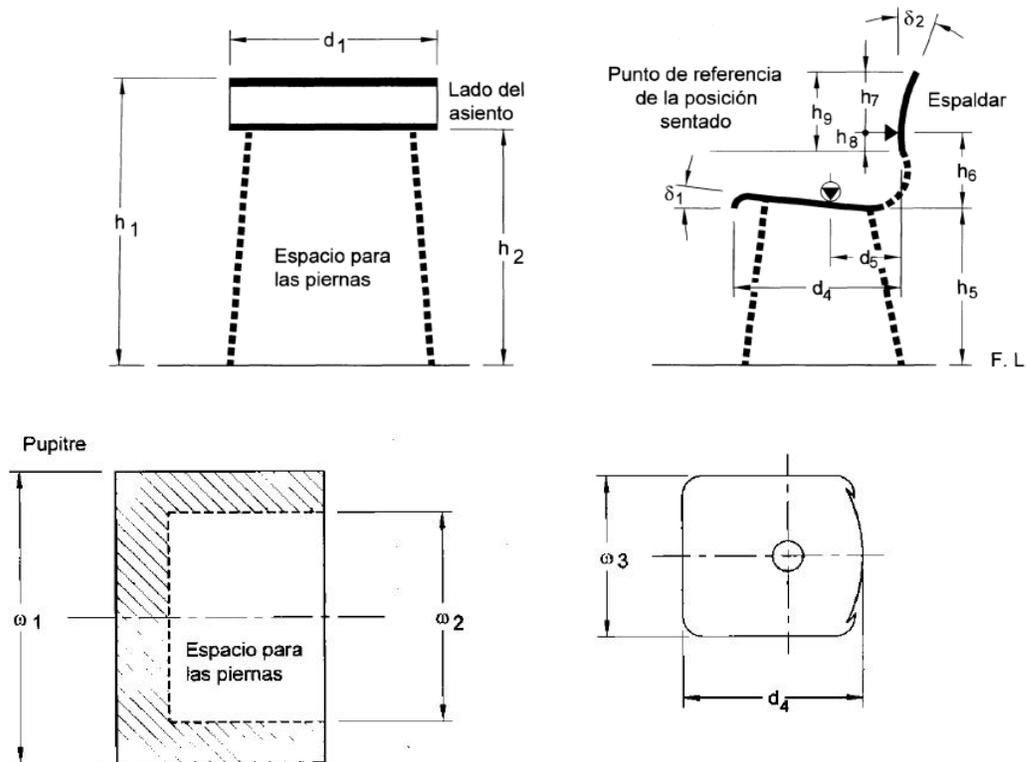


Figura 4. Representación 2D de los pupitres y las sillas según la Norma NTC 4641.

También plantea las dimensiones del pupitre y la mesa que se visualizan en la Tabla 13 y 14.

Clase	N°4 (mm)	N°3 (mm)	N°2(mm)	N°1(mm)
Altura de la superficie del pupitre h_i	730	670	610	520
Altura del espacio para miembros inferiores	620mínimo.	560	500	410
Profundidad del pupitre y profundidad 1 del espacio para miembros inferiores	400			
Ancho del pupitre	600			
Ancho del espacio para miembros	400 mínimo			

Tabla 11. Dimensiones de cada parte (pupitre) según la Norma NTC 4641.

Clase	N°4	N°3	N°2	N°1
Altura de la superficie del asiento h_s	440	400	360	300
Altura del punto del espaldar h_6	260	240	220	190
	Tolerancia ± 15			
Distancia desde el punto del espaldar $h_7: h_e$	50 mínimo			
Altura efectiva del espaldar h_s	100 mínimo			
Longitud efectiva de la superficie del asiento (dirección de adelante hacia atrás) d_4	400	365	330	295
Distancia desde el punto de referencia de la posición del asiento hasta el punto del espaldar.	115	100	85	70
Ancho efectivo de la superficie del asiento (dirección de izquierda a derecha) w_3	360 min.	340 min.	320 min	
Ángulo de la superficie del asiento d_1	0° a 3°			
Ángulo del espaldar α_2	Aproximadamente 10°			
Curva del espaldar	500 mín.			

Tabla 12. Dimensiones de los pupitres y las sillas según la Norma NTC 4641

2.2.4 Especificaciones relevantes de Norma NCh 2544 y NCh 2566: Mobiliario escolar. Funcionalidad y dimensiones.

El Manual de Apoyo para la adquisición de mobiliario escolar chileno (2006), establece que a partir de 2002, las normas chilenas de mobiliario escolar fueron oficializadas por el Instituto Nacional de Normalización (INN), y en su estudio participaron representantes del Ministerio de Educación junto con diseñadores, ergónomos, fabricantes, laboratorios de certificación y otros profesionales vinculados a estas materias. Dos de dichas normas oficializadas son la NCh 2544, que establece los requisitos funcionales que debe cumplir el mobiliario; y la NCh 2566, que indica los requisitos dimensionales. Las normas especificadas pretenden determinar un diseño de mobiliario que permita una mayor comodidad al estudiante, lo que redundará en una mejor concentración y postura del/la estudiante. Las características generales de dicho mobiliario se representan en la Figura 5 y los criterios de dimensionamientos en la Figura 6 y Figura 7.

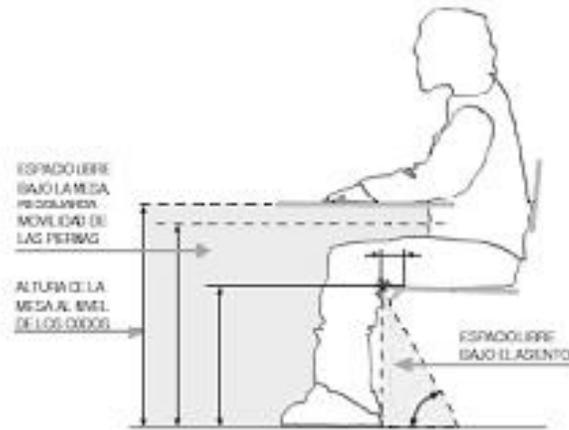


Figura. 5: Características generales del mobiliario escolar chileno según El Manual de Apoyo Para la Adquisición de Mobiliario Escolar Chile (2006)

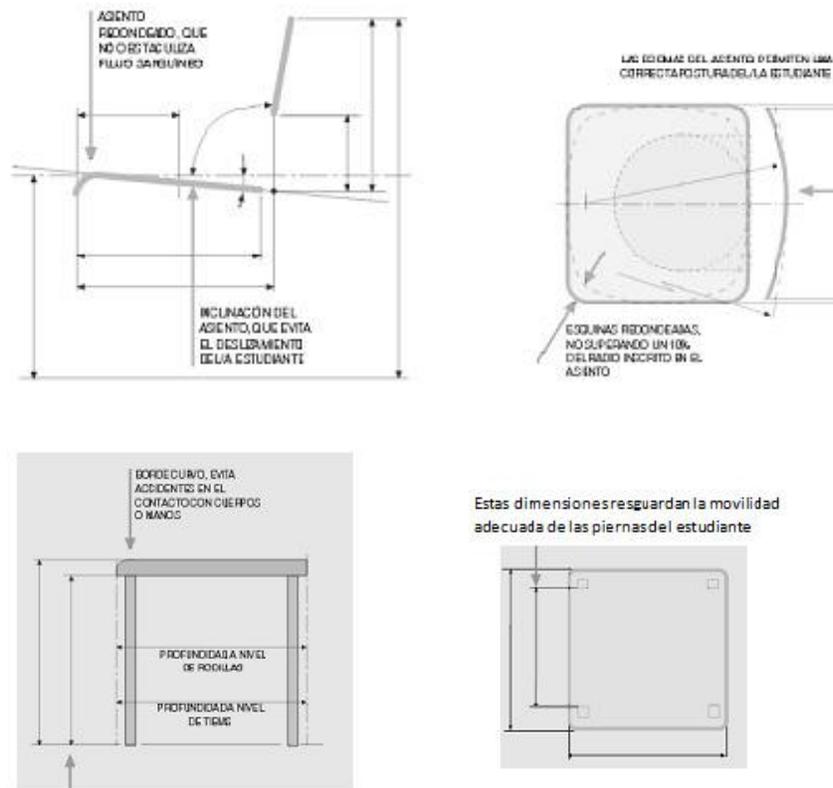


Figura. 6: Dimensiones de sillas y mesas escolares según El Manual de Apoyo Para la Adquisición de Mobiliario Escolar – Chile (2006).

Las de medidas de mobiliario normado y certificado de acuerdo a NCH 2544 y 2566 se visualizan en la Tabla 13.

<i>Cód.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Rango estatura</i>	<i>Largo</i>	<i>Ancho</i>	<i>Alto</i>	
<i>TE-11</i>	<i>Pupitre N°1</i>	<i>110-123</i>	<i>600</i>	<i>500</i>	<i>510</i>	
<i>TE-512</i>	<i>Pupitre N°2</i>	<i>124-137</i>	<i>600</i>	<i>500</i>	<i>570</i>	
<i>TE-513</i>	<i>Pupitre N°3</i>	<i>138-151</i>	<i>600</i>	<i>500</i>	<i>630</i>	
<i>TE-514</i>	<i>Pupitre N°4</i>	<i>152-169</i>	<i>600</i>	<i>500</i>	<i>680</i>	
<i>TE-515</i>	<i>Pupitre N°5</i>	<i>1698-184</i>	<i>600</i>	<i>500</i>	<i>730</i>	
<i>Cód.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Rango estatura</i>	<i>Largo</i>	<i>Ancho</i>	<i>Alto</i>	<i>Medidas respaldo</i>
<i>TE-501</i>	<i>Silla N°1</i>	<i>110-123</i>	<i>300</i>	<i>554</i>	<i>340</i>	<i>340x140</i>
<i>TE-502</i>	<i>Silla N°2</i>	<i>124-137</i>	<i>340</i>	<i>613</i>	<i>340</i>	<i>340x140</i>
<i>TE-503</i>	<i>Silla N°3</i>	<i>138-151</i>	<i>380</i>	<i>680</i>	<i>380</i>	<i>380x160</i>
<i>TE-504</i>	<i>Silla N°4</i>	<i>152-169</i>	<i>410</i>	<i>756</i>	<i>400</i>	<i>400x190</i>
<i>TE-505</i>	<i>Silla N°5</i>	<i>169-184</i>	<i>450</i>	<i>796</i>	<i>400</i>	<i>400x190</i>

Tabla 13. Medidas según Norma Chilena NCh 2566 para pupitres y sillas.

2.3 ERGONOMÍA Y SU RELACIÓN CON LA ANTROPOMETRÍA

Se define a la ergonomía como aquella que trata de relacionar las variables del diseño por una parte, y los criterios de eficacia funcional o bienestar para el ser humano por la otra (Ernest J. McCormick, 1980)].

En este tema se analiza además el planteamiento ergonómico, que consiste en diseñar los productos y los trabajos de manera que sean éstos los que se adapten a las personas y no en sentido contrario, tomando en cuenta cuatro pilares fundamentales de la ergonomía que son: los psicológicos, fisiológicos, antropométricos, y biomecánicos (Gestión de Riesgo Industrial y Ocupacional C.A, 2013).

Por su parte el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV) (2006) en el “Manual para la prevención de riesgos ergonómicos y psicosociales en los centros de atención a personas en situación de dependencia” establece que la ergonomía, cuando se aplica en entornos laborales evalúa aspectos como: diseño de los puestos de trabajo; herramientas y útiles; mandos, controles e indicadores; condiciones ambientales; carga física y mental, etc. Si se detectan problemas en alguna de estas cuestiones, la ergonomía puede proponer diferentes soluciones para reducir o eliminar sus efectos sobre el trabajador. Establece también que la ergonomía puede ayudar a mejorar las condiciones de trabajo, así se consigue mantener una

mejor salud, siendo así que las mejoras ergonómicas reducen las demandas físicas dando como resultado menos lesiones o dolencias relacionadas con el trabajo. Otro efecto beneficioso de la ergonomía es que al mejorar el diseño del entorno laboral, se incrementa la eficiencia y la productividad.

En este contexto y en el caso específico de las personas con limitaciones funcionales, la adaptación del entorno a las características es especialmente necesaria según establece el IBV (2004) en el “Informe de Ergonomía y Discapacidad” dado que dependen mucho más de su entorno inmediato que una persona que no las tiene. Si ese entorno (productos, trabajos, espacios, etc) no se ajusta a sus características, necesidades y limitaciones, repercutirá no sólo en el confort, facilidad de uso y eficiencia a corto plazo, sino también en su salud, seguridad, independencia, bienestar social y, en definitiva, en su calidad de vida. Ello significa que la importancia de aplicar la Ergonomía a este grupo de población o, dicho de otra manera, las consecuencias negativas de no aplicarla, son quizá mayores que en el caso de otros colectivos.

En lo referente a la ergonomía en el diseño de productos el IBV (2004), en el “Informe de Ergonomía y Discapacidad” establece que la ergonomía aplicada al diseño de productos tiene como objetivo desarrollar productos adaptados al usuario, de manera que le resulten satisfactorios. Para conseguir esto, hay que alcanzar una serie de características comunes a cualquier producto bien diseñado, las mismas que se aprecian en la Figura 8. Todas estas características contribuyen al éxito del producto en el mercado. Además el IBV plantea que uno de los campos en los que la ergonomía del producto está experimentando un mayor desarrollo es el diseño de objetos destinados a colectivos de características especiales (niños, personas mayores o personas con discapacidad).

Por lo tanto la investigación planteada es relevante, ya que se está atendiendo a las necesidades ergonómicas de los niños y niñas en edad escolar con discapacidad motriz que hasta el momento no han sido consideradas para el diseño de mobiliario escolar en el Ecuador.



Figura 7. Características de un producto bien diseñado. Reproducido del informe de Ergonomía y Discapacidad del IBV (2004).

2.3.1 Medidas antropométricas

Trata las medidas de las dimensiones y otras características físicas del cuerpo las cuales son relevantes para el diseño de objetos que los seres humanos utilizan (Pheasant S, 1988). Considerando que el éxito de un buen diseño es saber cuáles son los datos antropométricos a tener en cuenta (Tabla 14), y además determinar la población de estudio.



Figura 8. Posición básica para la toma de medidas antropométricas en posición sentada. Reproducido de la referencia Pheasant (1988).

1. Altura del asiento.	7. Altura sacra.
2. Altura occipital.	8. Anchura de hombros.
3. Altura de la nuca.	9. Anchura torácica

4. Altura de C7 (Cervical N° 7).	10. Anchura entre codos.
5. Altura Escapular	11. Ancho de cintura.
6. Altura Lumbar.	

Tabla 14. Criterios a tomar en cuenta al momento de realizar medidas antropométricas en posición sedente. Reproducido de la referencia Pheasant S (1988).

A las medidas establecidas por Pheasant, se suma las establecidas en la Norma ISO 7250-1:2008 Basic human body measurements for technological design - Part 1: Body measurement definitions and landmarks), que fue realizada por el Technical Committee ISO/TC 159, Ergonomics, Subcommittee SC 3, Anthropometry and biomechanics, la misma establece las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico, tanto de pie como sentado, estas son:

De pie: masa corporal, estatura, altura de los ojos, altura del hombro, altura del codo, altura de la espina ilíaca, altura de la entrepierna, altura de la tibia, profundidad del pecho, amplitud del pecho, anchura de la cadera.

Sentado: Altura del asiento (recto), altura de los ojos, altura cervical, altura de los hombros, altura del codo, longitud hombro-codo, longitud codo-muñeca, hombro-hombro, codo-codo, anchura de la cadera, longitud de la pierna inferior (altura poplítea), altura de la rodilla, anchura abdominal, anchura torácica, profundidad nalga-abdomen.

Otro tipo de mediciones que presenta la norma son las de segmentos específicos del cuerpo, estas son: longitud mano, longitud palma de la mano, índice de longitud de los dedos, palmo a metacarpios, índice de longitud dedo, proximal, índice de amplitud, distal, longitud del pie, amplitud del pie, longitud de la cabeza, longitud del rostro, perímetro cefálico, arco sagital. Con respecto a las mediciones funcionales, la norma destaca las medidas de: alcance delantero, longitud antebrazo – dedo, longitud nalga rodilla, circunferencia del pecho, circunferencia de la muñeca, perímetro de la pantorrilla, circunferencia del cuello, longitud nalga poplítea, eje de agarre.

Así también El Instituto Tecnológico de Hermosillo-México, y Drury C.G y C.G. (1982) han hecho estudios en niños con discapacidad, donde las variables antropométricas aplicadas fueron el alcance hacia arriba (dedo), alcance hacia arriba (puño), altura sentado, altura al ojo sentado, altura al hombro sentado, alcance hacia abajo (dedo), alcance hacia

abajo (puño), alcance hacia adelante (dedo), alcance hacia adelante (puño), longitud de antebrazo-dedo, longitud antebrazo-puño, alcance lateral (dedo), alcance lateral (puño), profundidad de tronco, longitud de mano, longitud de palma de la mano, ancho de palma de la mano, circunferencia de la cabeza, ancho de la cara y ancho de la cabeza .

Por otra parte Mondelo P. et al. (1944) ha hecho ciertas variantes a las medidas establecidas por Pheasant (1988), dónde ha considerado necesario interrelacionar algunas medidas en sus estudios, dichas variantes son representadas en las siguiente Tabla 15 y Figura 9.

(d) Altura ojos-asiento.	(k) Altura poplítea.
(e) Altura nuca-asiento	(l) Longitud nalga-poplíteo.
(f) Altura hombros-asiento.	(m) Longitud nalga-rodilla.
(g) Altura codo-asiento.	(n) Ancho de los hombros.
(h) Altura concavidad lumbar-asiento.	(o) Distancia entre codos.
(i) Espesor del muslo.	(p) Anchura de caderas.
(j) Altura de la rodilla.	

Tabla 15. Variantes de los criterios de Pheasant, para medidas antropométricas en posición sedente. Reproducido de la referencia Mondelo P. et al. (1988).

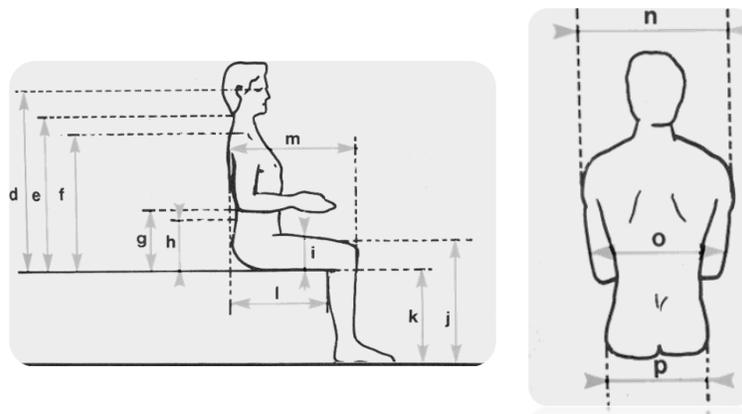


Figura. 9. Dimensiones antropométricas relevantes para el diseño de un puesto de trabajo sentado/Vista lateral y frontal. Reproducido de la referencia Mondelo P. et al. (1994).

Así también Mondelo P. et al. determina otros tipos de medidas como la longitud del antebrazo, longitud de la mano, longitud del pie, ancho de la mano, ancho del pie, perímetro de bíceps, perímetro del codo, perímetro máximo del antebrazo, espesor de la mano a nivel de la cabeza del tercer metacarpiano, ancho de dedos, entre otras. De esta manera todas las medidas especificadas aportan al diseño de un objeto, como por ejemplo una silla y una mesa de trabajo, ya que permitirán estos sean lo más personalizado posible para una persona, pero a su vez esto implica que el producto no sea apto para toda la población. Es por esto que el diseñador debe elegir aquellas dimensiones que puedan satisfacer los requerimientos mínimos necesarios para la mayoría de individuos, para lo cual los estudios se basan en la utilización de los llamados percentiles, los mismos que se refieren a la medición de una característica física por debajo de la cual un cierto porcentaje de la población queda incluido. El cálculo de percentiles comúnmente se encuentra en el rango entre 5% y 95%. PANERO J, ZELNIK M. (1984) recomienda que para personas específicamente en sillas de ruedas, se debe basar en los datos de alcance que corresponden al percentil 2,5%, a fin de acomodar a los usuarios de menor tamaño corporal. Visto que el cuerpo femenino es más pequeño que el masculino, se recomienda el empleo de las dimensiones concernientes al primero en cualquier diseño en que intervenga el alcance. En aquellos problemas donde intervenga la holgura se utilizarán los datos del percentil 97,5%, y concretamente para las dimensiones masculinas en razón de tener un mayor tamaño corporal, en base a dicho planteamiento los percentiles 2,5% y 97,5% serán los utilizados en esta investigación.

2.3.2 Movimiento Articulario

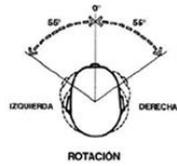
Dentro de lo correspondiente a los movimientos articulatorios, es necesario identificar los planos de referencia de uso habitual utilizados en la antropometría, los mismos que son:

- **Plano sagital:** Es el plano que divide al cuerpo humano en dos mitades: izquierda, y derecha.

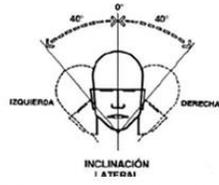
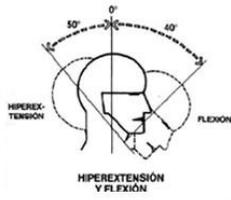
- **Plano frontal:** Es el plano que divide al cuerpo humano en dos mitades: anterior y posterior.
- **Planos transversal:** Es el plano que divide al cuerpo humano en dos mitades: superior e inferior.

En lo referente a los movimientos articulatorios desde el punto de vista antropométrico, Panero J. et al, (1984), establece movimientos de los diferentes partes del cuerpo con sus respectivos ángulos (Figura 10) los mismos que se definen a continuación:

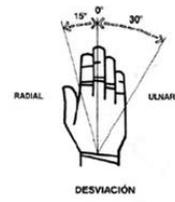
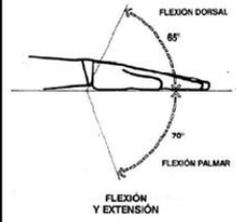
- **Abducción:** Se refiere al alejamiento de la línea media del cuerpo, dicho movimiento se lo realiza en el plano frontal.
- **Adducción:** Se refiere al acercamiento o aproximación de la línea media del cuerpo, dicho movimiento se lo realiza en el plano frontal.
- **Flexión:** Consiste en la disminución del ángulo entre las partes del cuerpo, movimientos en el que la parte corporal se desplaza en un plano sagital respecto a un eje trasversal, aproximándose al segmento adyacente.
- **Extensión:** Consiste en aumentar el ángulo entre las partes del cuerpo, es un movimiento sagital con respecto al eje trasversal.
- **Hiperextensión:** Consiste en alejarse de la línea media del cuerpo, formando un ángulo en sentido contrario a las agujas del reloj.
- **Rotación:** Consiste en el movimiento semicircular de las partes del cuerpo, en relación a la línea media del cuerpo.



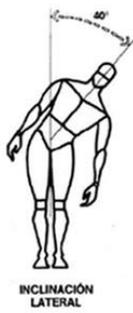
cuello



muñeca



columna vertebral



dedos



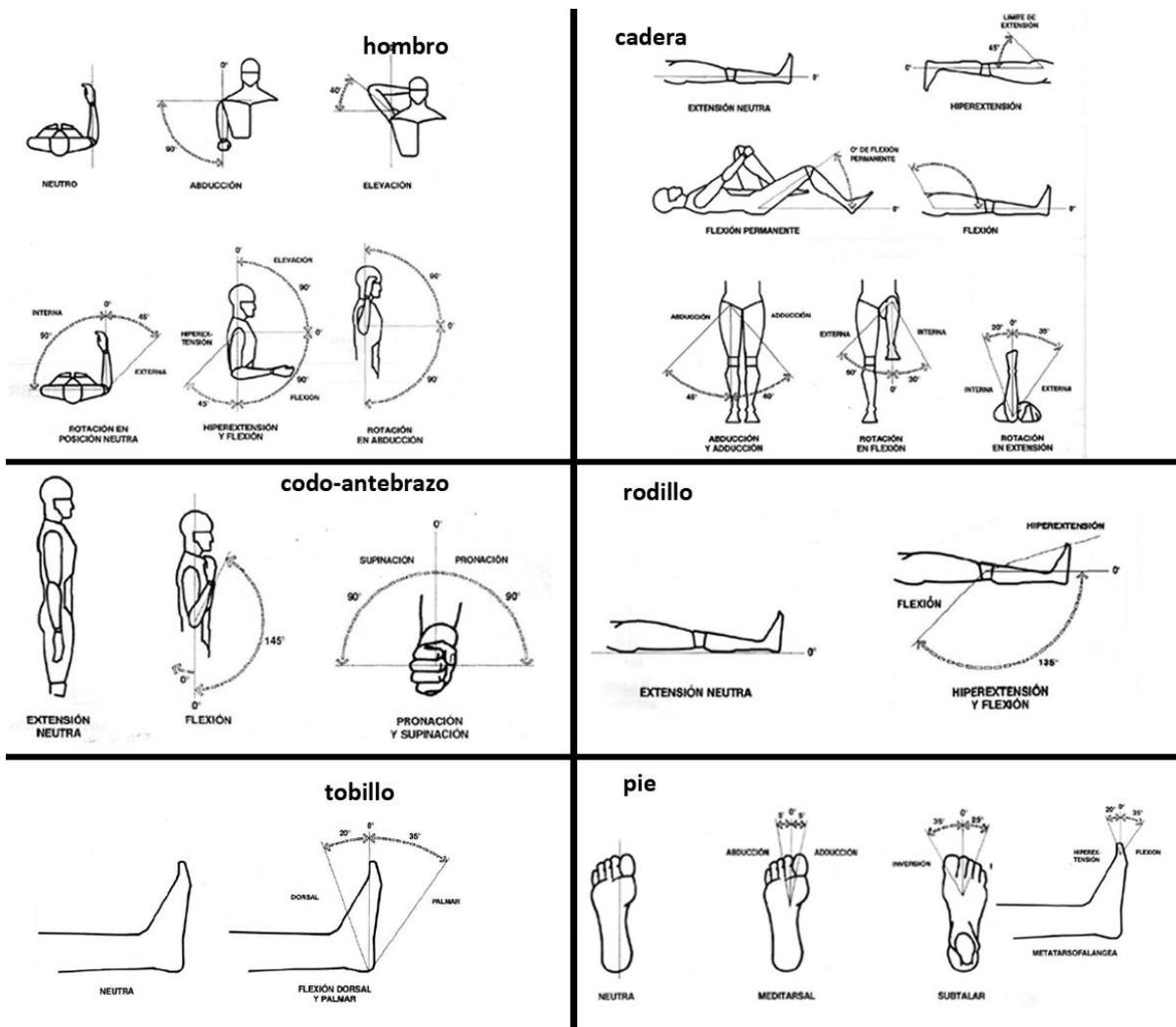


Figura 10. Movimientos articulatorios según Panero J. et al, (1984).

2.3.3 Posturas recomendadas

Según establece la Guía de Diseño de Mobiliario Escolar de Chilena (2001), las posturas idóneas que se debe tomar en cuenta para el diseño de mobiliario escolar son: Las plantas de los pies deben estar apoyadas en una superficie estable, de lo contrario se adquirirá una postura inestable que inducirá a la fatiga. Entre piernas y muslos se debe describir un ángulo de 90° y debe existir espacio para favorecer el cambio de postura a través de la jornada, debido a que la postura de las piernas está condicionada por la altura del asiento. Así también determina que los asientos bajos reducen el ángulo entre los muslos y el tronco y alteran la postura y estabilidad del tronco, asientos altos obligan a los usuarios a

desplazarse hacia la parte anterior del asiento, impidiendo el apoyo de la espalda en el respaldo. La región de glúteos y los muslos debe tener un apoyo que favorezca una postura estable y funcional del tronco. Para ello, el ancho del asiento debe dar apoyo a toda el área cubierta por la región de los glúteos. En cuanto a la profundidad del asiento, los muslos no deben ser sometidos a presión a nivel de la región poplíteica, ello debido a que esta acción mecánica puede comprimir arterias y nervios que pasan por esta región de la pierna y generar molestias, adormecimiento u “hormigueo” de la extremidad inferior. La espalda debe disponer de apoyo a nivel de columna lumbar y la postura debe favorecer la percepción de información visual con el objetivo de efectuar las actividades escolares, el alumno requiere percibir información visual desde la superficie de la mesa, el pizarrón, el telón de proyecciones y el entorno de la sala de clases. Para ello, el tronco y la cabeza deben estar ubicados de modo tal que faciliten estas actividades. Al respecto, se acepta que la relación entre el muslo y el tronco debe estar entre 95° a 100° , si el ángulo es inferior a 95° la espalda no descansa sobre el respaldo y se acelera la fatiga de la musculatura que soporta el peso del tronco. La postura de los brazos debe ser tal que al utilizar la superficie de la mesa, el brazo esté junto al tronco y el codo se apoye en la mesa, sin que para ello se deba realizar una elevación de hombros. En general se acepta que la condición óptima es cuando la superficie de trabajo está ligeramente (1 cm) sobre la altura del codo, con el brazo junto al tronco. Condiciones aceptables son aquellas en que la separación del brazo respecto del tronco no supera los 30° a 40° .

2.3.4 Diseño de un puesto de trabajo

Al puesto de trabajo se lo conoce también como “Espacio de Trabajo”, o “Ingeniería del Puesto”, y este es definido en la norma ISO 6385 como el volumen asignado a una o varias personas, así como los medios de trabajo que actúan conjuntamente con él (o ellos), en el sistema de trabajo para cumplir la tarea. Es decir el área donde se desarrollará la actividad laboral, la misma que puede ser solo para una persona o puede ser un espacio compartido.

Los puestos de trabajo están asociados con las mesas de trabajo, y complementándose con las sillas, estos dos elementos vienen a constituir el puesto de trabajo (mobiliario escolar) de un niño en un entorno educativo.

Según lo establece Mondelo P. et al. (1999) la altura del plano superior de las mesas respecto al sujeto dependerá del tipo de actividad que en ella deba realizarse. Para labores que exijan esfuerzos físicos moderados-intensos el plano de la mesa debe ser algo menor que la altura de los codos; para tareas ligeras moderadas deberá coincidir con la altura de los codos; y para tareas ligeras-muy ligeras con precisión, debería ser más alta que la altura de codos.

Así también desde el punto de vista ergonómico, el desarrollo del diseño físico del puesto de trabajo se basa en la adecuación del espacio físico en concordancia con los requerimientos cinético-operacionales de las personas que los ocupan. Para ello es preciso conocer las características antropométricas y biomecánicas de las personas, así como las características del espacio de trabajo en su aspecto físico, que incluye máquinas, planos de trabajo, herramientas, señales entre otras. (Rescalvo S. et al., 2004).

Es importante tomar en consideración en el diseño de un puesto de trabajo, que el usuario no debe adaptar posturas forzadas, las cuales dependen tanto del mal diseño del puesto de trabajo como de los hábitos posturales de los trabajadores. Así también se destacan riesgos como el mal diseño de herramientas, equipo y mobiliario, así como la elevada repetitividad de muchas tareas. (IBV, 2007).

Hay que destacar que los puestos de trabajo se basan en ocho principios antropométricos y biomecánicos, los mismos que son considerados para el diseño ergonómico, y entre los cuales se tiene por ejemplo la edad de una persona, el sexo, la raza, el nivel social, las dimensiones estáticas y dinámicas (las mismas que varían de una persona a otra), etc.

2.3.5 Ángulos de confort según Wisner para espacio de trabajo

Los ángulos de confort recomendados por A. Wisner Fig. 11, que se detallan en la Tabla 16, establecen los límites mínimos y máximos de los ángulos de apertura de las extremidades, donde las articulaciones no están sometidas a tensiones por encima de lo normal y con un mínimo coste energético.

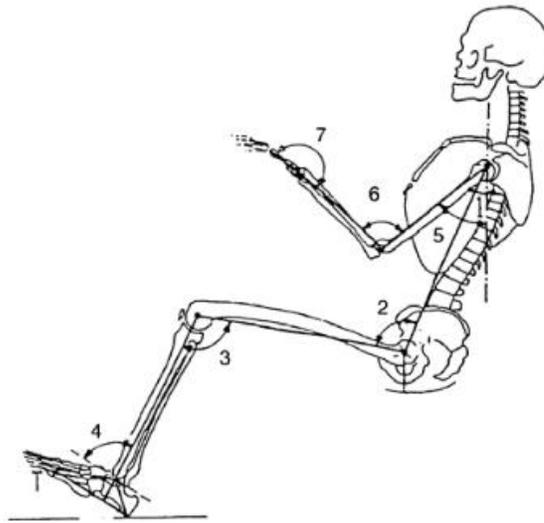


Figura 11. Siete ángulos de confort para la posición de sentado. Adaptado de Wisner (1988)

Definición	Referencia	Límite inferior	Límite superior
Eje tronco-vertical	1	10°	20°
Eje tronco-cadera	2	90°	110°
Eje cadera-eje pierna	3	95°	120°
Eje pierna paralelo al suelo	4	90°	110°
Eje brazo-vertical (flexión)	5	10°	35°
Eje brazo- vertical (abducción)	6	8°	30°
Eje brazo. eje antebrazo	7	80°	160°
Eje antebrazo-eje mano (flexión)	8	180°	190°
Eje antebrazo-eje mano (incl.lateral)	9	170°	190°

Tabla 16. Ángulos de confort de diferentes partes del cuerpo establecido por Wisner A. (1988).

2.3.6 Ángulos de abducción de los brazos

Según Tichauer los ángulos de abducción más idóneos para la abducción de los brazos va desde los 5° y 25°, sin estar en una posición fija ni en una tarea estática, sin embargo Melo J. (2009) especifica en su estudio que Harberg, ha realizado adaptaciones a dichos ángulos, donde establecen un rango de entre 8° a 23° de abducción de los brazos.

2.3.7 Áreas de Farley

El estudio antropométrico en posición sedente, permite determinar el espacio adecuado que el usuario necesita para realizar sus actividades, para lo cual se debe generar el menor gasto energético, y esto se logra cuando se realiza un desplazamiento de las manos por el plano de trabajo. Este movimiento corresponde al que se efectúa con los brazos paralelos al tronco y los antebrazos con un ángulo de flexión de 90°.

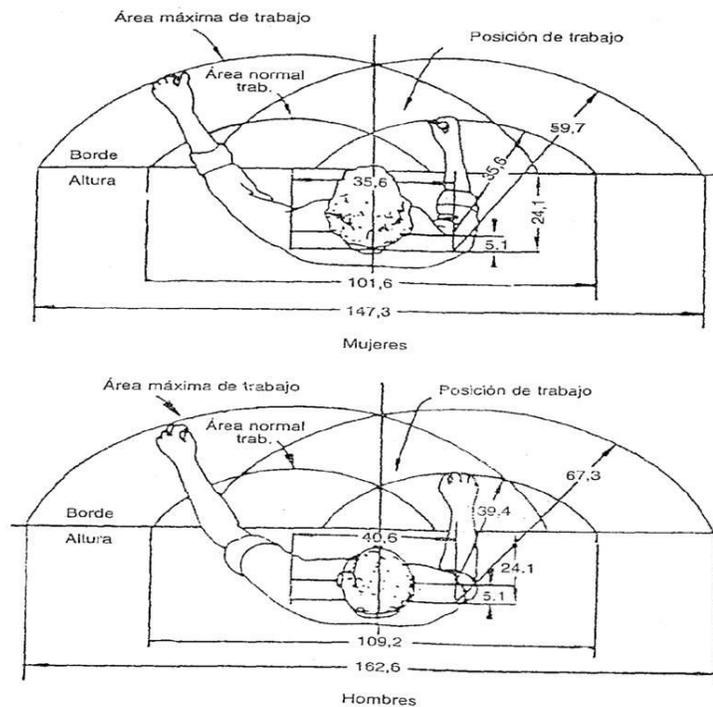


Figura. 12. Áreas de trabajo normal y máxima en el plano horizontal para operadores hombres y mujeres (Desarrolladas por Farley). Reproducido de la referencia de Águila (2009).

Además, se debe considerar desde el punto de vista funcional, que el arco estará determinado por el brazo dominante como radio, teniendo como centro la articulación del hombro y que, en la combinación de las tres dimensiones, el volumen máximo se obtiene como una semiesfera (Águila 2009).

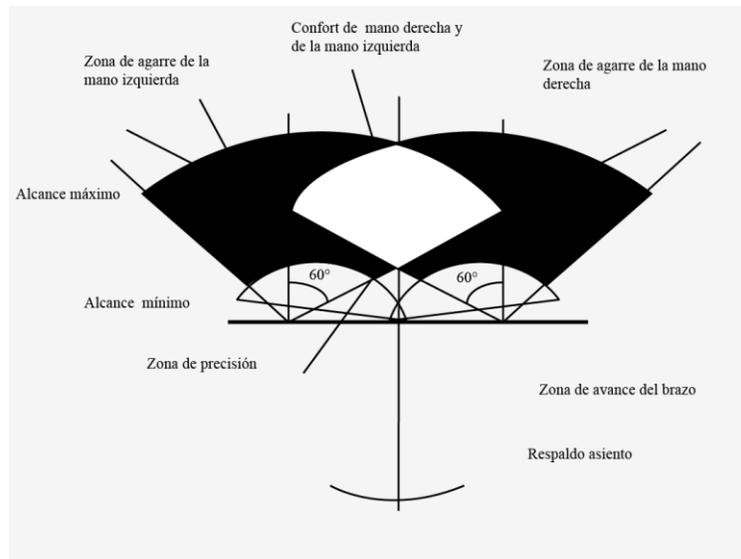


Figura.13. Zonas funcionales. Reproducido de la referencia de Rescalvo (2004).

2.3.7 Planos de alcance horizontal

Farley definió los planos de alcance para el hombre medio. Algunos estudios miden el esfuerzo muscular, ya sea por consumo de oxígeno y por electromiografía¹², los que determinan que el esfuerzo es menor si el trabajo es dentro del área normal de Farley. Así también se puede generar momentos de fuerza en el hombro, dando lugar a tendinitis y bursitis¹³, si el usuario se encuentra en un área máxima de trabajo, al encontrarse el brazo extendido.

2.3.8 Estudios antropométricos realizados y su aplicación en el diseño de mobiliario escolar.

Se entiende por mobiliario escolar a un conjunto de muebles que se encuentran en un aula escolar, los mismos que deben presentar ciertas características idóneas para su uso.

¹² Es una técnica para la evaluación y registro de la actividad eléctrica producida por los músculos esqueléticos

¹³ Es la inflamación de la bursa, estructura en forma de bolsa, que se sitúa entre huesos, tendones y músculos, con una función facilitadora del movimiento de dichas estructuras entre sí.

Estudios realizados por Catellucci H.I, et al. (2010), determinan que existe una falta de concordancia entre las dimensiones de los muebles escolares y las medidas antropométricas de los niños. Esto implica que este desajuste ocasione connotaciones negativas. Por ejemplo, el proceso de enseñanza-aprendizaje se ve afectado, ya que las posturas corporales incómodas y difíciles pueden perjudicar los intereses de aprendizaje de los estudiantes (Gouvali 2006). Además de lo establecido Yeats (1997), recomienda que el diseño adecuado del mobiliario escolar debe permitir el libre cambio de posturas.

Llaneza A. (2009) expone que en una posición sedente, el aparato circulatorio trabaja menos ya que se limita entonces los movimientos, retrasando el ritmo cardíaco y el flujo sanguíneo. Un aporte insuficiente de sangre, en especial por las piernas, conlleva una acumulación de la misma, que puede ser agravada por un asiento demasiado alto. Esta afluencia reducida de sangre acelera la sensación de cansancio, además de las malas posturas en la posición sentada ocasiona entre otras cosas una inclinación excesiva de la cabeza, la rotación lateral de la misma, la posición del tronco hacia adelante, etc. Así la fatiga muscular en las cervicales se incrementa considerablemente a partir de la inclinación de la cabeza en un ángulo mayor a 30°. Una rotación lateral (giro) de la cabeza de más de 20° se relaciona con una mayor limitación de la movilidad de la cabeza y con dolores de nuca y hombro. El tronco inclinado hacia adelante sin apoyo en el respaldo ni los antebrazos en la mesa, origina una importante presión intervertebral en la zona lumbar, que podría ser causa de un proceso degenerativo de la columna de la zona. Además la inclinación del fémur hacia abajo puede causar una mayor presión de la silla sobre la cara posterior del muslo, originando una peor circulación en las piernas.

En el campo de las personas con discapacidad, los datos antropométricos confiables en Latinoamérica son escasos, además de la escasez de este tipo de estudios en niños con discapacidad motriz (Ávila C. et, al 2001). En Ecuador existe un Manual de Antropometría para la Población Ecuatoriana (Callay S. y Freire W., 1987), enfocado más al diagnóstico de la situación alimentaria nutricional y de salud de la población ecuatoriana que a las medidas antropométricas en sí. Además de que los criterios antropométricos detallados en dicha investigación han sido realizados en niños en posición sedente sobre las piernas de

sus madres, sin establecer algún criterio de rigidez y forma de ángulos en sus extremidades, por lo que se puede determinar que existen posibles errores en los datos obtenidos.

Por otro lado, el Instituto Nacional de Infraestructura Física Educativa de los Estados Unidos Mexicanos (INIFE), presenta en el año 2011 un estudio sobre medidas antropométricas de usuarios de mobiliario escolar, de edades comprendidas entre 6 a 15 años. Para dicho estudio se han adaptado las medidas antropométricas de la posición sedente de Pheasant, S. (1996) como: la longitud nalga poplítea, la altura poplítea, la altura del piso hasta los ojos, la altura del piso hasta la espátula, y altura codo piso, para establecer el largo del asiento, pero se tomaron en cuenta además el ancho de los codos, altura de la rodilla, y el ancho de las caderas. En lo referente al área del trabajo, se toma en cuenta la separación que debe existir desde el espesor del muslo hasta las cajoneras de la mesa para que el usuario se sienta cómodo al momento de realizar sus tareas. Así también las medidas ya referidas, se complementan con otras consideradas importantes como la estatura (asiento – vertex), la altura de los ojos sentado (asiento - esquina del ojo), la altura del hombro sentado (asiento – acromion), altura del codo sentado (asiento - parte inferior del codo), el grosor del muslo (asiento – parte superior del muslo), la longitud nalga – rodilla (parte posterior de la nalga – parte anterior de la rodilla), la longitud nalga – poplítea (parte posterior de la nalga – parte posterior de la rodilla), la altura de la rodilla (suelo – rodilla), la altura poplítea (suelo-ángulo poplíteo en la parte posterior de la rodilla), la longitud hombro – codo (distancia acromion–parte inferior del codo), la longitud codo - punta de los dedos (distancia codo – punta del tercer dedo), la envergadura de los hombros y la envergadura de las caderas (Ávila C., 2001).

Así también dentro de los estudios antropométricos realizados, se encuentran datos métricos obtenidos a diferentes sectores poblacionales, con la finalidad de diseñar y/o fabricar mobiliario escolar. Los principales estudios considerados se detallan en la Tabla 17.

Autor	Hwa S. Jung	
Año	2004	
Tamaño de la población	Datos tomados de investigaciones previas realizadas por varios autores 24 070 (Estados Unidos), 14 500 (Holanda)	
Usuario/grupo de investigación.	Niños de edad comprendida entre 5-17 años	
País	Estados Unidos, Holanda, Corea	
Datos antropométricos	Variables antropométricas (Asientos)	Datos antropométricos (mm)
	Referencia de estatura promedio del cuerpo.	900-1800
	Altura del asiento	220-460
	Profundidad efectiva del asiento	260-400
	Anchura mínima del asiento	250-360
	Altura máxima a parte inferior del respaldo	120-190
	Altura del respaldo	210-360
	Anchura mínima de respaldo	250-320
	Radio del borde delantero del asiento	30-50
	Radio mínimo del respaldo	300
	Ángulo de asiento	0-4°
	inclinación del respaldo	95-106°
	Variables antropométricas (Mesa)	Datos antropométricos (mm)
	Altura de la parte inferior	400-760
Altura mínima del espacio para las piernas	350-650	
Altura mínima de la rodilla	350-500	
Altura mínima de la zona de la tibia	250-350	
Profundidad mínima de la parte superior	450-500	
Longitud mínima de la parte superior (tabla individual)	600-700 450-500	
Ancho mínimo de la zona de la rodilla	300-400	
Profundidad mínima de la zona de la tibia	400-450	
Conclusiones principales.	Se realizó un prototipo regulable, basándose en estudios realizados por diferentes autores en los países señalados. Determinaron que 5 min. son suficientes para que el usuario se familiarice con la	

	<p>silla</p> <p>Los resultados de este estudio deben ser aplicados a los diseños de las mesas y de silla para los estudiantes, y para muebles de hogar y oficina.</p>	
Autor	M.K. Gouvali, K. Boudolos	
Año	2005	
Tamaño de la población	274 niños y niñas	
Usuario/grupo de investigación.	Niños de edad comprendida entre 6-18 años	
País	Grecia	
Datos antropométricos	Variables antropométricas	Datos antropométricos (cm)
	Altura del asiento	28.9-44.5
	Profundidad del asiento	27.7-48.5
	Ancho del asiento	31-46.2
	Altura del respaldo	26.2-46.8
	Altura del escritorio	45.4-72.6
	Altura baja del escritorio	42.6-68.6
Conclusiones principales.	El examen de correspondencia entre las dimensiones de mobiliario escolar y los datos antropométricos obtenidos revelaron que existe una frecuencia importante de desajuste, especialmente en la altura del escritorio, la altura del asiento y la profundidad del asiento.	
Autor	H.I. Castellucci , P.M. Arezes , C.A. Viviani	
Año	2010	
Tamaño de la población	195 niños y niñas	
Usuario/grupo de investigación.	Niños y niñas de 12,5 hasta 14,5 años de edad.	
País	Chile	
Datos antropométricos	Variables antropométricas	Datos antropométricos (cm)
	Estatura	158.8-162

	Altura Poplítea Longitud nalga-poplítea Altura codo-asiento Ancho de la cadera Grosor del muslo Altura subescapular	37.9-38.1 42.9-43.9 20.4-20.4 31.7-31.9 12.7-13.2 38.5-40.3
Conclusiones principales.	De acuerdo con los datos obtenidos, los investigadores concluyeron que los muebles del aula escolar eran, casi en todos los casos analizados no adecuados para la población estudiantil. La altura del asiento y la altura del escritorio fueron las dimensiones del mobiliario con un mayor nivel de desajuste, lo que puede dar lugar a dolor en la superficie posterior de la rodilla y región del hombro, respectivamente. Los resultados de este estudio ponen de relieve el hecho de que los muebles del salón de clases adquiridos típicamente no presentan un estudio ergonómico previo.	
Autor	Samuel A. Oyewole, Joel M. Haight, Andris Freivalds	
Año	2010	
Tamaño de la población	20	
Usuario/grupo de investigación.	Niños y niñas de entre 6 y 7 años de edad.	
País	Estados Unidos	
Datos antropométricos	Variables antropométricas Estatura Peso Índice de masa corporal Altura codo-sentado Altura hombro – sentado Longitud de la parte superior del brazo Ancho de la cadera Altura rodilla-sentado Altura poplítea Longitud nalga-poplítea	Datos antropométricos (cm) 106.68 -138.07 19.51 – 34.03 11.90 – 21.97 16.43 – 20.88 36.50 – 45.11 19.84 – 25.04 19.69 – 27.97 30.40 – 38.38 26.14-32.99 27.20 3.34
Conclusiones	Los autores concluyeron determinaron del análisis que se pueden diseñar muebles	

principales.	ergonómicos basados en los datos obtenidos. Así también especificaron que en la mayoría de los casos, la utilización de una silla de escritorio inadecuada, es la principal causa de malestar en el niño mientras se encuentra en el salón de clases.	
Autor	Aidé Maldonado-Macías, Roberto Romero, Juan J. Zapata, Erwin Martínez, Salvador Noriega	
Año	2010	
Tamaño de la población	39 niños	
Usuario/grupo de investigación.	Niños y niñas de entre 5 a 9 años de edad con discapacidad motriz.	
País	México	
Datos antropométricos	Variables antropométricas	Datos antropométricos (cm)
	Alcance hacia arriba (dedo)	101.21-158.47
	Alcance hacia arriba (puño)	95.14-150.06
	Altura sentado	84.57-129.6
	Altura ojo sentado	75.33-119.71
	Altura al hombro sentado	66.66-105.8
	Alcance hacia abajo (dedo)	30.05-60.64
	Alcance hacia abajo (puño)	24.78-50.99
	Alcance hacia delante (dedo)	34.66-63.56
	Alcance hacia delante (puño)	29.42-53.69
	Longitud antebrazo-dedo	18.99-34.42
	Longitud antebrazo-puño	13.47-25.59
	Alcance lateral dedo	39.67-76.61
	Alcance lateral puño	34.47-67.69
	Profundidad del tronco	12.28-17.99
	Longitud de la mano	8.13-15.19
	Longitud de la palma de la mano	5.14-8.84
Ancho de la palma de la mano	4.31-6.85	
Circunferencia de la cabeza	43.34-55.23	
Ancho de la cara	10.49-13.2	
Ancho de la cabeza	12.28-14.75	
Conclusiones principales.	El presente estudio fue realizado con el objetivo de proveer datos de algunas medidas antropométricas para niños con discapacidad motriz, el cual puede ayudar al diseño y disposición de instalaciones, equipamiento, dispositivos, mobiliario	

	escolar y terapéutico adecuado a la población infantil. Las mediciones obtenidas fueron tratadas estadísticamente para obtener datos antropométricos para niños y niñas.	
Autor	Adolfo Meisel, Margarita Vega	
Año	2004	
Tamaño de la población	68 escolares	
Usuario/grupo de investigación.	Estudiantes desde 3° a 6° año escolar	
País	N/A-Norma ISO 5970	
Datos antropométricos	Variables antropométricas	Datos antropométricos (cm)
	Estatura de referencia	90-180
	Altura del plano de asiento (tolerancia +-1cm)	22-46
	Profundidad efectiva del asiento (tolerancia +-1cm)	26-40
	Profundidad efectiva del asiento (tolerancia +-1cm)	
	Altura del punto más prominente del respaldo	25-36
	Anchura mínima del respaldo	
	Altura mínima del borde inferior del respaldo	16-22
	Altura mínima del borde superior del respaldo	25-32
	Altura máxima del borde superior del respaldo	12-19
	Radio del borde delantero del asiento	21-36
	Inclinación del asiento	2-40
	Ángulo del plano del asiento con el respaldo	3-5
	Altura de la mesa (tolerancia +-1cm)	0-4°
	Altura de la mesa respecto de la silla.	95°-105°
	Altura mínima del espacio para las piernas (muslo).	40-76
	Altura mínima del espacio para las piernas (rodilla)	18-30
	Altura mínima para las piernas.	35-65
	Profundidad mínima del plano de la mesa	35-50
	Anchura mínima del plano de la mesa	
	Anchura mínima debajo de la mesa.	25-35
	Profundidad mínima del espacio para las piernas	
	Inclinación del plano de la mesa.	45-50

		60-70 45-50 30-40 40-45 0-10°
Conclusiones principales.	Las dimensiones del mobiliario encontrado en nuestro estudio, tanto en sillas como en mesas, no se corresponden exactamente con las recomendaciones de la Norma ISO.	
Autor	Ignacio Castellucci, María Antonia Gonçalves, Pedro Arezes	
Año	2009	
Tamaño de la población	432	
Usuario/grupo de investigación.	1° a 4° año de básica	
País	Portugal	
Datos antropométricos	Variables antropométricas	Datos antropométricos (cm)
	Estatura	117.1-145.3
	Altura de los hombros	93.6-119.9
	Altura de los ojos	108.2-135.7
	Altura sentado	60.1-73.7
	Altura codo-asiento	13.4-20
	Ancho de hombros	27.9-36.7
	Altura poplítea	29.2-38.8
	Distancia glúteo-poplítea	33.2-43.7
	Distancia glúteo-rotuliana	40-52.6
	Ancho de las caderas (sentado)	24.2-33.8
	Altura muslo-asiento	9.2-14.4
	Altura de los hombros (sentado)	38.8-50.6
Altura de los ojos (sentado)	53.4-66.3	
Conclusiones principales.	Los datos obtenidos permitirán diseñar un mobiliario acorde a la población de destino.	

Tabla 17. Estudios realizados y datos antropométricos obtenidos en diferentes investigaciones y planteados por varios autores. Elaboración propia.

En lo referente al Ecuador, los estudios referentes a datos antropométricos corresponde a los existente en el Manual de Antropometría (Callay, S.; Freire W.,1987), obtenidos para el “Diagnóstico de la situación alimentaria nutricional y de salud de la población ecuatoriana DANS”. Sin embargo dicho estudio no especifica numéricamente los datos, sino que hace una descripción de la forma de tomarles, la misma que no está sustentada en posiciones erguidas.

CONCLUSION: De los estudios analizados y los datos antropométricos obtenidos se puede determinar que: Los datos antropométricos existentes están vinculados a una población que no presenta ninguna discapacidad, excepto el estudio realizado en la Ciudad de México. Sin embargo como se detallaba en el estado de la cuestión, los datos antropométricos a utilizar en el diseño de diversos objetos y en este caso específico de mobiliario escolar deben ser tomados en el entorno en donde se los va a implementar, ya que las dimensiones corporales difieren por aspectos como etnia, raza, condición social, etc. Así también cabe destacar que en el Ecuador las investigaciones realizadas sobre datos antropométricos son escasas y más aún estudios de este tipo aplicados a personas con discapacidad, por lo que el aporte en esta área de la ergonomía es de relevante importancia.

2.3.9 El confort en el mobiliario escolar (sillas y mesas).

El INIFE (2011) establece 9 parámetros para que una postura sea cómoda o confortable entorno a las mesas y las sillas escolares en posición sedente, siendo por ejemplo una de ellas la colocación de ambos pies en forma plana sobre el piso. Sobre este mismo tema, se puede citar los datos establecidos por Castellucci. I (2009), en donde describe los ángulos que deben formar las extremidades al momento de tomar las medidas en los estudiantes en posición sedente, estos deben ser caderas y rodillas formando un ángulo de 90°.

2.3.10 Estándares para el mobiliario escolar de los centros educativos

Según la información recopilada por Jung (2005) acerca la Norma ISO 5970-1979 (E), en dónde se establecen los estándares para sillas y mesas de los centros educativos, los

mismos que sirve para la población española comprendida entre los 3 y los 18 años de edad, agrupando su talla en intervalos de 15 cm. Dichos estándares recomendados por la referida norma según establece Quintana E. (2004) son:

Para una silla: altura del asiento, profundidad del asiento, anchura del asiento, altura del apoyo lumbar, anchura del respaldo, altura del borde inferior del respaldo: distancia vertical entre el punto más bajo del centro del respaldo y su proyección sobre el asiento, altura del borde superior del respaldo: distancia vertical entre el punto medio del borde superior del respaldo y el asiento, radio del borde superior delantero del asiento, radio de curvatura del borde delantero del asiento, radio de curvatura del perfil horizontal del respaldo, inclinación del asiento, ángulo asiento-respaldo, espacio libre bajo la silla.

Las dimensiones significativas de las mesas son las siguientes: altura de la mesa, altura asiento-mesa, anchura mínima del plano de la mesa, profundidad mínima del plano de la mesa, inclinación de la mesa, altura libre para los muslos, altura libre para las rodillas, altura libre para las piernas, profundidad libre para las rodillas, profundidad libre para las piernas, anchura libre bajo la mesa.

2.3.11 Diseño de mobiliario escolar

La silla y la mesa escolar deben tratar de cumplir las funciones para las que fueron diseñadas, y para que esto suceda se debe realizar un diseño que sea viable tanto económicamente como tecnológicamente, además de ser agradable. Para que esto se cumpla, se han especificados medidas sobre el subsistema escolar silla-mesa fijo (pupitre escolar fijo), en donde se ha considerado aspectos como: la profundidad del asiento, la anchura del mismo, el borde curvado, el ángulo asiento – respaldo, la altura del apoyo lumbar respecto del asiento, la altura mesa-asiento, la superficie de trabajo, el espacio libre debajo de la mesa, la distancia mesa respaldo, distancia suelo cajonera, la distancia suelo–asiento, la altura suelo–mesa y la distancia respaldo-fondo de la mesa (Gianikellis et al., 2000), en un subsistema silla- mesa fijo (pupitre escolar fijo).

También los estudios realizados por INIFE (2011), muestran algunas normas para el diseño y la construcción de sillas y mesas, como por ejemplo: el asiento ya sea plano o

curvado no debe tener un ángulo mayor de 5° arriba del plano horizontal y la superficie de trabajo deberá ser firme y pulida, debiendo además permanecer plana cuando esté en uso, sin curvarse o deformarse. Además debe presentar una baja conductividad de calor. A lo detallado se suma otros criterios establecidos por Gianikellis (2000), acerca de los parámetros que debería tener un asiento que va a ser utilizado habitualmente. Estos datos son importantes y deben ser tomados en cuenta al momento de diseñar el mobiliario escolar, ya que las sillas y mesas mal diseñadas afectan al disco intervertebral, ocasionando enfermedades según lo referencia Drury C y Coury B. (1982).

Además es importante referenciar los criterios establecidos por Molenbroek J. y Ramaekers Y. (1996), donde establecen que un factor relevante para el diseño de un mobiliario escolar es la altura del asiento referente a la altura poplíteica, que es un punto de importante para su dimensionamiento, considerando que la altura poplíteica debe ser superior a la altura del asiento, sin embargo la Guía de recomendaciones para diseño de mobiliario escolar Chile (2001), establece que esta diferencia de la altura del asiento con respecto a la altura poplíteica no debe ser superior a 4cm.

Por su parte Gouvali M. (2006) recomiendo utilizar la fórmula: $(AP + 2.5) \cos 30^\circ \leq \text{Altura del Asiento} \leq (AP + 2.5) \cos 5^\circ$, para obtener la medida de la altura del asiento con respecto a la altura poplíteica del usuario.

Otro aspecto importante a ser tomado en cuenta para complementar los criterios de confort de un mobiliario escolar, es la distancia asiento-mesa, en la que se debe considerar la altura codo-asiento. (García G. y Lange K. 2007), (Molenbroek J, Ramaekers Y. 1996)

Otros estudios sugieren la utilización de los ángulos de flexión y abducción de la articulación del hombro (Parcells C, 1999).

Por su parte Castellucci I., (2009), recomienda la utilización de la fórmula: $ACA \leq \text{Distancia asiento-mesa} \leq ACA + 5$, que está basada en la altura codo asiento (ACA), además de considerar que la medida máxima de la distancia asiento-mesa no puede superar en 5 cm a la ACA, considerando que una correcta distancia entre la mesa y asiento permite disminuir significativamente la carga a nivel de columna (Occhipinti E.O. et al 1985).

En la Tabla 18 se presenta un resumen de las variables antropométricas y criterios de diseño sugeridas por varios autores para el diseño ergonómico de mobiliario escolar.

Tipo de mobiliario	Aspectos/consideraciones/variables antropométricas	Autor
Pupitre escolar fijo	<p>Variables antropométricas</p> <p>Profundidad del asiento</p> <p>Anchura del mismo</p> <p>Borde curvado</p> <p>Angulo asiento – respaldo</p> <p>Altura del apoyo lumbar respecto del asiento, la altura mesa-asiento</p> <p>Superficie de trabajo</p> <p>Espacio libre debajo de la mesa</p> <p>Distancia mesa respaldo</p> <p>Distancia suelo cajonera, la Distancia suelo–asiento</p> <p>Altura suelo–mesa</p> <p>Distancia respaldo-fondo de la mesa</p>	Gianikellis et al., (2000)
Mobiliario escolar	<p>Variables antropométricas</p> <p>Estatura (asiento – vertex)</p> <p>Altura de los ojos sentado (asiento - esquina del ojo)</p> <p>Altura del hombro sentado (asiento – acromion)</p> <p>Altura del codo sentado (asiento - parte inferior del codo)</p> <p>Grosor del muslo (asiento – parte superior del muslo)</p> <p>Longitud nalga – rodilla (parte posterior de la nalga – parte anterior de la rodilla),</p> <p>Longitud nalga – poplíteo (parte posterior de la nalga – parte posterior de la rodilla),</p> <p>Altura de la rodilla (suelo – rodilla),</p>	Ávila C., (2001).

	<p>Altura poplíteo (suelo-ángulo poplíteo en la parte posterior de la rodilla)</p> <p>Longitud hombro – codo (distancia acromion–parte inferior del codo)</p> <p>Longitud codo - punta de los dedos (distancia codo – punta del tercer dedo), l</p> <p>Envergadura de los hombros</p> <p>Envergadura de las caderas</p>	
Silla y mesas	<p>Variables antropométricas</p> <p>Longitud nalga poplíteo,</p> <p>Altura poplíteo</p> <p>Altura del piso hasta los ojos,</p> <p>Altura del piso hasta la espátula</p> <p>Altura codo piso,</p> <p>Altura de la rodilla</p> <p>Ancho de las cadera</p> <p>Características</p> <p>El asiento ya sea plano o curvado no debe tener un ángulo mayor de 5° arriba del plano horizontal y la superficie de trabajo deberá ser firme y pulida, debiendo además permanecer plana cuando esté en uso, sin curvarse o deformarse.</p>	<p>el Instituto Nacional de Infraestructura Física Educativa de los Estados Unidos Mexicanos (INIFE, 2011),</p>
Mobiliario escolar	<p>Características</p> <p>La altura poplíteo debe ser superior a la altura del asiento</p>	<p>Molenbroek J. y Ramaekers Y. (1996)</p>
Mobiliario escolar	<p>Características</p> <p>La altura del asiento con respecto a la altura poplíteo no debe ser superior a 4cm.</p>	<p>Guía de recomendaciones para diseño de mobiliario escolar Chile (2001)</p>

Tabla 18. Resumen de las características y variables antropométricas que debe presentar el mobiliario escolar. Elaboración propia.

2.3.12 Metodología utilizada para la toma de medidas

Valero E. (2013) en su estudio realizado destaca que se deben utilizar distintos instrumentos para la toma de datos antropométricos dependiendo de los que se desee obtener. Entre los más empleados se destaca el antropómetro, calibres y pie de rey, cinta antropométrica, goniómetros, etc. Plantea también que existen otros métodos de medición más sofisticados basados en diferentes tecnologías. Por ejemplo, métodos utilizando la técnica fotográfica, la misma que si se la realiza correctamente puede dar datos muy precisos, sin embargo se trata de una técnica costosa debido al coste del equipo y a la dificultad de convertir las imágenes fotográficas en medidas reales lo que requiere un procesamiento digital de las mismas, considerando también que son equipos de más difícil transporte. Otra técnica destacada es la de imágenes antropométricas en tres dimensiones, la misma facilita la medida de determinadas dimensiones del individuo, pero además tiene otras ventajas como su utilización como modelo para el diseño asistido por ordenador de ropa, equipos de protección individual, prótesis, etc.

Así también cada investigador puede utilizar su forma particular de toma de medidas, como por ejemplo en el laboratorio de Ergonomía de la Facultad de Ciencias del Deporte de Extremadura, (Gianikellis et al. 2000), han considerado necesario que los estudiantes para la toma de medidas debían estar vestidos con bañador y descalzos, adaptando una serie de posturas corporales basándose en las establecido por Pheasant (1998).

Otra metodología que determina criterios para la toma de datos antropométricos es la de Maldonado A. et al. (2010), la misma establece que las mediciones se deben realizar en posición sentada erecta, y si por ejemplo existen niños en silla de ruedas, ellos deberán estar con la vista siempre al frente, al momento de la toma de las medidas, los brazos relajados en su postura natural. Incluso para algunas medidas es necesario poner los antebrazos y manos extendidas hacia adelante, además se debería tratar que los pies se encuentren descansando en una superficie plana, para permitir que las rodillas puedan ser flexionadas cerca de los 90° y los codos puedan formar el mismo ángulo. Además durante los procesos de medición los sujetos estaban sin zapatos, vistiendo pantalones cortos y camisetas (De la Vega E et al., 2004).

2.4 ECODISEÑO

En lo referente al ecodiseño se establecerán conceptualizaciones generales sobre el tema y sobre los requerimientos medioambientales que debe cumplir un producto para ser sostenible medioambientalmente.

En este contexto hay que empezar teniendo claro qué significa el ecodiseño, Para Fiksel J. (1998) el diseño ecológico o el ecodiseño es la consideración sistemática de la función de diseño con respecto a objetivos medioambientales, de salud y seguridad a lo largo del ciclo de vida completo del producto y del proceso. Este es aplicado como medida preventiva que supone un factor importante en la minimización del impacto ambiental.

2.4.1 *Sustentabilidad ambiental*

Según establece Gligo, N. (1987) la sustentabilidad ambiental definida estrictamente desde el aspecto ecológico, establece que: la sustentabilidad es la capacidad de un sistema (o un ecosistema) de mantener constante su estado en el tiempo, constancia que se logra ya sea en parámetros de volumen, tasas de cambio y circulación, o ya sea fluctuándolos cíclicamente en torno a valores promedio. Además establece que la sustentabilidad ecológica se logra cuando la relación hombre-medio se mantiene en equilibrio sobre la base de la equivalencia entre las cualidades de los materiales, energía e información del sistema intervenido, y las entradas sean éstas naturales o artificiales

2.4.2 *Desarrollo sostenible*

El desarrollo sostenible se define como aquel que satisface las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Capuz Rizo S. y Ferrer Gisbert P. 2002.). El mismo se basa en tres pilares que se conocen como Triple Bottom Line, y estos son: economía, sociedad y medio ambiente.

2.4.3 *Ecoeficiencia*

Según Lehni M. (2002), define a la ecoeficiencia como aquella que maximiza el valor añadido a la vez que se reduce el impacto medioambiental y el uso de recursos y energías, a

la vez que se consiguen beneficios económicos. Para lograr la eco-eficiencia en el desarrollo de productos, las estrategias generales que se deberían abordar son: reducir el consumo de recursos, reducir el impacto en la naturaleza, y suministrar más valor con el producto o servicio. Así mismo sus objetivos son: reducir la intensidad de uso de materias primas, reducir la intensidad de uso de energía, reducir el daño a la salud humana y al medio ambiente, fomentar la reutilización y reciclabilidad de los materiales, proporcionar calidad de vida real, aumentar la intensidad de servicio de sus productos y servicios, y fomentar la economía de servicios (Capuz Rizo 2002.)

2.4.4 Impacto Ambiental

La Secretaría del Medioambiente y Recursos Naturales de México (2015) define al impacto ambiental como la “Modificación del ambiente ocasionado por la acción del hombre o de la naturaleza”, la misma especifica que existe diversos tipos de impactos ambientales, pero fundamentalmente se pueden clasificar de acuerdo a su origen provocados por:

- El **aprovechamiento de recursos naturales** ya sean renovables, tales como el aprovechamiento forestal o la pesca; o no renovables, tales como la extracción del petróleo o del carbón.
- **Contaminación:** Todos los proyectos que producen algún residuo (peligroso o no), emiten gases a la atmósfera o vierten líquidos al ambiente.
- **Ocupación del territorio:** Los proyectos que al ocupar un territorio modifican las condiciones naturales por acciones tales como desmonte, compactación del suelo y otras.

Así también se pueden destacar los potenciales impactos ambientales, como la contaminación ambiental, tal como señala la Organización Mundial de la Salud las principales fuentes de contaminación del aire son los componentes orgánicos, el dióxido de carbono, ácidos, hidrocarburos, disolventes, sulfuros, fluoruros, monóxido de carbono, nitratos, etc, procedentes de una combustión de los motores de automóviles, de refinería de petróleo, industrias químicas, fundición de metales y electrometalurgia, fábricas de ácido sulfúrico, explosivos y preparación de productos alimenticios para el hombre y ganado. Así

también Amestoy José (2001) destaca tres efectos de los contaminantes atmosféricos de suma importancia como: efectos en los ecosistemas (lluvias ácidas), efectos sobre la estratosfera (capa de ozono) y efectos sobre el clima (efecto invernadero). En lo referente a los efectos en el ecosistema (lluvia ácida) especifica que estos se forman principalmente como un producto secundario de las interacciones atmosféricas entre el nitrógeno (NO_x) y el dióxido de azufre (SO₂).

Con respecto a los efectos sobre la estratósfera (capa de ozono), detalla que la presencia en la estratósfera de determinados compuestos, especialmente en los clorofluorocarbonos y halógenos pueden provocar una disminución de la concentración de ozono en la estratósfera, dicha disminución genera efectos adversos a la salud humana y biosfera. Así también con respecto a los efectos sobre el clima (efecto invernadero, cambio climático) establece el calentamiento global y el posible cambio climático, se debe al progresivo aumento de la contaminación atmosférica como consecuencia de las actividades humanas. Por su parte Gribbin et al. (1988) manifiesta que la acumulación progresiva de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera es debido al quemado de combustibles y a la destrucción simultánea de los bosques, impidiendo que los árboles absorban el CO₂, produciendo un manto alrededor de la tierra que aumenta su temperatura. Gribbin también manifiesta que la clave de la acumulación del dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera no es la cantidad de combustibles fósiles existentes en el suelo, sino la velocidad con que se extraen y consumen.

Así también la Sociedad Pública de Gestión Ambiental (2000), establece como impacto ambiental a:

- La disminución de recursos naturales ocasionado por el consumo de materiales, el smog, y por la generación de CO₂ y SO₂,
- La contaminación del suelo y deposición incontrolada de residuos, debido a la generación de residuos peligrosos, residuos urbanos y generación de vertidos,
- La contaminación del agua, por la generación de vertidos
- La salud humana por la generación de ruidos y vibraciones.

Con respecto al impacto generado por los materiales utilizados en la fabricación de mobiliario, se determina que entre los materiales comúnmente utilizados para la fabricación del mismo se encuentran la madera, los plásticos y metales. Por su parte Stuart Lawson (2013) especifica características y usos de los diferentes tipos de maderas, metales y plásticos las mismas que se detallan a continuación:

En lo referente a la madera establece que existen tableros de fibra de madera reconstituida, que se obtienen de la mezcla con adhesivo, para luego ser prensado y formar planchas. Otro tipo de tablero son los elaborados con partículas, los mismos que se forman a base de la comprensión de adhesivos con una mezcla de virutas de madera de diversos tamaños. Por último hace referencia a la madera contrachapada, la que se compone de varias capas de chapas estructurales de grosores variados, por lo general colocadas perpendicularmente unas con otras.

Con respecto a los metales, especifica que existen dos categorías ferrosas y no ferrosas (con/sin contenido significativo de hierro), de las mismas los más utilizados para la fabricación de mobiliario son: el aluminio, el acero al carbono y el hierro.

En lo referente al plástico detalla que hay plásticos estructurales que sirven de carcasas (asiento y respaldo) de sillas como: el ABS, PMMA, PC, PP y el LDPE, este último utilizado para la fabricación de mobiliario infantil con moldeo por soplado.

Cada uno de los materiales descritos anteriormente, generan un impacto ambiental a la naturaleza, uno en mayores proporciones que otros, ya sea en la etapa de extracción o transformación. A continuación se detallan aspectos del impacto ambiental generado por los mismos:

- **Impacto ambiental de la madera**

Uno de los principales problemas ambientales de la madera es la deforestación, debido a que durante las últimas décadas se ha incrementado la llamada “crisis de la biodiversidad”, debido a su acelerada pérdida en todo el mundo. La deforestación y la fragmentación de ecosistemas se han reconocido en muchos países como unas de las

principales causas de pérdida de la biodiversidad y se ha alertado sobre las consecuencias que estos fenómenos pueden tener sobre el bienestar de la humanidad y la salud general del ambiente (Harris 1984, Noss 1994). Así también se determina que en países en vías de desarrollo, la deforestación se debe al cambio en el uso del suelo y la consiguiente transformación de bosques o selvas en zonas agrícolas o pecuarias, como resultado de una presión demográfica sobre el uso de los recursos naturales y de un aprovechamiento inadecuado de la tierra (FAO 1993).

En lo que respecta a la fragmentación de la vegetación su principal consecuencia es la reducción del hábitat para las especies, lo que puede ocasionar un proceso de desfaunación o desaparición parcial o total de comunidades de algunos grupos como insectos, aves y mamíferos (Dirzo y García 1992).

Con lo referente a la absorción de los árboles del CO₂, el CEI-Bois (2009), detalla que los bosques gestionados son sumideros de carbono más eficientes que los bosques que se dejan en un estado natural, destaca que los árboles más jóvenes con un crecimiento vigoroso absorben más CO₂ que los árboles, los cuales finalmente mueren y se pudren, devolviendo su almacenamiento de CO₂ a la atmósfera, mientras que la mayor parte de CO₂ de los árboles cortados en bosques gestionados sigue siendo almacenada a lo largo de la vida útil del producto de madera resultante.

- **Impacto ambiental de los metales (aluminio y acero):**

Según estudios realizados por Ungureanu, C. A. et al. (2007), en su comparativa del aluminio frente al acero, realizado en vehículos, determinó que el acero con respecto al aluminio en estado puro (materia virgen) genera mayores emisiones de CO₂, tal como se aprecia en la Figura 14.

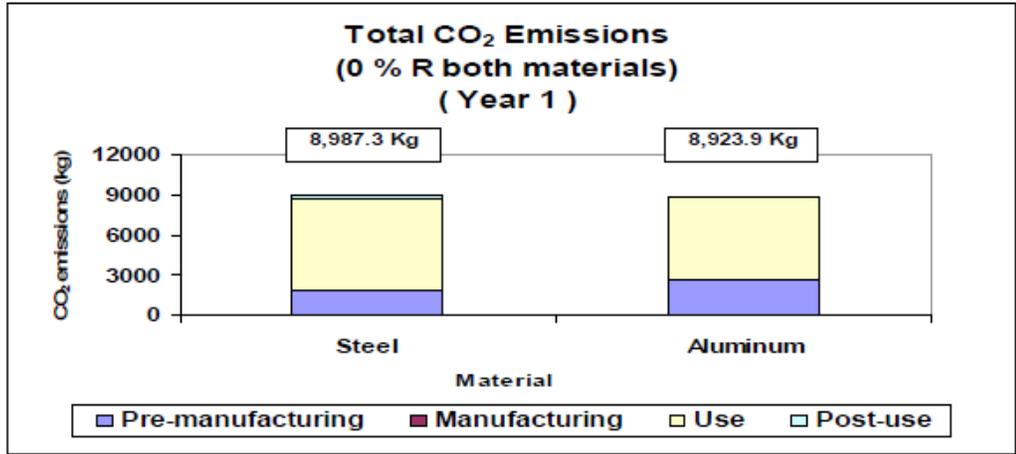


Figura 14. Emisiones totales de CO₂, de materiales vírgenes aluminio y acero. Referencia Ungureanu C.A. et al. (2007)

Así también, el mismo estudio detalla la cantidad de dióxido de carbono generado en la etapa de pre-producción, basado en el contenido de material reciclado tanto del acero como del aluminio, obteniendo como resultado que el aluminio reciclado en cantidades correspondientes al 75% y 100% genera menores emisiones de CO₂ con respecto al acero, tal como se aprecia en la Figura 15.

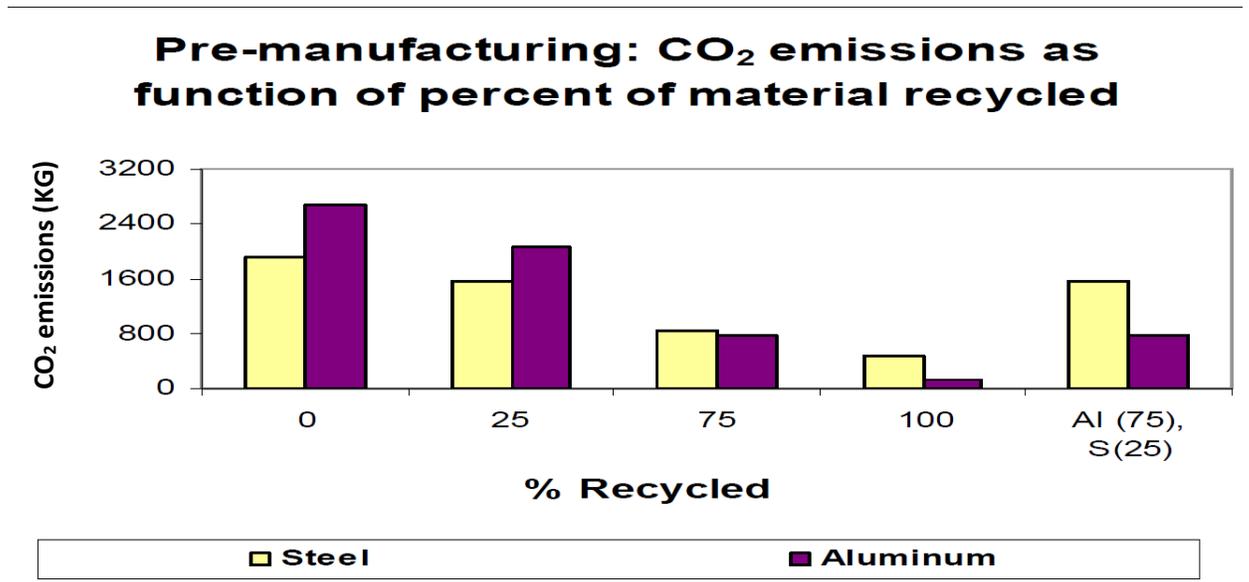


Figura 15. Emisiones de dióxido de carbono en función del contenido de material reciclado en la etapa de pre-fabricación. . Referencia Ungureanu C.A. et al. (2007)

Es importante destacar también que The Aluminum Association (2015), en su apartado de sustentabilidad destaca que los productos de aluminio de peso ligero, fuertes e infinitamente reciclables, pueden reducir los costos de energía y las emisiones de carbono en docenas de aplicaciones, así también enfatiza que estudios independientes han confirmado que el aluminio tiene un ciclo de vida de la huella de CO₂ un 20% menor que la del acero.

- **Impacto ambiental del plástico**

Considerando que el plástico es un material logrado en laboratorio y siendo difícilmente biodegradable, se determinó que es un producto altamente contaminante. Además, al quemarse produce gases venenosos, sin embargo el 90% de los plásticos son reciclables (Sirvente, A. et al. 2014), considerando que por cada tonelada de plástico fabricado a partir de materia prima el consumo energético es de 0.64 TEP (toneladas equivalentes de petróleo) para fabricar una tonelada a partir de plástico recuperado se utilizan 0.045 TEP (toneladas equivalentes de petróleo). (González, B. Ávila, A, 2012).

2.4.5 Diseño respetuoso con el medio ambiente

El diseño para el medio ambiente, o conocido como DFE por sus siglas en inglés, no piensa en solucionar solo la contaminación residual de los procesos de producción, sino que desea evitar dicha contaminación analizando todas las fases del ciclo de vida, de esta manera se determinará en qué etapa se genera mayor impacto, y posterior a esto plantear estrategias para reducir el impacto ambiental producido.

Capuz Rizo (2002), ha definido al DFE como el conjunto de técnicas utilizadas en el desarrollo de un producto para resolver los problemas que se presentan en su fabricación, montaje, inspección, embalaje, almacenaje, uso, y posterior mantenimiento y retiro.

En este sentido, Brezer J.C y C van Hemel (1997) plantean una metodología llamada PROMISE (acrónimo de “Desarrollo de productos con el medio ambiente como estrategia de innovación”), la cual analizan y diseñan productos respetando el medio ambiente. Dicha metodología es desarrollada en siete pasos, que se detallan a continuación:

1. Preparación del proyecto
2. Aspectos ambientales
3. Ideas de mejora
4. Desarrollo de conceptos
5. Producto en detalle
6. Plan de acción
7. Evaluación

2.4.6 Análisis del ciclo de vida

El análisis del ciclo de vida (ACV) es una metodología que permite determinar el impacto ambiental de un producto por etapas, desde el inicio hasta el final (cuna-tumba), es decir desde la extracción de las materias primas, pasando por las etapas de producción, montaje, transporte (distribución), uso y fin de vida. Es importante mencionar que la etapa de mayor impacto ambiental del producto es determinado en el análisis del ciclo de vida (Rodríguez B. 2003). Además el ACV es considerado como una herramienta valiosa e importante para evaluar el impacto ambiental de los productos y los servicios, que permitirán la toma de decisiones hacia la sostenibilidad (Baumann y Tillamn, 2004)

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV), es definido por la Sociedad de Toxicología y Química Ambiental (SETAC - *Society of Environmental Toxicology and Chemistry*) , y establecida en la actualidad por la norma ISO 14040 como una técnica para evaluar los aspectos medioambientales y los potenciales impactos asociados con un producto mediante la recolección de un inventario de las entradas y salidas relevantes de un sistema; a la evaluación de los potenciales impactos medioambientales asociados con dichas entradas y salidas y a la interpretación de los resultados de las fases de análisis y evaluación de impacto de acuerdo con los objetivos del estudio.

Las fases para la aplicación del ACV según la norma ISO 14040 son:

- 1. Definición de objetivos y el alcance:** Aquí se establece la finalidad del estudio, los límites del sistema, los datos necesarios, entre otros. Se define además la unidad

funcional del producto en estudio (parte primordial del estudio del ACV), en donde van referidos todos los datos del sistema (tanto de consumos como de emisiones). La unidad funcional puede ser de tipo físico o de tipo funcional. (ISO 14040).

Hay que considerar que la comparación de productos, haciendo referencia a la norma ISO 14040, es posible cuando “tienen la misma función, cuantificada por la misma unidad funcional”, siendo esta aquella que consiste en identificar aquello que se pretende analizar y cómo se puede expresar, de modo que sea posible asociar las entradas y salidas del sistema a una unidad de referencia. (Reyes A. et al., 2011)

2. **Análisis del inventario:** Se cuantifican todos los flujos energéticos y materiales entrantes y salientes del sistema durante toda su vida útil, los cuales son extraídos o emitidos hacia el medio ambiente. (Definido en la ISO 14041).
3. **Evaluación de los impactos:** Se realiza una clasificación y evaluación de los resultados del inventario, relacionándolos con los efectos ambientales observables por medio de un conjunto de categorías de impactos. (Definidos en la ISO 14042).
4. **Interpretación:** Es la fase del ACV en la que se combinan los resultados del análisis de inventario con la evaluación de impacto, cruzando los resultados de las fases de análisis y evaluación de impacto de acuerdo con los objetivos del estudio. (Definida por la ISO 14043), (OMA¹⁴, 2009).

Por su parte IHOBE, 2000 (Sociedad Pública de Gestión Ambiental del Gobierno Vasco) define al Análisis de Ciclo de Vida (ACV) como una herramienta metodológica que sirve para medir el impacto ambiental de un producto, proceso o sistema a lo largo de todo su ciclo de vida (desde que se obtienen las materias primas hasta su fin de vida). Se basa en la recopilación y análisis de las entradas y salidas del sistema para obtener unos resultados que muestren sus impactos ambientales potenciales, con el objetivo de poder determinar estrategias para la reducción de los mismos.

¹⁴ Departamento de Medio Ambiente de Comisiones Obreras de Aragón.

También establece que los elementos que se deben considerar dentro del ACV son los inputs/outputs, es decir las entradas y salidas. Definiendo a las inputs/salidas como el uso de recursos y materias primas, partes y productos, transporte, electricidad, energía... etc, que se tienen en cuenta en cada proceso/fase del sistema. Y los outputs/salidas: emisiones al aire, al agua y al suelo, así como los residuos y los subproductos que se tienen en cuenta en cada proceso/fase del sistema. Establece también que la manera y forma en la que se recopilan estas entradas/salidas se conoce como Inventario de Ciclo de Vida (ICV), y es la fase del análisis del ciclo de vida que implica la recopilación y la cuantificación de entradas/salidas de un sistema durante su ciclo de vida y recomienda que en el ACV se debería incluir todas las entradas/salidas de los procesos que participan a lo largo de su ciclo de vida como son: la extracción de materias primas y el procesado de los materiales necesarios para la manufactura de componentes, el uso del producto y finalmente su reciclaje y/o la gestión final. El transporte, almacenaje, distribución y otras actividades intermedias entre las fases del ciclo de vida también se incluyen cuando tienen la relevancia suficiente. A este tipo de ciclo de vida se le denomina comúnmente “de la cuna a la tumba”

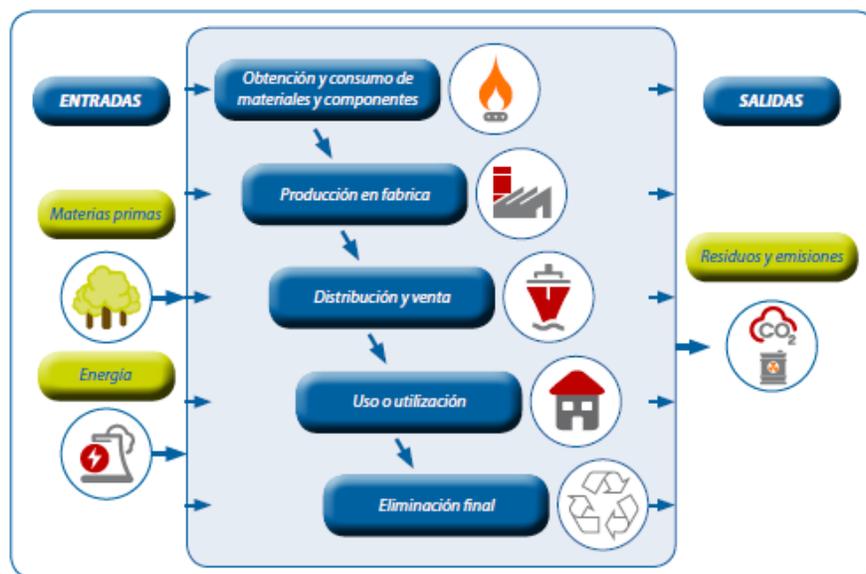


Figura. 16. Concepto de la perspectiva de un análisis de Ciclo de Vida y Fases que se tienen en cuenta. Referenciado de Manual práctico de ecodiseño-IHOBE (2000).

2.4.7 Herramientas para el análisis del ciclo de vida

Antes de establecer las herramientas utilizadas para el análisis del ciclo de vida, es necesario identificar los aspectos e impactos ambientales a considerar de un producto. En lo referente a los aspectos ambientales, Brezet H. (1997) establece que se debe considerar el consumo de materiales renovables (agua, madera, vegetales, etc.), el consumo materiales naturales no renovables, el consumo de productos químicos peligrosos (aceites industriales, disolventes, lubricantes, etc), el consumos de energía (combustibles fósiles), el consumo de energía procedente de generación eléctrica (generación a partir de la combustión del gas, carbón u otros; o del uranio), la generación y emisión de residuos (peligrosos y no peligrosos), la generación y emisión de vertidos, la generación y emisión humos, los gases y partículas a la atmósfera, el almacenamiento de residuos, lodos y otros peligrosos. Así también en lo referente a los impactos ambientales, considera la alteración de los ecosistemas, la alteración de la cubierta vegetal, de los cursos de agua, etc, el agotamiento de recursos naturales renovables (mayor ritmo de extracción que de generación), el agotamiento de recursos no renovables, la restricción de los servicios ambientales de los recursos, efecto invernadero, reducción capa de ozono, lluvia ácida, contaminación del aire, contaminación del agua, contaminación del suelo, introducción de tóxicos en los organismos vivos.

Para analizar dichos aspectos e impactos ambientales se utilizan herramientas como Matriz MET, Eco-Indicadores, el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), y otros programas basados generalmente en el ACV, los mismas que permiten conocer el perfil ambiental del producto. Así también IHOBE (2000), definen a las herramientas para analizar los aspectos e impactos ambientales como:

- **Matriz MET:** como un método cualitativo o semicualitativo que sirve para obtener una visión global de las entradas y salidas en cada etapa del ciclo de vida del producto. Además establece una primera indicación de los aspectos para los que se precisa información adicional.

La matriz MET contempla tres aspectos, estos son:

M: Utilización de materiales: Se refiere a todas las entradas (consumos) de cada etapa del ciclo de vida. Esto proporciona una visión de cuáles son las entradas prioritarias por su mayor cantidad, toxicidad o porque son materiales escasos (como el cobre).

E: Utilización de Energía: Se refiere al impacto de los procesos y del transporte en cada etapa del ciclo de vida (aquellos que consumen mucha energía principalmente). Esto proporciona una visión de cuáles son los procesos o transportes de mayor impacto en todo el ciclo de vida del producto.

T: Emisiones Tóxicas (todas las salidas: emisiones, vertidos o residuos tóxicos): Se refiere a todas las salidas producidas en el proceso. Esto da una idea de cuáles son las salidas más importantes por su toxicidad.

La Matriz MET es recomendable utilizarla cuando se está comenzando a trabajar en ecodiseño ya que facilita el entendimiento de todo el proceso y la importancia de optimizar cada aspecto ambiental.

- **Ecoindicadores:** El Eco-indicador es una herramienta cuantitativa porque la priorización se basa en cálculos numéricos, es recomendable utilizar cuando no se vaya a emplear una herramienta software.
- **Herramientas software/LCA o ACV:** Son herramientas que sirven para hacer el análisis del ciclo de vida detallado de productos. En el mercado existen disponibles una amplia gama de dichos software, que van desde un manejo sencillo hasta una considerable complejidad, alguno de ellos se muestran en la Tabla 17.

SOFTWARE	MANEJO
Eco-it	Sencillo
Ecoscan	Sencillo
Simapro	Medianamente complejo
Team	Complejo
Idemat	Bastante sencillo
Gaby	Complejo

Tabla 19. Herramientas software para análisis de ciclo de vida. Referenciado del Manual práctico de ecodiseño-IHOBE (2000).

2.4.8 Propuestas para la mejora ambiental. Estrategias de ecodiseño

Establecidas las etapas de mayor contaminación ambiental, se elaboran las propuestas de mejora. Para ello se debería realizar una “tormenta de ideas”, o conocida como “braimstorming”, entre el equipo que colaboró en el ACV, las mismas que se basan en las ocho estrategias planteadas por Brezet H. (1997).

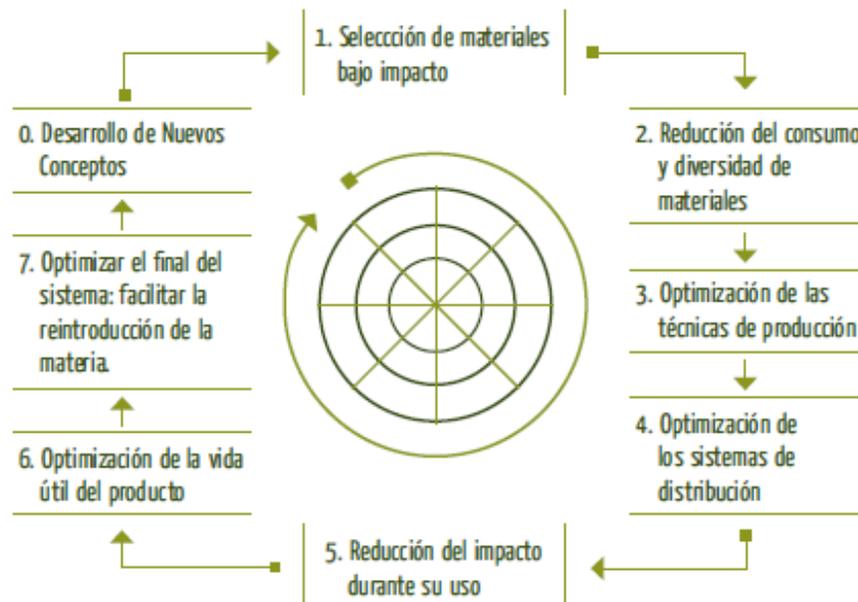


Figura 18. Estrategias para establecer propuestas de mejora de Ecodiseño. Reproducido de la referencia de Brezet H. (1997).

2.4.9 Resultados de estudios realizados

Varios investigadores han realizado análisis del ciclo de vida de productos de madera, sin embargo para el presente estudio se tomará en cuenta sólo aquellos que tengan mayor relación en lo referente a la fabricación de mobiliario escolar. Dichos estudios han determinado que se puede reutilizar la madera en fases sucesivas, siendo un material reciclable dentro de la transformación de la industria del mueble. Todo ello sumado a las ventajas medioambientales que proporciona, debido al efecto sumidero¹⁵, así como la reducción del consumo de energía en el proceso de fabricación (Gómez G y García J., 2011), por todo ello hacen que este material sea considerado en la fabricación de mobiliario. Esto debido a que finalizado el ciclo de vida, los tableros de madera, se vuelven a reciclar y se convierten nuevamente en producto o en energía, en lugar de que terminen produciendo contaminación en un vertedero, incinerados con baja eficiencia energética o sin ningún aprovechamiento (Bermúdez J et al., 2007a).

Se puede acotar además, de acuerdo a lo que establece Bermúdez J et al. (2007b) que la producción de un tablero de madera es conceptualmente muy sencilla, ya que sólo se necesita madera (astillas, virutas, serrín, restos forestales, entre otros), energía y resinas, aunque cabe aclarar que su producción a escala industrial requiere de maquinaria de muy alta tecnología.

Los principales tipos de tableros derivados de la madera, son clasificados según las características que los definen, y según las aplicaciones que tenga, es así que se pueden distinguir:

- Tablero de partículas formado por partículas de madera u otro material leñoso, aglomeradas entre sí mediante un adhesivo a presión, a una temperatura adecuada.

¹⁵ Es la absorción del carbono de la atmósfera, con lo cual se contribuye a reducir la cantidad de CO₂ del aire.

- Tablero de fibras MDF (densidad media) formado por fibras celulósicas aglomeradas con resinas sintéticas u otro adhesivo adecuado y prensado en caliente. (Densidad: 600 – 800 Kg/m³).
- Tablero de fibras duro formado por fibras de madera o de otro material leñoso, cuya densidad varía entre 0,8 y 1 g/cm³. Puede contener adhesivos o no según el procedimiento de fabricación.
- Tablero de virutas OSB formado por virutas de madera aglomeradas entre sí mediante un adhesivo y presión a la temperatura adecuada.
- Tablero contrachapado formado por chapas de madera encoladas de modo que las fibras de dos chapas consecutivas formen un determinado ángulo.
- Tablero laminado formado por chapas de madera encolada por sus caras donde la dirección de las fibras de las diferentes capas permanezcan paralelas entre sí.
- Tablero de madera-cemento que se obtiene aplicando presión a partículas de madera aglomeradas con cemento.

Otro estudio destaca el ACV de una mesa de oficina, cuya unidad funcional fue 1 kilogramo de producto listo para su uso presentó un impacto ambiental de 4,84 Kg CO₂ eq./kg de producto final. Este resultado es debido a que este producto estaba construido en su mayoría con metal (tubos y postes), y este elemento es el que más contribuye al impacto ambiental (González S et al., 2011). Es por esto, que dentro de las estrategias de mejora más relevantes correspondiente a la mesa de oficina es la reutilización de los tableros y piezas de aluminio en el proceso de producción, hasta dos y tres veces respectivamente, con el objetivo de reducir las emisiones hasta en un 34%.

Otros estudios realizados en Turquía por Cinar H. (2005), determinaron el análisis del ciclo de vida de diferentes tipos de paneles de madera, los mismos que fueron: 1) de partículas estándar, 2) de fibra de estándar, y 3) de partículas con bajo contenido de formaldehído. Además tres tipos de materiales de la superficie y el borde de acabado también se analizaron, ellos fueron: 1) de baja densidad laminada; 2) laminada de alta densidad, y 3) chapas de madera natural. La unidad funcional que consideraron para

evaluar el impacto ambiental de los tres paneles de madera era 1 [m²] con un espesor comercial de 30 mm.

Se concluyó que las partículas estándar tenían un impacto ambiental menor que el tablero de fibras estándar (72% de mejora). Para acabados de superficie y borde, el laminado de baja densidad se prefiere al laminado de alta densidad (36% de mejora). La etapa de adquisición de materia prima y etapa de producción presentaron el mayor porcentaje de impacto correspondiente al 72% al 87%. Para acabados de superficie y borde, se prefiere un laminado de baja densidad en relación a un laminado de alta densidad (36% de mejora).

2.5. METODOLOGÍA DE DISEÑO

Con respecto a la metodología de diseño Roozenburg N. y Eekels, J. (1995), afirman que una metodología de diseño es el estudio científico de los métodos que son o pueden ser aplicados al diseño; siendo esta una actividad normativa que se puede catalogar estrictamente como un subcampo de la filosofía del diseño. Así también Cross (1996) establece que los métodos de diseño representan un número variado de actividades que el diseñador puede combinar en el proceso de diseño.

Roozenburg N.y Eekels, J. (1995) plantea un método de resolución de problemas, donde las actividades se dirigen a partir de los objetivos (funciones) hacia los medios (el diseño), estructurada de la siguiente manera: análisis, síntesis, simulación, evaluación y decisión. Además plantea un proceso de diseño, que puede ser adaptado a cada institución y proyecto de diseño, dependiendo de sus necesidades particulares, la misma consta de: etapa de planeación estratégica en la que se formulan las políticas de la organización, etapa de investigación donde se realiza la investigación preliminar y el estudio de factibilidad, etapa de diseño que contempla: el desarrollo del diseño, desarrollo de prototipos, estudio de mercado, etapa de desarrollo con el desarrollo de producción y planes de producción, así también consta de la etapa de manufactura y mercadotecnia con la preparación de herramental y mercado y la etapa de producción que corresponde a la producción y ventas.

Por su parte Jones C. (1981), especifica que el ciclo de diseño comprende 3 etapas:

- **Análisis (Divergencia):** es un análisis de la estabilidad de todo lo que está conectado con el problema, para identificar lo que es susceptible de cambio y lo que se puede considerar puntos fijos de referencia. El objetivo del diseñador es evitar la imposición de modelos prematuros de manera que sean postergadas las decisiones hasta la próxima etapa (transformación), en la que conocerá el fondo del problema y podrá prever las consecuencias probables de cualquier selección.
- **Síntesis (transformación):** Es la etapa de alto nivel creativo, donde se combinan los juicios de valor subjetivos y las valoraciones técnicas que reflejan las realidades políticas, económicas y operacionales de la situación de diseño. Según Jones C. la síntesis engloba a:
 - El principal objetivo que es la imposición de un modelo suficientemente preciso, que permita la convergencia hacia un solo diseño a detallar.
 - A la etapa de fijación de objetivos y límites del problema, de identificación de las variables críticas, de imposición de condicionantes y de emisión de juicios.
 - La etapa de división del problema en subproblema, y el,
 - El establecimiento de requerimientos.
- **Evaluación (convergencia):** Es la etapa donde se está cerca del diseño total, donde el diseñador selecciona una única alternativa que dará solución al problema planteado en la primera etapa.

Otro método de diseño es el sistemático planteado por Arche B. (1968) el mismo que debe contemplar las etapas: analítica, creativa y de ejecución, las mismas que se subdividen en definición del problema y preparación del programa detallado, la obtención de datos relevantes, el análisis y la síntesis de los datos, el desarrollo de prototipos, la preparación y ejecución de estudios y experimentos que validen el diseño y la preparación del documento para la producción. Así también Christopher A. (1964) planea un método de diseño donde se debe definir el problema, posteriormente mediante una lista de exigencias se estudia el comportamiento de los sistemas en el contexto, se da un juicio para determinar si las soluciones a una de las exigencias están determinadas con las de otra, las mismas se

analizan y descomponen estableciendo una jerarquía de subsistemas, para finalmente por medio de diagramas encontrar una solución a las exigencias. También Pugh S. (1991), plantea la metodología de Diseño Total, enmarcada dentro de las denominadas teorías integradoras, planteada en 5 pasos que son:

- **Detección de la necesidad:** sea latente o creada se define la necesidad para la cual se determinará una solución para un futuro cliente.
- **Estudio de mercado:** Donde se adquiere conocimientos sobre el sector que tiene la necesidad del producto realizando estudios cualitativos y cuantitativos.
- **Especificaciones Técnicas de Diseño,** pliego funcional, donde se expresa la necesidad de forma funcional, se establecen todos los parámetros técnicos e indicaciones necesarias para la etapa de desarrollo, industrialización, producción y garantía de calidad. Los resultados son presentados en el Pliego de Condiciones Funcional.
- **Diseño Conceptual:** donde se buscan soluciones concretas, en base a las especificaciones de las fases anteriores, haciendo uso de la creatividad. En este punto se plasman las ideas en forma de bocetos y se hace uso de los métodos para la selección de alternativas. De este modo, se selecciona el diseño que mejor se adapte a las especificaciones descritas.
- **Diseño de detalle:** en el que una vez elegida la solución para la necesidad, se determina los componentes e interacciones. Se define formas de mayor rigor teniendo en cuenta geometrías, interacciones, etc. Estos factores condicionan la dimensión del producto y se han de considerar al momento de realizar los planos del conjunto con las dimensiones generales. Pugh especifica que el diseño conceptual se puede innovar siempre mediante ideas antiguas, combinándolas y modificándolas para que sus nuevas funciones sean diferentes, y por este motivo, esta etapa es de vital importancia, ya que es la etapa donde se presenta el producto tal como quedaría en su diseño final.

3. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE MOBILIARIO ESCOLAR PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTRIZ.

Tal como se hacía referencia en el capítulo 1 de la presente investigación, la propuesta de una metodología de diseño para equipamiento educativo para personas con discapacidad motriz, sustentada en una amplia investigación de contenido científico y en un trabajo de campo con las personas que presentan dicha condición física, permitirá diseñar un mobiliario dentro de aspectos ergonómicos que den respuesta a las demandas corporales de las personas con discapacidad motriz leve, aportando a mejorar su calidad de vida y el proceso de enseñanza-aprendizaje, todo esto complementado con un aporte medioambiental, debido que la metodología plantea un estudio y selección de materiales eco-amigables que contribuyan a disminuir el impacto ambiental generado por el ciclo de vida del equipamiento educativo a fabricar, convirtiéndolo al mismo en reciclable o reutilizable.

Es importante destacar, que la metodología de diseño estructurada está pensada para ser extrapolable a diferentes contextos o universos, aportando de esta manera que los futuros diseños de equipamiento educativo que se sustenten en dicha metodología a nivel mundial obtengan un producto idóneo conforme a las demandas ergonómicas y medioambientales del usuario y del entorno donde vaya a ser implementado.

A continuación se detalla paso a paso el proceso metodológico planteado para el diseño de equipamiento educativo para personas con discapacidad motriz leve:

3.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA METODOLOGÍA DE DISEÑO

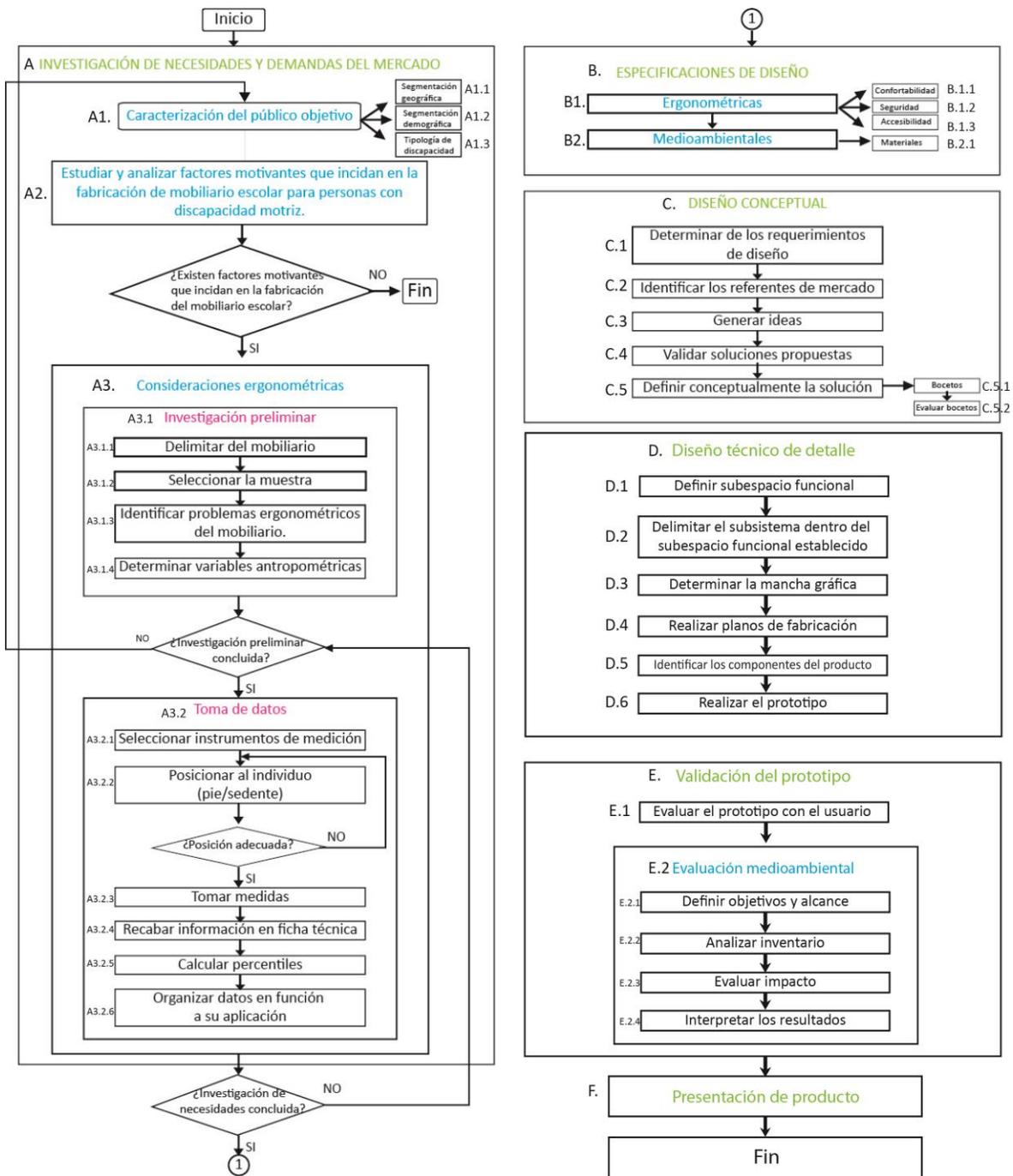


Figura 19. Diagrama de flujo de la metodología de diseño para equipamiento educativo. Elaboración propia.

3.2 DESGLOSE DE LA METODOLOGÍA DE DISEÑO

A. Investigación de necesidades y demandas del mercado

A.1) Caracterización del público objetivo

Caracterizar al público objetivo permite dividir a un mercado heterogéneo en segmentos o partes de mercado que tienen características homogéneas, permitiendo identificar grupos de usuarios/consumidores con necesidades similares y analizar sus características y comportamientos, esto permitirá clarificar lo que se quiere investigar y su futura solución.

Para caracterizar al público objetivo, se plantea varios criterios que son:

- **Segmentación Geográfica**

Se refiere a delimitar el campo/mercado de acción referente a un país, provincia, ciudad y/o localidad, dependiendo del tipo de producto que se vaya a diseñar.

- **Segmentación Demográfica**

Se consideran varios criterios como la edad, sexo, ingreso, origen étnico, y ciclo de vida familiar.

- **Segmentación por edad:** Se determina la edad del futuro usuario, debido a que el producto a diseñar debe satisfacer las necesidades de esa edad específica, considerando que con el paso de los años el tamaño del usuario y sus gustos cambia.
- **Segmentación por género:** Se especificará si la investigación va dirigida a personas del sexo masculino y/o femenino, en relación con el producto a diseñar y las necesidades de ambos géneros de ser el caso.

- **Clase social:** Permitirá tener claro la situación económica del futuro usuario del producto, además ayuda a determinar si se va a dar solución a las necesidades primarias o de percepción.
- **Nivel de estudios:** primarios, secundaria, universitarios, etc.
- **Tipología de discapacidad:** De darse el caso que exista un grupo amplio de investigación, y por el grado de dificultad que representa tomar datos ergonómicos a personas con discapacidad motriz, se recomienda agruparlas por los rasgos tipológicos de discapacidad que presentan, lo que ayudará a esclarecer el tipo de dato a obtener y el proceso de medición a utilizar para dicho grupo, considerando en este caso específico que dentro de la discapacidad motriz, se puede encontrar personas con discapacidad temporal o permanente en grado leve o grave.

A.2) Factores motivantes para el diseño y fabricación de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz

Tomando como referencia la segmentación geográfica, que ha permitido delimitar el lugar donde se va a llevar a cabo la investigación, se realiza el estudio y análisis de los factores motivantes que impulsan el desarrollo del proyecto, en relación al entorno gubernamental, con sus leyes y reglamentos, así también se debe considerar las demandas del mercado con respecto a aspectos ergonómicos y medioambientales, lo que permitirá obtener un diseño y fabricación acorde a las necesidades específicas del grupo de investigación seleccionado, y contribuir al cumplimiento de lo establecido en las leyes, reglamentos y decretos de determinados países.

Una vez concluida esta etapa, la misma que permitir identificar si existen o no factores que motiven la investigación a desarrollar, se tomará la decisión de continuar o concluir la misma.

A.3 Consideraciones Ergonómicas

A.3.1) Investigación preliminar

A.3.1.1) Delimitación del mobiliario.

Se debe listar todo el mobiliario escolar que se va a considerar para el desarrollo del proyecto, justificando su importancia en el proceso de enseñanza-aprendizaje, considerando que cada país puede contar con cierto mobiliario diferente a los de otros países, para lo cual se debe hacer una investigación de campo para determinar exactamente el mobiliario que va hacer fuente de investigación y rediseño. Sin embargo, se cree pertinente ejemplificar el posible mobiliario que existe en un entorno escolar, tomando como referencia el listado de mobiliario escolar presentado en La Guía de Diseños de Espacio Educativos del Gobierno de Chile, el mismo que lo clasifica en varias categorías:

- **Sala de clases**
 - Mesa y silla de profesor.
 - Mesa bipersonal.
 - Sillas.
 - Unidad cerrada fija o móvil para guardar útiles didácticos.
 - Módulos para guardar útiles de alumnos.
 - Módulos y exhibidores de biblioteca.
 - Pizarrón-biblioteca (móvil modular uso múltiple, fichero, pantalla, librero guardar separador).
- **Áreas comunes**
 - Espacios individuales.
 - Casilleros.
 - Espacios para recreación.
 - Bancas, sillones.
 - Reuniones masivas.
 - Muebles para equipos

- audiovisuales, video, música, retroproyector, aparato para diapositivas, transparencias, lepidoscopio.
 - Módulos para exposiciones.
 - Señalética.
 - Basureros con tapa.
- **Áreas administrativas**
 - Escritorios.
 - Cajoneras.
 - Módulos para trabajos en
 - computación.
 - Mesas para reuniones, de centro, de dibujo, de impresora.
 - Sillas, sillones, sofás.
 - Estanterías.
 - Casilleros.
 - Panel de afichaje.
 - Banquetas.
 - Camillas.
- **Comedor, cocina**
 - Mesas, sillas
 - Mostrador de autoservicio
- **Servicios y bodegas**
 - Biblioteca
 - Mesas y sillas
 - Estanterías de acceso
- **Sala de computación**
 - Mesa especial
 - Estantería

- **Laboratorios**
 - Especial para idiomas
- **Talleres**
 - Mesones
 - Estantes
 - Pañol
 - Exhibidores
 - Mesón alto
 - Silla alta o piso
- **Gimnasio**
 - Bancas para vestidores
 - Percheros
 - Casilleros.

A.3.1.2) Seleccionar la muestra de investigación

Para el cálculo de la muestra de debe determinar si se va a trabajar con una población infinita o desconocida o finita y conocida, ya que de ello dependerá la fórmula a utilizar para el cálculo de la muestra. Murray y Larry (2005), establecen las fórmulas F.1 y F:2 para calcular la muestra para los dos tipos de poblaciones detallados:

Poblaciones finitas o desconocidas

$$(F.1.) \quad n = \frac{Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}{i^2}$$

Población finita y conocida:

(F.2)

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 \cdot N \cdot p \cdot q}{i^2 (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde n es el tamaño de la muestra a calcular; Z_{α} corresponde a la distribución de Gauss, p es la prevalencia esperada del parámetro a evaluar, q es igual a 1-p, i es el error que prevé cometer.

Así también se debe elegir el tipo de muestreo que se llevará a cabo, el mismo puede ser probabilístico, cuando la muestra se elige al azar y no probabilístico cuando el investigador elige la muestra siguiendo criterios subjetivos.

A.3.1.3) Identificación de los problemas ergonómicos del mobiliario escolar

Los problemas ergonómicos se identificarán por medio de técnicas de investigación, las que permitirán recabar información sobre el grupo de investigación seleccionado, y sobre de la problemática que presenta el equipamiento educativo al interactuar con el usuario. Así también es recomendable realizar una lluvia de imágenes de la interacción del usuario con el mobiliario para determinar y evidenciar visualmente los problemas ergonómicos en dicha interacción.

A.3.1.4) Determinación de las variables antropométricas

Las variables antropométricas irán en función al tipo de dato a obtener dependiendo del mobiliario a diseñar.

De la Tabla 20 a la 52, se muestra una clasificación de variables antropométricas que se deben considerar para el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz, tanto en posición de pie y/o sedente, así también se detallan posibles aplicaciones tanto en forma textual como gráfica de las variables determinadas.

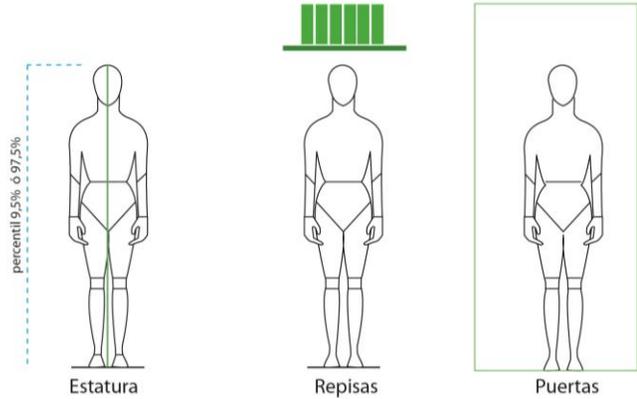
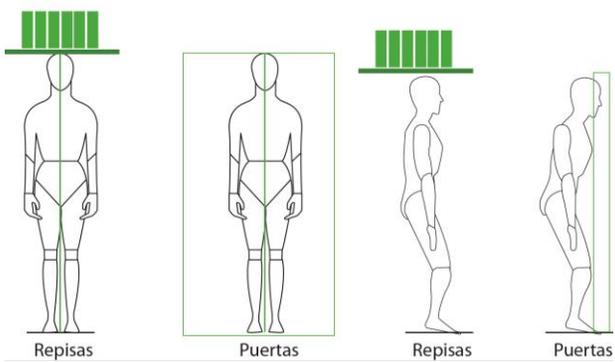
Variable	Aplicación	
Estatura	<p>Determina la altura mínima para la colocación de objeto, como la altura de pizarrones, armarios, gavetas, pantallas de proyección, muebles aéreos.</p> <p>Percentil recomendado 95% ó 97,5%.</p> <p>Aplicaciones adicionales: espacios para dormir, espacios para cocinar, bañeras.</p>	
Utilización correcta de los percentiles.		Utilización incorrecta de los percentiles.
		

Tabla 20. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable Estatura. Elaboración propia.

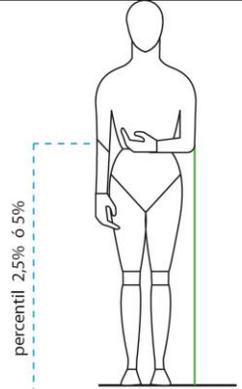
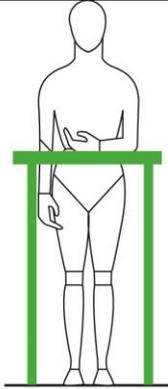
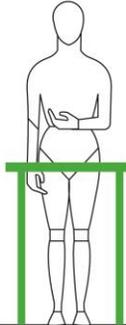
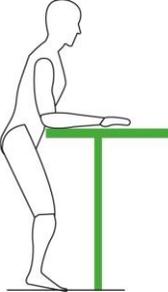
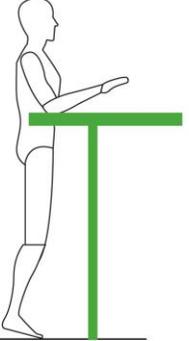
<p>Altura codos-piso</p>	<p>Determina la altura de mostradores, y otras superficies de trabajo de pie.</p> <p>Percentil recomendado 5% +o 2,5%</p> <p>Aplicaciones adicionales: espacios para cocinar, baños, alacenas.</p>	
<p>Utilización correcta de los percentiles.</p>		<p>Utilización incorrecta de los percentiles.</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Altura codo-piso</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Mesas, mostradores, mesones</p> </div> </div>		<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Mesas, mostradores, mesones a una posición muy baja</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Mesas, mostradores, mesones a una posición muy baja</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Mesas, mostradores, mesones a una posición muy alta</p> </div> </div>

Tabla 21. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable altura codo-piso. Elaboración- propia.

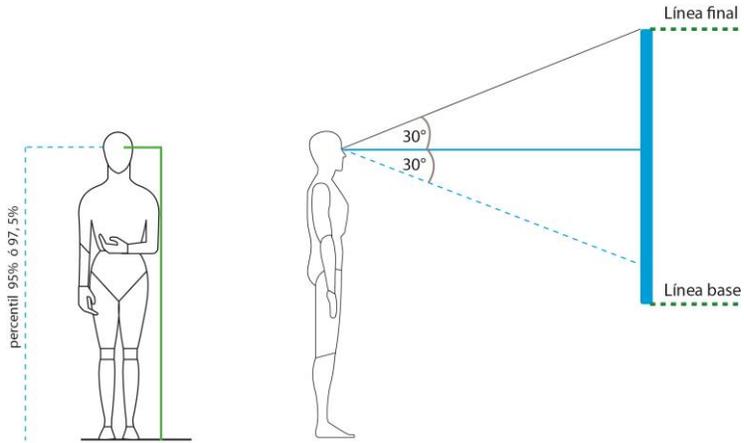
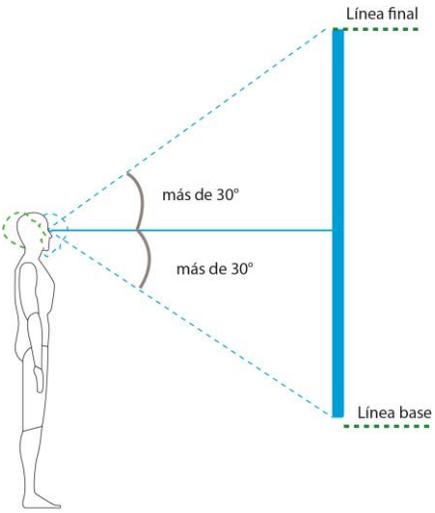
<p>Altura de los ojos- piso.</p>	<p>Determina las líneas de visión en el aula de clases, pizarrón, audiovisuales.</p> <p>Percentil recomendado 95% ó 97,5%</p> <p>Aplicaciones adicionales: espacios para dormir, cocinar, baños, espacios de estar.</p>	
<p>Utilización correcta de los percentiles.</p>		<p>Utilización incorrecta de los percentiles.</p>
 <p>percentil 95% ó 97,5%</p> <p>Altura ojos-piso</p> <p>Ubicación línea base y línea final del pizarrón.</p>		 <p>Línea final</p> <p>Línea base</p> <p>más de 30°</p> <p>más de 30°</p> <p>Fuera de la zona de confort del cuello-nuca del usuario</p>

Tabla 22. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable altura ojos-piso. Elaboración propia.

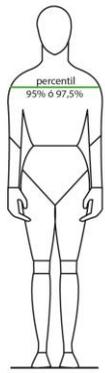
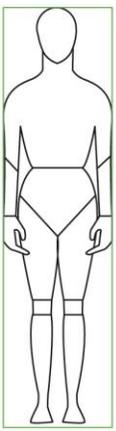
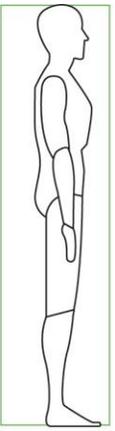
<p>Anchura de hombros</p>	<p>Determina la anchura máxima del cuerpo, utilizada para establecer el ancho de casilleros.</p> <p>Percentil recomendado 95% ó 97,5%</p> <p>Aplicaciones adicionales: Parámetros de holgura de puertas, pasillos, zonas de reunión.</p>	
<p>Utilización correcta de los percentiles.</p>		<p>Utilización incorrecta de los percentiles.</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: center;">Holgura puertas</p>		<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: center;">Inexistencia de holgura en puertas</p> <p style="text-align: center;">Usuario pasando de forma lateral por la puerta</p>

Tabla 23. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable altura ojos-piso. Elaboración propia.

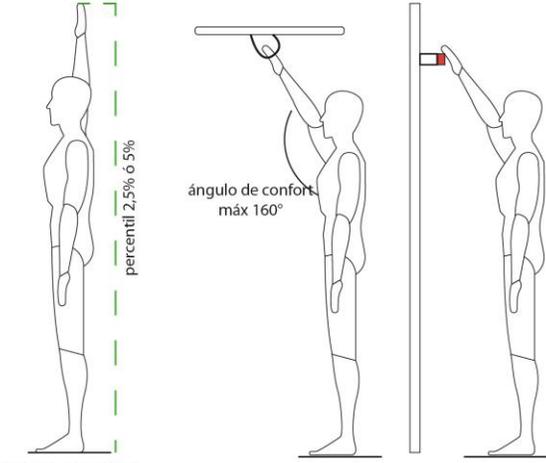
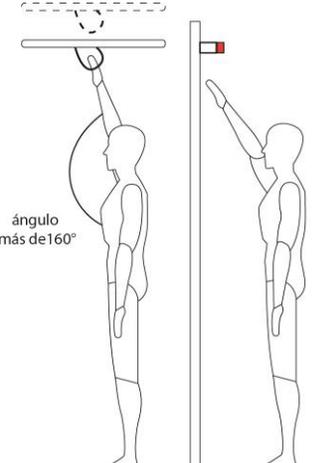
<p>Alcance vertical de asimiento</p>	<p>Determina las alturas máximas de estantes, perchas, enchufes, repisas.</p> <p>Percentil recomendado 5% ó 2,5%</p> <p>Aplicaciones adicionales: Agarraderas, palancas.</p>	
	<p>Utilización correcta de los percentiles.</p>	<p>Utilización incorrecta de los percentiles.</p>
 <p>Alcance vertical de asimiento</p> <p>percentil 2,5% ó 5%</p> <p>ángulo de confort máx 160°</p>	 <p>ángulo más de 160°</p>	

Tabla 24. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable alcance vertical de asimiento.

Elaboración propia.

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Alcance frontal del brazo - mano</p>	<p>Determina la distancia de alcance frontal desde el usuario hasta un material u objeto, repisas en mostradores, ubicación del mouse del computador.</p> <p>Se recomienda el percentil 5% ó 2,5%</p> <p>Aplicaciones adicionales: Alcanzar palancas, botones, espacios para cocinar, comer y baños.</p> <p>Las mismas funcionalidades con el sujeto en posición sedente.</p>
<p>Utilización correcta de los percentiles.</p>	<p>Utilización incorrecta de los percentiles.</p>
<p>Alcance frontal hombro-mano</p> <p>Repisas</p> <p>Perchas, roperos.</p> <p>Cajoneras, archivador</p> <p>Armario y gavetas</p>	<p>Repisas</p> <p>Perchas, roperos.</p> <p>Cajoneras, archivador</p> <p>Armario y gavetas</p>

Tabla 25. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable frontal del brazo-mano. Elaboración propia.

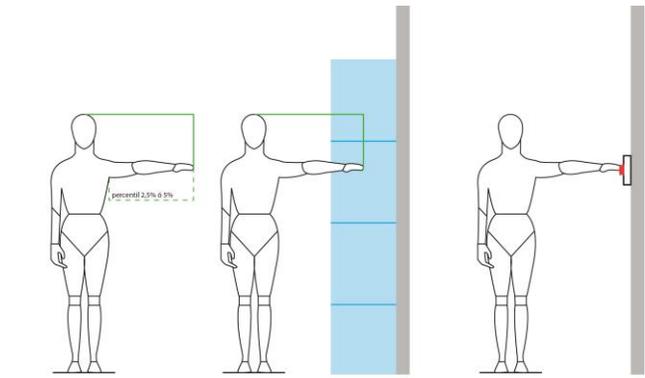
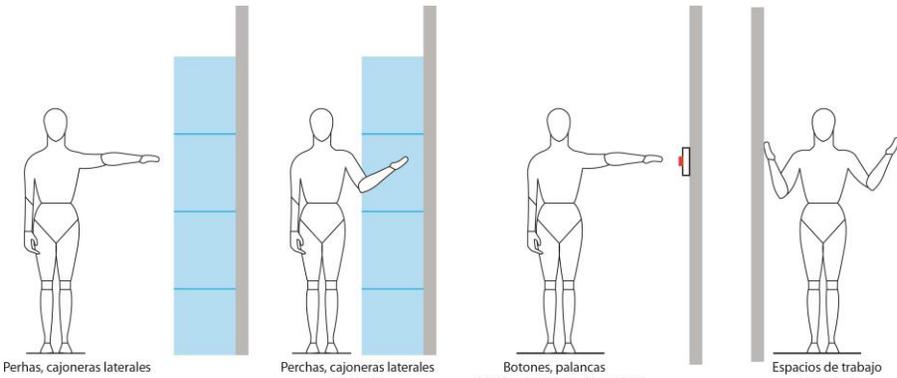
Alcance lateral brazo mano	<p>Determina la ubicación lateral de libreros, repisas en mostradores.</p> <p>Percentil recomendado 5% ó 2,5%</p> <p>Aplicaciones adicionales: Baño, agarraderas/pasamanos, interruptores.</p> <p>Las mismas funcionalidades con el sujeto en posición sedente.</p>
Utilización correcta de los percentiles.	Utilización incorrecta de los percentiles.
 <p>Alcance lateral brazo</p> <p>Perchas, cajoneras laterales</p> <p>Botones, palancas</p>	 <p>Perchas, cajoneras laterales</p> <p>Perchas, cajoneras laterales muy cerca</p> <p>Botones, palancas alejadas de la zona de confort</p> <p>Espacios de trabajo estrechos</p>

Tabla 26. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable alcance lateral brazo-mano.

Elaboración propia.

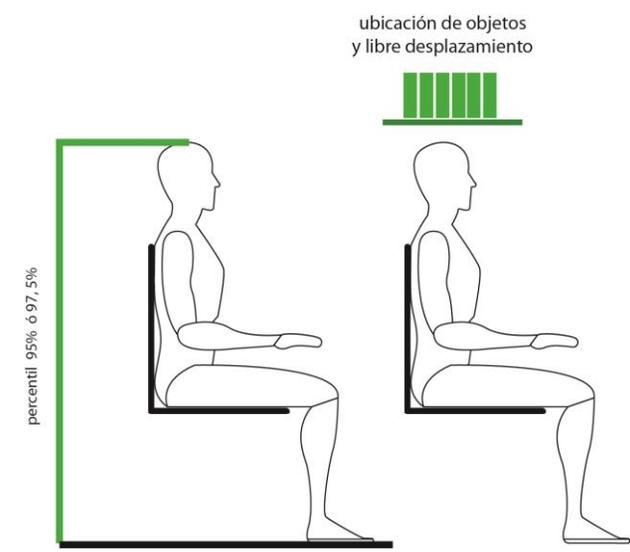
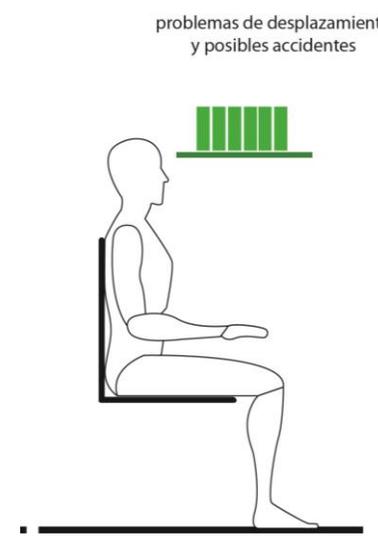
<p>Altura nuca-piso</p>	<p>Determina la ubicación de objetos por encima del usuario.</p> <p>Percentiles recomendados 95% ó 97,5%</p> <p>Aplicaciones adicionales: espacios en dormitorios.</p>	
	<p>Utilización correcta de los percentiles.</p>	<p>Utilización incorrecta de los percentiles.</p>
		

Tabla 27. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable altura nuca-piso. Elaboración propia.

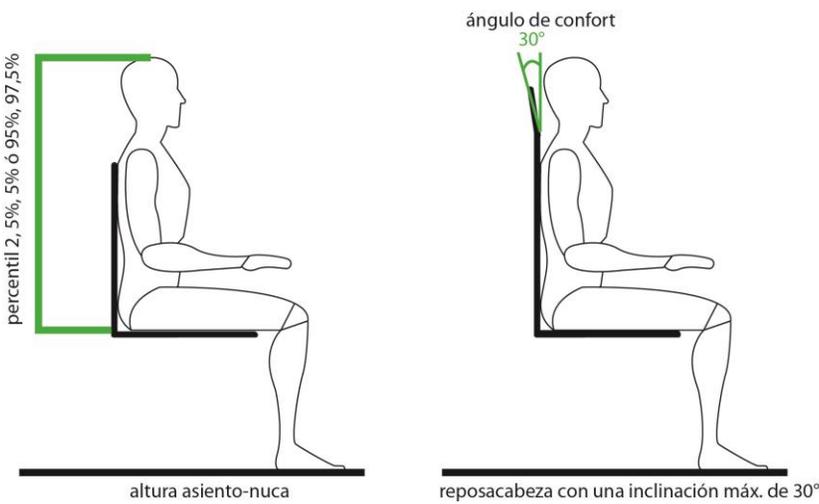
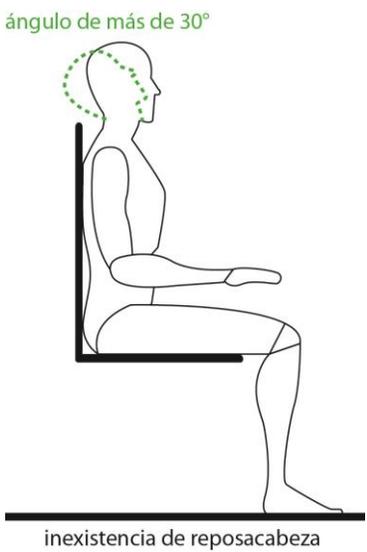
<p>Altura asiento-nuca</p>	<p>Determina la ubicación de objetos que dan soporte al cuello y la nuca como el apoyacabeza.</p> <p>Loa percentiles recomendados son el 2,5%, 5%, 95% y 97,5% debido a que él apoya cabezas debe ajustarse a la mayoría de personas, por lo tanto debería ser movable.</p> <p>Aplicaciones adicionales: Objetos que delimiten la movilidad del cuello, máquinas de rehabilitación y de masaje.</p>	
<p>Utilización correcta de los percentiles.</p>	<p>Utilización incorrecta de los percentiles.</p>	
		

Tabla 28. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable asiento-nuca. Elaboración propia.

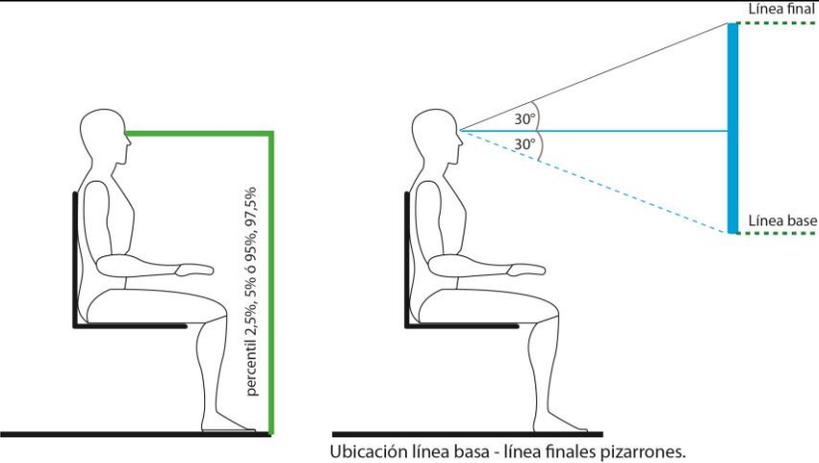
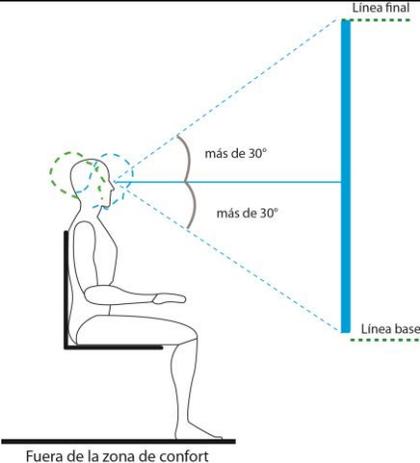
<p>Altura piso-ojos</p>	<p>Determina la línea de visión de pizarrones, auditorios, escenarios, cuando el usuario este sentado.</p> <p>Se debe considerar la movilidad del cuello frontalmente hiperextesión +-50% y la flexión+-40%, lateralmente izquierda y derecha +-40% y ángulos de visión de +-30%, especificada en el estado del Arte.</p> <p>Los percentiles recomendados son el 2,5% 0 5% para el inicio de la línea de visión y 95% 0 97,5% para la finalización de la línea de visión.</p>	
<p>Utilización correcta de los percentiles.</p>		<p>Utilización incorrecta de los percentiles.</p>
 <p>Ubicación línea basa - línea finales pizarrones.</p>		 <p>Fuera de la zona de confort del cuello-nuca del usuario</p>

Tabla 29. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable altura ojos-piso. Elaboración propia.

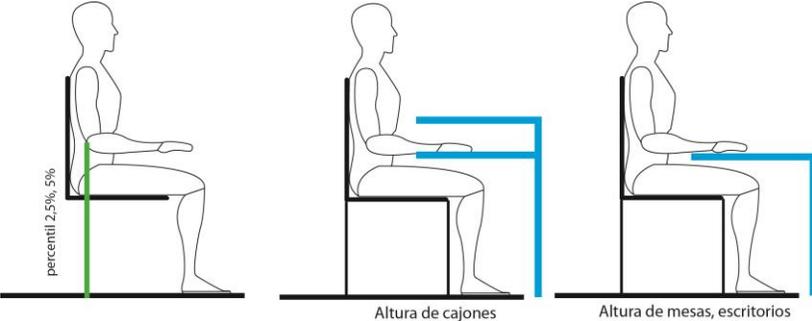
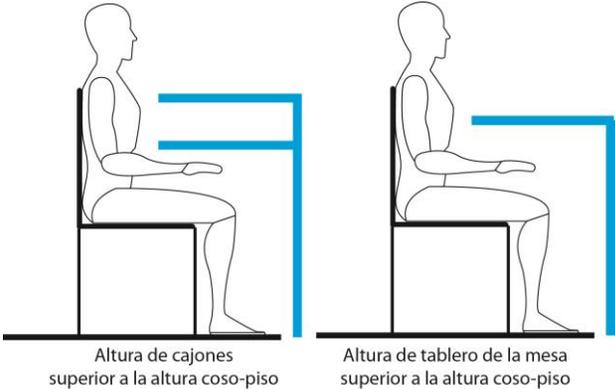
<p>Altura piso-codo</p>	<p>Determina la altura de objetos donde se tenga que apoyar los codos, por ejemplo la mesa de trabajo, los reposabrazos, es decir la altura de objetos donde descansa el antebrazo. Además sirve para referencias la ubicación de cajoneras de escritorios, o portalibros en mesas.</p> <p>Percentil recomendado 5% ó 2,5%</p> <p>Aplicaciones adicionales: vallas de apoyo, espacios de dormitorio, baño, espacios de cocina.</p>	
<p>Utilización correcta de los percentiles.</p>		<p>Utilización incorrecta de los percentiles.</p>
		

Tabla 30. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable altura piso-codo. Elaboración propia.

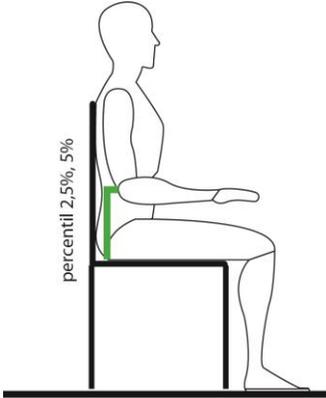
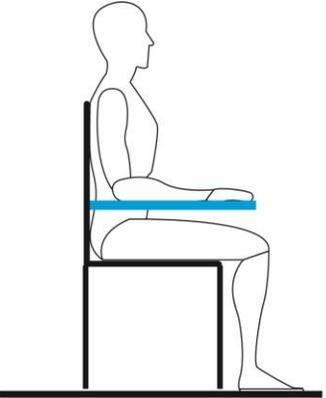
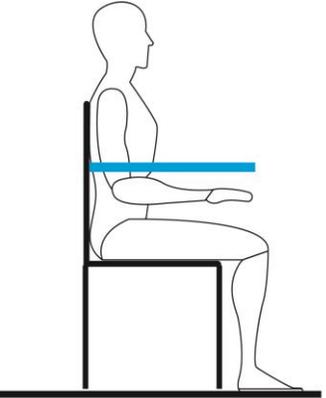
<p>Altura codo- asiento</p>	<p>Determina la ubicación de los reposabrazos en sillas y la altura de la mesa de trabajo.</p> <p>Además se puede utilizar la fórmula establecida por Castellucci, I. et a., (2009):</p> $ACA \leq \text{Distancia asiento-mesa} \leq ACA + 5$ <p>considerando que la distancia máxima entre asiento y mesa no puede superar en 5cm a la altura codo asiento. Percentil recomendado 5% ó 2,5%</p> <p>Aplicaciones adicionales: reposabrazos y elementos de apoyo en general.</p>	
<p>Utilización correcta de los percentiles.</p>	<p>Utilización incorrecta de los percentiles.</p>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>percentil 2,5%, 5%</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Ubicación correcta del reposabrazos</p> </div> </div>	<div style="text-align: center;">  <p>Ubicación superior a la altura codo-piso</p> </div>	

Tabla 31. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable altura codo-asiento. Elaboración propia.

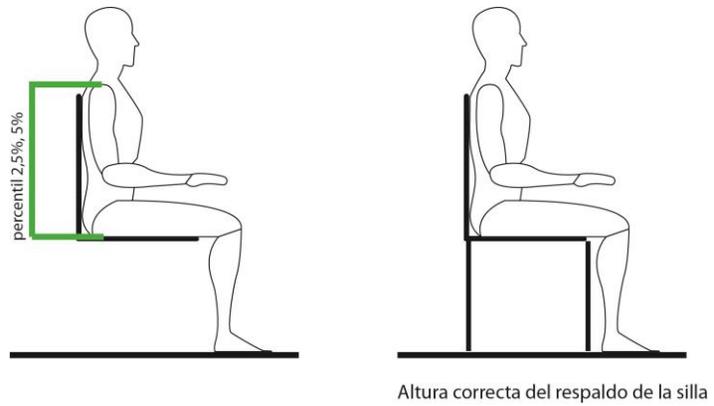
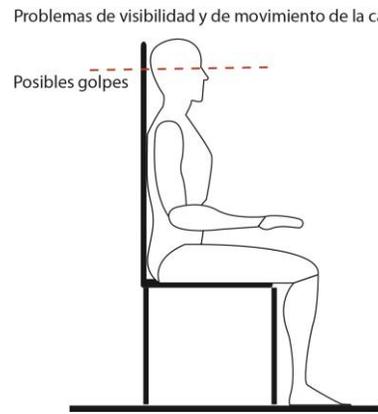
<p>Altura hombros asiento</p>	<p>Determina la altura del respaldo de una silla y la altura de la mesa, para evitar el encorvamiento de la espalda.</p> <p>Percentil recomendado el 5% ó 2,5%</p> <p>Aplicaciones adicionales: Para la ubicación de tirantes de sujeción del cuerpo.</p>	
<p>Utilización correcta de los percentiles.</p>		<p>Utilización incorrecta de los percentiles.</p>
		

Tabla 32. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable altura hombros-asiento. Elaboración propia.

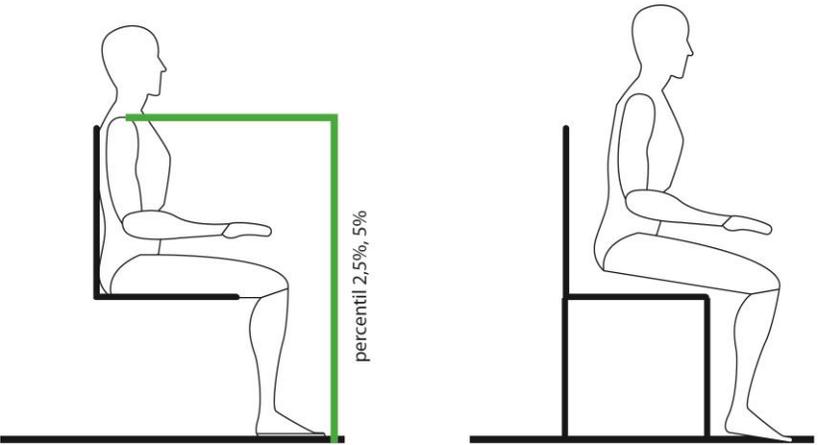
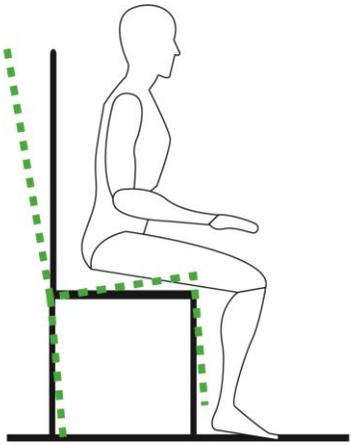
<p>Altura hombros piso.</p>	<p>Determina la altura de la silla en su conjunto, para establecer el eje de estabilidad de la misma.</p> <p>Percentil recomendado el 5% ó 2,5%</p> <p>Aplicaciones adicionales: Para dar estabilidad a objetos en posición sedente.</p>	
<p>Utilización correcta de los percentiles.</p>		<p>Utilización incorrecta de los percentiles.</p>
 <p>Altura de la silla para su estabilidad</p>		 <p>Desestabilidad, propenso a accidentes</p>

Tabla 33. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable altura hombros-piso. Elaboración propia.

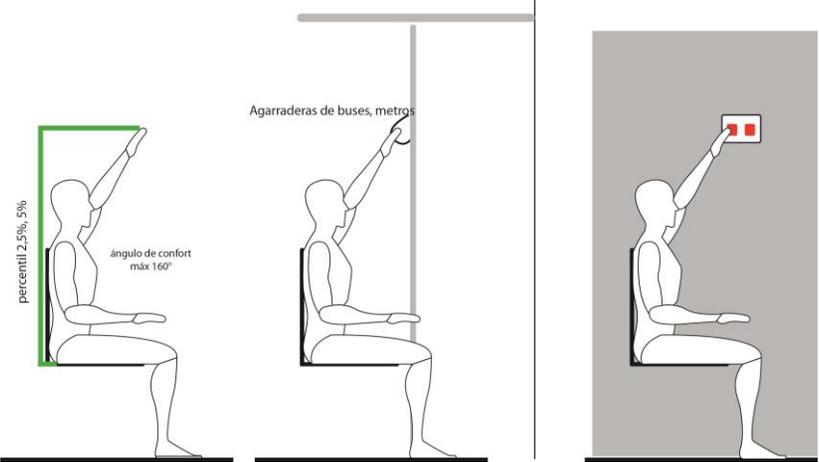
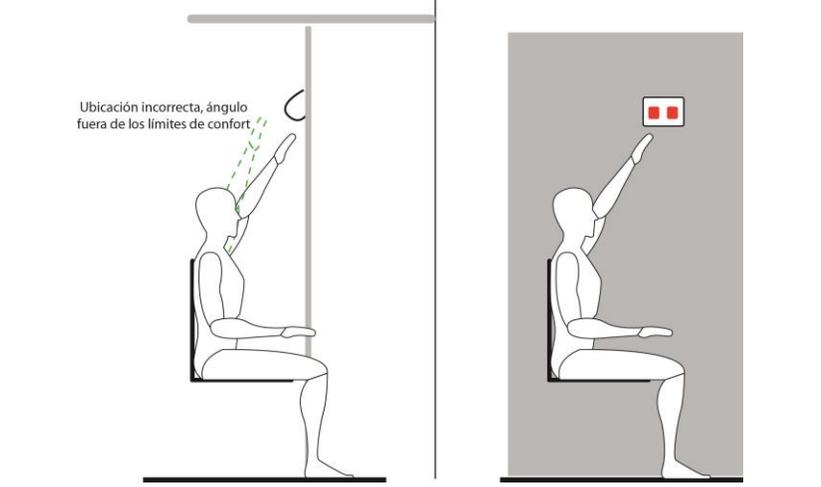
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Alcance vertical de asimiento</p>	<p>Determina las alturas máximas botones, teclas, interruptores.</p> <p>Percentil recomendado 5% ó 2,5%</p> <p>Aplicaciones adicionales: objetos sobres perchas, cajoneras.</p>	
<p>Utilización correcta de los percentiles.</p>		<p>Utilización incorrecta de los percentiles.</p>
		

Tabla 34. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable alcance vertical de asimiento.

Elaboración propia.

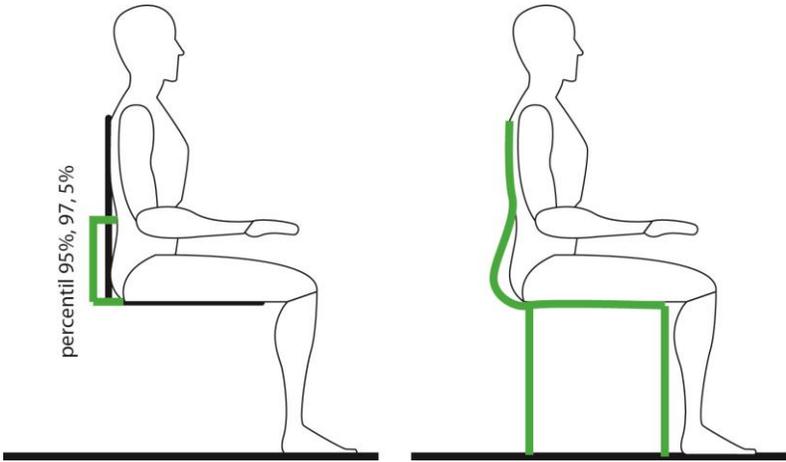
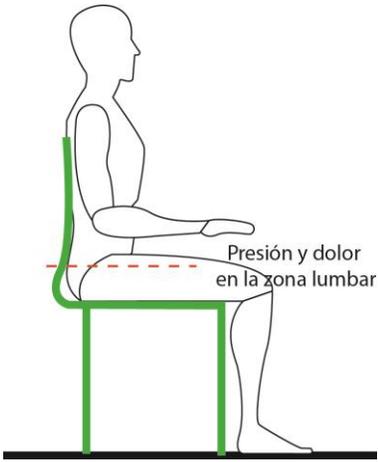
<p>Altura concavidad lumbar-asiento</p>	<p>Determina el punto de inicio de apoyo de la espalda, para así determinar la parte cóncava a dejar entre el espaldar y el asiento de una silla.</p> <p>Percentil recomendado 95% ó 97,5%</p> <p>Aplicaciones adicionales: baños, sofás.</p>	
<p>Utilización correcta de los percentiles.</p>		<p>Utilización incorrecta de los percentiles.</p>
		

Tabla 35. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable concavidad lumbar-asiento.

Elaboración propia.

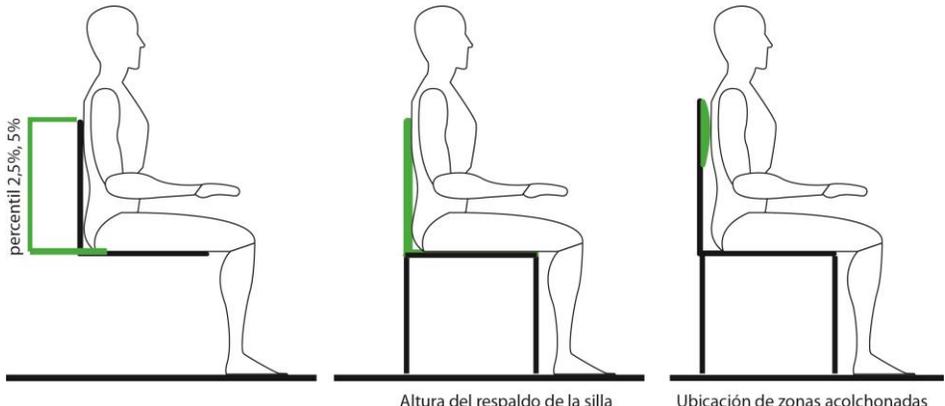
<p>Altura piso-escápula</p>	<p>Determina la ubicación de objetos de reposo de la espalda, determinar la altura del respaldo de silla, de bancas compartidas.</p> <p>Percentil recomendado 5% ó 2,5%, debido a que la Guía para el Diseño de Mobiliario escolar recomienda que en actividades en las cuales se requiere movilidad de hombros y brazos, el respaldo no comprima las escápulas.</p> <p>Aplicaciones adicionales: Máquinas de masaje.</p>	
<p>Utilización correcta de los percentiles.</p>		<p>Utilización incorrecta de los percentiles.</p>
		

Tabla 36. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable altura piso-escápula. Elaboración propia.

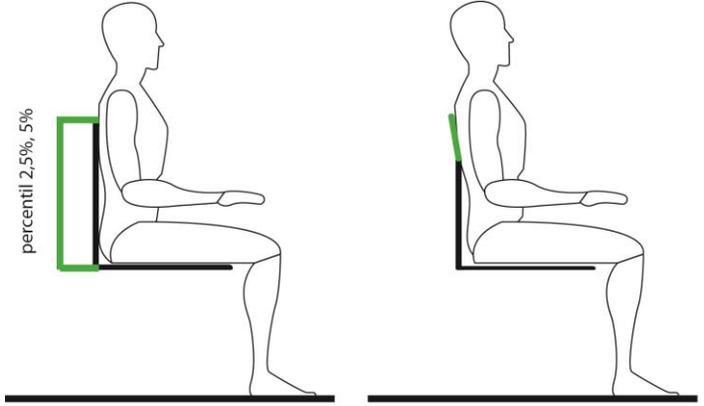
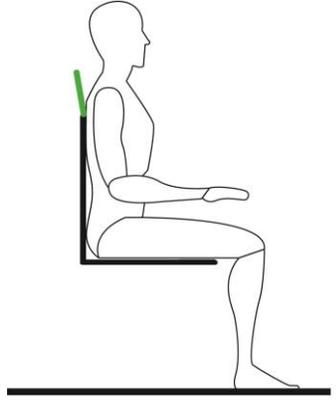
<p>Altura asiento – escápula.</p>	<p>Determina la altura del espaldar del asiento y delimita el ángulo de inclinación de la silla.</p> <p>Percentil recomendado 5% ó 2,5%, debido a que la Guía para el Diseño de Mobiliario escolar recomienda que en actividades en las cuales se requiere movilidad de hombros y brazos, el espaldar no comprima las escápulas</p> <p>Aplicaciones adicionales: Máquinas de masaje.</p>	
	<p>Utilización correcta de los percentiles.</p>	<p>Utilización incorrecta de los percentiles.</p>
 <p>percentil 2,5%, 5%</p> <p>Delimita el ángulo de inclinación del respaldo de la silla</p>	 <p>Ubicación incorrecta e innecesario del respaldo reclinado</p>	

Tabla 37. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable asiento-escápula. Elaboración propia.

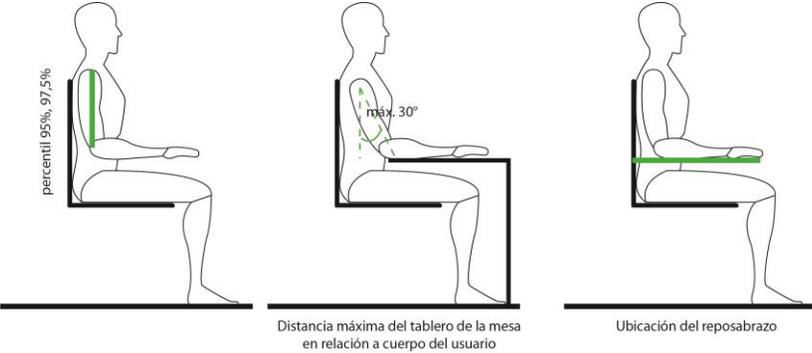
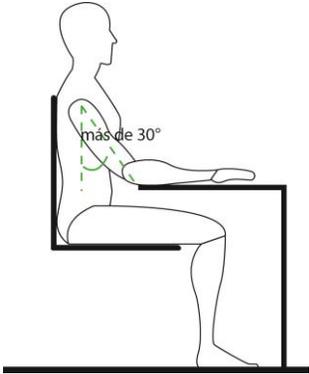
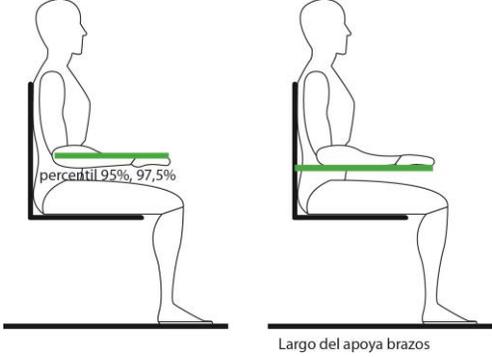
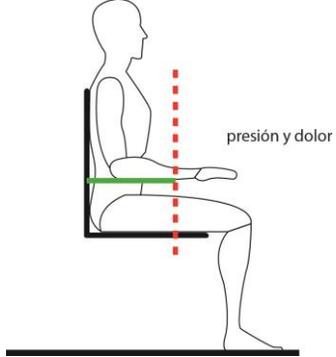
Longitud hombro – codo	<p>Determina la altura objetos donde la interacción hombro codo tomando en cuenta los parámetros de flexión y abducción del antebrazo con respecto al brazo, además se debe considerar que el codo se separe del cuerpo máximo 10% que es el límite de confortabilidad entre hombro y codo, de esta manera se garantizará la comodidad al realizar tareas de escritura, o manipulación de objetos, por ejemplo servirá para establecer la altura de la mesa de trabajo, mesa de laboratorio, mesa de prácticas.</p> <p>Percentil recomendado 95% ó 97,5%</p> <p>Aplicaciones adicionales. Ubicación de mouse y teclado de computadores, ubicación de cajoneras.</p>
Utilización correcta de los percentiles.	Utilización incorrecta de los percentiles.
 <p>percentil 95%, 97,5%</p> <p>máx. 30°</p> <p>Distancia máxima del tablero de la mesa en relación a cuerpo del usuario</p> <p>Ubicación del reposabrazo</p>	 <p>más de 30°</p>

Tabla 38. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable longitud hombro-codo. Elaboración propia.

<p>Longitud del antebrazo-dedo pulgar</p>	<p>Determina la distancia de la silla, con respecto a la mesa para el desarrollo de actividades, y las áreas de comodidad de Farley. Además determinaría el largo del apoyabrazos.</p> <p>Percentil recomendado 5 ó 2,5% para la distancia y 95%, 97,5% para las áreas de Farley.</p> <p>Aplicaciones adicionales: Espacios de comedores.</p>	
<p>Utilización correcta de los percentiles.</p>	<p>Utilización incorrecta de los percentiles.</p>	
		
<p>Tabla 39. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable longitud del antebrazo-dedo pulgar.</p> <p>Elaboración propia.</p>		

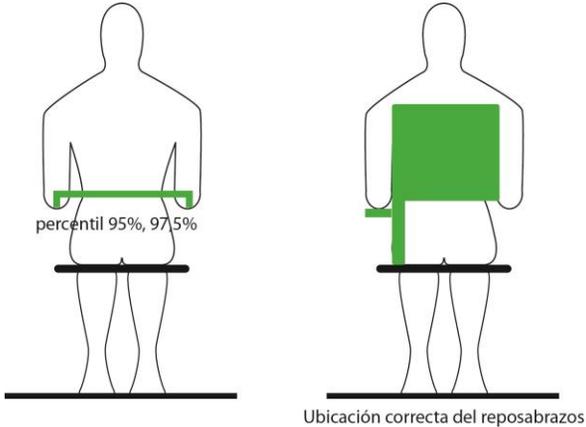
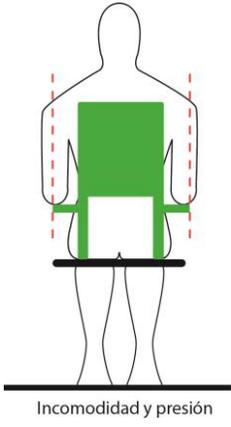
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Distancia entre codos</p>	<p>Determina separación de los apoyabrazos de la silla.</p> <p>Percentil recomendado 95% ó 97,5%</p> <p>Aplicaciones adicionales: Objetos de dormitorio, y asientos en general.</p>	
	<p>Utilización correcta de los percentiles.</p>	<p>Utilización incorrecta de los percentiles.</p>
 <p>percentil 95%, 97,5%</p> <p>Ubicación correcta del reposabrazos</p>	 <p>Incomodidad y presión</p>	

Tabla 40. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable distancia entre codos. Elaboración propia.

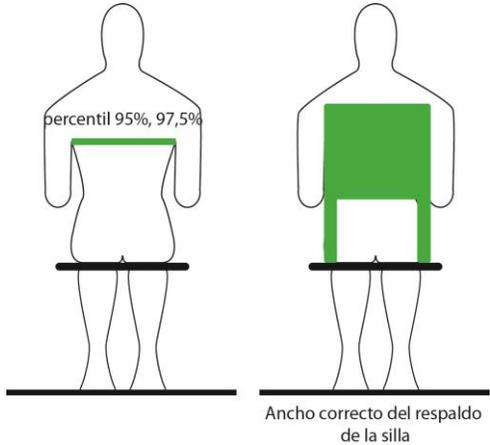
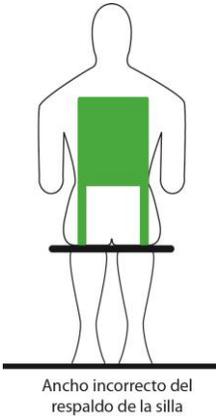
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Anchura torácica</p>	<p>Determina el ancho del espaldar de la silla.</p> <p>Percentil recomendado 95% ó 97,5</p> <p>Aplicaciones adicionales: Objetos de sujeción.</p>	
<p>Utilización correcta de los percentiles.</p>		<p>Utilización incorrecta de los percentiles.</p>
		

Tabla 41. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable anchura torácica. Elaboración propia.

Ancho de los hombros	<p>Determina ancho de respaldo de sillas, en espacial cuando van a ser ubicados en espacios compartidos, como taller de prácticas, laboratorios, mesas de trabajo grupal.</p> <p>Percentil recomendado 95% ó 97,5</p> <p>Aplicaciones adicionales: Espacios de cine, teatro, charlas, aviones.</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> Utilización correcta de los percentiles. Utilización incorrecta de los percentiles. </div>	

Tabla 42. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable ancho hombros. Elaboración propia.

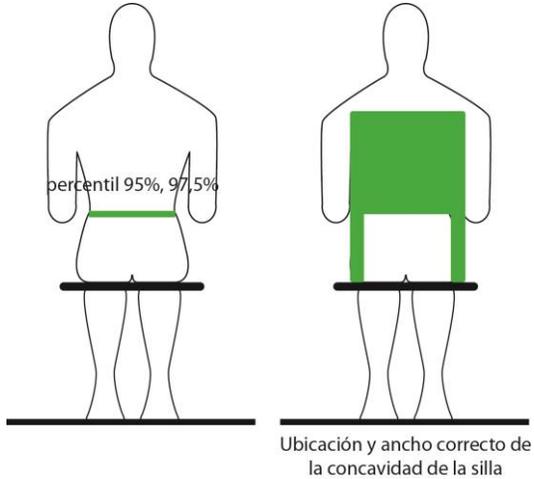
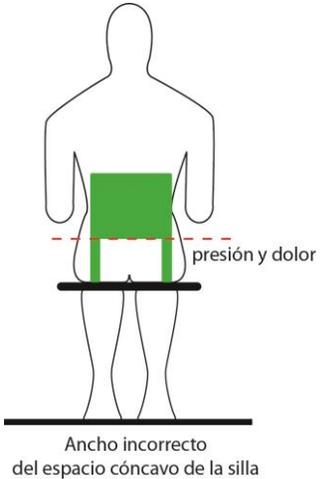
Ancho de la cintura	<p>Determina la altura de la mesa, la ubicación de la parte hueca de la silla y el ancho del respaldo en la parte inferior del mismo.</p> <p>Percentil recomendado 95% ó 97,5</p> <p>Aplicaciones adicionales: Objetos de sujeción.</p>	
Utilización correcta de los percentiles.		Utilización incorrecta de los percentiles.
 <p>Ubicación y ancho correcto de la concavidad de la silla</p>		 <p>Ancho incorrecto del espacio cóncavo de la silla</p>

Tabla 43. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable ancho cintura. Elaboración propia.

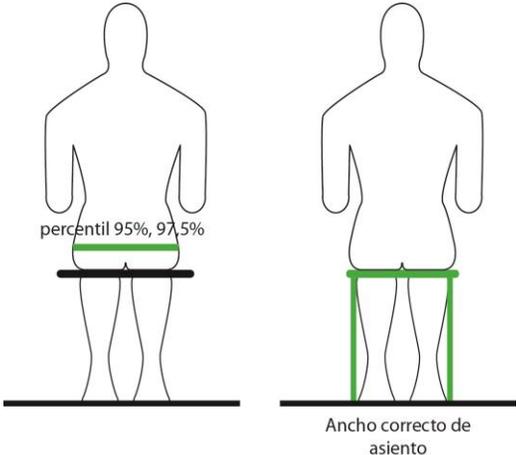
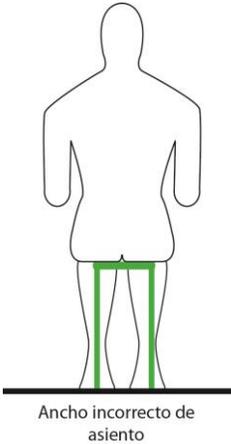
Ancho de las caderas	<p>Determina el ancho del asiento de las sillas, así también para el ancho y la ubicación de sillas o bancas en espacios compartidos, como taller de prácticas, laboratorios, mesas de trabajo grupal.</p> <p>Percentil recomendado 95% ó 97,5</p> <p>Aplicaciones adicionales: Espacios de cine, teatro, charlas, aviones, asientos en general.</p>	
Utilización correcta de los percentiles.	Utilización incorrecta de los percentiles.	
		

Tabla 44. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable ancho cadera. Elaboración propia.

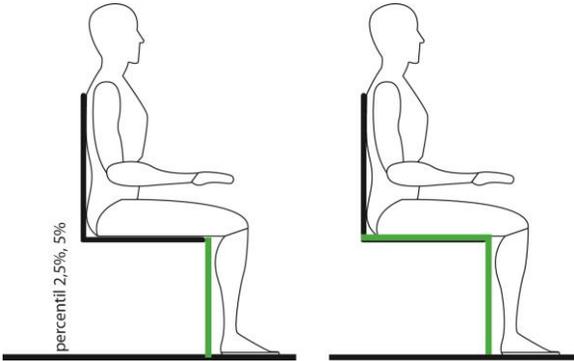
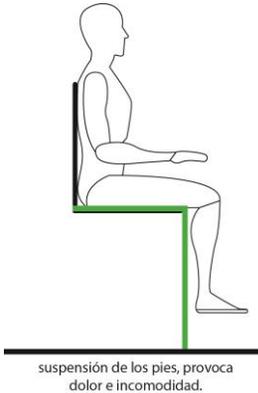
<p>Altura poplíteica</p>	<p>Determina la altura conveniente de asiento de la silla en el punto más elevado de su parte anterior, con referencia del suelo.</p> <p>Percentil recomendado 5% ó 2,5%, sin embargo Gouvali M. (2006), sugiere utilizar la siguiente fórmula para establecer la altura del asiento: $(AP+ 2.5) \cos 30^\circ \leq \text{Altura del Asiento} \leq (AP+ 2.5) \cos 5^\circ$</p> <p>Aplicaciones adicionales: espacios para dormir, para comer, baños, silla de tocadores, observación de pantallas, áreas de trabajo en general.</p>	
<p>Utilización correcta de los percentiles.</p>	<p>Utilización incorrecta de los percentiles.</p>	
		

Tabla 45. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable altura poplíteica. Elaboración propia.

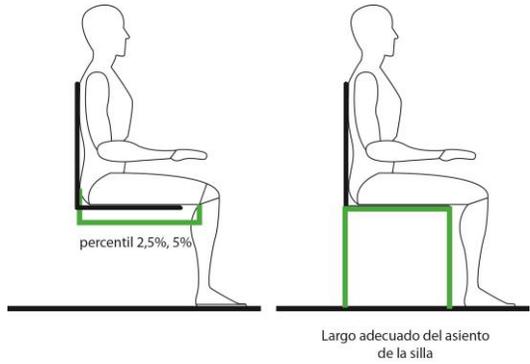
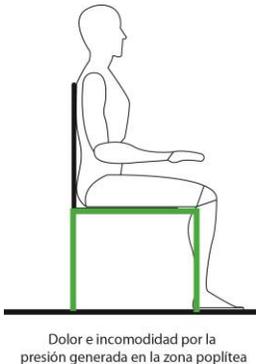
Longitud nalga-poplítea	<p>Determina el largo del asiento.</p> <p>Percentil recomendado 5% ó 2,5%</p> <p>Aplicaciones adicionales: espacios para dormir, espacios para comer, baños, sillas de tocadores.</p>	
Utilización correcta de los percentiles.	Utilización incorrecta de los percentiles.	
		

Tabla 46. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable ancho nalga-poplítea. Elaboración propia.

Longitud nalga-rodilla	<p>Determina la distancia entre el asiento y un objeto delante de él, por ejemplo la distancia entre la silla y la mesa, entre silla y silla, silla mostradores.</p> <p>Percentil recomendado 5% ó 2,5%</p> <p>Aplicaciones adicionales: Asientos fijos en restaurantes, auditorios, teatros.</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> Utilización correcta de los percentiles. Utilización incorrecta de los percentiles. </div>	

Tabla 47. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable longitud nalga-rodilla. Elaboración propia.

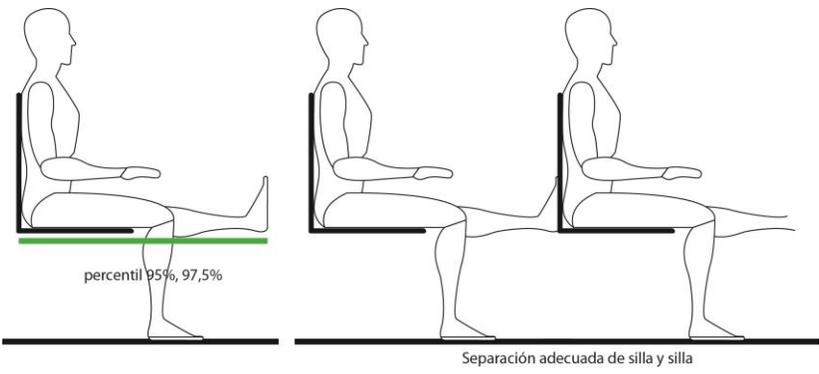
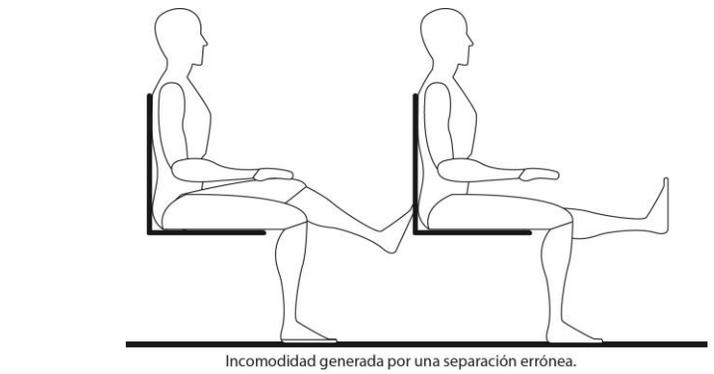
Distancia nalga-talón	<p>Determina la distancia de los asientos ubicados filas.</p> <p>Percentil recomendado 95% y 97,5%</p> <p>Aplicaciones adicionales: áreas de terapia física y de desarrollo deportivo.</p>	
Utilización correcta de los percentiles.		Utilización incorrecta de los percentiles.
		

Tabla 48. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable longitud nalga-talón. Elaboración propia.

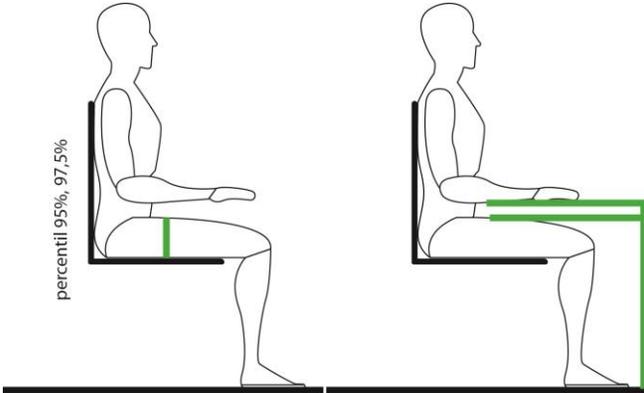
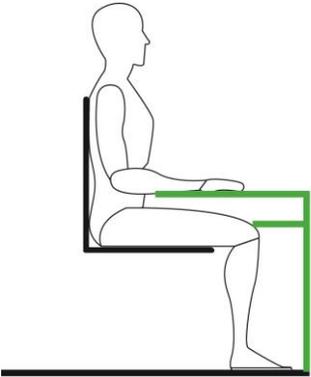
Espesor del muslo	<p>Determina el espacio adecuado/ cómodo que debe existir cuando el usuario coloque sus piernas por debajo de la superficie de trabajo por ejemplo la distancia entre la silla y la mesa, mostradores, escritorio, cajoneras</p> <p>Percentil recomendado 95% ó 97,2%</p> <p>Aplicaciones adicionales: Espacios de comedor</p>	
Utilización correcta de los percentiles.		Utilización incorrecta de los percentiles.
 <p>percentil 95%, 97,5%</p> <p>Ubicación idónea de objetos sobre el muslo</p>		 <p>Ubicación errónea de objetos que incomodan o presionan el muslo</p>

Tabla 49. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable espesor del muslo. Elaboración propia.

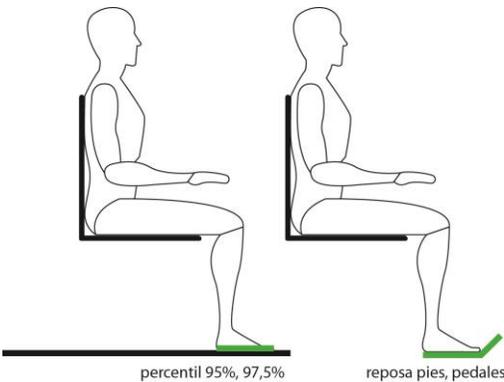
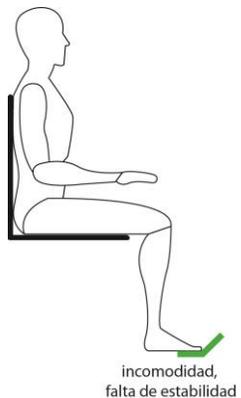
<p>Longitud del pie</p>	<p>Determina el largo de los reposapiés la base que sostendrá los pies.</p> <p>Percentil recomendado: 95% y 97,5%</p> <p>Aplicaciones adicionales: máquinas de ejercicio.</p>	
<p>Utilización correcta de los percentiles.</p>	<p>Utilización incorrecta de los percentiles.</p>	
		

Tabla 50. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable longitud pie. Elaboración propia.

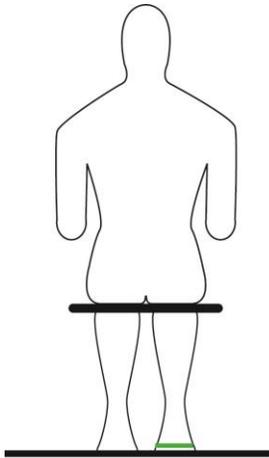
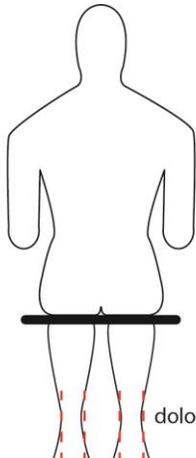
<p>Ancho del pie</p>	<p>Determina el ancho del reposapiés.</p> <p>Percentil recomendado: 95% y 97,5%</p> <p>Aplicaciones adicionales: máquinas de ejercicio.</p>	
<p>Utilización correcta de los percentiles.</p>		<p>Utilización incorrecta de los percentiles.</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>percentil 95%, 97,5%</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>ancho idóneo del reposapiés</p> </div> </div>		<div style="text-align: center;">  <p>dolor y presión</p> <p>ancho incorrecto del reposapiés</p> </div>

Tabla 51. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable ancho del pie. Elaboración propia.

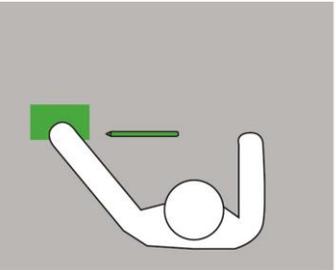
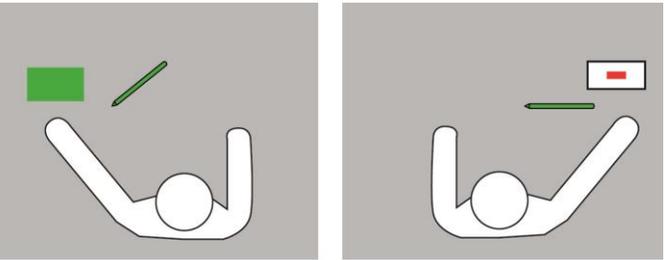
<p>Radio de movimiento antebrazo-mano derecha</p>	<p>Utilizada para determinar las áreas de Farley del lado derecha de la mesa y el ancho de la mesa, el ancho de gaveta, cajoneras, libreros.</p> <p>Percentil recomendado: 5% y 97,5%</p> <p>Aplicaciones adicionales: Ubicación de botones, ubicación de objetos en el hogar.</p>
<p>Radio de movimiento antebrazo-mano izquierda</p>	<p>Utilizada para determinar las áreas de Farley del lado izquierdo de la mesa, el ancho de gaveta, cajoneras, libreros.</p> <p>Percentil recomendado: 5% y 97,5%</p> <p>Aplicaciones adicionales: Ubicación de botones, ubicación de objetos en el hogar.</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>percentil 2,5%, 5%</p> <p>alcance idóneo de objetos</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>problemas de alcance de objetos</p> </div> </div>	

Tabla 52. Variables antropométricas a considerar en el diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz_ Variable ancho radio de movimiento. Elaboración propia.

Observación: Las aplicaciones adicionales son recomendaciones dadas por la investigadora, pudiendo ser ampliadas según la necesidad de otros proyectos de investigación referentes al tema discapacidad motriz.

A.3.2) Toma de datos

Para la toma de datos se debe preparar todos los instrumentos necesarios de medición, además posicionar al sujeto de investigación (caso específico: personas con discapacidad motriz) en la posición idónea para la toma de medidas, para garantizar el menor porcentaje de error en la toma de las mismas. A continuación se detalla el proceso a seguir:

A.3.2.1) Selección de los instrumentos de medición

Deben ser elegidos dependiendo de la medida que se desea conocer, estos pueden ser el antropómetro, pie de rey, compás de pliegue cutáneo, goniómetro, cintamétrica entre otros instrumentos más avanzados especificados en el estado del arte.

A.3.2.2) Posición o ubicación del individuo

Se establecen las consideraciones antropométricas en las que debe encontrarse el sujeto de investigación y futuro usuario del producto para la toma de datos, sea en posición de pie o sedente, este requisito de posicionamiento es indispensable para tener el menor error probable en los datos obtenidos.

En el caso de personas con discapacidad y específicamente con discapacidad motriz, por su condición física, puede resultar complicado ubicarles en la posición correcta, por lo que con ayuda del tutor y/o padre de familia se debe ubicar a la persona en la posición idónea en medida de lo posible, evitando posibles movimientos que dificultaría la toma de datos (medidas) e invalidarían los resultados obtenidos. De darse el caso que llegara a suceder este tipo de movimientos durante el proceso de toma de datos, el proceso debe suspenderse y retomarse de nueva cuenta para garantizar que la información obtenida es la correcta.

A continuación se detallan las consideraciones antropométricas, tanto en posición de pie y sedente idóneas en la que se debe encontrar el sujeto de investigación para la toma de medidas:

- **Consideraciones en posición de pie**, donde el sujeto de investigación debe estar en una postura erguida, con vista al frente, las extremidades superiores deben estar extendidas hacia arriba y/o abajo o formando un ángulo de 90° entre brazo y antebrazo, de igual manera las extremidades inferiores totalmente rectas en medida de lo posible.
- **Consideraciones en posición sedente:** Entre piernas y muslos se debe describir un ángulo de 90°, de igual manera las extremidades superiores entre antebrazo y brazo deben formar un ángulo de 90°, la espalda recta, la vista al frente y los pies asentados en el piso y de preferencia descalzos.

Si se ha logrado colocar al sujeto de investigación en la posición idónea, se procede a la toma de las medidas, en caso contrario se deberá insistir hasta ubicar al sujeto en posición correcta.

A.3.2.3) Toma de medidas

Antes de proceder a la toma de medidas (datos) antropométricos, se debe recabar información general correspondiente al tipo de discapacidad motriz que presenta el investigado, así también como la edad, y el peso del niño y niña, con el objetivo de rellenar los campos correspondientes a dichos datos en la ficha técnica presentada en la Tabla 53, así también la información correspondiente sobre el género masculino o femenino del investigado. Una vez obtenida la información especificada anteriormente, y con el sujeto de investigación ubicado correctamente en posición de pie o sedente según sea el caso, y utilizando los instrumentos de medición idóneos se procede a tomar los datos antropométricos de las diferentes variables identificadas anteriormente, según la necesidad de diseño.

A.3.2.4) Acopio de datos obtenidos en la ficha técnica.

Los datos antropométricos obtenidos, deben ser organizados en la ficha técnica que se presenta en el Tabla 53, para el posterior cálculo del promedio y desviación estándar, así también se deben calcular los percentiles que se consideren necesarios para el diseño del mobiliario escolar.

Descriptores	Detalle			
Discapacidad	Tipo			
Sexo (F)/(M)	M ó F			
Edad	en años			
Peso	en kg.			
1. variable antropométrica	Dato(medida)			
2. variable antropométrica				
3. variable antropométrica				
4. variable antropométrica				

Tabla 53. Ficha técnica para la recopilación de datos antropométricos de personas con discapacidad motriz.
Elaboración propia.

Con los datos obtenidos es importante realizar una prueba de normalidad, la misma que permitirá determinar si los mismos presentan un comportamiento normal y así garantizar su fiabilidad, lo que permitirá proseguir o no con la investigación. Así también es importante obtener los valores de la desviación estándar de los datos de cada variable, lo que permitirá determinar el rango de distanciamiento entre ellos, considerando que entre menor sea la distancia más fiable es el dato obtenido.

A.3.2.5) Cálculo de percentiles

Para establecer el rango de medidas a considerar en el diseño de mobiliario, se debe calcular los percentiles que acojan al mayor número de personas; en el caso particular de mobiliario para personas con discapacidad motriz se recomienda utilizar el percentil 2,5% para lo concerniente al alcance de objetos y el 97,5% cuando el requerimiento sea

la holgura. Para el cálculo de los percentiles se empleará la Fórmula (F3) establecida por Castilla,L., Cravioto,J (1991) que se presenta a continuación:

$$(F.3) \quad P_k = kN/100$$

Donde P_k es el valor del percentil; K es el número del percentil (2,5% ó 97,5%); y N es el valor del tamaño de la muestra (n)

A.3.2.6) Organización de las medidas en función de su aplicación.

Los percentiles obtenidos serán organizados de acuerdo a su aplicación en el diseño de equipamiento educativo de manera general en la Tabla 54, esto permitirá identificar todos los datos (que desde ahora se los identificará como medidas) a considerar en el diseño de del equipamiento. Posteriormente dichos medidas serán ordenados y agrupados en la Tabla 55 en relación a su funcionalidad, generando así un rango de medidas útiles a considerar en el diseño del equipamiento educativo, donde el diseñador seleccionará la medida más idónea a utilizar o empleará recursos matemáticos para obtener la medida deseada.

Además es importante realizar un sistema de codificación cromático para identificar los percentiles máximos (97,5%), los mínimos (2,5%), o el rango de percentiles a utilizar en el diseño del equipamiento educativo. En la Tabla 54 y 55, se puede observar la aplicación de dicha codificación empleando el color verde para los percentiles máximos (97,5%), el color cyan correspondería a los percentiles mínimos (2,5%) y el color naranja correspondería a un rango de percentiles a utilizar según la necesidad, el mismo que se recomienda emplear cuando se va a diseñar sistemas regulables

Mobiliario escolar (ejemplo silla)						
Variable/Aplicación	(ej. Altura silla.)					
(ej. altura poplítea)	Percentil (97,5%)		Percentil (2,5%)			
		Rango de percentiles				

Tabla 54. Matriz de variables vs aplicación para el diseño de mobiliario para personas con discapacidad motriz.. Elaboración propia.

Mobiliario escolar			
Aplicación	VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS	percentil 2,5%	percentil 97,5%

Tabla 55. Medidas antropométricas en relación a su aplicación. Elaboración propia.

Con la información obtenida de la Tabla 55, se procederá a realizar un detalle de las medidas máximas y mínimas a utilizar en el diseño del mobiliario, esto servirá para establecer el rango de medidas que se podrían utilizar para el diseño de equipamiento educativo ergonómico, así también dichas medidas permitirán realizar la mancha gráfica que se explicará en el punto de diseño técnico de detalle. Las medidas máximas y mínimas deben ser detalladas en la matriz presentada en la Tabla 56.

Silla		
Aplicación	Máximas	Mínimas
Ancho espaldar		

Tabla 56. Medidas máximas y mínimas a utilizar en el diseño de mobiliario escolar. Elaboración propia.

Así también con las medidas antropométricas ordenados y agrupados según su aplicación (Tabla 55), el diseñador procederá a seleccionar las medidas que se ajusten a las necesidades de diseño ergonómico requerido. Para lo cual se seleccionarán las idóneas o de ser el caso se realizarán operaciones matemáticas para obtener la medida definitiva, tal como se aprecia en el *Ejemplo 1*.

Las medidas definitivas seleccionadas u obtenidas serán expuestas en la matriz presentada en la Tabla 57, la misma será el instrumento de trabajo fundamental en la etapa de diseño técnico de detalle.

Silla		
Detalle	Dimensión	Percentil
Alto del espaldar	<i>Ejemplo 1</i> (Altura hombros-piso menos altura poplítea menos longitud concavidad lumbar asiento)	2,5%

Tabla 57. Medidas definitivas para el diseño del mobiliario escolar para personas con discapacidad. Elaboración propia.

Una vez concluida en su totalidad la etapa de consideraciones ergonómicas, se prosigue con la etapa de especificaciones de diseño.

B Especificaciones de diseño

En lo referente a las especificaciones de diseño se deberá determinar las características ergonómicas y medioambientales que debe presentar el equipamiento educativo a diseñar, en función a los objetivos de la investigación planteados.

B.1) Aspectos ergonómicos

En los aspectos ergonómicos se deben plantear los criterios de seguridad, confortabilidad y accesibilidad que debe presentar el equipamiento educativo, esto con el objetivo de dar respuesta a las necesidades ergonómicas detectadas en investigación preliminar, así también serán los criterios que fundamenten el diseño de prototipo. Además se debe considerar de forma general las normativas que rigen y controlan la fabricación de equipamiento de cada país. A continuación se muestran especificaciones básicas de seguridad, confortabilidad y accesibilidad que debe cumplir el equipamiento educativo, las mismas que pueden ser ampliadas por futuras investigaciones.

En lo referente a los criterios de seguridad, confortabilidad y accesibilidad se plantea:

b.1.1) Seguridad:

b.1.1.1) El mobiliario no debe presentar salientes peligrosas.

b.1.1.2) Emplear esquinas con bordes semicirculares para evitar golpes o incrustaciones.

b.1.1.3) No deben presentar grietas, defectos ni deformaciones, de ser así se le debe dar mantenimiento o proceder a su reemplazo.

b.1.1.4) Todo el mobiliario debe ser estable, para evitar volcamiento o caída de los mismos.

b.1.1.5) El mobiliario debe desempeñar únicamente la función para lo cual fue diseñado.

b.1.1.6) Los sistemas de sujeción deben ser seguros, de tal forma que las uniones no se aflojen.

b.1.1.7) Los sistemas de movilidad debe tener pestillos de seguridad, para evitar desplazamientos innecesarios y peligrosos.

b.1.1.8) Todos los materiales a emplear no deben ser tóxicos ni presentar astillas.

b.1.1.9) Las repisas y todo mueble aéreo deben ir a una separación prudente de la nuca (vertex) del usuario, encontrándose el mismo en posición en pie o sedente, esto evitará golpes o roces peligrosos e innecesarios. Además se considerará también la resistencia del material y de los sistemas de sujeción, para que el equipamiento soporte el peso que se coloque en él.

b.1.1.10) Las terminales inferiores de todas el equipamiento educativo que presente patas debe presentar un diseño o estar recubiertas de tal manera que no ocasionen deterioro a la superficie donde serán asentados ni ruidos incómodos para los usuarios y las personas de su alrededor.

b.1.2) Confortabilidad:

b.1.2.1) Acotar un máximo de 2cm por lado a las medidas del mobiliario cuando el requerimiento sea la holgura.

b.1.2.2) Los asientos del equipamiento educativo debe sostener cómodamente los muslos de las dos piernas y lo glúteos del usuario.

b.1.2.3) Para el ángulo de confort, existente entre el asiento y el espaldar del equipamiento educativo como sillas y sillones se tomarán en cuenta los límites

de los ángulos de confortabilidad establecidos Wisner, enunciados en el estado del arte.

b.1.2.4) El vértice de unión entre el espaldar y el asiento debe permitir una correcta adecuación de la zona lumbar del usuario.

b.1.2.5) Presentar una altura adecuada del asiento, permitiendo asentar correctamente la planta del pie sobre una superficie plana.

b.1.2.6) Establecer la profundidad adecuada del asiento, para contener cómodamente los glúteos y los muslos de la pierna evitando sensaciones de compresión detrás de la rodilla por profundidades muy largas o la impresión de caerse hacia adelante por profundidades muy cortas.

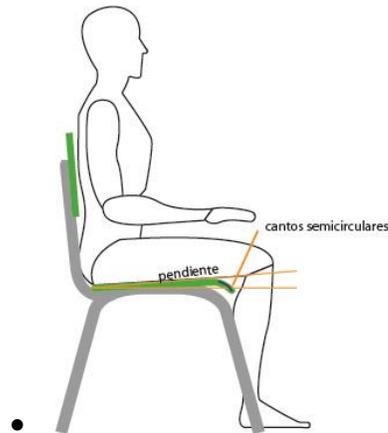
b.1.2.7) Los reposabrazos deben estar colocados en función a la altura codo - asiento del usuario de menor tamaño corporal, con la finalidad de no generar elevaciones indebidas del hombro, ocasionando cansancio y dolor, los mismos deberán ser ubicados en posición horizontal, tomando como referencia la distancia codo-dedo pulgar para determinar el largo del reposabrazos.

b.1.2.8) El reposabrazos se desplazará 90° hacia arriba, con el objetivo de dejar libre los espacios laterales de la silla, permitiendo la movilidad lateral del usuario cuando él o ella lo requiera, así también, cuando esté ubicado en posición horizontal además de servir como reposabrazos, este actuará como un sistema de seguridad lateral del mueble.

b.1.2.9) EL respaldo de la silla o su similar deberá presentar una curvatura cóncavo mínimo 1cm y máximo 4cm, la mima debe acoger al mayor número de usuarios.

b.1.2.10) El asiento de la silla, sillones, etc. deberá presentar una pendiente entre el plano del asiento y la proyección horizontal de sus bordes, dicha pendiente debe ser mínimo de 1cm y máximo 4cm, estructurada para que el usuario no se resbale ni hacia delante ni hacia atrás del asiento, como se visualiza en la Figura 20.

b.1.2.11) El borde de la silla que tiene contacto con la altura poplíteica debe presentar un canto semicircular de 4cm de radio, esto evitará la compresión innecesaria e incómoda en la región poplíteica. Dicho canto se representa en la Figura 20.



○ **Figura 20.** Pendiente y canto semicircular que debe presentar la silla escolar.

Elaboración propia.

b.1.2.12) La altura del tablero de la mesa deberá coincidir con la altura de los codos, para esto se tomará en cuenta la altura piso-codo o inclusive unos pocos centímetros más arriba, considerando siempre los límites de confortabilidad.

b.1.2.13) Entre el tablero de las mesa con respecto al sistema que lo sostiene debe formar un ángulo de 90%, para dar estabilidad al equipamiento educativo.

b.1.2.14) El alto de las mesas, mesones o sus similares, deben estar condicionados a la altura codo-piso y al ángulo de confortabilidad del antebrazo en flexión.

b.1.2.15) Si las mesas diseñadas van a ser utilizadas para escritura, estas deben presentar una acanaladura en la parte frontal al usuario y en los laterales, formado una C, la misma servirá para contener los útiles escolares de escritura, pintura, etc.

b.1.2.16) Los tableros de las mesas, estanterías, cajones y perchas, deben ser planos, mantendrán una línea de proyección continua, proporcionando estabilidad al equipamiento educativo.

b.1.2.17) La bandeja portalibros no necesariamente deben ir debajo del tablero de la mesa, debido a que puede resultar un elemento incómodo e inseguro, pudiendo ser ubicado en otro lugar de la mesa siempre que brinde la misma funcionalidad.

b.1.2.18) La altura de la estructura de la mesa permitirá al usuario sentado introducir cómodamente y sin esfuerzo los muslos de las piernas debajo de ella; a su vez permitirá también la mayor posibilidad de movilidad sin ocasionarle golpes, presiones y rozamientos. Para esto se tomará en cuenta la altura poplítea y el ancho del muslo.

b.1.2.19) Debe existir una adecuada separación entre la silla y la mesa para evitar que el usuario adopte posiciones incómodas e inseguras; esta separación estará condicionada por el ángulo máximo de confortabilidad de separación de los codos hacia el borde de la mesa, en relación al ángulo de confortabilidad del brazo en vertical en flexión.

b.1.2.20) Se debe tratar de diseñar el mobiliario de tal manera que se acople con otros, debido que cuando se agrupe con su similar genere espacios adecuados de trabajo.

b.1.2.21) El mobiliario debe estar diseñado de tal manera que no ocasione posiciones incómodas, golpes o rozaduras cuando interactúe con el mismo.

b.1.2.22) Todo el mobiliario aéreo debe ser ubicado a una altura acorde al ángulo de confort del alcance brazo-mano en elevación. (Figura 21).

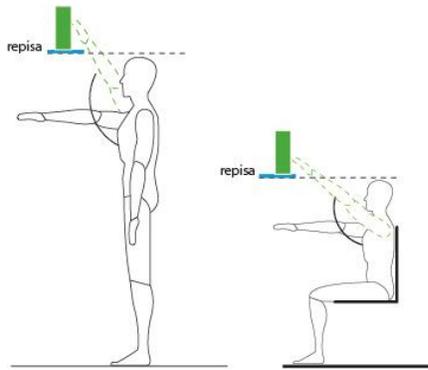


Figura 21. Ubicación del mobiliario aéreo en función al ángulo de confort del brazo-mano en elevación. Elaboración propia.

b.1.2.23) Las gavetas, armarios y todo tipo de mueble similar a ellos deben estar diseñados a una altura y profundidad en referencia al usuario de menor tamaño corporal y a los ángulos de confortabilidad del brazo-mano en elevación y extensión, tal como se visualiza en la Figura 22. Así también los cajones de este tipo de muebles, deben presentar correderas metálicas que permitan un desplazamiento fluido del cajón si mayor fuerza, pero con sistema de tope para evitar posibles caídas del mismo.

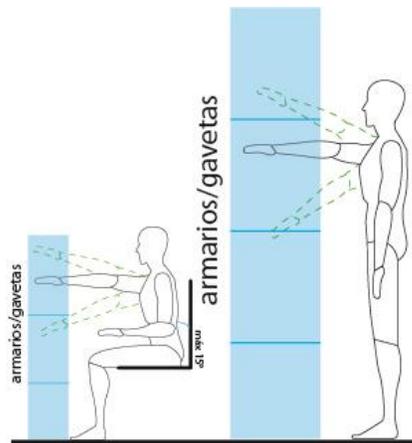


Figura 22. Altura y ubicación de cajoneras en función a los ángulos de confortabilidad brazo-mano en elevación y extensión del usuario. Elaboración propia.

b.1.2.24) Las gavetas, armarios y todo tipo de mueble similar a ellos, dependiendo de su tamaño y peso deberán presentar asas de agarre amplias y

cómodas, así también ruedas que giren sobre su centro 360° y pestillos de seguridad.

b.1.2.25) La dimensión de los pizarrones deben estar en función del ángulo de visión del usuario de menor tamaño corporal como línea base y el ángulo de visión del usuario de mayor tamaño corporal, así también se considerará el ángulo de confortabilidad entre la cabeza y el cuello, esto con el objetivo de ubicar el pizarrón en una posición idónea en la pared.

b.1.3) Accesibilidad:

Dependiendo del equipamiento educativo a diseñar, se debe analizar los criterios de accesibilidad que debe cumplir cada uno de ellos, en función al entorno donde se los va a ubicar, sin embargo como parámetros generales de accesibilidad el equipamiento educativo debe cumplir con:

b.1.3.1) La forma del mobiliario debe ser sencilla, permitiendo acceder e interactuar con el cómodamente.

b.1.3.2) Las sillas debe permitir acceder al usuario al asiento tanto de forma frontal como por sus laterales.

b.1.3.3) Las mesas deben estar a una altura adecuada para que el usuario asiente cómodamente sus codos sobre ella así también alcance sin mayor dificultad el material que se ubica sobre el tablero de la misma.

b.1.3.4) Los muebles aéreos deben estar ubicados a una distancia accesible para el usuarios desde el piso, permitiéndole al usuario alcanzar cómodamente los objetos que se coloquen en ellos

b.1.3.5) El mobiliario diseñado con cajones, debe permitir e fácil acceso al material que de introduzca en ellos, esto evitará posibles accidentes e incomodidades.

b.1.3.6) La ubicación del pizarrón debe estar a una altura adecuada que le permita al usuario interactuar con él.

b.1.3.7) El escritorio del profesor o profesora debe estar diseñado a una altura adecuada donde el estudiante tenga acceso físico y visual.

b.1.3.8) Se debe colocar el material didáctico a una altura accesible por todos los estudiantes, tanto para su visualización, lectura y agarre.

b.1.3.9) El mobiliario debe presentar una distribución espacial de tal manera que el estudiante pueda desplazarse por los espacio libres sin sufrir accidentes ni encontrarse con obstáculos, así también acceder a todos los rincones del aula, tal como se muestra en la Figura 23 para los estudiantes en posición de pie. Dentro de este mismo particular hay que considerar el desplazamiento de las personas en sillas de ruedas, es por ello que en la Figura 24 se ha representado las dimensiones de una silla de ruedas y sus radios de giro, con lo que se podrá calcular el espacio necesario para que el estudiante no tenga inconvenientes de desplazamiento, sin sufrir ni generar incomodidades ni accidentes, tal como se muestra en la Figura 25.

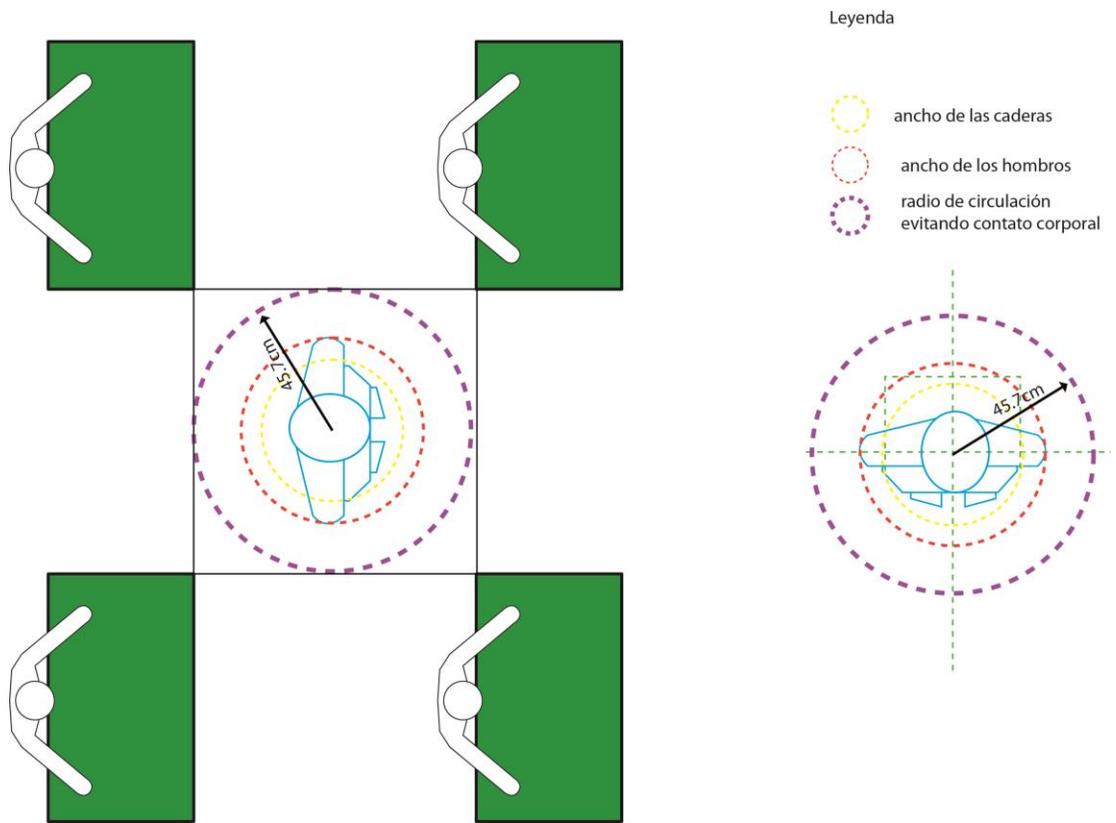
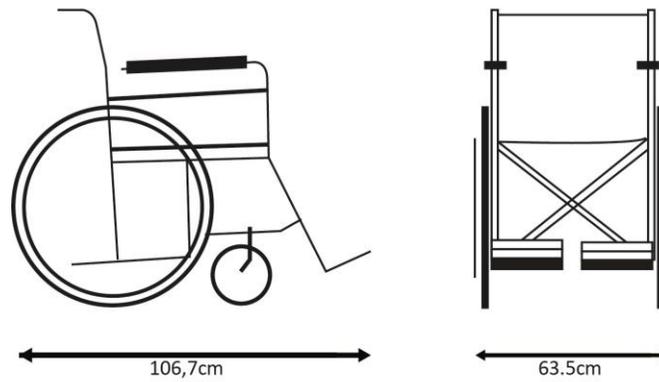


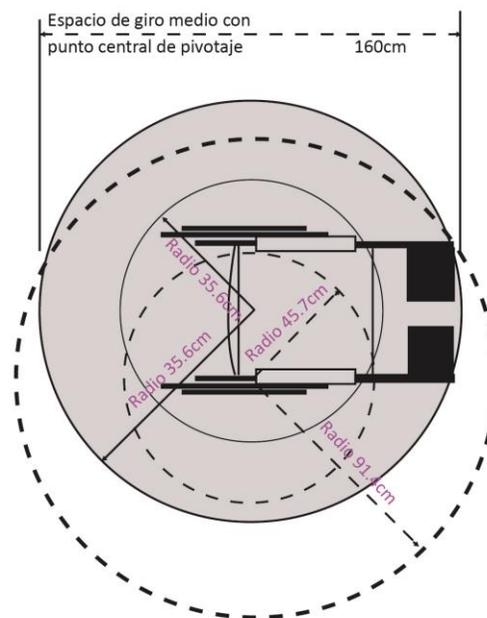
Figura 23. Parámetros de holgura de desplazamiento de una persona en posición de pie.

Referenciado de Panero J, Zelnik M. (1984). Elaboración propia.

Dimensiones de una silla de ruedas



Radio de giro necesarios para una persona en silla de ruedas



Leyenda

- Radio de giro basado en ruedas móviles en direcciones opuestas y pivotando alrededor del centro
- - - Radio de giro basado en el bloqueo de una rueda y giro de la otra pivotando sobre la primera

Figura 24. Dimensiones de una silla de ruedas y radios de giro. Referenciadas de Panero J, Zelnik M. (1984).

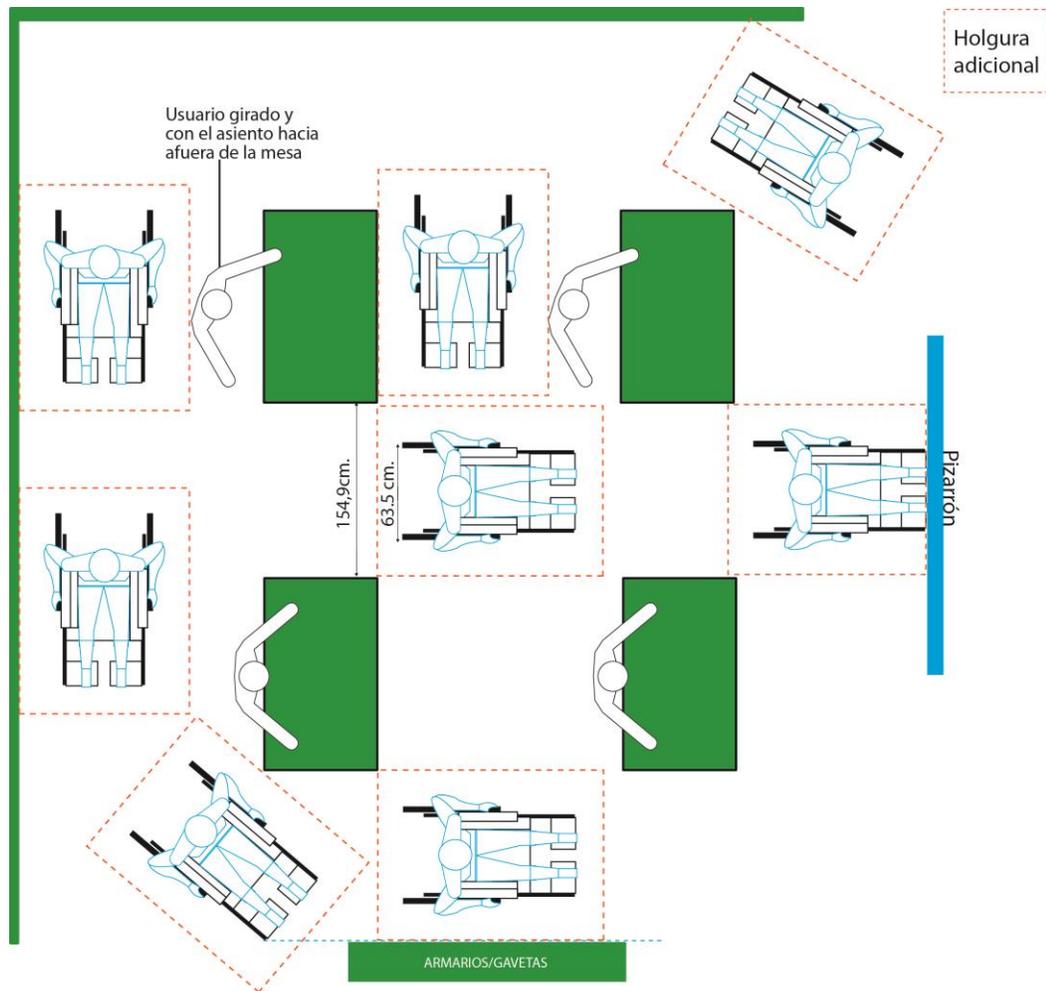


Figura 25. Parámetros de holgura de desplazamiento de una persona en posición sedente.

Elaboración propia

B.2) Aspectos medioambientales

En lo referente a los aspectos medioambientales se debe determinar los materiales duraderos y sustentables ambientalmente para la fabricación del mobiliario, para lo cual se debe realizar un estudio de las características físico-mecánicas de cada material seleccionado, así también determinar la sustentabilidad ambiental de los mismos. Así también es importante centrarse en los material de producción local, es decir los materiales que se obtienen directamente (sin importación) en el que el país donde se va a implementar el mobiliario, esto debido a que se reducirá el impacto ambiental

generado en la etapa de transportación de la materia prima, ya que los kilómetros de recorrido y emisiones de gases serán menores que al importar el material seleccionado.

Para seleccionar el o los materiales idóneos se debe considerar los siguientes parámetros:

b.2) Materiales a utilizar:

b.2.1) Analizar el material en función al tipo y uso en la fabricación de muebles.

b.2.2) Identificar los materiales de origen local, debido que el transporte de la misma tendrá un costo menor que si fuera importada, además de producir un menor impacto ambiental debido a que generará menos emisiones tóxicas y consumirá menos energía.

Además se debe considerar también la capacidad de reciclabilidad de dicho material, con el objetivo de aportar a la sostenibilidad ambiental.

b.2.3) Realizar un análisis técnico de los materiales seleccionados en el punto 2, y analizar comparativamente los materiales seleccionados en función a los criterios físico - mecánicos y a la sustentabilidad ambiental de los mismos, de esta manera se podrá determinar el o los materiales que generen menor impacto ambiental, los mismos que servirán para la fabricación del equipamiento educativo. Así también se debe detallar las empresas que ofertan la materia prima y su ubicación dentro del país donde se va a implementar el equipamiento educativo, con la finalidad de realizar los cálculos respectivos y determinar en la etapa de transporte por coste energético y emisión de gases, que recorrido genera menor impacto ambiental.

Los aspectos tanto ergonómicos y medioambientales anteriormente mencionados se resumen en la Tabla 58.

<p>B.1) Aspectos ergonómicos</p>	<p>b.1.1) Criterio de seguridad</p> <p>b.1.1.1) No presentar saliente peligrosas</p> <p>b.1.1.2) Emplear esquinas semicirculares</p> <p>a.1.1.3) No debe presentar desperfectos (grietas, deformaciones, etc)</p> <p>a.1.1.4) Estable</p> <p>a.1.1.5) Desempeñar solo la función para lo que fue diseñado.</p> <p>a.1.1.6) Sistema de sujeción seguro.</p> <p>a.1.1.7) Sistemas de movilidad con pestillos de seguridad.</p> <p>a.1.1.8) Material no toxico y sin astillas.</p> <p>a.1.1.9) Se colocará las repisas y muebles aéreos a una separación prudente de la nuca, así también se harán pruebas para determinar si el mueble resiste el peso que se coloque sobre él.</p> <p>a.1.1.10) Todas las patas de los equipamientos educativos deben estar recubiertas para no causar deterioro al piso y ruidos incómodos.</p>
<p>B.1) Aspectos ergonómicos</p>	<p>b.1.2) Criterio de confortabilidad</p> <p>b.1.2.1) Acotar un máximo de 2cm por lado cuando se requiera holgura.</p> <p>b.1.2.2) El asiento debe contener cómodamente los muslos, las piernas y los glúteos de usuario.</p> <p>b.1.2.3) Los ángulos de confort estarán acorde a los establecido por Wisner (1998).</p>

	<p>b.1.2.4) El vértice de unión entre el espaldar y el asiento debe permitir una correcta adecuación de la zona lumbar del usuario</p> <p>b.1.2.5) El asiento debe presentar una altura adecuado para asentar correctamente los pies en el piso.</p> <p>b.1.2.6) El asiento debe presentar un profundidad, para contener cómodamente a los muslos y glúteos de los usuarios.</p> <p>b.1.2.7) Los reposabrazos estarán en función de la altura codo-asiento del usuario de menor tamaño corporal, ubicados en posición horizontal y su tamaño dependerá de la longitud codo-dedo pulgar.</p> <p>b.1.2.8) El reposabrazos se desplazará 90° hacia arriba, permitiendo la movilidad lateral del usuario, y en posición horizontal actual como un sistema de seguridad del mueble</p> <p>b.1.2.9) El respaldo del mobiliario deberá presentar una curvatura cóncava de min. 1cm y max. 4cm.</p> <p>b.1.2.10) El asiento de la silla o su similar deberá presentar una pendiente entre el plano del asiento y su proyección horizontal de min. 1cm. y max. 4cm.</p> <p>b.1.2.11) El asiento de la silla o su similar debe presentar un canto semicircular de 4cm de radio.</p> <p>b.1.2.12) La altura del tablero de la mesa deberá coincidir con codo-piso, tomando en cuenta siempre los límites de confortabilidad.</p> <p>b.1.2.13) Entre el tablero de las mesa con respecto al sistema que lo sostiene debe formar un ángulo de 90%, para su estabilidad.</p>
--	--

	<p>b.1.2.14) Presentar una curvatura cóncava frontal no superior a 4cm, para evitar posibles presiones en el pecho del usuario al acercarse demasiado la silla a la mesa.</p> <p>b.1.2.15) Las mesas diseñadas para escritura, estas deben presentar una acanaladura en la parte frontal al usuario y en los laterales, formando una C.</p> <p>b.1.2.16) Los tableros de las mesas, estanterías, cajones y perchas, deben ser planos, mantendrán una línea de proyección continua, proporcionando estabilidad al equipamiento educativo.</p> <p>b.1.2.17) La bandeja portallibros no necesariamente deben ir debajo del tablero de la mesa, puede ir ubicada en otro lugar de la mesa siempre que brinde la misma funcionalidad.</p> <p>b.1.2.18) La altura de la estructura de la mesa permitirá al usuario sentado introducir cómodamente y sin esfuerzo los muslos de las piernas debajo de ella; a su vez permitirá también la mayor posibilidad de movilidad sin ocasionarle golpes, presiones y rozamientos.</p> <p>b.1.2.19) El ancho de la mesa debe permitir que la silla ingrese fácilmente bajo la misma.</p> <p>b.1.2.20) Se debe tratar de diseñar el mobiliario de tal manera que se acople con otros.</p> <p>b.1.2.21) El mobiliario debe estar diseñado de tal manera que no ocasione posiciones incómodas, golpes o rozaduras cuando interactúe con el mismo.</p> <p>b.1.2.22) Todo el mobiliario aéreo debe ser ubicado a una altura acorde al ángulo de confort del alcance brazo-mano en elevación</p>
--	---

	<p>b.1.2.23) Las gavetas, armarios y todo tipo de mueble similar a ellos deben estar diseñados a una altura y profundidad en referencia al usuario de menor tamaño corporal y a los ángulos de confortabilidad del brazo-mano en elevación y extensión así también deben presentar correderas metálicas con un sistema de tope para evitar caídas de los cajones.</p> <p>b.1.2.24) Las gavetas, armarios y todo tipo de mueble similar a ellos, dependiendo de su tamaño y peso deberán presentar asas de agarre amplias y cómodas, así también ruedas que giren sobre su centro 360° y pestillos de seguridad.</p> <p>b.1.2.25) La dimensión de los pizarrones deben estar en función del ángulo de visión del usuario de menor tamaño corporal considerando el ángulo de confortabilidad entre la cabeza y el cuello del usuario.</p>
<p>B.1) Aspectos ergonómicos</p>	<p>b.1.3) Accesibilidad:</p> <p>b.1.3.1) La forma del mobiliario debe ser sencilla.</p> <p>b.1.3.2) Las sillas debe permitir acceder al usuario al asiento tanto de forma frontal como por sus laterales.</p> <p>b.1.3.3) Las mesas deben estar a una altura adecuada para que el usuario asiente cómodamente sus codos sobre ella así también alcance sin mayor dificultad el material que se ubica ella</p> <p>b.1.3.4) Los muebles aéreos deben estar ubicados a una distancia accesible para el usuario desde el piso, permitiéndole al usuario alcanzar cómodamente los objetos que se coloquen en ello</p> <p>b.1.3.5) El mobiliario diseñado con cajones, debe permitir el fácil</p>

	<p>acceso al material que de introduzca en él.</p> <p>b.1.3.6) La ubicación del pizarrón debe estar a una altura adecuada que le permita al usuario interactuar con él.</p> <p>b.1.3.7) El escritorio del profesor/a debe estar diseñado a una altura adecuada donde el estudiante tenga acceso físico y visual.</p> <p>b.1.3.8) Se debe colocar el material didáctico a una altura accesible por todos los estudiantes, tanto para su visualización, lectura y agarre.</p> <p>b.1.3.9) El mobiliario debe presentar una distribución espacial de tal manera que el estudiante pueda desplazarse por los espacio libres sin sufrir accidentes ni encontrarse con obstáculos, así también acceder a todos los rincones del aula.</p>
<p>B.2) Aspectos medioambientales</p>	<p>b.2.1) Materiales</p> <p>b.2.1.1) Analizar el material en función al tipo y uso en la fabricación de muebles.</p> <p>b.2.1.2) Identificar los materiales de origen local y la capacidad de reciclabilidad de dicho material.</p> <p>b.2.1.3) Realizar un análisis técnico de los materiales seleccionados, y analizar comparativamente.</p>

Tabla 58. Resumen de los especificaciones de diseño que debe cumplir el equipamiento educativo a diseñar.
Elaboración propia.

Para complementar las especificaciones de diseño resumidas en la Tabla 58, en la Tabla 59 se muestra las especificaciones (aplicadas con una codificación alfanumérica en concordancia a las establecidas en la Tabla 58) de diseño en relación a su empleo en el diseño del mobiliario escolar.

Especificaciones	Criterio	CÓDIGO	Mesa y escritorios	Sillas, sillones, bancos, etc	Muebles aéreos/repisas	Perchas, cajoneras, etc	Ropero	Pizarrón	
B.1) Ergonométricas	b.1.1) Seguridad	b.1.1.1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
		b.1.1.2)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
		b.1.1.3)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
		b.1.1.4)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
		b.1.1.5)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
		b.1.1.6)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
		b.1.1.7)					✓	✓	✓
		b.1.1.8)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		b.1.1.9)				✓			
		b.1.1.10)	✓	✓			✓	✓	✓
	b.1.2) Criterio de confortabilidad	b.1.2.1)	✓	✓					
		b.1.2.2)	✓	✓					
		b.1.2.3)		✓					
		b.1.2.4)		✓					
		b.1.2.5)		✓					
		b.1.2.6)		✓					
		b.1.2.7)		✓					
		b.1.2.8)		✓					
		b.1.2.9)		✓					
		b.1.2.10)		✓					
		b.1.2.11)		✓					
		b.1.2.12)							

	a.2) Criterio de confortabilidad	b.1.2.13)	✓					
		b.1.2.14)	✓					
		b.1.2.15)	✓	✓				
		b.1.2.16)	✓		✓	✓		
		b.1.2.17)	✓					
		b.1.2.18)	✓					
		b.1.2.19)	✓	✓				
		b.1.2.20)	✓	✓				
		b.1.2.21)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		b.1.2.22)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		b.1.2.23)			✓	✓		
		b.1.2.24)			✓	✓	✓	✓
		b.1.2.25)				✓	✓	✓
	a.3) Accesibilidad	b.1.3.1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		b.1.3.2)		✓				
		b.1.3.3)	✓	✓				
		b.1.3.4)			✓			
		b.1.3.5)			✓			
		b.1.3.6)						✓
		b.1.3.7)	✓					
		b.1.3.8)			✓	✓	✓	✓
		b.1.3.9)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
B.2) medioambientales	b.2.1) Materiales	b.2.1.1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		b.2.1.2)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		b.2.1.3)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tabla59. Especificaciones de diseño en función a su empleo en el diseño del mobiliario escolar. Elaboración propia.

C. Diseño Conceptual

En lo que se refiere al diseño conceptual se determinará los requerimientos generales y específicos de diseño, hasta llegar a la generación de bocetos, los pasos a desarrollar son:

C.1) Determinación de los requerimientos de diseño

En la determinación de los requerimientos de diseño se debe agrupar y resumir todos los aspectos importantes a considerar para el diseño del mobiliario escolar, como son:

- El segmento de mercado a quien va dirigido el producto, y
- Las especificaciones de diseño determinadas como los criterios de seguridad, confortabilidad y accesibilidad y medioambientales que debe cumplir el equipamiento educativo.

Esto con la finalidad de informarle al diseñador los requisitos básicos que debe considerar para empezar el proceso de diseño.

C.2) Identificación de los referentes de mercado (Moodboard)

En los referentes de mercado se debe realizar una búsqueda gráfica de las soluciones existentes en el mercado actualmente, las mismas servirán de base e inspiración para la generación de ideas y la realización de la propuesta de mejora.

C.3) Generación de ideas

Es el comienzo de la solución creativa del problema planteado. Para ello es necesario apoyarse en técnicas creativas que permitan tener una amplia gama de soluciones, las mismas posteriormente serán evaluadas para ser utilizadas o desechadas.

En la generación el diseñador se puede apoyar en técnicas creativas como:

- **Brainwriting**

Similar al brainstorming, ya que se trata de conseguir una lista de ideas de solución al problema planteado, pero de forma escrita y con la posibilidad de trabajarla en forma individual.

- **Listado de atributos**

Consiste en realizar un listado de los atributos del mobiliario a diseñar, posteriormente analizarlos y plantear interrogantes sobre sus posibles soluciones.

- **Análisis morfológico**

Es una técnica sistemática, cuya característica es obtener una matriz morfológica, donde en la primera columna se enlistan las funciones, atributos y/o variables fundamentales del mobiliario a diseñar, y en las columnas siguientes se plantean las posibles soluciones de cada función. Al final se enlazan la solución o soluciones elegidas para el problema planteado.

C.4) Validación de las soluciones propuestas

En esta etapa se validan las ideas obtenidas en la generación de ideas, debido a que no todas las soluciones planteadas son viables tanto ergonómicamente como técnicamente. Para dicha validación se utilizará el sistema de ponderación establecido en la Tabla 60 que va desde el valor de 2 puntos establecido a ideas que sean muy viables realizarlas hasta el -2 que son ideas del todo inviables realizarlas.

2	Puntuación muy positiva/muy viable
1	Puntuación positiva/viables
0	Puntuación neutra
-1	Puntuación negativa/casi inviable
-2	Puntuación muy negativa/ del todo inviable

Tabla 60. Sistema de ponderación de las posibles alternativas de solución.

Los criterios a evaluar para validar las propuestas (ideas) están en función a los criterios de seguridad, confortabilidad y accesibilidad que debe cumplir la idea planteada en relación al equipamiento educativo a diseñar, además de la viabilidad técnica de ejecutarla. Así también se debe detallar los inconvenientes y riesgos que generaría llevar a cabo la solución planteada, siempre que la idea planteada no llega a la puntuación requerida para ser ejecutada. La o las propuestas que resulten muy viables o viables en la puntuación general deberán ir resaltadas, ya que con las mismas se procederá a realizar el concepto de diseño.

La matriz para la evaluación de propuestas se presenta en la Tabla 61.

CRITERIOS DE VALIDACIÓN						
Ideas	Seguridad	Confortabilidad	Accesibilidad	Viabilidad técnica	Puntuación Total	Inconvenientes y riesgos
Idea 1	1	-2	1	2	2	Se detalla los problemas que generaría llevar a cabo la idea de solución planteada.
Idea 2	2	2	2	2	8	

Tabla 61. Matriz de validación de propuestas para el diseño y fabricación de equipamiento educativo, en función a criterios de seguridad, confortabilidad, accesibilidad y viabilidad técnica. Elaboración propia

C.5) Definición conceptual de la solución

Con las propuestas viables se procederá a establecer la definición conceptual que tendrá el equipamiento educativo a desarrollar, es decir se describe detalladamente toda la solución de forma textual la misma que posteriormente se verá refleja en forma gráfica.

Dentro de la definición conceptual de la solución se encuentran la ejecución de tareas como:

c.5.1) Bocetos

La realización de bocetos son las representaciones gráficas de la definición conceptual detallada del equipamiento educativo a diseñar. En la misma se plantearan varias alternativas gráficas de solución que cumplan con los criterios requeridos, los mismos que deberán ser sometidas de nueva cuenta a una evaluación, para determinar la idea gráfica (boceto) más viables a desarrollarla en un producto tangible.

c.5.2) Evaluación de los bocetos y selección del diseño final

Para evaluar los bocetos se empleará el sistema de ponderación establecidos en la Tabla 60, en función a cinco criterios que se muestran en la Tabla 62, los mismos son: la seguridad, confortabilidad, accesibilidad y viabilidad técnica de los bocetos seleccionados.

CRITERIOS DE VALIDACIÓN							
Nº	Bocetos	Seguridad	Confortabilidad	Accesibilidad	Viabilidad técnica	Puntuación	Inconvenientes y riesgos
1							

Tabla 62. Matriz de validación de bocetos para el diseño y fabricación de equipamiento educativo en función a criterios de seguridad, confortabilidad, accesibilidad y viabilidad técnica. Elaboración propia.

D. Diseño técnico de detalle

D.1) Subespacio funcional

En el subespacio funcional se establece la plantilla de diseño o nube de diseño donde se delimitan las medidas máximas y mínimas a utilizar en el diseño del equipamiento educativo para personas con discapacidad motriz leve. Un buen subespacio funcional determinado permitirá la reproducción sencilla y sobretodo el diseño fiable del mobiliario en trabajos futuros.

D.2) Delimitación del equipamiento educativo diseñado dentro del subespacio funcional

En la delimitación del equipamiento educativo dentro del espacio funcional, se establece gráficamente las medidas máximas y mínimas utilizadas en el diseño, comprobando que el subespacio funcional definido en el literal d.1) delimita el campo de acción y permite replicar y/o acoplar las diferentes medidas obtenidas para cualquier tipo de equipamiento que se haya seleccionado, siempre que el mismo se encuentren dentro de los límites planteados en el subespacio determinado.

D.3) Mancha gráfica

En la mancha gráfica se establecerá gráficamente las medidas máximas y mínimas del equipamiento educativo a diseñar, esto en función a las medidas detalladas en la Tabla 56, lo que permitirá al diseñador tener una visión gráfica de cómo quedaría el producto diseñado en función a dichas medidas.

D.4) Realización de planos de fabricación

En los planos de fabricación se recopila y detalla cada parte del subsistema diseñado con sus respectivas medidas, tanto en la vista frontal, lateral y superior de cada componente diseñado.

D.5) Identificación de los componentes del producto.

La identificación de los componentes del producto, determinará la cantidad de elementos que intervienen en el diseño del equipamiento educativo, con el objetivo de tener claro la cantidad de insumos a utilizar en el diseño del producto. Los datos deberán ser especificados en la matriz presentada en la Tabla 63.

Elemento	Imagen	Número de componentes

Tabla 63. Matriz de componentes que conforma el equipamiento educativo. Elaboración propia.

D.6) Prototipo

El prototipo es la traducción de los planos fabricación en dos y tres dimensiones tanto de forma ilustrada como fabricada.

E. Validación del prototipo

La validación del prototipo se la realizará tanto en forma técnica, ergonómica y con el usuario, para lo se tomará como referente la Ficha de Análisis del Objeto/Producto de Diseño propuesta por Munari Bruno (1983), complementándola con criterios de evaluación que la investigadora ha considerado relevantes. Las matrices estructuradas para dicha evaluación se muestran en las Tablas 64, 65 y 66. Así también se lo evaluará medioambientalmente, tomando como referencia las fases para la aplicación del ACV según la norma ISO 14040 y las establecidas por IHOBE (2000).

E.1) Matrices de evaluación técnica, ergonómica y por el usuario del prototipo diseñado

- Matriz de evaluación técnica

Características del producto	Detalle	Criterio de evaluación	Cumplimiento de mejora			Observación
			SI	NO	SE MANTIENE	
Nombre del producto						
Autor						
Productor						
Dimensiones						
Material						
Peso						
Coste						
Ruido						
Mantenimiento						
Acabados						
Manejabilidad						
Duración						
Resistencia						
Toxicidad						
Estética						
Precedentes						

Tabla 64. Matriz de evaluación técnica del prototipo. Adaptada de la ficha de análisis d objeto/producto diseñado de Munari B.(1983). Elaboración propia.

- Matriz de evaluación ergonómica del prototipo

Especificaciones del producto		Detalle (Descripción del componente)	Criterio de evaluación según metodología planteada.	Cumplimiento del criterio de evaluación		Observación
				SI	NO	
Aspectos ergonómicos	Seguridad					
	Confortabilidad					
	Accesibilidad					

Tabla 65. Matriz de evaluación ergonómica del prototipo. Elaboración propia.

- Matriz de evaluación con el usuario

Muestra de evaluación/investigación					
	Criterios de cumplimiento	Evaluación			Observación
		SI	NO	RARA VEZ	
Funcionalidad		✓			
Valor social		✓			
Aceptación por el usuario		✓			

Tabla 66. Matriz de evaluación del prototipo por el usuario. Elaboración propia

E.2) Evaluación medioambiental del prototipo diseño

La evaluación medioambiental se desarrollará mediante la ejecución de los siguientes pasos:

E.2.1) Definición de los objetivos y alcance.

Consta de una introducción detalla de la metodología a seguir para determinar el impacto ambiental del producto diseñado, en la que se contextualiza el problema y se definen los objetivos medioambientales, se detalla el producto tanto en su uso y características, se define la familia al que pertenece y se calcula o establece la unidad funcional del producto a evaluar, en este caso del equipamiento educativo. Así también se definen los factores motivantes externos como los administrativos, la demanda de clientes (mercado), los competidores y el entorno social, que incentiven la ejecución de un estudio de sostenibilidad ambiental. Así también los factores internos como el aumento de la calidad del producto, la mejora de la imagen del producto y de la empresa, la reducción de costes, el poder de innovación, el sentido de responsabilidad medioambiental del gerente.

Posteriormente se debe realizar un estudio de desmontabilidad del producto, donde se detallará cada componente del equipamiento educativo y la cantidad de piezas con su respectivo peso, para lo cual se empleará la matriz presentada en la Tabla 67.

N°	Nombre de la pieza	N° piezas	Material	Peso (gr)	Tipo y N° de uniones	Pieza precedente	Conjunto Herramienta a Software
1							

Tabla 67. Matriz de detalle de desmontabilidad del equipamiento educativo diseñado. Elaboración propia.

E.2.2) Inventario del ciclo de vida.

Se detalla las entradas y salidas del sistema (producto) durante cada etapa del ciclo de vida. Para ello se utilizará tanto la Matriz de Procesos (Tabla 68) donde se detalla de forma general todas las entradas, procesos y salidas generadas en la vida útil del equipamiento educativo, y la Matriz MET, en la que se especifican los materiales, energía utilizada y las emisiones tóxicas producidas durante todo el proceso (Tabla 69). Dicho detalle servirá para determinar qué proceso genera mayor impacto ambiental.

- **Matriz de Procesos**

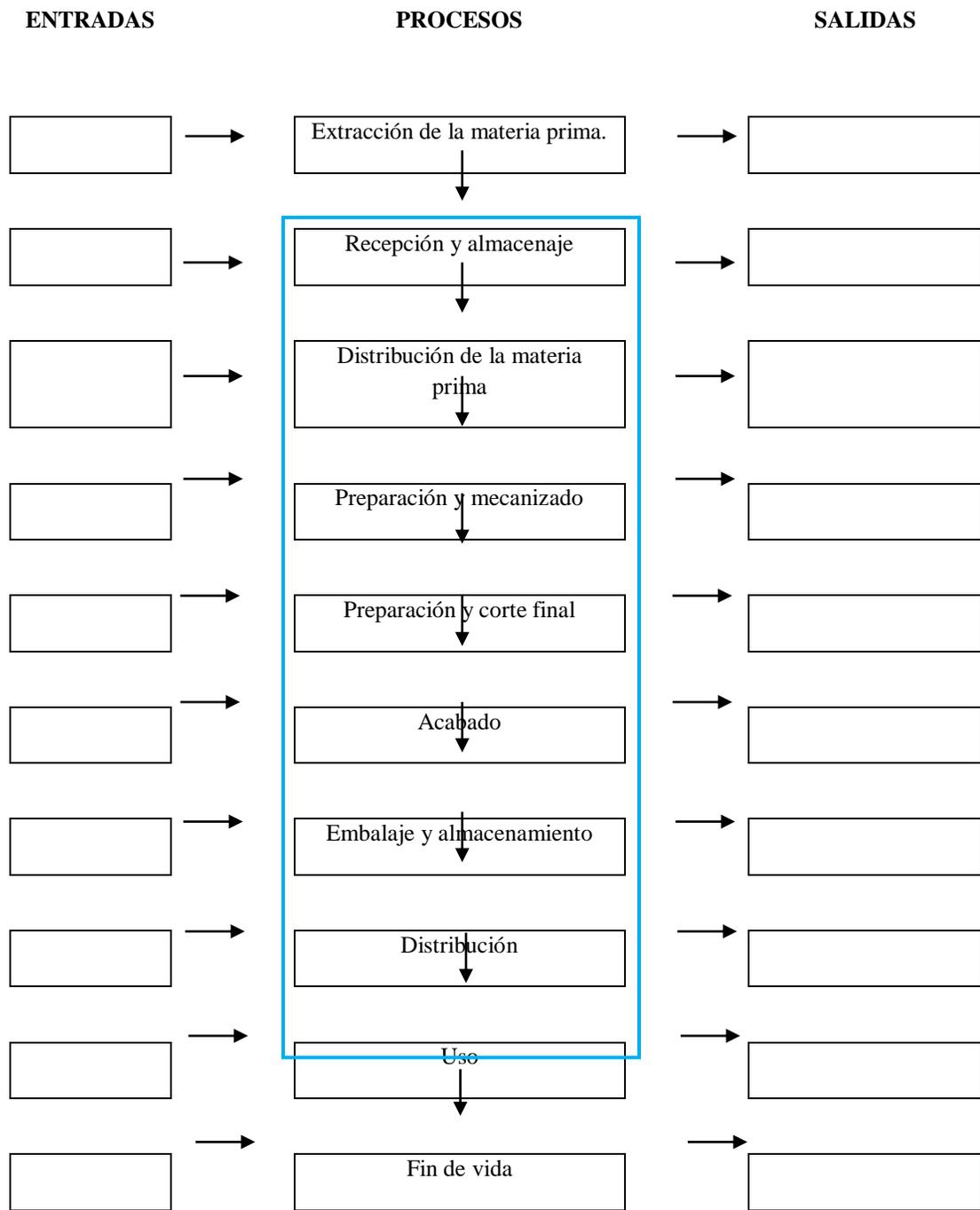


Tabla 68. Matriz de entradas y salidas del sistema (equipamiento educativo). Referenciado de Guzmán Lucio et al.,(2009).

- **Matriz MET**

Etapas del ciclo de vida	M	E	T
Transporte materia prima			
Montaje y fabricación			
Transporte (distribución)			
Uso y servicio			
Fin de vida			

Tabla 69. Matriz MET del sistema (Equipamiento educativo). Referenciado de IHOBE (2000)

E.2.3) Evaluación de los impactos

Para evaluar los impactos generados, el investigador se apoyará en herramientas software que aporten a calcular el impacto ambiental generado por el producto diseñado, tanto como conjunto como por pieza elaborada.

Así también se realizará un análisis comparativo de ser el caso entre los equipamientos educativos actuales y el diseñado, con el objetivo de determinar si se ha aportado o no con la reducción del impacto ambiental al utilizar materiales sustentables ambientalmente.

E.2.4) Interpretación.

Después de haber realizado todo el estudio de impacto ambiental, se procederá a interpretar los resultados obtenidos, con lo que se determinará si el estudio realizado y su aplicación en el diseño de equipamiento educativo aportan o no a la disminución de impacto ambiental, y con los objetivos planteados en la investigación, respecto a los aspectos medioambientales.

F. Presentación del Producto

Una vez diseñado, fabricado y evaluado el equipamiento educativo siguiendo todos los parámetros determinados en la metodología de diseño estructura, se procede a la presentación del producto, resaltando los atributos del mismo en función a los siguientes criterios:

- Funcionalidad
- Diseño
- Valor social, y
- Medioambiental

Con lo que se da por concluido todo el desarrollo metodológico que ha permitido diseñar un equipamiento educativo acorde a las necesidades ergonómicas de un grupo de usuarios determinados, además de ser sustentable ambientalmente, lo que genera un aporte relevante en los procesos de diseño de equipamiento escolar para personas con discapacidad motriz.

4. DISEÑO DE LA PROPUESTA.

4.1 APLICACIÓN METODOLÓGICA. Caso: Subsistema escolar silla-mesa.

Para la aplicación de la metodología diseñada se ha seleccionado el subsistema escolar silla – mesa, debido a la continua interacción del usuario con dicho equipamiento educativo, siendo el mismo parte importante en el proceso de enseñanza –aprendizaje del estudiante dentro de un entorno escolar. Así también se ha delimitado geográficamente la aplicación del caso práctico en la República del Ecuador, tomando en consideración que hasta la fecha no se cuenta con una norma de diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz, y se carece de datos antropométricos de niños y niñas en edad escolar que presentan discapacidad motriz. En lo referente al aspecto medioambiental se ha buscado contribuir con especificaciones de materiales sostenibles ambientalmente, que se encuentren con facilidad en el Ecuador y aporten a disminuir el impacto ambiental generado por dicho mobiliario durante todo su ciclo de vida.

La aplicación de la metodología en el caso práctico subsistema escolar silla-mesa para niños y niñas con discapacidad motriz se presenta a continuación:

A. Investigación de necesidades y demandas del mercado

A.1) Caracterización del público (grupo) objetivo

La investigación se delimita a la República del Ecuador, provincia de Chimborazo, considerando niños y niñas de entre 5 a 10 años de edad, de todos los estratos sociales, que estudian y presentan una discapacidad motriz permanente leve, que presentan problemas de movilidad y de coordinación en una o todas sus extremidades, tanto superiores e inferiores, así también en el tronco dorsal, sin llegar a ser una discapacidad motriz grave, ya que para la misma se necesita otro tipo de estudio.

A.2) Factores motivantes para el diseño y fabricación de equipamiento educativo para personas con discapacidad motriz

Como factores motivantes para el diseño de equipamiento educativo para personas con discapacidad, específicamente en el Ecuador, se encuentra La Ley Orgánica de Discapacidades que está publicada en el suplemento del Registro Oficial No.796, del 25 de Septiembre de 2012, la misma que decreta en los **Artículos 11 Numeral 2, Artículo 46 numeral 3, y Artículo 7**, la igualdad e integración de las personas con discapacidad, hace énfasis en el derecho a la educación en igualdad de condiciones, así también en el **Artículo 33 habla sobre la accesibilidad a la educación**, donde manifiesta que: “La autoridad educativa nacional en el marco de su competencia, vigilará y supervisará, en coordinación con los gobiernos autónomos descentralizados, que las instituciones educativas escolarizadas y no escolarizadas, especial y de educación superior, públicas y privadas, cuenten con infraestructura, diseño universal, adaptaciones físicas, ayudas técnicas y tecnológicas para las personas con discapacidad; adaptación curricular; participación permanente de guías intérpretes, según la necesidad y otras medidas de apoyo personalizadas y efectivas que fomenten el desarrollo académico y social de las personas con discapacidad...”.

Así también el Ecuador forma parte de los países que firmaron el Estatuto de Salamanca (1994,) el mismo que establece que las escuelas deben incluir a los niños sin importar las condiciones que tengan, ya sean en el aspecto físico, intelectual, social, emocional, lingüístico o cualquier otra condición. Debe incluir niños con discapacidades, superdotados, niños de la calle, niños de poblaciones remotas, niños de etnias o minorías culturales, y niños de situaciones en desventaja o grupos marginados. Dicho estatuto fue creado por la UNESCO en 1994 para fomentar e impulsar la inclusión de las personas con discapacidad en varios países. Por tal motivo el Ministerio de Educación del Ecuador (2014), plantea la educación inclusiva, como un derecho que tiene todo niños de recibir una educación de calidad sin importar la capacidad o discapacidad que presenten. También destaca que el proceso de inclusión implica varios retos y cambios en el sistema escolar y en la sociedad, hay que considerar que el cambio

trae la necesidad de adaptar y hacer modificaciones para que todos puedan recibir una educación de calidad y se sientan involucrados en el ambiente en el que viven.

En este contexto se puede determinar que una inclusión adecuada consiste en un cambio en la forma de pensar, ya que inclusión no es solo integrar a los niños en las escuelas existentes, inclusión es enfocarse hacia una planificación concreta de cómo adaptar y adecuar a las escuelas para que puedan ser instituciones que brinden una atención adecuada a la diversidad.

Para complementar el diseño y fabricación del subsistema escolar para niños y niñas con discapacidad motriz, se plantea la inclusión de criterios medioambientales que permitan aportar a la reducción del impacto ambiental generado por el mismo comparado con otros subsistemas del mercado, considerando que existe una preocupación mundial por cuidar y proteger el medio ambiente, debido a que el cambio climático se hace cada vez más notorio, desencadenando una serie de efectos extensos y destructivos (Arctic Climate Impact Assessment, 2005), los mismos que son:

- La capa de hielo del polo norte se está derritiendo: entre 1950 y el 2000, su superficie ha disminuido un 20%.
- Los niveles oceánicos globales han crecido unos 15cm sólo en el siglo XX.
- A lo largo de todo el planeta, la capa de nieve se está retirando y los glaciares se están derritiendo.
- Hay un aumento significativo en la frecuencia y la gravedad de los desastres naturales como huracanes, sequías, terremotos e inundaciones, trágicamente confirmados por los sucesos de los primeros años del siglo XXI.

Así también el Intergovernmental Panel on Climate Change. (IPCC, 2000), determina que al menos el 60% del cambio climático se puede atribuir a las emisiones de CO₂ principalmente, como consecuencia de la quema de combustibles fósiles que contribuyen con emisiones anuales de 6 billones de toneladas de carbono. Con este antecedente lo que se busca es reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera, es por ello que La Confederación Europea de Industrias de la Transformación de la Madera (CEI-Bois, 2009) determina que para reducir las emisiones o eliminar y almacenar el CO₂, se debe reducir las fuentes de carbono y aumentar los sumideros del mismo, siendo la madera capaz de realizar estas dos

tareas. Así también el CEI-Bois establece que los bosques gestionados son sumideros de carbono más eficientes que los bosques naturales que se dejan en estado natural, así también define que los árboles más jóvenes con un crecimiento vigoroso, absorben más CO₂ que los árboles maduros, los cuales al terminar su ciclo de vida llegan a podrirse y devuelven su almacenamiento de CO₂ a la naturaleza, mientras que los árboles cortados de bosques gestionados siguen almacenando el CO₂ a lo largo de la vida útil del producto de madera resultante.

Por otra parte tanto en Europa como en Latinoamérica se han establecido y dictaminado Leyes y Mandatos que controlan el cuidado y la protección del medio ambiente, las mismas que son:

En Europa:

- Directiva 94/62/CE sobre Embalaje y Residuos de Embalaje.
- "Directiva 96/61/CE de Prevención y Control Integrados de la Contaminación (PCIC'96).
- "Libro Blanco sobre la Responsabilidad Ambiental Ampliada (1999).
- "Directiva 2000/53/CE relativa a los Vehículos al Final de su Vida Útil.
- "Libro Verde sobre la Política de Producto Integrada (2001).
- "Directiva 2002/95/CE sobre la Restricción en el Uso de Ciertas Sustancias Peligrosas en Equipos Eléctricos y Electrónicos.
- "Directiva 2002/96/CE sobre Residuos de Equipos Eléctricos y Electrónicos.
- "Directiva 2005/32/CE por la que se insta un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos que utilizan energía # Productos Relacionados con la Energía (ERPD) Directiva 2009/125/EC.
- "Directiva 2004/35/CE sobre Responsabilidad Medioambiental respecto a la Prevención y Restauración del Daño Medioambiental.

Así mismo se ha establecido la Estrategia Comunitaria de residuos elaborada en 1996¹⁶.

¹⁶ http://ec.europa.eu/environment/waste/publications/pdf/eufocus_es.pdf

En Latinoamérica:

- LEY N°. 7314 GENERAL DE RESIDUOS SÓLIDOS, 21 de julio de 2000 de la República del Perú.¹⁷
- LEY N° 1.854 “BASURA CERO”, PROMULGADA POR EL GOBIERNO DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES EN ENERO DE 2006 Y REGLAMENTADA EN MAYO DE 2007¹⁸
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, México. “LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS”.¹⁹
- LEY 8839 para la GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS en Costa Rica.²⁰
- LEY GENERAL DE RESIDUOS SOLIDOS Y ESCOMBROS 2012 en Ecuador.²¹
- LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL decretada en 1976 en Ecuador.
- LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL (1999) en Ecuador.
- Constitución de la República del Ecuador 2008.

Las mencionadas leyes y mandatos tienen como objetivos establecer normas que permitan crear conciencia ecológica en la ciudadanía en general, y aportar a que un producto presente un mejor ciclo de vida, contribuyendo de esta manera a la protección del medioambiente.

¹⁷ http://www.oefa.gob.pe/wp-content/uploads/2012/07/MJ007_L273141.pdf

¹⁸ <http://www.cedom.gov.ar/es/legislacion/normas/leyes/ley1854.html>

¹⁹ <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263.pdf>

²⁰ <http://www.ley8839.go.cr/index.php/32-ley-8839-para-la-gestion-integral-de-residuos>

²¹ http://2009-2013.observatoriolegislativo.ec/media/archivos_leyes2/Iniciativa_2.pdf

En lo referente a los aspectos medioambientales, y siguiendo las directrices planteadas en la metodología de diseño, se realizó un estudio de las características físico-mecánicas de los mismos, y de su sostenibilidad ambiental, lo que permitió al final seleccionar los materiales que se consideran más idóneos para el diseño del subsistema en referencia a sus propiedades físico-mecánicas y que sea un aporte a la sustentabilidad ambiental. El detalle de dicho estudio se muestra a continuación:

A.3 Consideraciones Ergonómicas

A.3.1) Investigación preliminar

A.3.1.1) Delimitación del equipamiento educativo

El mobiliario a considerar en la presente investigación es el subsistema escolar silla-mesa, por su constante interacción con el estudiante, debido a que el mismo es utilizado aproximadamente seis horas al día en una jornada escolar de lunes a viernes. Por lo tanto el equipamiento educativo, en este caso específico el subsistema escolar silla-mesa debe responder a criterios ergonómicos que satisfagan las necesidades corporales del usuario específicamente en el ámbito de la seguridad, confortabilidad y accesibilidad, demandados por los niños y niñas con discapacidad motriz.

A.3.1.2) Seleccionar la muestra de investigación

Aplicando la fórmula de Murray y Larry (2005), para poblaciones infinitas o desconocidas, se determinó una muestra de investigación (**n**) de 384 niños y niñas de entre 5 a 10 años que estudian y presentan discapacidad motriz en el Ecuador leve, donde se aplicó un nivel de confianza del 5% y una desviación estándar de 1,96.

Además se aplicó el muestreo probabilístico intencional, en donde se eligieron a los individuos típicos de la población siguiendo el criterio del investigador.

A.3.1.3) Identificación de los problemas ergonómicos del mobiliario escolar

Para identificar los problemas ergonómicos se realizó una investigación de campo, en los centros educativos donde asisten los niños y niñas con discapacidad motriz del Ecuador, dicha investigación se realizó con el objetivo de ver interactuar a niño y niña el subsistema escolar silla-mesa que utiliza cotidianamente, y aplicando la técnica de la observación se pudo determinar que los principales problemas ergonómicos que presenta el subsistema en mención son:

- Presión en la región poplítea.
- Carencia de un ángulo de confortabilidad entre espaldar y el asiento.
- Resbalamiento del cuerpo a través de la silla.
- Altura del asiento corta con respecto al largo de la canilla del estudiante.
- Altura del asiento muy alta con respecto al largo de la canilla del estudiante.
- Inadecuado espacio para la zona lumbar y torácica.
- La altura de la mesa no está en relación con la altura de los codos.
- La movilidad de las piernas debajo de la mesa es reducida e incómoda debido a la estructura de la misma y la bandeja portalibros.
- El mobiliario escolar no presenta reposabrazos.
- El mobiliario no cuenta con reposapiés.

Dando como resultado dolencias músculo esqueléticas, en especial en la zona del cuello, la espalda y zona glútea

Así también, tal como plantea la metodología, para evidenciar visualmente la problemática se realizó una lluvia de imágenes de niños y niñas con discapacidad utilizando el subsistema escolar silla – mesa, las mismas que permitieron corroborar visualmente los problemas detallados en el punto anterior.

Figura 26. Lluvia de imágenes de niños y niñas con discapacidad, utilizando el subsistema silla-mesa en Ecuador y análisis de problemas ergonómicos.



Imagen 1²²



Imagen 2²³



Imagen 3²⁴



Imagen 4²⁵

²² Referencia: Diario el Heraldo (2013). Disponible en: http://www.elheraldo.com.ec/index.php?fecha=2013-01-10&seccion=Varios¬icia=n&id_varios=263

²³ Referencia: Diario La Hora. (2013). Disponible en: http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101527139/-1/Piden_prioridad_para_ni%C3%B1os_con_discapacidades_en_escuela.html#.VHT3O8nUiHM

²⁴ Referencia: Periódico El Norte (2014).. Disponible en: <http://www.elnorte.ec/otavalo/actualidad/44090-ayuda-para-ni%C3%B1os-especiales.html>

²⁵ Referencia: Diario la Hora (2011). Disponible en: http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101165963/-1/Internado_%E2%80%98Byron_Eguiguren%E2%80%99_bajo_amenaza.html#.VHTqOsnUiHM

Al analizar visualmente las imágenes en la que los niños y niñas con discapacidad motriz están utilizando el subsistema escolar silla-mesa actual se concluye que:

- Se presenta un mobiliario típico, estandarizado.
- No presentan confortabilidad (comodidad) para el usuario.
- Falta de concordancia entre el tamaño corporal y el tamaño del mobiliario.
- Reducido espacio de movilidad de las piernas, debido a la estructura de la silla y mesa.

Con lo investigado y analizado se concluye que existen problemas ergonómicos en el equipamiento escolar que se oferta actualmente en el mercado, por lo tanto se concluye que existe la necesidad de plantear un nuevo diseño de subsistema silla-mesa, acorde a las necesidades corporales de los niños y niñas con discapacidad motriz.

Cabe destacar que las imágenes que se presentaron en la Figura 26 han tenido un tratamiento gráfico, ya que se han ocultado los rostros de los niños y profesores, debido a las leyes vigentes en el país de protección de imagen.

A.3.1.4) Determinación de las variables antropométricas

Se han determinado 25 variables antropométricas a considerar para la toma de datos antropométricos del estudiante en posición sedente, las mismas que son:

1. Altura nuca –piso
2. Altura ojos -piso
3. Altura hombros –asiento
4. Altura hombros-piso
5. Altura codo piso
6. Altura codo- asiento
7. Altura concavidad lumbar-asiento
8. Altura piso-escápula
9. Altura escápula-asiento

10. Longitud hombro – codo
11. Longitud del antebrazo-dedo pulgar
12. Distancia entre codos
13. Radio de movimiento antebrazo-mano derecha
14. Radio de movimiento antebrazo-mano izquierda
15. Anchura torácica
16. Ancho de los hombros
17. Ancho de la cintura
18. Ancho de las caderas
19. Altura poplítea
20. Longitud nalga- poplítea
21. Longitud nalga-rodilla
22. Espesor del muslo
23. Longitud del pie.
24. Ancho del pie.

A.3.2 Toma de datos

Se realizó la toma de datos antropométricos a una muestra de investigación de 384 niños y niñas con discapacidad motriz, en función a las 25 variables determinadas en la investigación, obteniendo como resultado un total de 9 600 datos antropométricos (muestra multiplicada por las variables), con los cuales se calculó los percentiles 2,5% y 97,5% que serán los utilizados para el diseño del subsistema escolar silla – mesa. Para la obtención de dichos datos se siguieron los pasos establecidos en la metodología de diseño que son:

a.3.2.1) Selección de los instrumentos de medición

Los instrumentos de medición utilizados para la toma de datos antropométricos a niños y niñas con discapacidad motriz son: antropómetro, pie de rey, goniómetro, y cintamétrica.

a.3.2.2) Posición o ubicación del individuo

Para posicionar al niño y niña idóneamente para la toma de datos antropométricas, se solicitó la presencia del padre de familia y del tutor quienes ayudaron a ubicar a los infantes en una posición adecuada para el efecto, siendo esta la posición sedente con espalda erguida en la medida de lo posible, vista al frente con el brazo y el antebrazo formando un ángulo de 90°, las rodillas con respecto a las caderas formando un ángulo de 90°, y los pies asentados totalmente en el piso. Una vez que se consideró que el infante se encontraba en la posición idónea, se procedió a la toma de datos.

a.3.2.3) Toma de medidas

Las medidas fueron tomadas manteniendo un orden en el proceso, es decir primero se tomaron todos los datos correspondientes a las variables que conciernen a la cabeza, cuello, tronco dorsal y extremidades superiores, posteriormente se obtuvieron los datos de las extremidades inferiores. Este ordenamiento permitió optimizar el tiempo en la toma de datos y no generó molestias en los estudiantes.

a.3.2.4) Acopio de datos obtenidos en ficha técnica.

Los 9600 datos obtenidos fueron transcritos a la ficha técnica de recopilación de datos antropométricos establecida en la metodología, los mismos se muestra en el *Anexo 1*.

Así también, con los datos antropométricos obtenidos se realizó la prueba de normalidad de Anderson Darling, mediante la cual se obtuvo el valor de normalidad de cada variable, el mismo que fue comparado con el valor crítico de la prueba (0,75) cuando el valor de confianza es del 95%, comprobando que las 25 variables planteadas presentan un comportamiento normal, el detalla de dicha aprueba se encuentra en el *Anexo 2*.

a.3.2.5) Cálculo de percentiles

Organizados en la ficha técnica los 9600 datos antropométricos obtenidos, se procedió a calcular la media aritmética (promedio) de los mismos, la que sirvió como base para calcular la desviación estándar, obteniendo como resultado que los datos recabados no presenta un rango considerable de distanciamiento entre ellos, lo que garantiza el menor error probable en los mismos (Tabla 70).

Posteriormente se calculó los percentiles 2,5% y 97,5% de los 9600 datos obtenidos, los mismos están presentados en la Tabla 71. Dichos percentiles son los recomendados para acoger al mayor número de personas, y considerando que la metodología de diseño especifica que para el alcance se utilizará el percentil 2,5% a fin de acomodar a los usuarios de menor tamaño corporal, y en aquellos donde intervenga la holgura (amplitud para moverse cómodamente) se utilizarán los datos del percentil 97,5%.

- **Media y desviación estándar obtenidos**

		Media (cm)	Desviación estándar (cm)
	Peso en kg.	24,21	6,62
1	Altura asiento-nuca	58,93	5,50
2	Altura nuca –piso	91,13	5,93
3	Altura ojos-piso	82,87	4,94
4	Altura hombros–asiento	36,40	3,25
5	Altura hombros-piso	66,87	3,50
6	Altura escápula-asiento	21,00	2,48
7	Altura piso-escápula	51,47	2,77
8	Altura codo-piso	48,40	3,54
9	Altura codo-asiento	17,20	1,32
10	Longitud concavidad lumbar-asiento	13,83	2,08

11	Longitud hombro-codo	23,73	4,70
12	Longitud del antebrazo-dedo pulgar	28,20	3,91
13	Distancia entre codos	34,40	4,22
14	Radio de movimiento antebrazo-mano derecha	32,53	10,07
15	Radio de movimiento antebrazo-mano izquierda	28,13	16,70
16	Anchura torácica	30,60	4,76
17	Ancho de los hombros	34,40	4,22
18	Ancho de la cintura	30,93	6,51
19	Ancho de las caderas	32,60	7,24
20	Altura poplítea	32,73	4,20
21	Longitud nalga-poplítea	30,73	7,03
22	Longitud nalga-rodilla	34,93	6,45
23	Espesor del muslo	11,10	1,81
24	Longitud del pie.	18,80	3,38
25	Ancho del pie.	9,33	2,16

Tabla 70. Media aritmética y la desviación estándar de los datos antropométricos obtenidos.

- **Percentiles 2,5% y 97,5% a ser utilizados en el diseño del subsistema escolar.**

		Medida en cm	
		P ^a .2,5%	P ^a .97,5%
	Peso en kg.	14	30
1	Altura asiento- nuca	50	65
2	Altura nuca-piso	81	97
3	Altura ojos-piso	72	89
4	Altura hombros-asiento	29	40
5	Altura hombros-piso	63	74
6	Altura escápula-asiento	15	24

7	Altura piso-escápula	46	55
8	Altura codo piso	44	54
9	Altura codo-asiento	15	20
10	Altura concavidad lumbar-asiento	8	12
11	Longitud hombro-codo	16	30
12	Longitud del antebrazo-dedo pulgar	18	35
13	Distancia entre codos	28	43
14	Radio de movimiento antebrazo-mano derecha	3	45
15	Radio de movimiento antebrazo-mano izquierda	2	45
16	Anchura torácica	23	40
17	Ancho de los hombros	28	43
18	Ancho de la cintura	20	38
19	Ancho de las caderas	21	39
20	Altura poplítea	28	34
21	Longitud nalga- poplítea	20	36
22	Longitud nalga-rodilla	24	49
23	Espesor del muslo	8	14
24	Longitud del pie.	15	24
25	Ancho del pie.	5	12

a P. Percentil

Tabla 71. Percentiles 2,5% y 97,5% calculados del total de los datos antropométricos obtenidos. Elaboración propia.

A.3.2.6) Organización de las medidas en función de su aplicación.

Con los percentiles obtenidos se procedió a organizar las medidas en función a su aplicación de manera general. Así también se empleó el sistema de codificación cromática para identificar los percentiles máximos y mínimos a utilizar. El detalle de los mismos se presenta en la Tabla 72.

Silla Escolar Variable/aplicación	altura del asiento	profundidad del asiento	ancho del asiento	altura del espaldar	ancho del espaldar	altura reposabrazos	ubicación del reposabrazos	concavidad lumbar	tamaño apoya pies	ubicación apoya pies	ubicación apoya cabeza	altura de la mesa	largo de la mesa	Ancho de la mesa	Ubicación de la acanaladura	Canasta portatlibros
altura poplítea	28-34									28-34						34
altura hombros-asiento				40												
altura hombros-piso				63												
altura ojos-piso											72					
altura nuca-piso											97					
altura piso escápula				46												
altura escápula-asiento				15												
ancho torácico					40											
ancho de hombros					43		43									
distancia entre codos							30							43		
longitud hombro-codo							38									
espesor del muslo																14
longitud nalga poplítea		20														
ancho de caderas			39												39	
ancho de la cintura					39			39								
altura codo-piso						44-54						44-54				
altura codo-asiento						15										
Longitud concavidad lumbar-asiento								8								
Longitud nalga-rodilla										20						
longitud hombro-piso											63					
Longitud antebrazo-dedo pulgar													35	35	35	
Radio de movimiento antebrazo-mano derecha.														45°	45°	
Radio de movimiento antebrazo-mano derecha.														45°	45°	
Largo del pie									24							
ancho del pie									12							

Tabla 72. Matriz de variables vs aplicación para el diseño del subsistema escolar silla -mesa mobiliario escolar. Elaboración propia.

Con la información recabada en Tabla 72, se procedió a ordenar de forma secuencial los datos obtenidos agrupados en relación a su aplicación. Dicha información se muestra en la Tabla 73.

- **Datos antropométricos (percentiles 2,5% y 97,5%) ordenados en función a su aplicación**

Silla escolar			
Aplicación	Variables antropométricas	p^a 2,5%	p^a 97,5%
Altura del asiento	Altura poplítea	28	34
Ancho del asiento	Ancho de las caderas	24	39
Ubicación asiento	Altura poplítea	28	34
	Longitud nalga-rodilla	20	36
Profundidad del asiento	Longitud nalga poplítea	20	36
Altura del espaldar	Altura hombros -asiento	29	40
	Altura hombros piso	63	74
	Altura piso-escápula	46	55
	Altura escápula –asiento	15	24
	Longitud concavidad lumbar	10	16
Ancho del espaldar	Ancho torácico	23	40
	Ancho de los hombros	28	43
	Ancho de cintura	20	39
Ubicación apoya cabeza	Altura nuca-piso	81	97
	Altura ojos-piso	72	89
	Altura hombro-piso	60	70
Altura reposabrazos	Altura codo-piso	44	54
	Altura codo-asiento	15	20
Ubicación del reposabrazos	Ancho de hombros	28	43
	Distancia entre codos	28	43
	Longitud hombro-codo	16	30
	Distancia codo-piso	44	54
Concavidad lumbar	Ancho de la cintura	20	38
	Ancho de las cadera	21	39
	Longitud concavidad lumbar-asiento	8	12
Tamaño apoya pie	Largo del pie	15	24
	Ancho del pie	5	12
Ubicación apoya pies	Altura poplítea	28	34
	Longitud nalga-rodilla	72	89
Mesa escolar			
Altura de la mesa	Altura codo-piso	44	54
	Espesor del muslo	8	14

Largo de la mesa	Longitud antebrazo-dedo pulgar	21	35
Ancho de la mesa	Radio de movimiento. Antebrazo mano derecha	3°	45°
	Radio de movimiento. Antebrazo mano izquierda	2°	45°
	Distancia entre codos	28	43
	Ancho de las caderas	21	39
Ubicación de la canaladura	Longitud antebrazo-dedo pulgar	18	35
	Radio de movimiento Antebrazo mano derecha	3°	45°
	Radio de movimiento Antebrazo mano izquierda	2°	45°
Ubicación de la bandeja portallibros	Altura poplítea	28	34
	Espesor del muslo	8	14

p .a: percentil

Tabla73. Datos antropométricos ordenados en función a su aplicación.

Elaboración propia.

Así también con la información obtenida y ordenada en el Tabla 73, se procedió a realizar un detalle de las medidas máximas y mínimas a utilizar en el diseño del subsistema escolar, las mismas se muestra en la Tabla 74 Dichas medidas fueron la base para el diseño del subespacio funcional del subsistema y de la mancha gráfica que se muestra en el punto de diseño técnico de detalle.

- **Medidas máximas y mínimas a utilizar en el diseño del subsistema escolar silla-mesa.**

Silla		
Aplicación	Máximas	Mínimas
Ancho espaldar	43cm	28cm
Ancho reposacabeza	23cm	18cm
Alto del reposacabeza	51cm (Altura ojos piso menos altura poplítea, longitud concavidad lumbar asiento y alto del espaldar).	36cm
Alto del espaldar	32cm (Altura hombros-piso menos altura poplítea menos longitud concavidad lumbar asiento)	28
Concavidad del espaldar con paralelo al asiento	4cm	1cm
Longitud concavidad lumbar	12cm	8cm
Ancho del asiento	43cm	28cm
Largo del asiento	36cm	20cm
Ángulo de confort espaldar-asiento	110°	90°
Ancho del asiento	43 cm (ancho de caderas más 2 cm de holgura por lado)	25cm

Alto del asiento	34 cm	28cm
Ubicación del reposabrazos	54 cm desde el piso	44 cm desde el piso
Largo del reposabrazos	34 cm	18cm
Ancho y altura del reposabrazos	4 x4cm	4 x4cm
Largo del apoya pies	15	24
Ancho del apoya pies	5	12
Mesa		
Ancho de la mesa	47 cm (ancho de caderas más 2 cm de holgura por lado)	29cm
Largo de la mesa	55cm	25cm
Alto de la mesa	54cm	44cm
Ubicación de la acanaladura	Restando 4 cm por lado del ancho y largo de la mesa	
Canasta portalibros		
Alto	26cm	
Ancho	24cm	
Profundidad	6cm	
Detalle		
Concavidad mesa	4cm	1cm
Concavidad espaldar	4cm	1cm
Pendiente de inclinación asiento	4cm	1cm

Tabla 74. Medidas máximas y mínimas a utilizar en el diseño del subsistema escolar. Elaboración propia.

Con toda la información detallada en las Tablas 73 y 74 se procedió a realizar la Matriz de datos antropométricos definitivos a utilizar en el subsistema escolar silla-mesa (Tabla 75), la misma que fue el instrumento de trabajo fundamental en la etapa de diseño técnico de detalle.

- **Matriz de datos antropométricos definitivos a utilizar para el diseño del subsistema escolar silla-mesa.**

Silla		
Detalle	Dimensión	Percentil
Ancho espaldar	43cm	97,5%
Ancho reposacabeza	23cm	97,5%
Alto del reposacabeza	36 cm (Altura ojos piso menos altura poplítea, longitud concavidad lumbar asiento y alto del espaldar)	2,5%
Alto del espaldar	28cm (Altura hombros-piso menos altura poplítea menos longitud concavidad lumbar asiento)	2,5%
Concavidad del	2cm	

espaldar con paralelo al asiento		
Espacio cóncavo lumbar	8cm	2,5%
Largo del asiento	20cm	
Ángulo de confort espaldar-asiento	100°	50%
Ancho del asiento	43 cm (ancho de caderas más 2 cm de holgura por lado)	97,5%
Alto del asiento	28 cm (regulable hasta 34 cm)	2,5% al 97,5%
Ubicación del reposabrazos	A 44 cm desde el piso	2,5%
Largo del reposabrazos	18 cm	2,5%
Ancho y altura del reposabrazos	4 x 4 cm	
Ancho del apoya pies	12cm	97,5%
Largo del apoya pies	24cm	97,5%
Mesa		
Ancho de la mesa	47 cm (ancho de caderas más 2 cm de holgura por lado)	97,5%
Largo de la mesa	55cm	
Alto de la mesa	41cm (regulable hasta 54 cm)	2,5% al 97,5%
Ubicación de la acanaladura	Restando 4 cm por lado del ancho y largo de la mesa	
Canasta portallibros		
Alto	26cm	
Ancho	24cm	
Profundidad	6cm	
Detalle		
Concavidad mesa	4cm	
Concavidad espaldar	1cm	
Pendiente de inclinación asiento	1cm	

Tabla 75. Datos antropométricos definitivos a utilizar en el diseño del subsistema escolar silla-mesa para niños y niñas de entre 5 a 10 años con discapacidad motriz. Elaboración propia.

B. Especificaciones de diseño

B.1) Aspectos ergonómicos

Para el diseño del subsistema escolar silla – mesa, se consideró las especificaciones ergonómicas de seguridad, confortabilidad y accesibilidad planteadas en el capítulo de la metodología. Del total de las especificaciones planteadas se utilizó únicamente las aplicables en el diseño y fabricación del subsistema escolar silla-mesa, las mismas se encuentran resaltadas en color verde en la Tabla 76.

<p>B.1) Aspectos ergonómicos</p>	<p>b.1.1) Criterio de seguridad</p> <p>b.1.1.1) No presentar saliente peligrosas</p> <p>b.1.1.2) Emplear esquinas semicirculares</p> <p>b.1.1.3) No debe presentar desperfectos (grietas, deformaciones, etc)</p> <p>b.1.1.4) Estable</p> <p>b.1.1.5) Desempeñar solo la función para lo que fue diseñado.</p> <p>b.1.1.6) Sistema de sujeción seguro.</p> <p>b.1.1.7) Sistemas de movilidad con pestillos de seguridad.</p> <p>b.1.1.8) Material no toxico y sin astillas.</p> <p>b.1.1.9) Se colocará las repisas y muebles aéreos a una separación prudente de la nuca, así también se harán pruebas para determinar si el mueble resiste el peso que se coloque sobre él.</p> <p>b.1.1.10) Todas las patas de los equipamientos educativos deben estar recubiertas para no causar deterioro al piso y ruidos incómodos.</p>
<p>B.1) Aspectos ergonómicos</p>	<p>b.1.2) Criterio de confortabilidad</p> <p>b.1.2.1) Acotar un máximo de 2cm por lado cuando se requiera holgura.</p> <p>b.1.2.2) El asiento debe contener cómodamente los muslos, las piernas y los glúteos de usuario.</p> <p>b.1.2.3) Los ángulos de confort estarán acorde a los establecido por Wisner (1998).</p>

	<p>b.1.2.4) El vértice de unión entre el espaldar y el asiento debe permitir una correcta adecuación de la zona lumbar del usuario</p> <p>b.1.2.5) El asiento debe presentar una altura adecuado para asentar correctamente los pies en el piso.</p> <p>b.1.2.6) El asiento debe presentar una profundidad idónea, que permita cómodamente a los muslos y glúteos de los usuarios.</p> <p>b.1.2.7) Los reposabrazos estarán en función de la altura codo-asiento del usuario de menor tamaño corporal, ubicados en posición horizontal y su tamaño dependerá de la longitud codo-dedo pulgar.</p> <p>b.1.2.8) El reposabrazos se desplazará 90° hacia arriba, permitiendo la movilidad lateral del usuario, y en posición horizontal actual como un sistema de seguridad del mueble</p> <p>b.1.2.9) El respaldo del mobiliario deberá presentar una curvatura cóncava de min. 1cm y max. 4cm.</p> <p>b.1.2.10) El asiento de la silla o su similar deberá presentar una pendiente entre el plano del asiento y su proyección horizontal de min. 1cm. y max. 4cm.</p> <p>b.1.2.11) El asiento de la silla o su similar debe presentar un canto semicircular de 4cm de radio.</p> <p>b.1.2.12) La altura del tablero de la mesa deberá coincidir con codo-piso, tomando en cuenta siempre los límites de confortabilidad.</p> <p>b.1.2.13) Entre el tablero de las mesa con respecto al sistema que lo sostiene debe formar un ángulo de 90%, para su estabilidad.</p>
--	--

b.1.2.14) Presentar una curvatura cóncava frontal no superior a 4cm, para evitar posibles presiones en el pecho del usuario al acercar demasiado la silla a la mesa.

b.1.2.15) Las mesas diseñadas para escritura, estas deben presentar una acanaladura en la parte frontal al usuario y en los laterales, formado una C.

b.1.2.16) Los tableros de las mesas, estanterías, cajones y perchas, deben ser planos, mantendrán una línea de proyección continua, proporcionando estabilidad al equipamiento educativo.

b.1.2.17) La bandeja portalibros no necesariamente deben ir debajo del tablero de la mesa, puede ir ubicada en otro lugar de la mesa siempre que brinde la misma funcionalidad.

b.1.2.18) La altura de la estructura de la mesa permitirá al usuario sentado introducir cómodamente y sin esfuerzo los muslos de las piernas debajo de ella; a su vez permitirá también la mayor posibilidad de movilidad sin ocasionarle golpes, presiones y rozamientos.

b.1.2.19) El ancho de la mesa debe permitir que la silla ingrese fácilmente bajo la misma.

b.1.2.20) Se debe tratar de diseñar el mobiliario de tal manera que se acople con otros.

b.1.2.21) El mobiliario debe estar diseñado de tal manera que no ocasione posiciones incómodas, golpes o rozaduras cuando interactúe con el mismo.

b.1.2.22) Todo el mobiliario aéreo debe ser ubicado a una altura acorde al ángulo de confort del alcance brazo-mano en elevación

	<p>b.1.2.23) Las gavetas, armarios y todo tipo de mueble similar a ellos deben estar diseñados a una altura y profundidad en referencia al usuario de menor tamaño corporal y a los ángulos de confortabilidad del brazo-mano en elevación y extensión así también deben presentar correderas metálicas con un sistema de tope para evitar caídas de los cajones.</p> <p>b.1.2.24) Las gavetas, armarios y todo tipo de mueble similar a ellos, dependiendo de su tamaño y peso deberán presentar asas de agarre amplias y cómodas, así también ruedas que giren sobre su centro 360° y pestillos de seguridad.</p> <p>b.1.2.25) La dimensión de los pizarrones deben estar en función del ángulo de visión del usuario de menor tamaño corporal considerando el ángulo de confortabilidad entre la cabeza y el cuello del usuario.</p>
<p>B.1) Aspectos ergonómicos</p>	<p>b.1.3) Accesibilidad:</p> <p>b.1.3.1) La forma del mobiliario debe ser sencilla.</p> <p>b.1.3.2) Las sillas debe permitir acceder al usuario al asiento tanto de forma frontal como por sus laterales.</p> <p>b.1.3.3) Las mesas deben estar a una altura adecuada para que el usuario asiente cómodamente sus codos sobre ella así también alcance sin mayor dificultad el material que se ubica ella</p> <p>b.1.3.4) Los muebles aéreos deben estar ubicados a una distancia accesible para el usuario desde el piso, permitiéndole al usuario alcanzar cómodamente los objetos que se coloquen en ello</p> <p>b.1.3.5) El mobiliario diseñado con cajones, debe permitir el fácil acceso al material que de introduzca en él.</p>

	<p>b.1.3.6) La ubicación del pizarrón debe estar a una altura adecuada que le permita al usuario interactuar con él.</p> <p>b.1.3.7) El escritorio del profesor/a debe estar diseñado a una altura adecuada donde el estudiante tenga acceso físico y visual.</p> <p>b.1.3.8) Se debe colocar el material didáctico a una altura accesible por todos los estudiantes, tanto para su visualización, lectura y agarre.</p> <p>b.1.3.9) El mobiliario debe presentar una distribución espacial de tal manera que el estudiante pueda desplazarse por los espacios libres sin sufrir accidentes ni encontrarse con obstáculos, así también acceder a todos los rincones del aula.</p>
<p>B.2) Aspectos medioambientales</p>	<p>b.2.1) Materiales</p> <p>b.2.1.1) Analizar el material en función al tipo y uso en la fabricación de muebles.</p> <p>b.2.1.2) Identificar los materiales de origen local y la capacidad de reciclabilidad de dicho material.</p> <p>b.2.1.3) Realizar un análisis técnico de los materiales seleccionados, y analizar comparativamente.</p>

Tabla 76. Especificaciones de diseño para el subsistema escolar silla-mesa. Elaboración propia.

B.2) Aspectos medioambientales

B.2.1) Materiales

Los materiales son elementos indispensables para el diseño de muebles, su adecuado escogimiento permitirá tener un óptimo resultado final. En este caso particular, se analizarán los materiales más utilizados en el diseño de mobiliario en general, y posteriormente mediante análisis comparativos se determinará el o los materiales que se consideraren idóneos para la fabricación del subsistema escolar dentro del aspecto de sostenibilidad ambiental. Siguiendo las directrices planteadas en la metodología, en la Tabla 77 se detallan los materiales que según Lawson (2013), son los más utilizados en el diseño de mobiliario en general.

b.2.1.1) Materiales utilizados para la fabricación de mobiliario en función a su tipo y uso en la fabricación de muebles.

Material	Tipo	Subtipo	Uso en la fabricación de muebles			
			Estructura	Carcasa	Accesorios	Acabado
Metal	Aluminio	Forjado (Aleaciones 3003, 6060, 6061, 6063)				✓ (galvanizado, revestimiento)
		Fundición (Aleaciones LM5, LM6, LM24, LM25)	✓	✓	✓	
	Hierro	Forjado	✓	✓	✓	X
		Colado	✓	✓	✓	X
	Acero al carbono (Hierro + Carbono)	N/A	✓	✓	X	X
	Acero inoxidable	Forjado	✓	✓	✓	X
		Colado	✓	✓	✓	X
Zinc	N/A	X	X	✓	✓ (galvanizado)	
Plástico	Estructurales termoplásticos	Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)	✓	✓	✓	✓ (revestimiento)
		Compuestos de polímero (epoxi con fibra de carbono)	✓	✓	X	X
		Poliamidas (Nylon)	✓	✓	X	X
		Policarbonato	✓	✓	X	X
		Polietileno de baja densidad (LDPE)	✓	✓	✓	X
		Polipropileno (PP)	✓	✓	✓	X

		Polipropileno expandido (EPP)	✓	✓	X	X
	Estructurales termoestables	Resina de poliuretano (PUR)	X	X	✓	✓ (revestimiento)
	Elastoméricos termoestables	Caucho natural	X	X	X	✓ (revestimiento)
Madera	Duras	Tropicales	✓	✓	✓	✓ (natural, revestimiento)
	MDF	Tablero de fibras de Densidad Media		✓		✓ (natural, lacado, melaminico)
	MDP	<i>Tablero de partículas de densidad media</i>		✓		✓ (natural, lacado, melaminico)

Tabla 77. Análisis de materiales en función al tipo y uso en la fabricación de muebles en general. Elaboración propia.

La Tabla 77 ha sido elaborada considerando los materiales comúnmente utilizados para el diseño de mobiliario en general, divididos en tipo y subtipo; así como cuatro parámetros de aplicación, donde estos materiales pueden ser utilizados como:

Estructura.- armazón que sirve de sostén al mueble.

Carcasa.- piezas aditivas que van unidas/fijadas a la estructura para formar el mueble.

Accesorios.- piezas aditivas desmontables que pueden ser sustituidas.

Acabado.- proceso utilizado para proteger y/o realzar el mueble. En este sentido algunos materiales son utilizados para galvanizado (procesos de baño y chapado en los que se aplica zinc o aluminio a la superficie de aceros al carbono o hierros colados, con el objeto de proteger dichos metales ferrosos de la oxidación). Así mismo existen materiales que podrían servir para revestir a otros, o en el caso de la madera el acabado podría dejarse de forma natural.

Además en el caso de la madera se han considerado las maderas duras, debido a que las mismas son utilizadas en la fabricación de muebles Lawson S. (2013). Así también considerando que la implementación del mobiliario a fabricar (subsistema silla-mesa) será en el Ecuador, se tomó en cuenta las maderas tropicales, ya que dicho país se encuentra ubicado entre los Trópicos de Cáncer y Capricornio (zona tropical).

- **Identificación de materiales de origen local (nacional) - Ecuador**

Se identificaron materiales de origen local, con la finalidad de aprovechar el recurso nacional, además de contribuir a la generación de un menor impacto ambiental especialmente en la etapa de transportación. En la Tabla 78 se muestran un análisis de diversos materiales utilizables en fabricación de mobiliario, determinando su lugar de origen y el porcentaje de reciclabilidad de los mismos, lo que permitió delimitar el campo de investigación para el análisis técnico y sostenible de los mismos.

b.2.1.2) Identificación de materiales en función a su origen y porcentaje de reciclabilidad

Materiales		Porcentaje de obtención/importación/reciclado	País de origen materia prima para la fabricación de mobiliario en Ecuador
Metales	Aluminio	30% reciclado (producción local)	Ecuador ²⁶
		70% importación	Argentina, Francia, EEUU, Venezuela y Canada.
	Hierro forjado/colado	100% obtención local	Ecuador ²⁷
	Acero Inoxidable forjado/colado	100% importación	Brasil, Taiwan, China ²⁸
	Acero	100% obtención local más reciclado	Ecuador²⁹
Plásticos	Plásticos en general	100% importación	Corea del sur, Brasil, EEUU, Colombia, Chile y China; plásticos LDPE (Polietileno de baja densidad), PP (Polipropileno), otros. ³⁰
		100% importación	Fibra de carbono: EEUU, Japón y Europa
		100% importación	Policarbonato Colombia ³¹
	Caucho	30% obtención local 100% reciclado	Ecuador^{32, 33}
		70% importación	Indonesia, EEUU ³⁴
Madera	Madera dura y semidura	100% obtención local	Ecuador³⁵

²⁶ <http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/la-industria-del-aluminio-crece-3-al-ano-en-el-pais-446313.html>

²⁷ Ministerio del Comercio Exterior de Ecuador. –PROEcuador <http://www.proecuador.gob.ec/exportadores/sectores/metalmecanica/>

²⁸ <http://www.elmercurio.com.ec/406470-indalum-ya-planifica-la-produccion-de-ollas-de-acero-para-nuevas-cocinas/#.U3DRyeg6sms>

²⁹ Revista Ekos en su artículo “Reciclaje de acero: un ejemplo de RSE Industria” (2011. <http://www.ekosnegocios.com/revista/Pagina.aspx?idEdicion=4&pagina=110>)

³⁰ http://www.revistagestion.ec/wp-content/uploads/2013/07/160_006.pdf

³¹ www.aeg.com.co

³² Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. http://www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com_content&view=article&id=239:el-cultivo-del-caucho-generara-beneficos-economicos-al-productor&catid=97&Itemid=208

³³ <http://pisosdecaucho.webs.com/adoquin-de-caucho>

³⁴ Espinoza Julio. Ortega Christian 2006 Proyecto de Comercialización y Prestación de Servicios Técnicos de una Nueva Línea de Llantas Industriales a Nivel Nacional.

³⁵ Ministerio del Comercio Exterior de Ecuador. –PROEcuador. <http://www.proecuador.gob.ec/exportadores/sectores/madera/>

	sólida tropical		
	Tablero contrachapado de madera dura tropical	100% obtención local 60% reciclado	Ecuador³⁶ Ecuador³⁷
	MDF	100% obtención local (bosque propio de pino)	Ecuador³⁸
	MDP	100% obtención local (bosque propio pino, eucalipto, y material reciclado)	Ecuador³⁹

Tabla 78. Identificación de lugar de origen de los materiales utilizables en la fabricación de mobiliario y su porcentaje de reciclabilidad. Elaboración propia.

³⁶ Ministerio de Industrias y Productividad-FLACSO Centro de Investigaciones Económicas y de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa Boletín mensual de análisis sectorial de MIPYMES. Muebles de madera sólida para exportación (R6 y R2) 2011, pág 25

³⁷ <http://www.produccion.gob.ec/empresas-ecuatoianas-cambian-la-matriz-productiva/>

³⁸ <http://www.cotopaxi.com.ec/proceso-tablero-fibraplac-mdf>

³⁹ <http://www.novopan.com.ec/novopan/mdp.html>

Una vez analizado cada material y considerando lo anteriormente expuesto, se va tomar en cuenta el material que tenga capacidad de reciclabilidad y sea de producción local, esto permitirá determinar cuál o cuáles son los materiales idóneos a utilizar en el diseño del mobiliario escolar.

1) MADERA

Para la realización del análisis técnico y de sostenible de las maderas duras y semiduras tropicales del Ecuador, se debe considerar la información que existe en la Norma NTE INEN 2580 (2011) Ecuatoriana: **Sistema de clasificación y calificación de madera aserrada proveniente de bosques húmedos tropicales**, que categoriza a las maderas duras y semiduras en clases, siendo estas: Clase “A” maderas duras, las mismas que presentan una densidad básica mayor a $0,71\text{g/cm}^3$, utilizadas comúnmente para estructuras como pilotes, elementos de puentes, durmientes, vigas, viguetas, piederechos, columnas, puntales, dinteles, pisos (medias duelas, duelas, tablones, tabloncillos, parqué), soleras y travesaños, maderas de recubrimientos, puertas, ventanas, pasamanos, balaustres y molduras; en tabiquería (tablas, tablones y tabloncillos vistos); en ebanistería, muebles tallados; y, en chapas decorativas..

Las maderas Clase “B” maderas semiduras o semipesadas, cuya densidad básica debe ser mayor a $0,55\text{g/cm}^3$ y menor a $0,70\text{ g/cm}^3$, siendo sus usos más comunes: recubrimientos, tales como: puertas, ventanas, pasamanos, balaustres y molduras; tabiquería, (tablas, tablones y tabloncillos vistos); entalladuras (molduras, torneados, cabos de herramientas). Con una adecuada clasificación visual y apropiadamente tratadas también se las emplea como elementos estructurales como: puntales, vigas, viguetas, pie - derechos, columnas, dinteles, pisos, (medias duelas, duelas, tablones y tabloncillos vistos) soleras y travesaños; muebles y ebanistería; y, en chapas decorativas.

Y las de Clase “C” que son las maderas livianas, siendo su densidad mayor a $0,40\text{ g/cm}^3$ y menor a $0,54\text{ g/cm}^3$, las mismas que son utilizadas para hacer tableros contrachapados, aglomerados, en estructuras simples como paneles de corte, diafragma, muros portantes, revestimientos, cielos rasos, molduras y forros, puertas,

ventanas, tiras, cuerdas, listones, zócalos y además: baja lenguas, paletas y palillos. Con un adecuado tratamiento y clasificación visual, estas maderas también pueden ser empleadas en estructuras. Las tres categorías mencionadas recomienda la norma utilizarlas para la fabricación de muebles, por lo tanto la densidad especificada en la Clase “C” será uno de los referentes para la selección de la madera a utilizar en la fabricación del subsistema escolar silla-mesa.

En lo que respecta al criterio medioambiental, el tiempo de desarrollo fisiológico que le toma desarrollarse a una especie forestal y su proceso regenerativo serán los criterios a considerar para la selección de la madera a utilizar en la fabricación del subsistema escolar silla-mesa.

- **Análisis de las especies madereras en función a su desarrollo fisiológico y densidad.**

Como primer paso se empezará a descartar los tipos de madera por el número de años que implicaría su reforestación. En la Tabla 79 se muestra el número de años que tomaría a los diferentes tipos de madera desarrollar fisiológicamente.

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	DESARROLLO FISIOLÓGICO (AÑOS)
Arabisco,	Garza Jacarnad copaira	18
Acacia	Acacia macranta	20
Araucaria	Araucaria agustifolia	25
Aliso	Alnus jorullensis	15
Amarillo	Centrolobium patinensis	25
Balsa	Ochroma lagopus	5
Bambú	Bambusa bambusiflora	8
Cipres	Cupressus macrocarpa	25
	Cupressus llucitanice	25
Capulí	Prunus capuli	20
	Prunus cerolina	20
Casuarina	Casuarina equisetifolia	25
Cedro	Cedrela odorata	30
Cedria	Cedrela ficilis	30
Cedro de monte	Cedrela rosei	30
Canelo	Nectandra spp	20
Caoba	Platymiscium pinnatum	25
	Swietenia macrophylla	25
Cascol	Libidibia corymbosa	25
Caña Fistula	Cassia fistula	20
Cascarilla	Sinchona officinalis	25

Cuángare	<i>Dialyanthera gracilipes</i>	25
Colorado	<i>Pouteria</i> sp.	25
Caimito	<i>Chrysophyllum aurantum</i>	25
Copal	<i>Dacryodes peruviana</i>	25
Chaviande	<i>Virola dixonii</i>	30
Ebano	<i>Zizyphus thysiflora</i>	25
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>	15
	<i>Eucalyptus saligna</i>	15
	<i>Eucalyptus robusta</i>	15
	<i>Eucalyptus grandis</i>	15
	<i>Eucalyptus deglupta</i>	15
Fugueroa, tángare	<i>Carapa guianensis</i>	20
Fernán Sánchez	<i>Triplaris guayaquilensis</i>	25
Guachapelí	<i>Pseudosamanea guachapele</i>	25
Guayacán	<i>Tabebuia caryantha</i>	40
Guayacán pechiche	<i>Minuartia guianensis</i>	25
Guayacán guayanchi	<i>Guyacan affinalis</i>	25
Guayacán Venezolano	<i>Cybistax donnell</i>	25
Guarango	<i>Tara spinosa</i>	20
Jigua	<i>Nectandra reticulata</i>	30
Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	15
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	18
Laurel de monte	<i>Myrica pubescens</i>	18
Mambla-bombón	<i>Erythrina poeppingiana</i>	25
Moral bobo	<i>Claricia racemosa</i>	20
Moral fino	<i>Clorophora tinctoria</i>	25
Mascarey	<i>Hyeronima chocoensis</i>	25
Moltilón	<i>Hyeronima alchornoidea</i>	25
Macharé	<i>Symphonia globifera</i>	25
Nogal	<i>Juglans neotropica</i>	30
Pachaco	<i>Zchizolobium parahybum</i>	10
Palo de vaca	<i>Alseis eggersii</i>	25
Pino	<i>Pinus radiata</i>	20
Roble de Guayaquil	<i>Tabebuia pentaphylla</i>	20
Roble	<i>Terminalia superba</i>	20
Roble de Esmeraldas	<i>Terminalia amazonica</i>	20
Samán, caucho blanco	<i>Samanea saman</i>	20
Sande	<i>Brosimum utile</i>	20
Sangre de gallina	<i>Vismia vacifera</i>	25
Teca	<i>Tectona grandis</i>	25
Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i>	25

Tabla 79. Principales especies forestales y su ciclo vegetativo en Ecuador. Referenciado de la Planificación Estratégica Bosques Nativos en el Ecuador (2007-2012).

En función a lo detallado en la Tabla 79, las especies maderas que se tomarán en cuenta para proseguir el estudio de materiales a utilizar sostenibles ambientalmente serán las que presenten un desarrollo fisiológico igual o menor a 15 años, por presentar una

reforestación corta. Dichas especies madereras están resaltadas en color azul en la Tabla 79 y presentadas con su respectiva densidad en la Tabla 80.

Nombre común	Desarrollo fisiológico en años	Densidad g/cm ³
Balsa	5	0,12 ⁴⁰
Bambú	8	0,7 ⁴¹
Eucalipto	15	0,45-0,55 ⁴²
Pachaco	10	0,41 ⁴³

Tabla 80. Densidad de las especies madereras de desarrollo fisiológico menor o igual a 15 años.

Con los datos presentados en la Tabla 80, se puede concluir que por densidad y por su capacidad de reforestación no muy tardía las especies madereras a analizar más detalladamente son el bambú (madera semidura), el eucalipto (madera liviana), y el pachaco (madera liviana). La balsa a sido descartada debido a que presenta una densidad muy baja por lo que su madera es muy blanda y no serviría para cumplir los objetivos planteados en el diseño del mobiliario escolar.

- **Análisis individual de las especies madereras seleccionadas**
 - **Bambú gigante**

El bambú ha sido considerado por varias empresas como un extraordinario material debido a la fortaleza de su fibra, por este motivo se lo conoce como acero vegetal, así también Krishnaswamy (1956), destaca que un bosque de bambú productivo y bien manejado produce más materia seca por año de lo que se obtiene de especies arbóreas, además de carecer de toxicidad en las dosis recomendadas⁴⁴. En lo referente a su sostenibilidad ambiental el bambú al ser una planta, su proceso regenerativo es mucho más rápido que la de un árbol, es por ello que es de rápido

⁴⁰ http://www.ecobalsa.com/descargar/FICHA_TECNICA_DE_LA_MADERA_BALSA.pdf

⁴¹ <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/3549>

⁴² Referenciado de Vinuesa Marco.2012. Ecuador Forestal. <http://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-10-eucalipto/>

⁴³ Referenciado de Vinuesa Marco.2012. Ecuador Forestal <http://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-n-2-pachaco/>

⁴⁴ <http://naturalcash.com/fitoterapia/B/bambu.htm#ancla>

crecimiento sobre la tierra, llegando alcanzar sus postes hasta 25 metros de alto, un diámetros de 17 centímetros y un grosor en la base de 3.5 centímetros, así también se destaca que se pueden obtener alrededor de 50 toneladas de madera de bambú al contar con la tecnología adecuada (BIGBAMBOO, 2014). Otra de las ventajas que presenta la planta de bambú, es que no necesita replantación, cada año brota de nuevo y absorbe un 30% más de CO₂ que los árboles (BambooTouch, 2014). Un análisis más detallado del bambú en lo referente a sus propiedades físicas y mecánicas se presenta en la Tabla 81.

En lo referente a las empresas que cuentan con plantaciones propias de bambú gigante y ofertan la materia prima para la fabricación de tableros de bambú en Ecuador son:

- **Rain forest**

- **Obtención de la materia prima:** Dirección: Recinto 10 de agosto, Golondrina Cantón Quinindé-Esmeraldas. Ubicado a 185km de la Ciudad de Quito
- **Consideraciones medioambientales:** Maneja su plantación de acuerdo a altos estándares y rigurosos procedimientos de MIP (manejo integrado de plagas), de la mano con la implementación de sistemas de control biológico. Mantiene alrededor de 14 hectáreas de bosque húmedo secundario en recuperación.

- **BIGBAMBOO**

- **Obtención de la materia prima:** Dirección: Cantón Pedro Vicente a 100 km. al noroeste de Quito la capital del Ecuador.
- **Consideraciones medioambientales:** Promueve una producción sostenible, eficiente en costos y que se constituya en una alternativa real a la tala de árboles en cielos abiertos.

- **Análisis técnico del bambú gigante**

Material	Características			Propiedades físicas y mecánicas ⁴⁵											
	Trabajabilidad ⁴⁶	Riesgos	Problemas	Dureza ⁴⁷	Densidad g/cm ³	Contracción%			Flexión estática			Compresión kg/cm ²		Cizallamiento kg/cm ²	Humedad %
						Rad.	Tang.	Vol.	MOR ⁴⁸ kg/cm ²	MOE ⁴⁹ kg/cm ²	ELP ⁵⁰ kg/cm ²	paralela	perpendicular		
Bambu Gigante (Asper Dendrocalamus)	Puede ser mecanizado, teñido, barnizado, pegado, pulido como cualquier otra madera, y por cualquier carpintero. Aplicaciones: muebles, pisos, cortinas.	Puede sufrir ataques de coleópteros, isópteros y hongos, pero existen tratamientos de protección		EL bambú se puede comparar favorablemente con el hormigón, el acero y la madera (es dos veces más rígida que esta).	0,7	N/A	N/A	N/A	198.24	80867	80.40	204.96	68.32	10.35	77.92

Tabla 81. Análisis técnico del Bambú. Propiedades físicas y mecánicas. Referenciado de varias investigaciones realizadas por varios autores.

45 Referenciado de Arias M., Espinosa, A., Salazar A. 2011. "http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/3549_

46 <http://www.bambootouch.es/empresa-bambootouch>

47 Arcilla, Jorge. Resumen de la Tesis doctoral 1993. EL bambú como material de construcción.

48 módulo de ruptura en flexión

49 módulo de elasticidad en flexión

50 esfuerzo en el límite proporcional.

- **Eucalipto**

El eucalipto es un árbol de relativamente rápido crecimiento. En el Ecuador se encuentra plantaciones de dicho árbol en la provincia de Esmeraldas, en una superficie inicial de 1000ha. en la zona de Muisne, Tonchigue y Sua.

En lo referente a su uso, Muirragui A. F. (2011) especifica que las astillas de eucalipto son utilizadas para la elaboración de la pulpa de los tableros contrachapados y MDF, más no para la producción directa de tableros o contrachapados. Así también, según Vinuesa Marco (2013) el eucalipto se usa para celulosa, postes de alumbrado, trozas para aserrado. Por lo expuesto el eucalipto no se lo va a considerar para hacer un estudio más detallado debido a que actualmente en el Ecuador no se industrializan tableros de dicha madera, solo se lo utiliza como pulpa.

- **Pachaco**

El pachaco (*Schizolobium parahybum*), es una especie nativa de la Amazonía e introducida en la costa ecuatoriana. Además se establece que durante el año 2009 el Ministerio Ambiental del Ecuador (MAE.), autorizó el aprovechamiento de 191.27m³ de madera rolliza de pachaco (Romero M. et al 2011).

Así también el MAE., destaca que el pachaco es una de las plantaciones forestales introducidas en la costa ecuatoriana, donde la madera de dicha especie es empleada principalmente en la industria del contrachapado. En lo referente a la sostenibilidad ambiental del pachaco, Romero M. et al.(2011) establece que no se ha encontrado reportes de regeneración natural de dicha especie, así también que su desarrollo fisiológico tarda aproximadamente 10 años tal como se especificó en la Tabla 80.

Es importante destacar que el pachaco se obtiene de plantaciones forestales a diferencia de otras especies que provienen de bosques nativos. En la Tabla 82 se muestra un análisis técnico de las propiedades físicas y mecánicas del pachaco.

En lo referente a las empresas que en el Ecuador se dedican a la producción de tableros contrachapados de madera rolliza de pachaco, según la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad Del Agro de Ecuador son:

- **ENDESA-BOTROSA (BPSQUES TROPICALES S.A BOTROSA)**⁵¹
 - **Obtención de la materia prima:** Bosques del norte de Esmeraldas Borbón y San Lorenzo del Pailón.
 - **Consideraciones medioambientales:** Tiene como objetivo plantar el triple de los árboles cortados, es decir, si de una hectárea de bosque se cosechan aproximadamente cinco árboles de veinte años o más, dependiendo su especie, su plantación equivaldrá a quince nuevas especies por hectárea. Posee la certificación de FSC tanto en plantación como en bosque nativo
- **CONTRACHAPADOS DE ESMERALDAS S.A. CODESA**⁵²
 - **Obtención de la materia prima:** Bosques del norte de Esmeraldas Borbón y San Lorenzo del Pailón.
 - **Consideraciones medioambientales:** Se plantea la labor de reforestación tanto en plantaciones propias como en plantaciones de terceros.

⁵¹ <http://agrocalidad.gob.ec/Operadores/operador.php?page=171>

⁵² http://agrocalidad.gob.ec/Operadores/operador.php?order=razon_social&type=asc

- **Análisis técnico del árbol pachaco**

Material	Características			Propiedades físicas y mecánicas												
	Trabajabilidad	Riesgos	Problemas	Dureza		Densidad g/cm ³	Contracción%			Flexión estática			Compresión kg/cm ²		Cizallamiento kg/cm ²	Tenacidad m-kg
				Lados kg.	Extremos kg.		Rad.	Tang.	Vol.	MOR kg/cm ²	MOE kg/cm ²	ELP kg/cm ²	paralela	perpendicular		
Pachaco (Referenciado de ⁵³)	Buena trabajabilidad Secado sin riesgos La textura hace difícil el trabajo en máquinas. No se obtiene superficies lisas Fácil aserrar Ángulo de corte bueno. Lijado con grano de 100 excelente	Pudrición Ataque de termitas e insectos Deformaciones leves Colapso Rajaduras	No se obtiene superficies lisas. Extremos mechudos al ser aserrada Fijación de clavos y tornillo	330	231	0,41	3,7	7	10	569	86x10 ³	0	364	54	79	1,4

Tabla 82. Análisis técnico del pachaco. Propiedades físicas y mecánicas. Referenciado de Vinueza Marco (2012)

⁵³ Referenciado de Vinueza Marco, 2012. Ecuador Forestal <http://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-n-2-pachaco/>

Detalladas las propiedades físicas y mecánicas tanto del bambú como del pachaco, se procedió a realizar un análisis comparativo entre dichas especies madereras, tanto de sus propiedades físico-mecánicas y medioambientales, para así determinar cuál de las dos especies se acoge de mejor manera a los requisitos determinados para este estudio y por ende ser utilizado en el diseño del subsistema escolar silla-mesa. Dicha comparativa se muestra en la Tabla 83y Tabla 84.

- **Análisis comparativo entre las propiedades físicas y mecánicas del bambú y el pachaco**

Propiedades físicas y mecánicas												
Material	Dureza ⁵⁴	Densidad g/cm ³	Contracción%			Flexión estática			Compresión kg/cm ²		Cizallamiento kg/cm ²	Humedad %
			Rad.	Tang.	Vol.	MOR kg/cm ²	MOE kg/cm ²	ELP kg/cm ²	paralela	perpendicular		
Bambu Gigante Asper Dendrocalamus	EL bambú se puede comparar favorablemente con el hormigón, el acero y la madera (es dos veces más rígida que esta)	0,7	N/A	N/A	N/A	198.24	80867	80.40	204.96	68.32	10.35	7.792
Pachaco	Buena trabajabilidad Secado sin riesgos La textura hace difícil el trabajo en máquinas. No se obtiene superficies lisas Fácil aserrar Ángulo de corte bueno. Lijado con grano de 100 excelente	0,41	3,7	7	10	569	86x10 ³	0	364	54	79	1,4

Tabla 83. Análisis comparativo entre las propiedades físicas y mecánicas del bambú y el pachaco. Elaboración propia

⁵⁴ Arcilla, Jorge. Resumen de la Tesis doctoral 1993. EL bambú como material de construcción.

- **Análisis comparativo entre las características medioambientales del bambú y pachaco**

Característica	Bambú	Pachaco
Tipo de plantación	Planta	Árbol
Desarrollo fisiológico	8 años	10 años
Proceso regenerativo	Regeneración natural (cada año)	No se regenera naturalmente
Obtención de plantaciones propias de las empresas.	Si	Si
Absorción del CO ₂	30% más que los árboles	N/A

Tabla 84. Análisis comparativo entre las características medioambientales del bambú y pachaco. Elaboración propia.

Conclusión del análisis realizado: Tanto el bambú como el pachaco presentan propiedades físico – mecánicas idóneas para la fabricación de tableros, sin embargo con respecto al parámetro medioambiental, el bambú presenta características más amigables para el ecosistema con respecto al pachaco, debido a que al ser una planta su regeneración es más rápida y natural, además de absorber un 30% más de CO₂ que los árboles. Así también el bambú utilizado en las empresas madereras es obtenido por medio de plantaciones propias; con lo que se aporta a reducir la deforestación de los bosques. Cabe destacar que algunos investigadores establecen que del bambú se puede obtener una gran cantidad de madera. Otra característica destacable es su no toxicidad, su resistencia y durabilidad, llegándose inclusive a comparar con el acero. Por lo expuesto la madera obtenida del bambú será considerada para la fabricación del subsistema escolar silla-mesa, ya que cumple con las características físico-mecánicas y medioambientales acordes a los requerimientos investigativos.

2) METALES

Tal como se estableció en el estado del arte, el consumo energético y las emisiones de CO₂ del aluminio y el acero reciclado son menores que los mismos en estado puro. En el Ecuador tanto el acero como el aluminio se reciclan, por lo que para elegir el material más idóneo según sus propiedades físicas - mecánicas y medioambientales se procederá hacer un análisis detallado de las características de los mismos.

- **Análisis de las propiedades del aluminio reciclado**

Dentro de las propiedades más importantes del aluminio Rubinos D.A. (2008) determina que su densidad es baja, destaca también que este pesa aproximadamente la tercera parte del acero y que es resistente a la corrosión. En lo referente a las fuentes de energía que se usan en la industria del aluminio la Asociación Española ARPAL (2014) establece que la energía utilizada mayoritariamente proceden del agua; de la cual la energía hidráulica constituye el 52% del total de energía empleada para los diversos procesos a los que se somete este material, así también otras fuentes de energía utilizadas son: el carbón (25%), la energía nuclear (15%), el gas natural (5%) y el petróleo (3%).

Con respecto al reciclaje de aluminio Rubinos destaca que cualquier objeto fabricado de aluminio puede ser reciclado repetidamente, así también que el reciclaje del aluminio requiere únicamente el 5% de la energía que se necesitaría para producir el metal primario, generando únicamente un 5% de emisiones de gas, considerando además lo que establece la Compañía ABENGOA en su Informe de “Responsabilidad Social Corporativa” (2006) que destaca que la producción de un kilogramo de aluminio consume aproximadamente 12kwh, mientras que un kilogramo procedente del reciclaje consume solo 0,5kwh. Por su parte ARPAL (2014) establece que el aluminio es un material 100% reciclable sin pérdida de sus cualidades. Ungureanu C.A. et al. (2007) determina que las emisiones de CO₂ en función al porcentaje de reciclado del aluminio al 75% son mucho menores que las del acero al 25% específicamente en la etapa de prefabricación.

- **Análisis de las propiedades del acero reciclado**

En lo referente al acero, la Revista Ekos en su artículo “Reciclaje de acero: un ejemplo de RSE Industria” (2011), establece que el acero es el material que más se recicla en todo el planeta, y que aproximadamente el 45% de su consumo a escala global proviene del reciclaje. Esto se debe a la nobleza del material, el cual permite ser transformado y reutilizado indefinidamente sin perder sus propiedades. Además destaca que el proceso de reciclaje del acero tiene evidentes ventajas ambientales en el planeta, entre ellas se puede destacar el ahorro de mineral virgen (90%), ahorro en el consumo de energía (74%), disminución de emisiones atmosféricas (88%) y menor consumo de agua en sus procesos (56%). La Organización Bureau of International Recycling (2014) destaca también que el reciclaje de una tonelada de acero permite ahorrar 1.100 kilogramos de mineral de hierro, 630 kilogramos de carbón y 55 kilogramos de caliza, así también plantea una reducción del 58% de emisiones de CO₂ mediante la utilización de chatarra férrea. Así también al reciclar una tonelada de acero se ahorra 642 kwh de energía, 1,8 barriles (287 litros) de petróleo, 10,9 millones BTUs de energía y 2,3 metros cúbicos de espacio de vertedero, además de utilizar 75% menos de energía en comparación con la creación de acero a partir de materias primas: cantidad suficiente para suministrar energía a 18 millones de hogares. Por último establece que el reciclaje de acero utiliza un 90% menos de materiales vírgenes y un 40% menos de agua, además de producir un 76% menos de contaminantes del agua, un 86% menos de contaminantes del aire y un 97% menos de residuos de minería.

En la Tabla 85 se muestra el análisis comparativo realizado entre el aluminio y acero reciclado para determinar cuál de los dos metales presenta mejores características físicas y medioambientales para ser utilizado en la fabricación del subsistema escolar silla-mesa.

- **Análisis comparativo de las propiedades físicas y de sostenibilidad ambiental entre el aluminio y acero reciclado.**

	Aluminio reciclado	Acero reciclado
Propiedades	100% reciclable. No pierde sus propiedades presentes en la materia virgen. Larga vida útil y resistente. Pesa la tercera parte del acero.	100% reciclable. No pierde sus propiedades presentes en la materia virgen. Larga vida útil y resistente.
Sostenibilidad ambiental		
Emisiones de CO2	5% de emisión de gases.	14%-48 % de emisión de gases.
Consumo energético	0,5kwh (producción de un kg. de aluminio reciclado) Ciclo de vida de la Huella de CO ₂ un 20% menor que la del acero	0,8kwh (producción de un kg. de acero reciclado)

Tabla 85: Análisis comparativo de las propiedades del aluminio y acero reciclado y de su sostenibilidad ambiental. Elaboración propia.

Conclusión del análisis comparativo: Después de haber recabado información pertinente tanto del reciclado del aluminio como del acero, y comprobando que los dos no pierden sus propiedades físicas, se determinó que por sostenibilidad ambiental, el metal que resulta más amigable con el medioambiente es el aluminio reciclado, debido a que su consumo energético en comparación con el acero en la producción de 1kg. de material es minoritarios, además el ciclo de vida de la Huella de CO₂, es un 20% menor que la del acero . Además hay que detallar que el Ecuador produce un 30% de aluminio reciclado, presentando una proyección de crecimiento anual del 3%⁵⁵.

⁵⁵ La industria del aluminio crece 3% al año en el país. (2010). Citado [16 de diciembre de 2013]. Disponible en:<http://www.explored.com.ec/noticias-ecuador/la-industria-del-aluminio-crece-3-al-ano-en-el-pais-446313.html>

En lo referente a las empresas que se dedican a la industria del aluminio en el Ecuador existen alrededor de 20, siendo algunas de ellas: Corpesa, la misma que agrupa a Cedal, Vitral y Estrusa.

- **Corporación Ecuatoriana de Aluminio - CEDAL:**

Es la primera planta extrusora de aluminio en el Ecuador, certificada bajo el Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001:2000 y gracias a su compromiso constante obtuvo su certificación ISO 9001:2008. Además CEDAL garantiza su perfilería de aluminio bajo norma internaciones de calidad ASTM B-221 y bajo la norma nacional de calidad NTE INEN 2250:2000

- **Obtención de la materia prima.** Se obtiene del aluminio recuperado por medio de la fundición. **Dirección:** Lotización Las Ferias, Mz. R, Solar 11, Km. 4 1/2 Vía Durán – Tambo.
- **Sostenibilidad ambiental:** Contribuye de manera activa y voluntaria al mejoramiento social, económico y ambiental, es por ello que un porcentaje de su producción se basa en el reciclaje del aluminio, además de ejecutar la donación de árboles a institutos educativos el país, fomentando una cultura de preservación del medio ambiente.

3) Caucho Reciclado

Se ha considerado el caucho reciclado en esta investigación, debido que el mismo será utilizado para la fabricación de los regatones que cubren las terminales inferiores de las patas del subsistema silla-mesa a fabricar.

Características del caucho reciclado: Se obtiene del aprovechamiento de los neumáticos usados, lo que ha permitido recuperar de forma selectiva los componentes que lo integran. Según Luna P. (2013) el caucho reciclado presenta las mismas propiedades del caucho normal, e inclusive mezclado con caucho nuevo aumenta sus propiedades físicas, como el esfuerzo máximo de tracción, etc;.

Por su parte Salazar G. (2011) especifica que las propiedades del caucho a temperatura ambiente de 20°C es líquido, alrededor de -195°C el caucho puro es sólido duro y transparente. De 0 a 10° es frágil y opaco, por encima de 20°C se torna blando, flexible y translúcido. Su densidad a 0°C es de 0,950 y a 20° es de 0,934, y posee un peso molecular medio de 5x10⁵g/mol. Además destaca que el caucho repele el agua, no es hidrosoluble y tiene una biodegradabilidad muy lenta cerca de los 500 años. Con respecto a la obtención del caucho reciclado, Delarze P. (2008) determina que el consumo energético para el reciclaje de neumáticos es de 0,35 kwh/kg.

En el Ecuador las empresas que se dedican a la obtención de caucho reciclado y que tienen correspondencia con la presente investigación son:

- **RECIPLAY:** Es una empresa de transformación de neumáticos en materia prima y fabricante de planchas de caucho reciclado en función a la Norma Europea EN 1117:1997.
 - **Dirección:** Conocoto 595. Quito-Ecuador.
 - **Sostenibilidad ambiental:** Aprovechamiento del caucho proveniente de las llantas, mediante procesos innovadores, convirtiéndolas en materias prima o productos terminados. Además de contribuir a eliminar los neumáticos, utiliza técnicas no contaminantes para conseguir la reutilización de este material, logrando así un proceso integral de desarrollo sostenible.
- **ALIBOC S.A.:** Es una empresa que fabrica en primera instancia “polvo de caucho granulado”, de donde se obtiene productos netamente ecológicos los cuales son para el mejoramiento del asfalto, para la construcción de carreteros y la fabricación de pisos ecológicos para proyectos de vivienda, sector comercial, industrial, educativo, deportivo, de la salud, y números aplicaciones más.
 - **Dirección:** Vía Puntilla Samborondón Km. 16.5, Buijo Solar 13

- **Sostenibilidad ambiental:** Aporta al sector municipal con la reutilización de llantas que son altamente contaminantes dando una solución 100% ecológica, otorgando además un ahorro de energía significativa

C. Diseño Conceptual de la propuesta

C.1) Determinación de los requerimientos de diseño

A continuación se presenta un resumen de todas las características a considerar en el diseño del subsistema escolar silla – mesa escolar para niños y niñas de entre 5 a 10 años de la República del Ecuador que presentan discapacidad motriz en un grado leve, cumpliendo las consideraciones ergonómicas planteadas en el metodología de diseño en lo referente a este tipo de subsistema., las mismas que son:

En lo referente a la seguridad se deben considerar ciertas características como:

(b.1.1.1) evitar salientes peligrosas, (b.1.1.2) emplear esquinas con bordes semicirculares para evitar golpes o incrustaciones, (b.1.1.3) no deben presentar grietas, defectos ni deformaciones, (b.1.1.4) debe ser estable para evitar volcamiento o caída, (6.1.1.5) debe desempeñar la función para lo que fue diseñado, (b.1.1.6) los sistemas de sujeción deben ser seguros, de tal forma que las uniones no se aflojen, (b.1.1.8) todos los materiales a emplear no deben ser tóxicos, y (b.1.1.10) las terminales inferiores de las patas de la silla y mesa deben estar diseñadas o recubiertas de tal manera que no ocasionen deterioro a la superficie donde están asentadas ni ruidos incomodos para los usuarios y las personas de su alrededor. Con respecto a la confortabilidad, el subsistema debe cumplir con algunos criterios como (b.1.2.1) acotar un máximo de 2cm por lado a las medidas del subsistema escolar de ser necesario, cuando el requerimiento sea la holgura, (b.1.2.2) definir una anchura del asiento de tal manera de sostener cómodamente los muslos de las dos piernas

(b.1.2.3) utilizar los ángulos de confort anatómicos establecidos por Wisner detallados en el estado del Arte, para establecer la ubicación correcta de la columna vertebral con respecto a las extremidades, (b.1.2.4) Utilizar un vértice de unión entre el espaldar de las silla y el asiento con un ángulo de 90° a 110°, para proporcionar un adecuado reposo a la zona lumbar, (b.1.2.5) ajustar la altura del asiento para permitir asentar correctamente la

planta del pie sobre una superficie plana, (b.1.2.6) establecer la profundidad adecuada del asiento, para contener cómodamente los glúteos y los muslos de la pierna evitando sensaciones de compresión detrás de la rodilla por profundidades muy largas o la sensación de caerse hacia adelante por profundidades muy cortas, (b.1.2.7) utilizar reposabrazos en función de la altura codo-asiento del usuario más pequeño, (b.1.2.8) además dependiendo de la frecuencia de uso y tomando en cuenta que pueden existir estudiantes con imposibilidad de movimiento en alguna de sus extremidades superiores, o que sean zurdos; se considerará un reposabrazos movable lo que permitirá el desplazamiento lateral del mismo por parte del infante cuando lo requiera, pudiendo además actuar como un sistema de seguridad lateral de la silla, (b.1.2.9) el respaldo de la silla debe presentar curvatura cóncava no superior a 4 cm, de tal manera que se pueda utilizar para la mayoría de los usuarios, (b.1.2.10) el asiento debe tener una pendiente no mayor a 4 cm, y la misma será formada entre el tablero plano del asiento y la proyección horizontal de sus bordes, (b.1.2.11) el borde de la silla que tiene contacto con la altura poplítea debe presentar un canto semicircular para evitar lesiones a las extremidades inferiores, (b.1.2.12) la altura del tablero de la mesa debe coincidir con la altura de los codos del usuario de menor tamaño corporal, para esto se tomará en cuenta la altura piso-codo o inclusive unos pocos centímetros más arriba considerando siempre los límites de comodidad, (b.1.2.13) el tablero de la mesa con respecto al sistema estructural que lo sostiene debe formar un ángulo de 90° para su estabilidad, (b.1.2.14), el tablero de la mesa debe presentar una curvatura cóncava frontal no superior a 4 cm, esto permitirá evitar la presión en el pecho del niño cuando se aproxime a la mesa, (b.1.2.15) el tablero de la mesa debe presentar una acanaladura en forma de C, ubicada al frente y a los costados del tablero en relación al lado en donde se sentará el infante, con el objetivo de evitar posibles resbalamientos o caídas de los útiles escolares de escritura y pintura, (b.1.2.16) los bordes laterales derechos con relación a los bordes laterales izquierdos del tablero de la mesa deben mantener una línea de proyección continua, de lo contrario podrían generar incomodidad e inestabilidad al estudiante, (b.1.2.17) la bandeja portallibros no necesariamente debe ir debajo del tablero de la mesa, debido a que se podría convertir en un elemento incómodo para el usuario si no se establecen las medidas idóneas para su ubicación. En su lugar, esta puede ir ubicada en otro lugar de la mesa siempre que brinde la misma funcionalidad, (b.1.2.18) la estructura de la mesa debe permitir al usuario introducir

cómodamente y sin esfuerzo los muslos y piernas debajo de ella.(b.1.2.19) el ancho de la mesa debe permitir que la silla ingrese fácilmente bajo la misma. La altura desde el piso a la estructura bajo la mesa debe permitir al usuario sentado introducir cómodamente y sin esfuerzo los muslos de las piernas debajo de ella; a su vez debe permitirle también la mayor posibilidad de movilidad sin ocasionarle golpes, presiones y rozamientos, (b.1.2.20) el mobiliario debe ser diseñado de tal manera que se acople con otros(b.1.2.21) se debe prever que el borde no genere inconvenientes cuando el usuario se levante de la silla, de tal forma de evitar golpes y posiciones incómodas para el desarrollo de actividades. Todo esto considerando que un mobiliario bien diseñado debe permitir el libre cambio de posturas (Yeats 1997), (b.1.2.19) debe existir una adecuada separación entre la silla y la mesa para evitar que el usuario adopte posiciones incómodas e inseguras; esta separación estará condicionada al ángulo máximo de confortabilidad de separación de los codos hacia el borde de la mesa.

En lo que respecta a los criterios de accesibilidad, el subsistema silla-mesa escolar a diseñar debe acoplarse al entorno donde se lo va a ubicar. En parámetros generales se debe considerar la distribución espacial del mobiliario en el entorno escolar, de tal manera que el estudiante pueda desplazarse por los espacios libres sin sufrir accidentes ni encontrarse con obstáculos, accediendo a todos los rincones del aula sin dificultad. Además debe presentar una forma sencilla, permitiendo acceder fácilmente y cómodamente a dicho mobiliario.

En lo referente a los materiales a utilizar en la fabricación del subsistema, será la madera del bambú para las carcasas o tableros de subsistema, el aluminio reciclado para la estructura, y el caucho reciclado para los regatones que cubren las terminales inferiores de las patas del subsistema, dado que dichos materiales según el estudio realizado resultan ser sostenibles medioambientalmente.

C.2) Identificación de los referentes de mercado (Moodboard)

En este aspecto se presenta una lluvia de imágenes de referentes de mercado de subsistemas escolares de sillas y mesas, tanto de los modelos estandarizados (Figura 27) como los

diseñados para personas con discapacidad motriz (Figura 28) en diferentes partes del mundo, las mismas que serán el punto de partida para el diseño y mejora de los mismos.

moodboard silla-mesa escolar
en el mercado



Figura27. Moodboard de referentes del mercado de sillas y mesas escolares. Elaboración propia mediante la búsqueda de imágenes de varios sitios de internet.

moodboard silla-mesa escolar
para personas con discapacidad

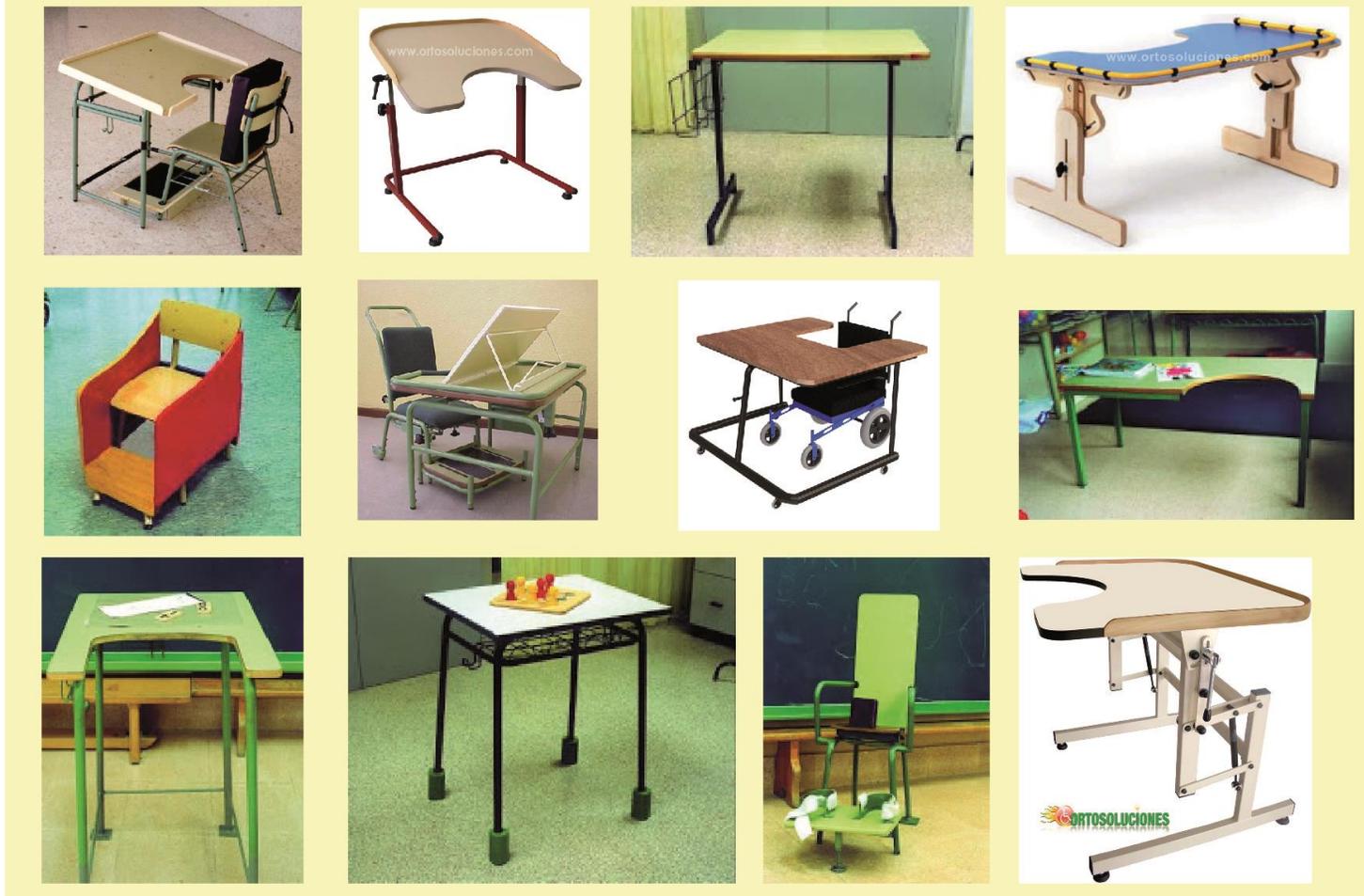


Figura 28. Moodboard de referentes del mercado de sillas y mesas escolares para personas con discapacidad. Elaboración propia mediante la búsqueda de imágenes de varios sitios de internet.

C.3) Generación de ideas

La técnica empleada para la generación de ideas, es la lluvia de ideas o brainstorming, permitiendo obtener un listado representativo de las mismas, las que posteriormente serán evaluadas para determinar si se encuentran enmarcadas dentro de las consideraciones ergonómicas y medioambientales planteadas, y son viables técnicamente, con lo que se aceptaran o descartaran las ideas propuestas.

Lluvia de ideas – subsistema silla-mesa:

1. La silla presenta una estructura de cuatro patas que la sostiene, de las cuales las dos patas traseras presentan un ángulo de 100° con respecto al asiento, para generar mayor estabilidad a la silla.
2. La silla presenta una estructura de dos patas que la sostienen en forma de U que sale de la estructura que sostiene el asiento hasta el piso y termina en la proyección perpendicular del límite posterior del asiento.
3. La altura de la estructura de las patas de la silla y de la mesa estarán condicionadas a un sistema de patas regulables, que van desde la altura poplítea del estudiante de menor altura corporal hasta la altura poplítea del estudiante mayor altura corporal obtenido en el cálculo de los percentiles.
4. Reposapiés regulable, considerando la altura poplítea del estudiante más pequeño.
5. Respaldo reclinable tomando como referencia los ángulos de confort de Wisner.
6. Concavidad lumbar del asiento hueca.
7. Respaldo y asiento forman un solo cuerpo.
8. Barra de sujeción pectoral.
9. Reposacabezas estático.
10. Reposabrazos movible sea al lateral derecho o lateral izquierdo.

11. Reposabrazos reclinable.
12. Sistema de aletas de sujeción laterales para el torso.
13. Bandeja portalibros ubicada en la parte inferior del asiento
14. Bandeja portalibros ubicada en la parte lateral de la silla.
15. Sistema de aletas de sujeción laterales para él apoya cabezas movibles.
16. Tablero de la mesa unido al apoya brazos de la silla y movable 90° hacia arriba.
17. Tablero de la mesa unido al apoyabrazos y movable 90° hacia un lateral.
18. Tablero de la mesa unido a los dos apoyabrazos y movable 90° hacia arriba.
19. Sistema de regulación lateral entre la mesa y la silla para mantener una distancia confortable entre estos dos elementos.
20. La estructura de la mesa presenta cuatro patas que la sostienen
21. La estructura de la mesa presenta dos patas ubicadas en los laterales de las mismas y centradas, las mismas constarán de un sistema en forma de pie que darán estabilidad al tablero de la mesa.
22. La bandeja portalibros está ubicada en los laterales de la mesa, con la posibilidad de cambiarla de lado según sea la necesidad del usuario.
23. El tablero de trabajo presenta una concavidad en la parte frontal, donde ingresa la silla.
24. Las patas presentan terminaciones que no generan ruidos indeseados.
25. Tanto la estructura como los tableros de la silla y mesa son hechos solo de bambú.
26. Los tableros de la silla y mesa son de bambú y la estructura de aluminio.

27. Las terminaciones de las patas de las estructuras están recubiertas de caucho reciclado.

28. La forma de la mesa es rectangular con bordes redondeados.

29. La forma de la mesa es trapezoidal con bordes redondeados.

C.4) Validación de las soluciones propuestas

Para validar las propuestas de mejora (ideas), se considerará los aspectos ergonómicos que debe cumplir el subsistema, además de la viabilidad técnica para su desarrollo y fabricación. Para dicha validación se estableció un sistema de ponderación que se muestra en la Tabla 86, con la que se obtendrá las puntuaciones finales de cada propuesta. Las puntuaciones más altas serán las consideradas para el desarrollo de bocetos del subsistema silla-mesa, las mismas que están resaltadas de un color llamativo en la Tabla 87, la misma que contiene la evaluación de propuestas (ideas) de solución.

2	Puntuación muy positiva/muy viable
1	Puntuación positiva/viables
0	Puntuación neutra
-1	Puntuación negativa/casi inviable
-2	Puntuación muy negativa/ del todo inviable

Tabla 86. Sistema de ponderación de las posibles alternativas de solución.

Propuestas (ideas)	CRITERIOS DE VALIDACIÓN					
	Seguridad	Confortabilidad	Accesibilidad	Viabilidad técnica	Puntuación Total	Inconvenientes y riesgos
1. La silla presente una estructura de cuatro patas que la sostienen., de las cuales las dos patas traseras presentan un ángulo de 100° con respecto al asiento para generar mayor estabilidad a la silla.	2	2	2	2	8	
2. La silla presenta una estructura de dos patas que la sostienen en forma de U que salen de la estructura que sostiene el asiento hasta el piso y termina en la proyección perpendicular del límite posterior del asiento.	-1	1	-1	1	0	Al apoyar más peso en una de las partes del subsistema este puede resultar inestable, además que al existir una estructura en el piso esta puede convertirse en obstáculo al acceder a la silla y mesa.
3. La altura de la estructura de las patas de la silla y de la mesa estará condicionada de un sistema de patas regulable que va desde la altura poplíteica del estudiante más pequeño hasta la altura poplíteica del estudiante más	2	2	2	2	8	

grande obtenido en el cálculo de los percentiles.						
4. Reposapiés regulables considerando la altura poplíteas del estudiante de menor tamaño corporal.	2	2	1	1	6	Se emplearía más material para la fabricación del subsistema.
5. Respaldo reclinable tomando como referencia los ángulos de confort de Wisner.	1	2	1	2	6	El sistema de reclinación puede resultar no muy fácil o accesible de manejar para usuario con discapacidad motriz.
6. Concavidad lumbar del asiento hueca.	2	2	2	2	8	
7. Espaldar y asiento forman un solo cuerpo	2	0	2	2	6	Al formar un solo cuerpo tanto el espaldar como el asiento pueden generar presión en la zona umbar del usuario
8. Barra de sujeción pectoral.	2	-1	-1	2	2	Puede generar presión, incomodidad, y ser inaccesible para un usuario con discapacidad motriz, además de no ser manejado correctamente se puede correr el riesgo de golpes involuntarios.

9. Reposacabezas estático.	2	1	-2	2	3	Al tener un reposabrazos estático se eliminaría la entrada lateral del usuario a la silla, además de incomodarlo en tareas donde se necesita mayor espacio y movimiento.
10. Reposabrazos movable sea al lateral izquierdo o derecho.	2	2	2	2	8	
11. Reposabrazos reclinable.	2	2	2	2	8	
12. Sistema de aletas de sujeción laterales para el torso.	2	0	1	2	5	Puede convertirse en un elemento incómodo cuando el usuario necesite espacio para moverse.
13. Bandeja portalibros ubicada en la parte inferior del asiento	2	-2	-2	2	0	Se convierte en un elemento inaccesible, debido a los limitados movimientos de los usuarios con discapacidad.
14. Bandeja portalibros ubicada en la parte lateral de la silla.	1	-1	1	2	3	Puede generar golpes y limitar el movimiento del usuario.
15. Sistema de aletas de sujeción laterales para él apoya cabezas movibles.	2	0	2	2	6	Puede limitar la visibilidad del usuario.

16. Tablero de la mesa unido al apoya brazos de la silla y movable 90° hacia arriba.	1	-1	-2	2	0	No es práctico ya que se limita la entrada al usuario solo por un lateral de la silla, así también el tablero de la mesa debe estar libre de objetos para poder reclinarlo 90°.
17. Tablero de la mesa unido al apoyabrazos y movable 90° hacia un lateral.	1	-1	-2	2	0	No es práctico ya que se limita la entrada al usuario solo por un lateral de la silla, además ocuparía mucho espacio en el aula de clases al desplazarlo 90° inclusive llegaría a causar accidentes.
18. Tablero de la mesa unida a los dos apoyabrazos y movable 90° hacia arriba.	2	-2	-2	2	0	No es práctico ya que el usuario tendría que emplear fuerza para subir el tablero para poder acceder a la silla, o en caso contrario dependería siempre de otra persona que le ayude a ubicarse, además de los inconvenientes para desplazar el tablero hacia arriba.

19. Sistema de regulación lateral entre la mesa y la silla para mantener una distancia confortable entre estos dos elementos.	2	-1	-1	2	2	Obstaculizaría el paso del usuario por un lateral del subsistema.
20. La estructura de la mesa presenta cuatro patas que la sostienen	2	0	2	2	6	Podría generar golpes cuando el usuario mueva sus piernas por debajo de la mesa.
21. La estructura de la mesa presenta dos patas ubicadas en los laterales de las mismas y centradas, las mismas constarán de un sistema en forma de pie, que dará estabilidad al tablero de la mesa.	2	2	2	2	8	
22. La bandeja portallibros está ubicada en los laterales de la mesa, con la posibilidad de cambiarla de lado según sea la necesidad del usuario.	2	2	2	2	8	
23. El tablero de trabajo presenta una concavidad en la parte frontal, donde ingresa la silla.	2	2	2	2	8	
24. Las patas presentan terminaciones que no generan ruidos indeseados	2	2	2	2	8	

25. La forma de la mesa es rectangular con bordes redondeados.	2	2	2	2	8	
26. La forma de la mesa es trapezoidal con bordes redondeados.	2	0	2	2	6	Limitaría el espacio de trabajo del usuario, generando más posibilidades de caídas de objetos al piso, originando incomodidad.

Tabla 87. Matriz de validación de propuestas para el diseño y fabricación del subsistema silla-mesa en función a criterios de seguridad, confortabilidad, accesibilidad y viabilidad técnica. Elaboración propia.

C.5) Definición conceptual de la solución

Para conceptualizar la solución de diseño, se consideraron las propuestas (ideas de diseño) que después de su validación obtuvieron el mayor puntaje, en este caso 8 puntos, las mistas están resaltadas de color verde en el Tabla 87.

En este sentido y teniendo claro las propuestas de diseño idóneas para el subsistema escolar silla-mesa para personas con discapacidad motriz, se determinó el concepto de diseño que es:

Conceptualización del diseño

- ***Silla***

La silla constará de una estructura de aluminio reciclado que contiene al respaldo y al asiento de la silla. La estructura del respaldo presentará un ángulo de reclinación de 100° con respecto al asiento, el alto del respaldo irá condicionado a la distancia hombros piso del usuario de menor tamaño corporal y el ancho dependerá de la distancia hombro a hombro del usuario de mayor tamaño corporal. Así también el respaldo presentará una concavidad de 1° con relación a la proyección horizontal del tablero. El apoyo cabeza irá unido al respaldo considerando la altura nuca-asiento del usuario de menor tamaño corporal. Los reposabrazos serán reclinables cumpliendo una doble función: de reposabrazos y sistema de sujeción lateral. El ancho del asiento irá en relación al usuario de mayor tamaño corporal y el largo en relación al usuario de menor tamaño corporal, así también presentará una pendiente de inclinación del borde frontal del asiento hacia atrás de 1° con respecto a la proyección horizontal del tablero del mismo. La estructura que sostiene el asiento está conformada por cuatro patas regulables, las patas traseras presentan un ángulo de 100° con respecto al tablero del asiento para generar mayor estabilidad a la silla, así también los terminales de las patas estarán recubiertas de caucho reciclado para así evitar ruidos incómodos en el aula de clase al moverlos de un sitio a otro. Tanto el tablero del espaldar y el tablero del asiento estarán fabricados en madera de bambú y sujetos a la estructura por medio de remaches de aluminio.

- **Mesa**

La mesa tiene una estructura de aluminio reciclado que presenta un sistema de dos patas regulables en su altura. El tablero de la mesa será fabricado en madera de bambú, presentando una forma rectangular, unido a la estructura de aluminio por medio de remaches del mismo material. Así también el tablero presenta una concavidad no superior a 4 cm de radio, además de una acanaladura en forma de **C** de 1 cm de ancho. En los laterales del tablero se presentará un sistema de sujeción para la canasta portalibros, la misma que será fabricada de madera de bambú. Las patas de la silla presentan un sistema de regulación. Con lo respecta a la cromática a emplear en el equipamiento educativo, el subsistema escolar silla-mesa diseñado no irá pintado, solo se barnizarán los tableros y la estructura se presentará en su color original, pesado de esta manera para otorgar un aporte adicional a la reducción del impacto ambiental en la etapa de fabricación y fin de vida.

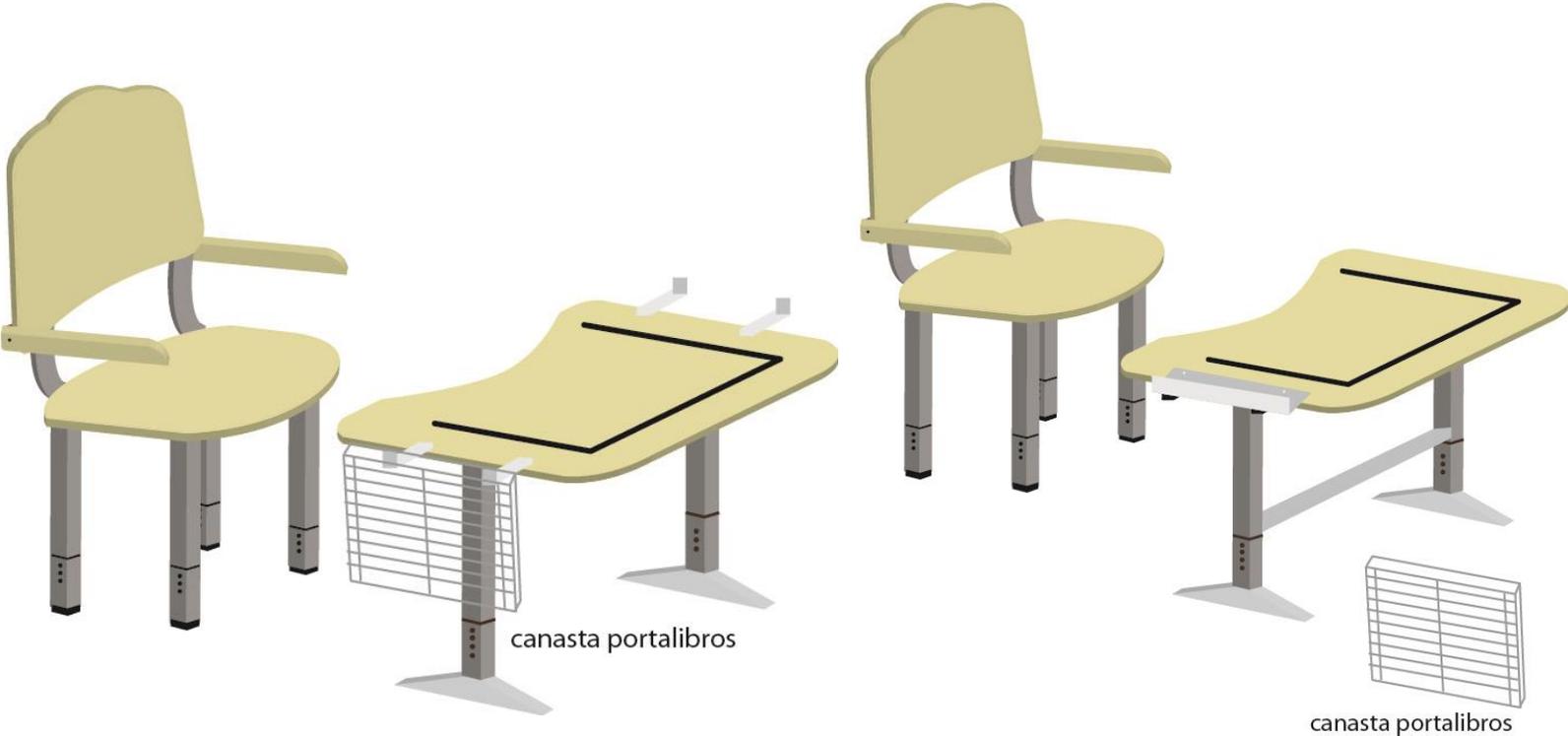
En lo referente a la estética del subsistema, el diseño de la silla y mesa ha respetado el diseño sobrio y abstracto del mobiliario actual, considerando que como se especificaba en los factores motivantes se desea que el niño se incluya en su entorno social, y un parámetro para ello es por medio de un mobiliario acorde a sus necesidades corporales complementado por un diseño que no sea extrovertido ni muy diferente a los de su entorno. Así también la sobriedad de diseño a desarrollar es necesario debido que debe ser sencillo de entender y manejar por un niño y niña con discapacidad motriz.

El sistema de regulación de las patas de la silla y de mesa estará condicionado en cuatro niveles, que irán calculados en relación a la altura poplítea del usuario de menor tamaño corporal al de mayor tamaño, el mismo que se nivelará por medio de tornillo de aluminio de alta resistencia, con lo que se garantizará la comodidad del usuario y la perdurabilidad del mobiliario, debido a que se podrá acoplar en los diferentes niveles de escolarización del niños de entre 5 a 10 años de edad.

Con la conceptualización de diseño definida, se procedió a realizar los bocetos del subsistema escolar silla-mesa presentados en la Figura 29, los mismos que fueron evaluados en función a los criterios ergonómicos y a su viabilidad técnica (Tabla 87). Para dicha validación se empleará el sistema de ponderación establecido en el Tabla 86.

C.5.1) Bocetos subsistema silla-mesa

A continuación se muestran los bocetos obtenidos siguiendo la definición conceptual del diseño.



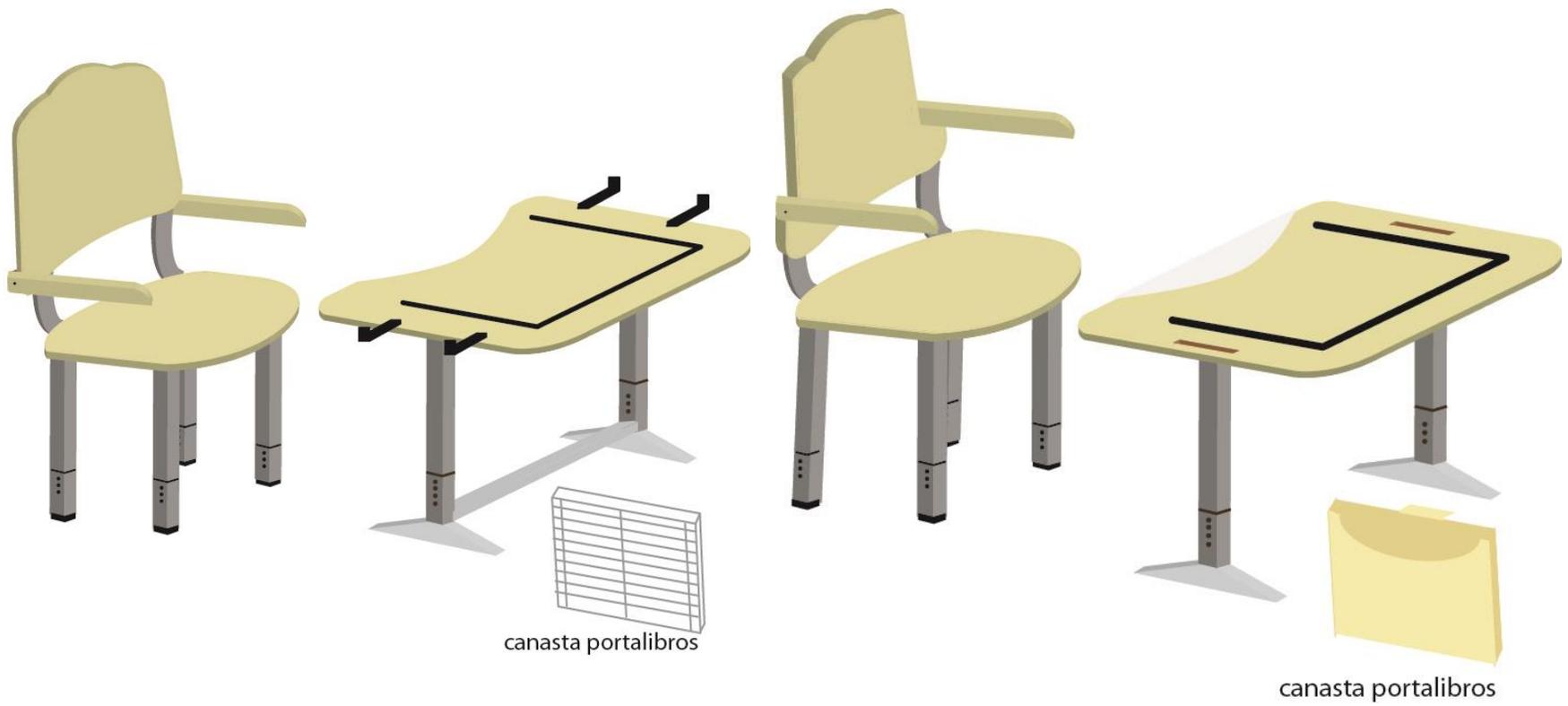




Figura 29. Bocetos del subsistema escolar silla-mesa para niños con discapacidad motriz.

Elaboración propia.

C.5.2) Evaluación de los bocetos y selección del diseño final

Para determinar que boceto cumple con los criterios ergonómicos especificados en el concepto de diseño, y es viable técnicamente su ejecución, se procedió a evaluarlos siguiendo el mismo sistema de ponderación presentado en la Tabla 86, además especificando en la celda de inconvenientes y riesgos, el problema que presenta la ejecución del boceto que no llegue al puntaje máximo de evaluación.

		CRITERIOS DE VALIDACIÓN					
	Bocetos	Seguridad	Confortabilidad	Accesibilidad	Viabilidad técnica	Puntuación	Inconvenientes y riesgos
1	 <p>canasta portallibros</p>	0	1	1	2	4	Al tener un sistema de agarre para la canasta portallibros que sobresale del tablero de la mesa, se convierte en un objeto peligroso que podría ocasionar golpes al usuario.

2	 <p>canasta portallibros</p>	-1	1	1	2	3	<p>EL sistema de agarre de la canasta portallibros presente una saliente peligrosa, que podría ocasionar golpes o rozaduras al usuario, además el larguero que une las dos patas de la mesa podría generar golpes en las piernas del usuario y producir incomodidad.</p>
3	 <p>canasta portallibros</p>	0	1	1	2	4	<p>Además de los problemas descritos en el boceto 1, el boceto 3 presenta un larguero que une las dos patas de la mesa, el mismo limita los movimientos del usuario y ocasionar golpes.</p>

4	 <p>canasta portallibros</p>	2	2	2	2	8	
5	 <p>canasta portallibros</p>	2	1	2	2	7	El respaldo al ser alargado y al presentar una concavidad, puede generar problemas de visualización lateral al usuario.

Tabla 88. Evaluación de los bocetos del subsistema escolar silla-mesa para niños y niñas con discapacidad motriz del Ecuador. Elaboración propia.

Determinación de resultados: Después de haber evaluado los cinco bocetos propuestos como las posibles soluciones, se determinó que el boceto número cuatro es el que más se acoge a los criterios ergonómicos y de viabilidad técnica, por lo que el mismo será la base para proceder al diseño técnico de detalle (Figura 30).



Figura 30. Boceto final del subsistema escolar silla-mesa. Elaboración propia.

D. Diseño técnico de detalle

El diseño técnico de detalle corresponde al desarrollo planimétrico del subsistema escolar silla-mesa, el mismo que fue elaborado utilizando la herramienta software SolidWorks 2014. Los planos la silla y mesa están representados a la escala correspondiente de 1:300, lo correspondiente a la canasta portalibros están representados a la escala 1:200

Cabe destacar que el espesor de los tableros de bambú utilizados en el tablero de la mesa, en el respaldo y asiento de la silla es de 10mm por generar mayor resistencia a diferentes pesos y el tablero de bambú empleado en la fabricación de la canasta portalibros es de 3mm, debido a que dicha canasta será utilizada únicamente para contener hojas y libros, por lo tanto no es necesario utilizar un espesor de mayor resistencia.

En lo referente al aluminio reciclado el espesor de tubo a utilizar es de 2.0mm en un diámetro de 25mm. Así también en lo correspondiente a los tornillos de aluminio y remaches de alta resistencia, se considerará una dimensión de 3,9mm, y de punta plana para evitar posibles roces y accidentes al friccionar con él.

A continuación se muestra gráficamente el diseño técnico de detalle del subsistema a fabricar:

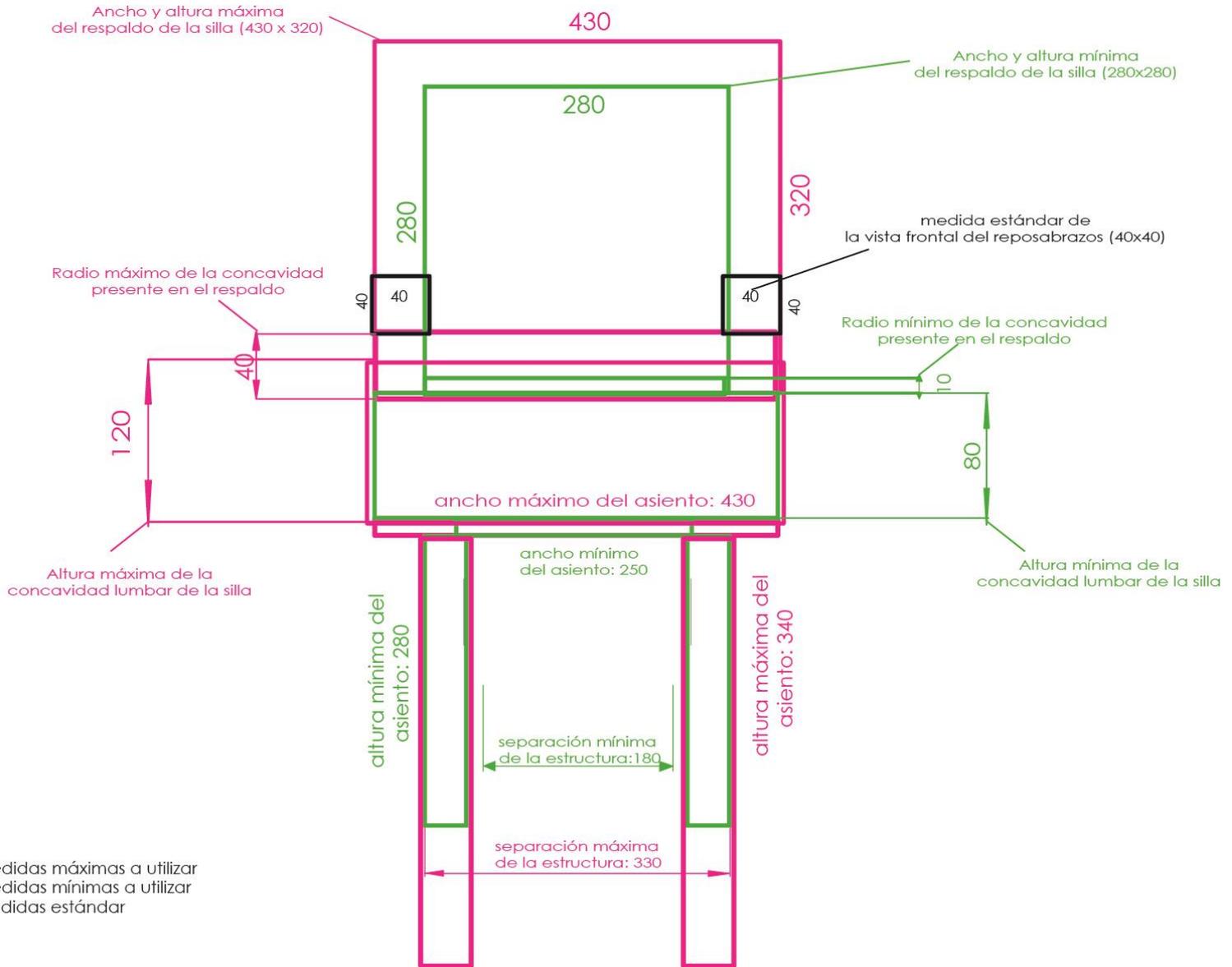
D.1) Subespacio funcional del subsistema escolar silla-mesa

Se ha delimitado el subespacio funcional tanto de la silla como de la mesa escolar, el mismo que especifica las medidas ergonómicas máximas y mínimas a utilizar en el diseño del subsistema escolar planteado. Dicha delimitación permitirá garantizar un diseño que cumpla con las necesidades ergonómicas de los usuarios que pertenecen al segmento de investigación seleccionado y establecer un patrón (nube de diseño), que sirva de guía para futuros diseños.

A continuación en la Figura 31, se muestra el subespacio funcional de la silla y en la Figura 32 el subespacio funcional de la mesa, las medidas máximas (percentil 97,5%) y las medidas mínimas (2,5%), están establecidas de la Tabla 74.

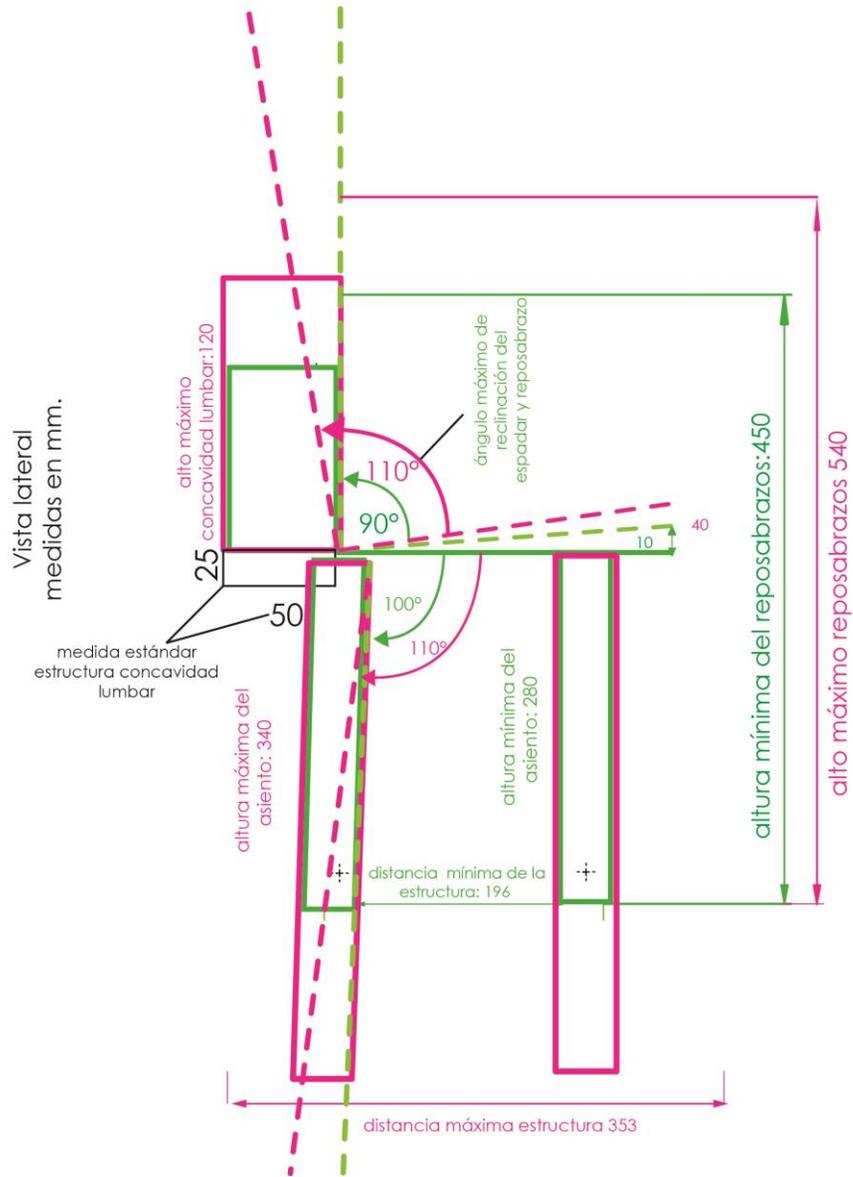
Subespacio funcional silla

Vista frontal
medidas en mm.

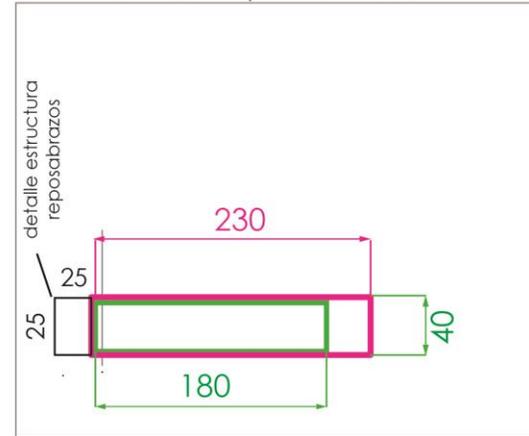


- Leyenda
- medidas máximas a utilizar
 - medidas mínimas a utilizar
 - medidas estándar

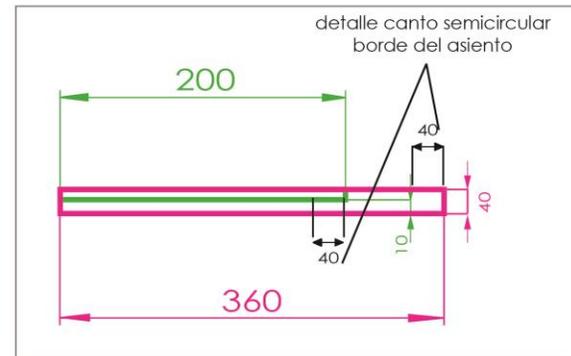
Subespacio funcional silla



detalle reposabrazos



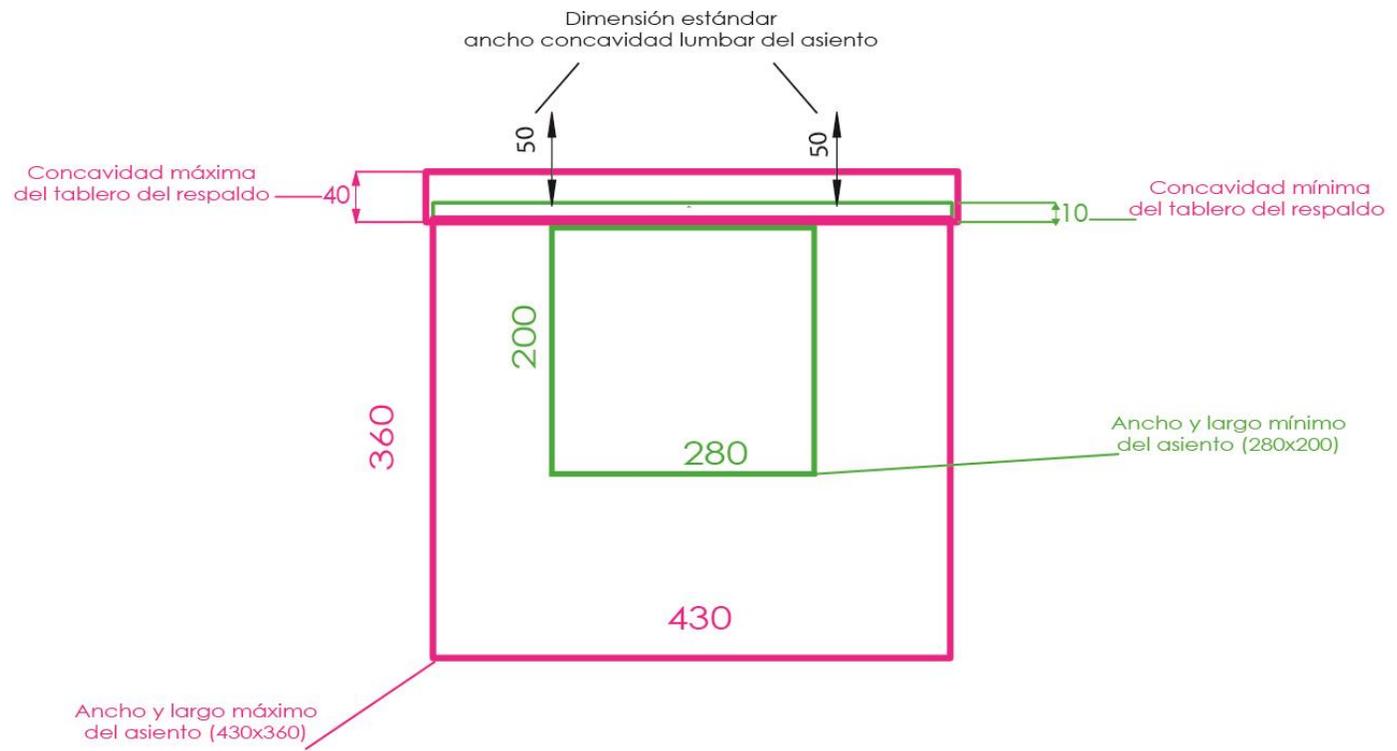
detalle asiento



- Leyenda
- medidas máximas a utilizar
 - medidas mínimas a utilizar
 - medidas estándar

Subespacio funcional silla

Vista superior
medidas en mm.

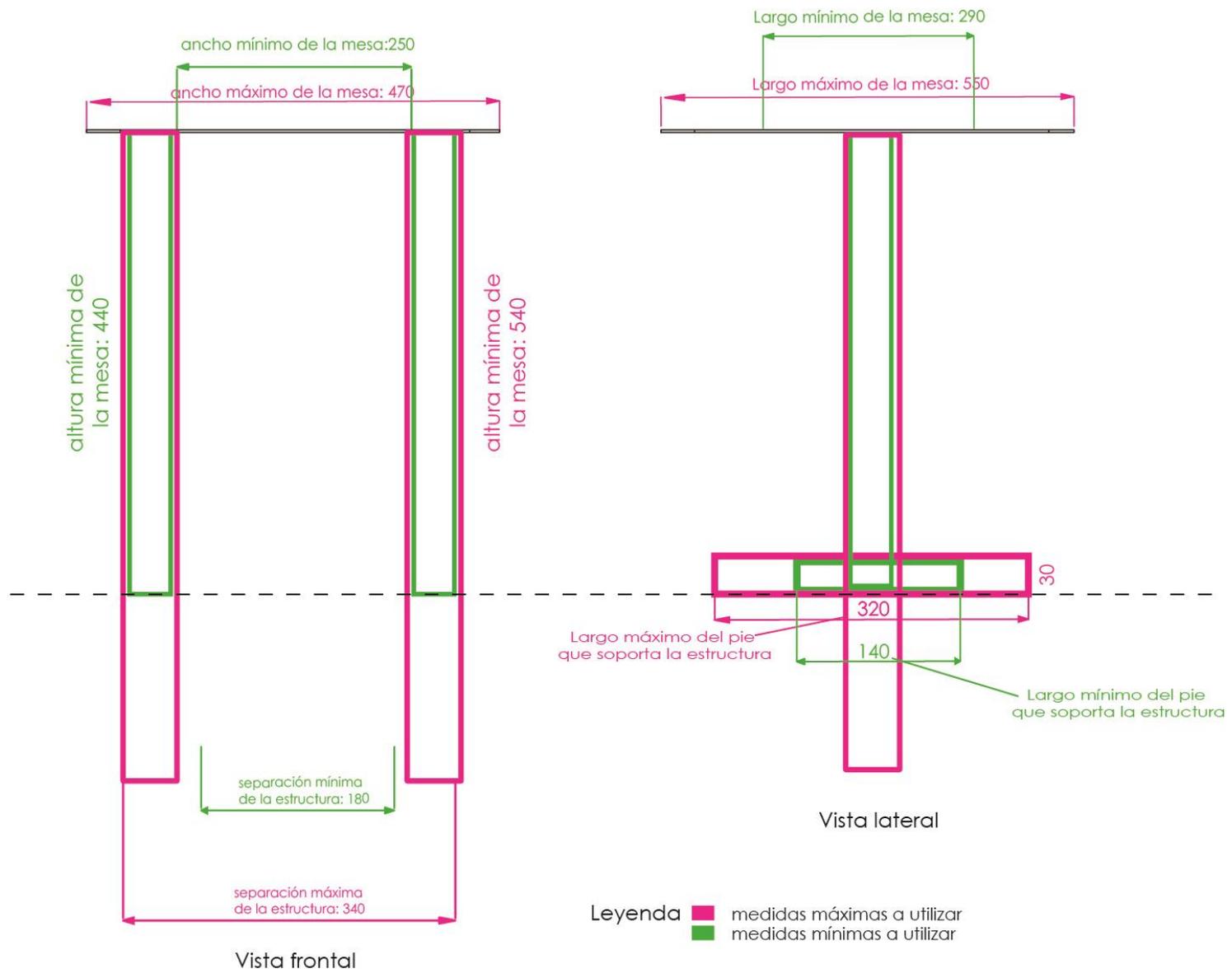


- Leyenda
- medidas máximas a utilizar
 - medidas mínimas a utilizar
 - medidas estándar

Figura 31.Subespacio funcional del subsistema escolar silla. Elaboración propia

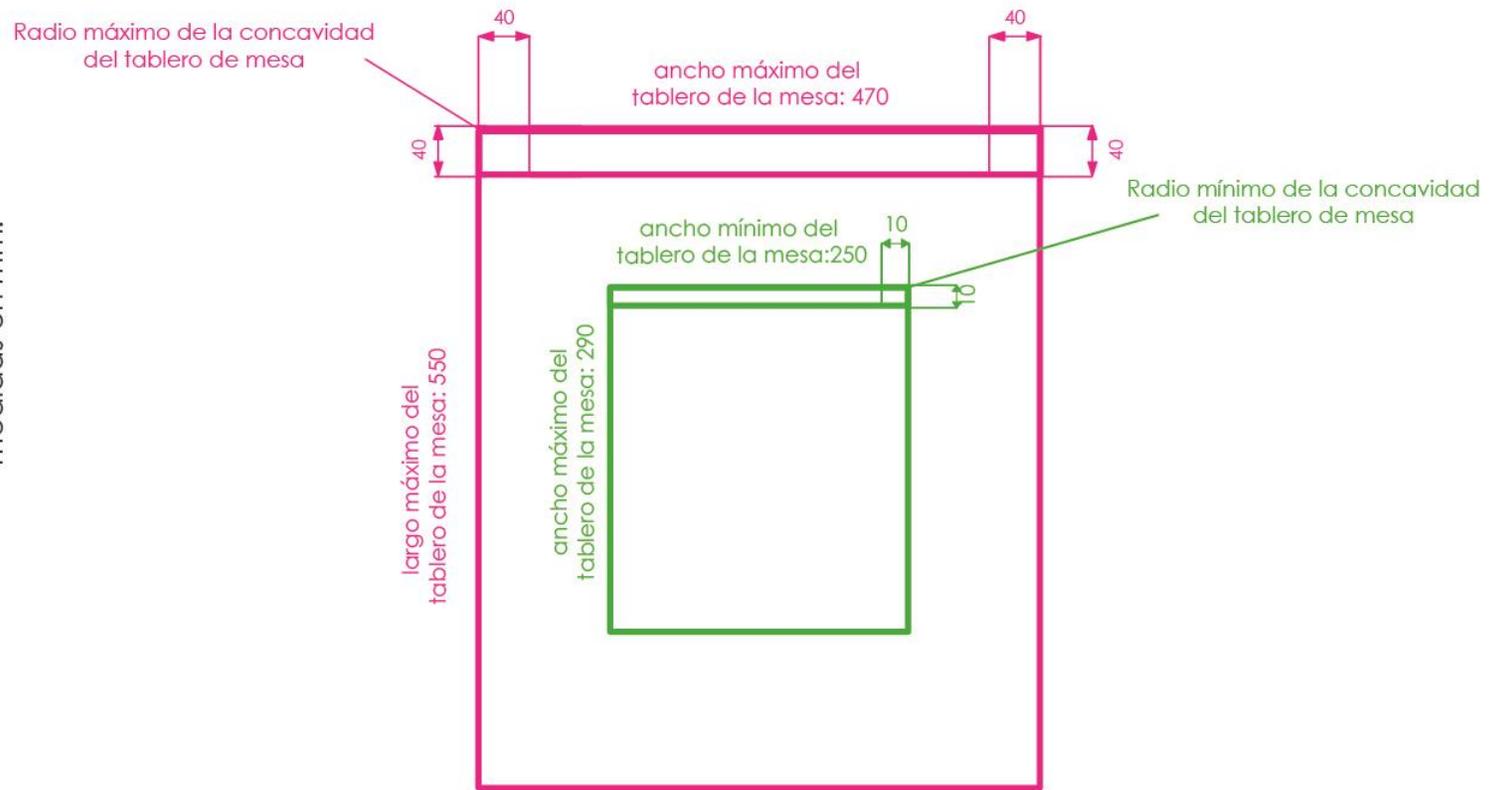
Subespacio funcional mesa

Vista frontal y lateral
medidas en mm.



Subespacio funcional mesa

Vista superior
medidas en mm.



Leyenda ■ medidas máximas a utilizar
■ medidas mínimas a utilizar

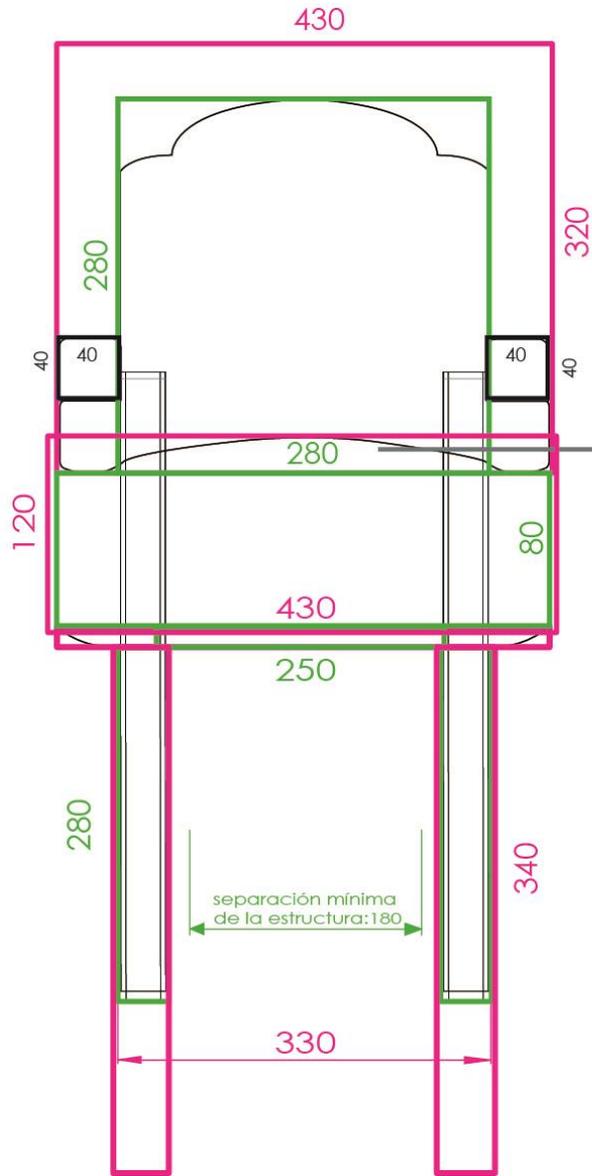
Figura 32.Subespacio funcional del subsistema escolar mea. Elaboración propia.

D.2) Delimitación del subsistema escolar silla-mesa escolar dentro del subespacio funcional ergonómico determinado.

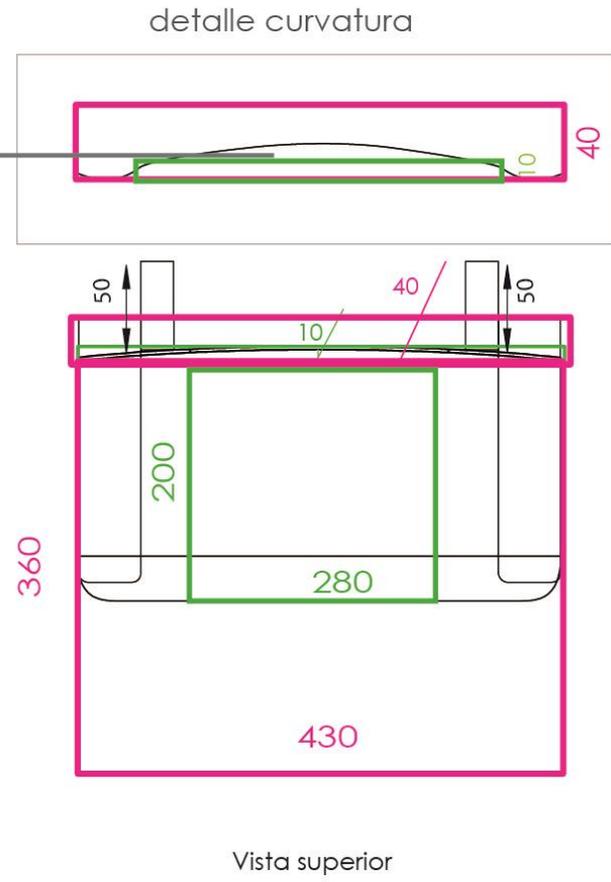
La delimitación del subsistema escolar dentro del subespacio funcional, permitió identificar de forma gráfica los límites máximos y mínimos permitidos a utilizar en el diseño de dicho equipamiento educativo, verificando además que el patrón de diseño planteado (subespacio funcional), permite obtener diseños ergonómicos, siempre que se respete los límites establecidos en el mismo .En la Figura 33 y 34 se muestra el diseño del subsistema silla-mesa escolar dentro del subespacio funcional determinado.

Subespacio funcional silla

Vista frontal y superior
medidas en mm.

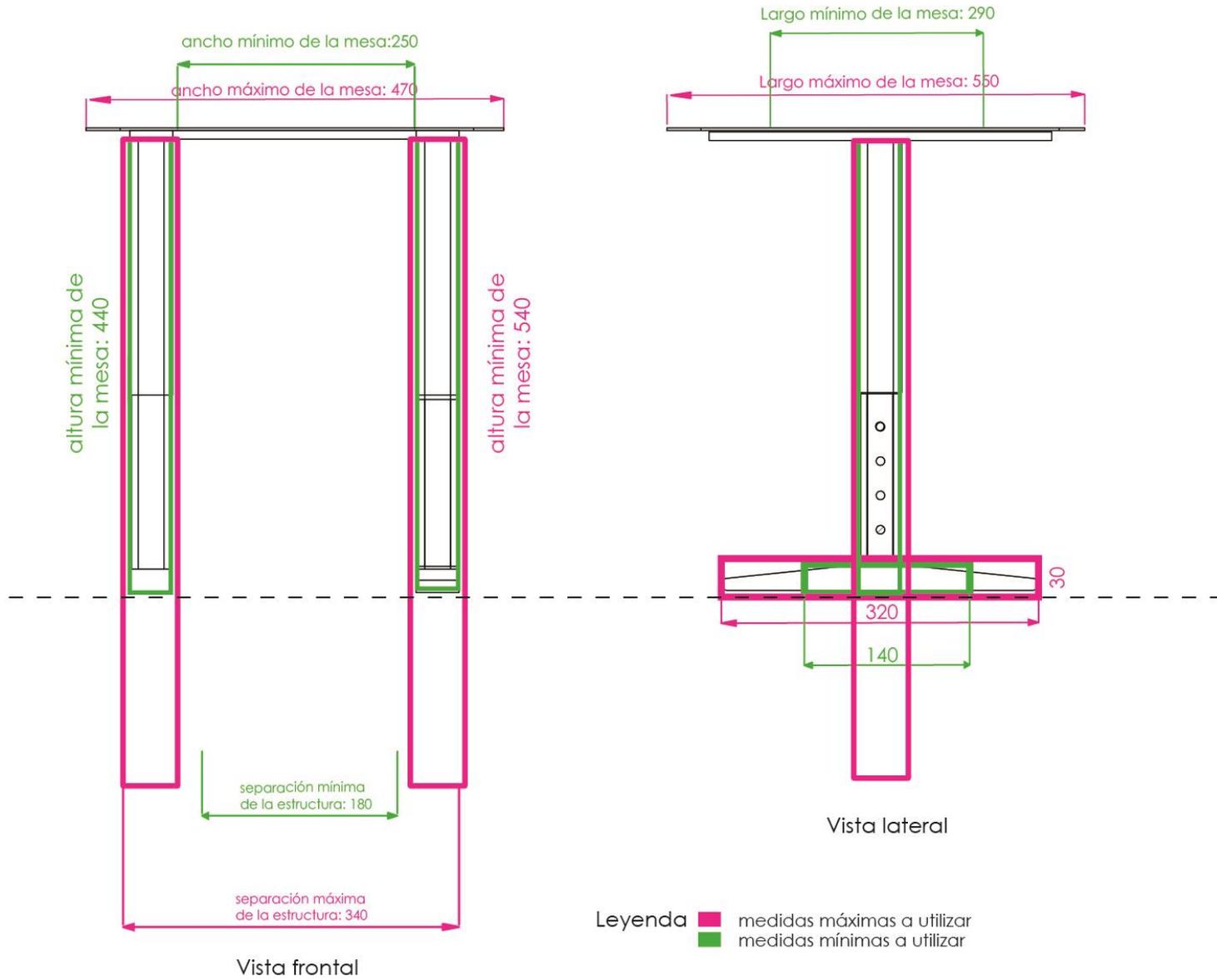


- Leyenda
- medidas máximas a utilizar
 - medidas mínimas a utilizar
 - medidas estándar



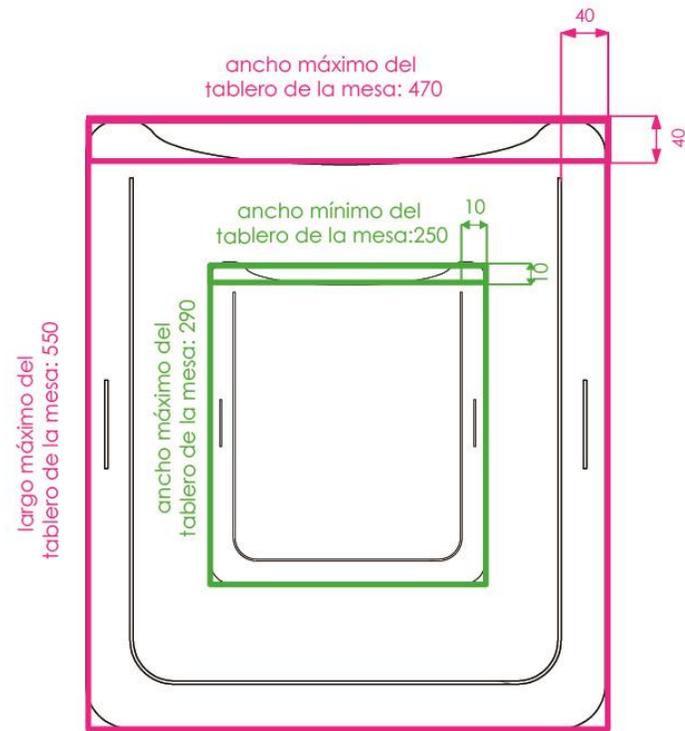
Subespacio funcional mesa

Vista frontal y lateral
medidas en mm.



Subespacio funcional mesa

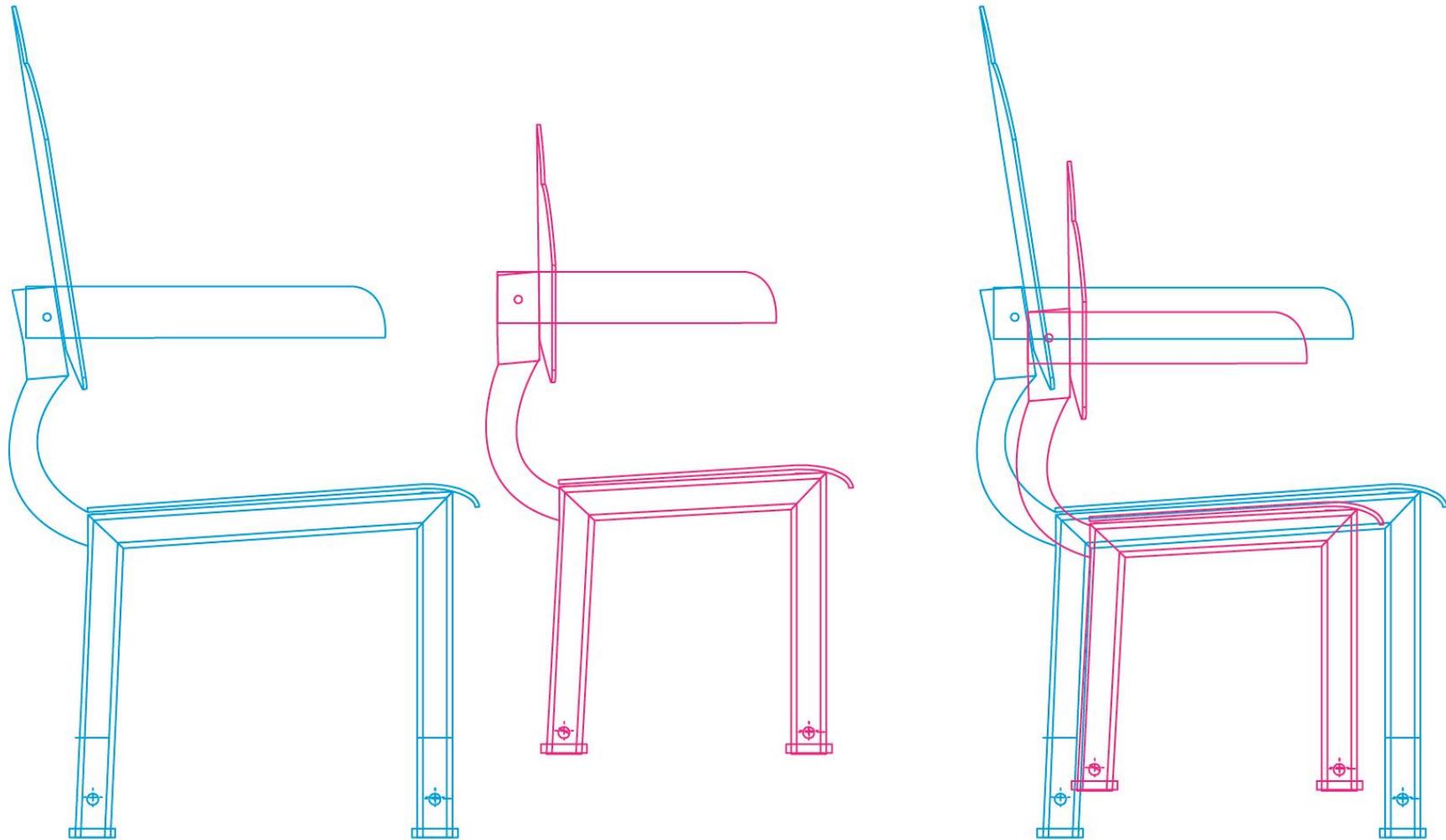
Vista superior
medidas en mm.



Leyenda ■ medidas máximas a utilizar
■ medidas mínimas a utilizar

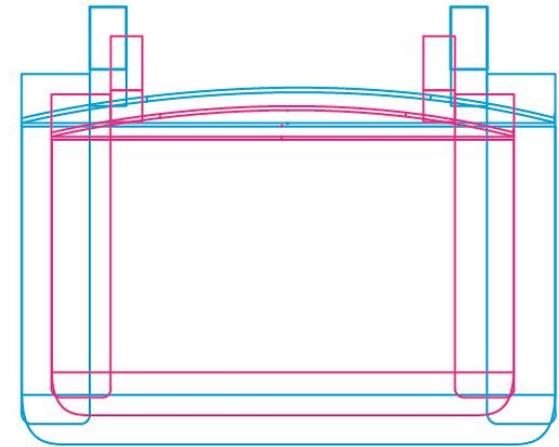
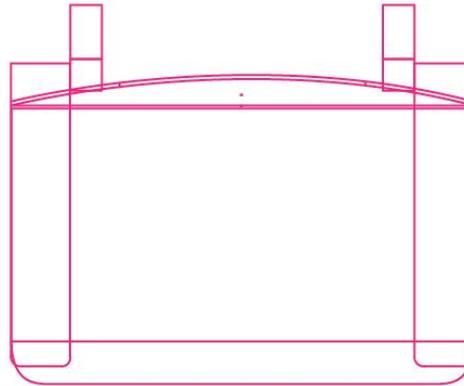
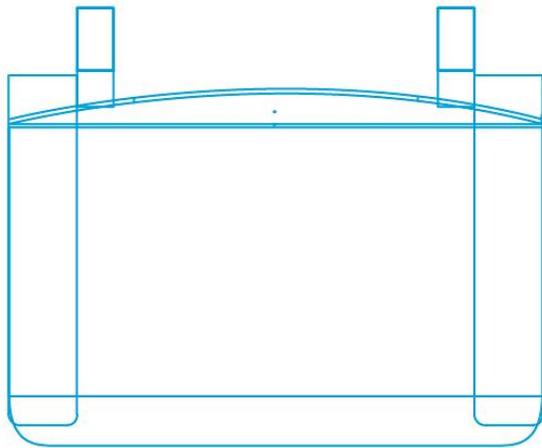
Figura 34. Subsistema escolar mesa enmarcado dentro del subespacio ergonómico determinado. Elaboración propia.

mancha gráfica vista lateral - silla



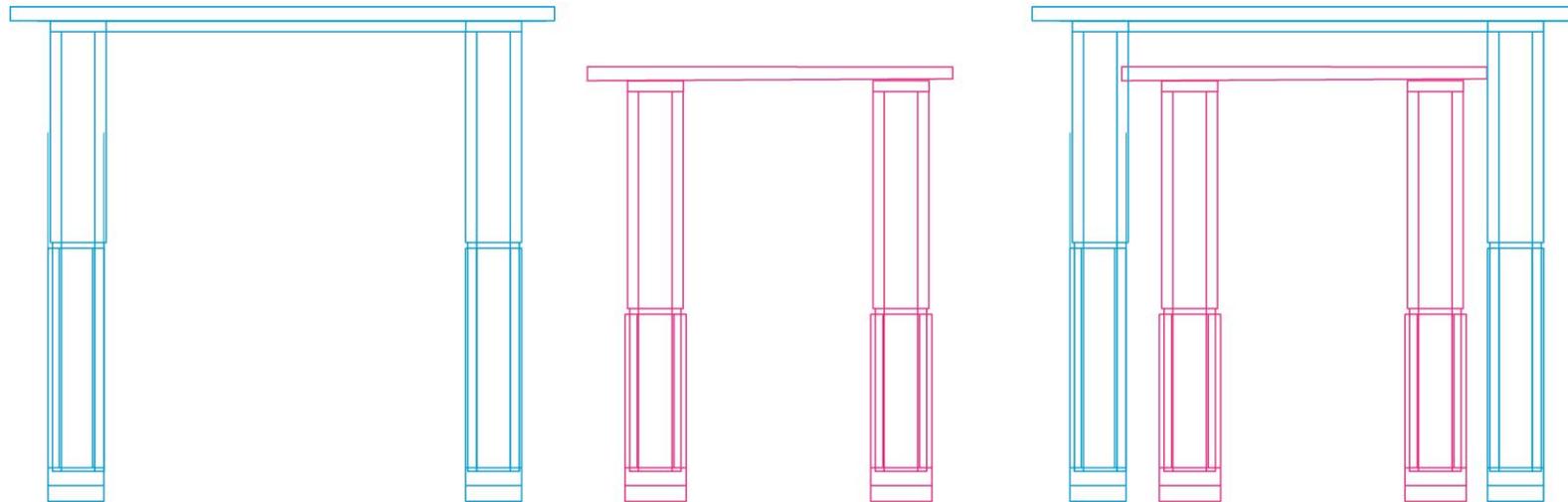
Leyenda: ■ medidas máximas
■ medidas mínimas

mancha gráfica vista superior - silla



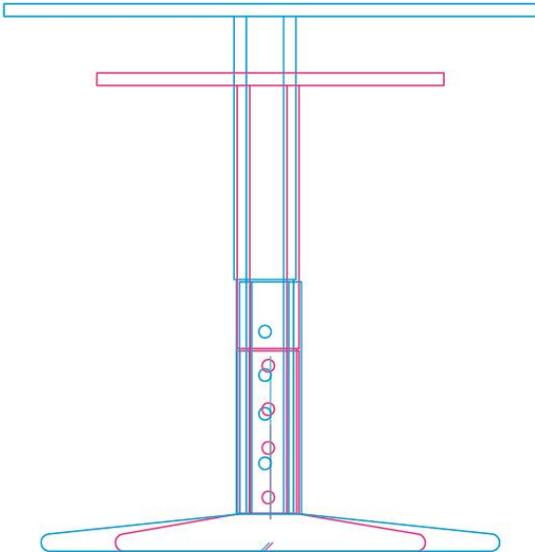
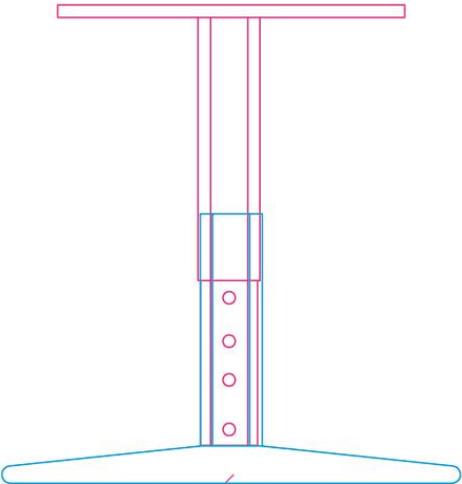
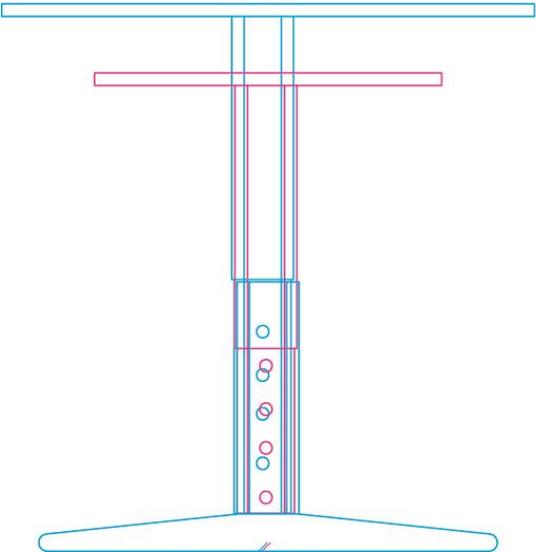
Leyenda:  medidas máximas
 medidas mínimas

mancha gráfica vista frontal - mesa



Leyenda: ■ medidas máximas
■ medidas mínimas

mancha gráfica vista lateral- mesa



mancha gráfica vista superior - mesa

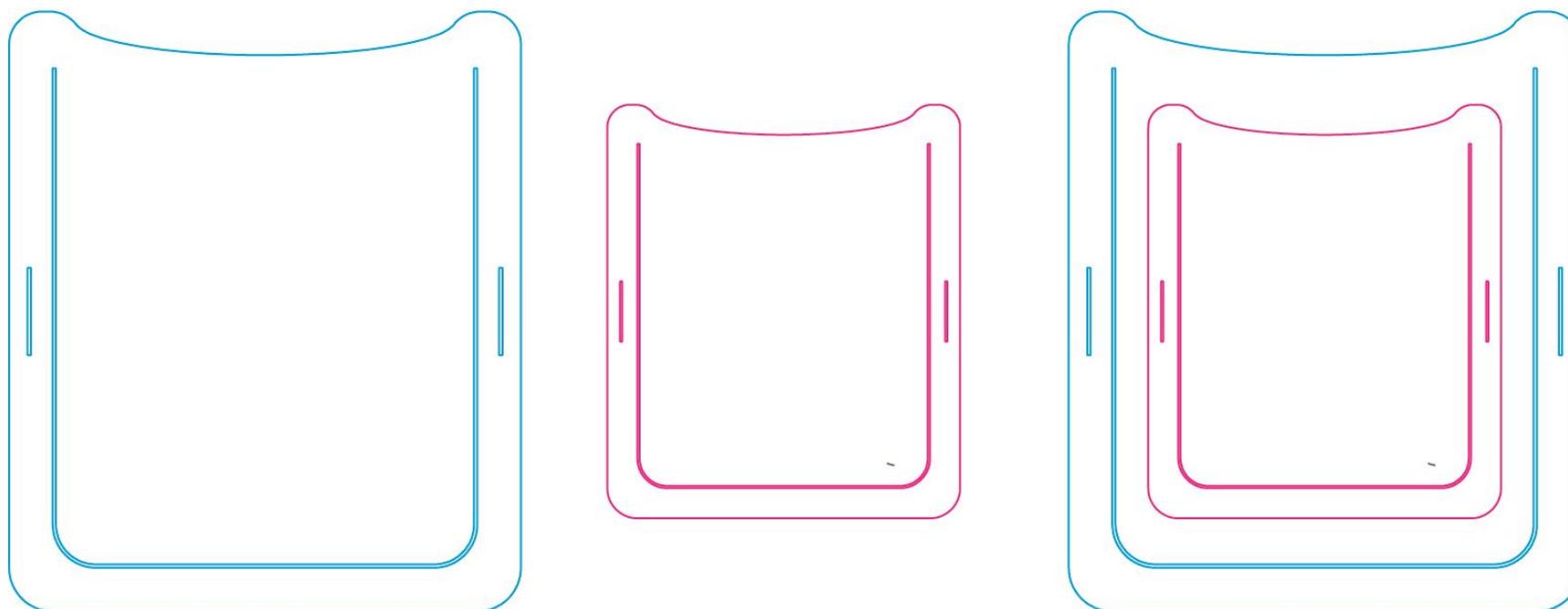


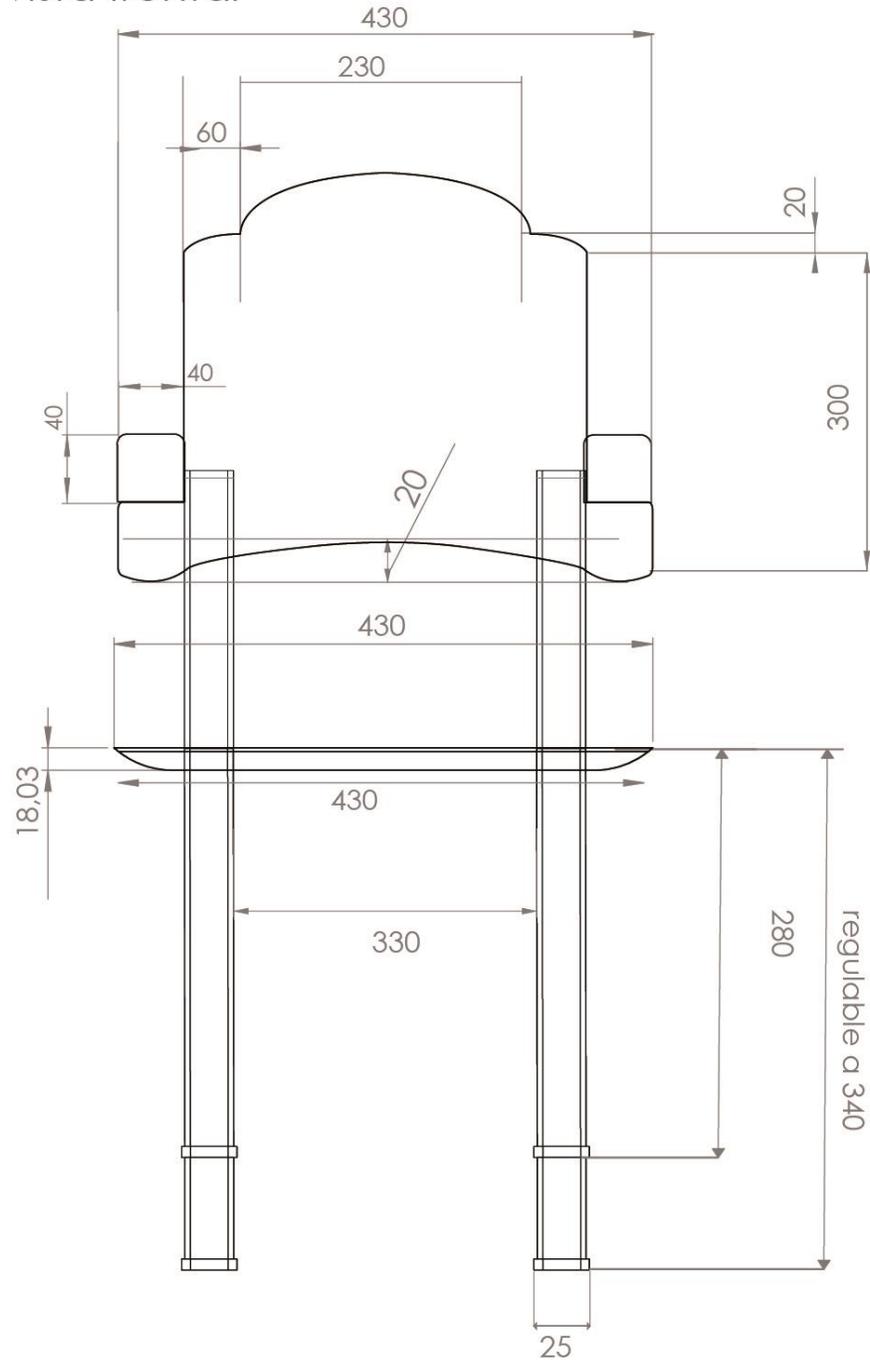
Figura 35. Mancha gráfica del subsistema escolar silla-mesa. Elaboración propia.

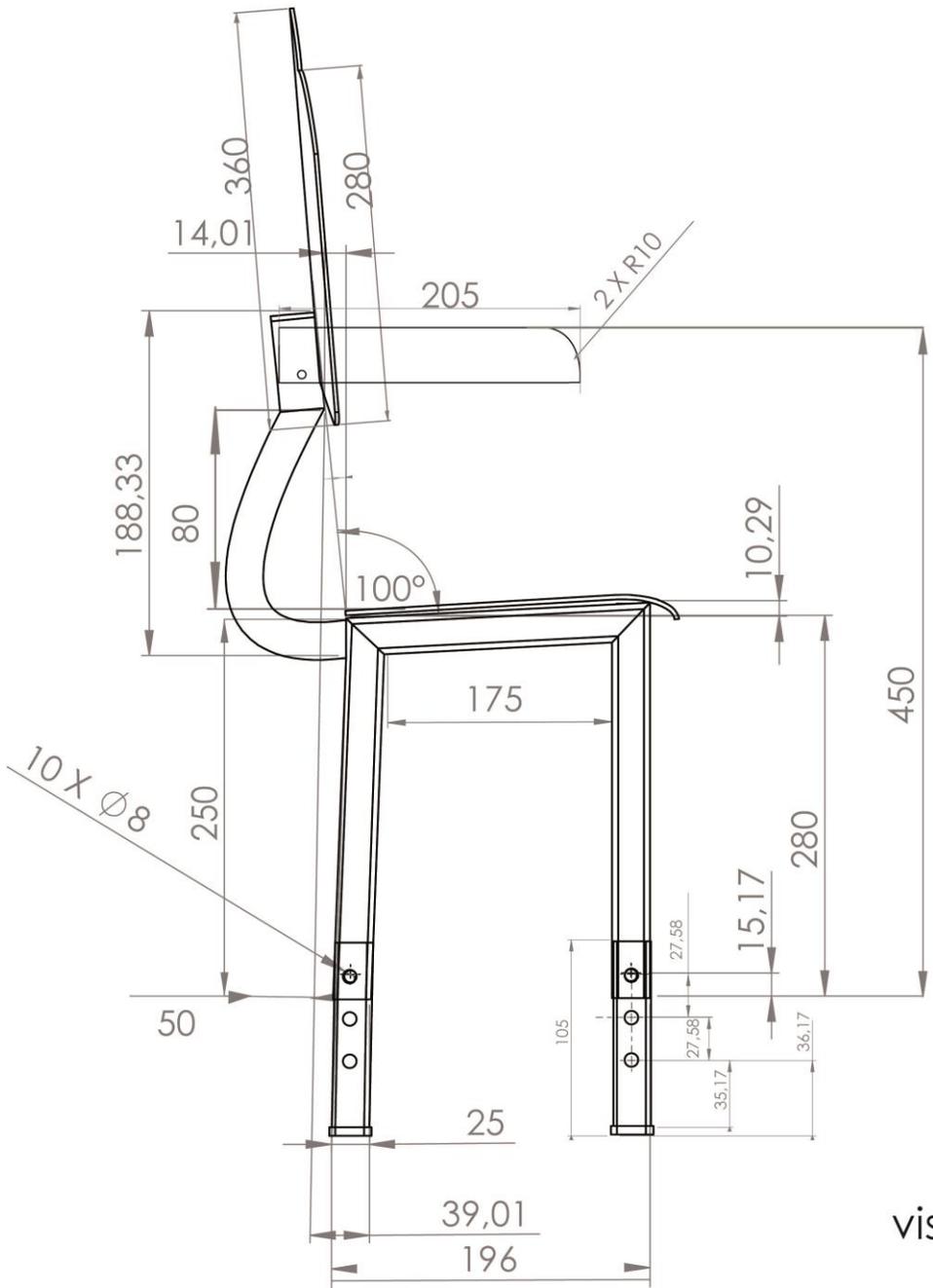
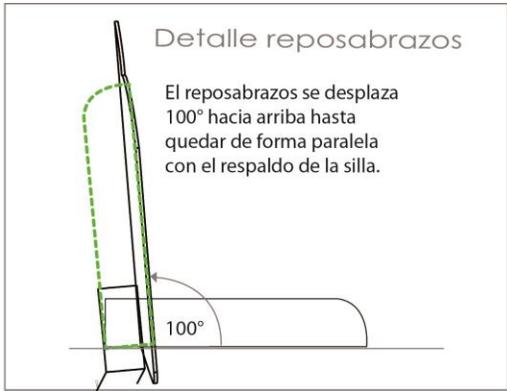
D.4) Realización de planos de fabricación

En las Figura 36 a la 41 se presentan los planos en detalle del subsistema escolar silla – mesa para niños y niñas de entre 5 a 10 años con discapacidad motriz temporal o leve.

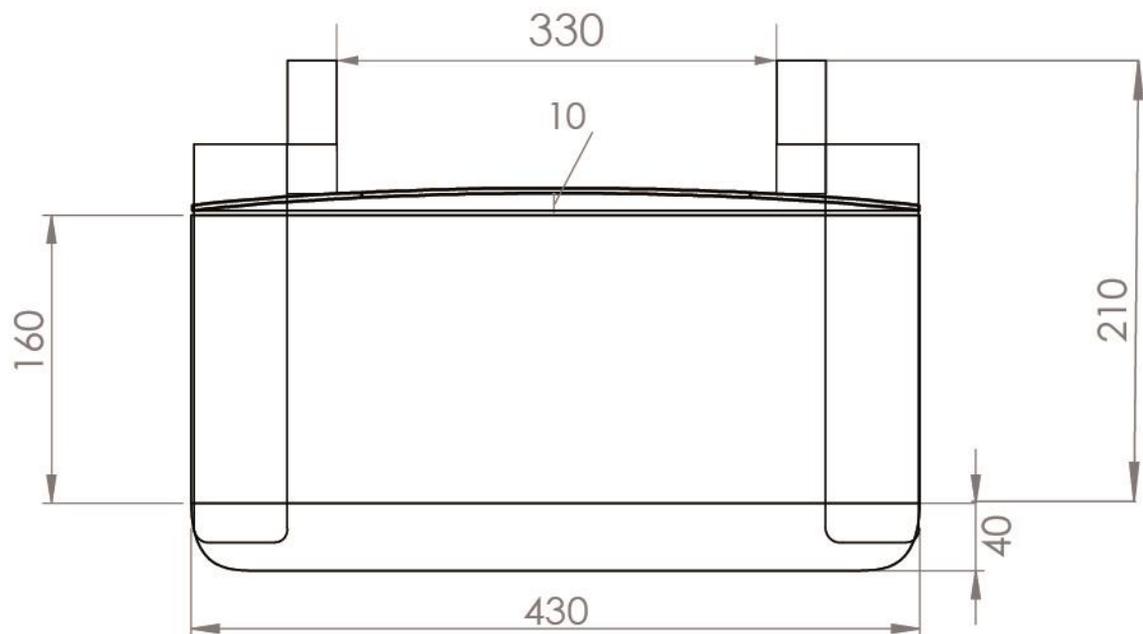
Estructura silla

vista frontal





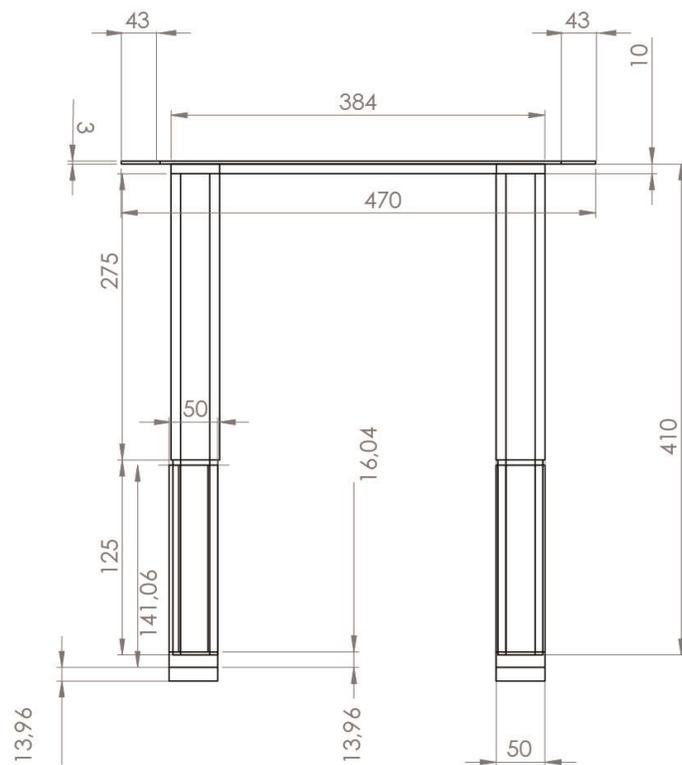
vista lateral



vista superior

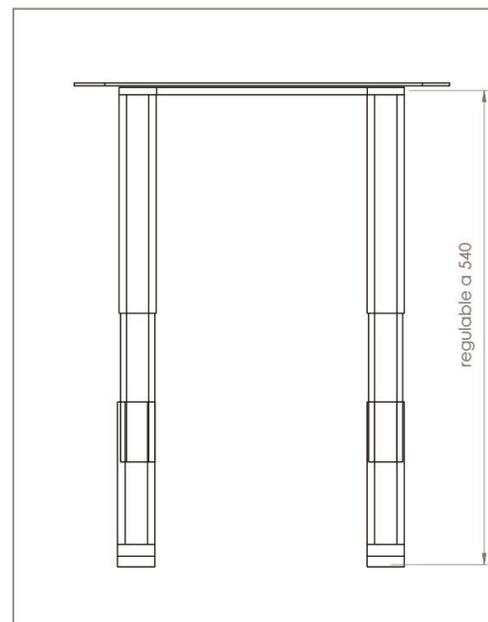
Figura 36. Vista frontal, lateral y superior del subsistema escolar silla. Elaboración propia.

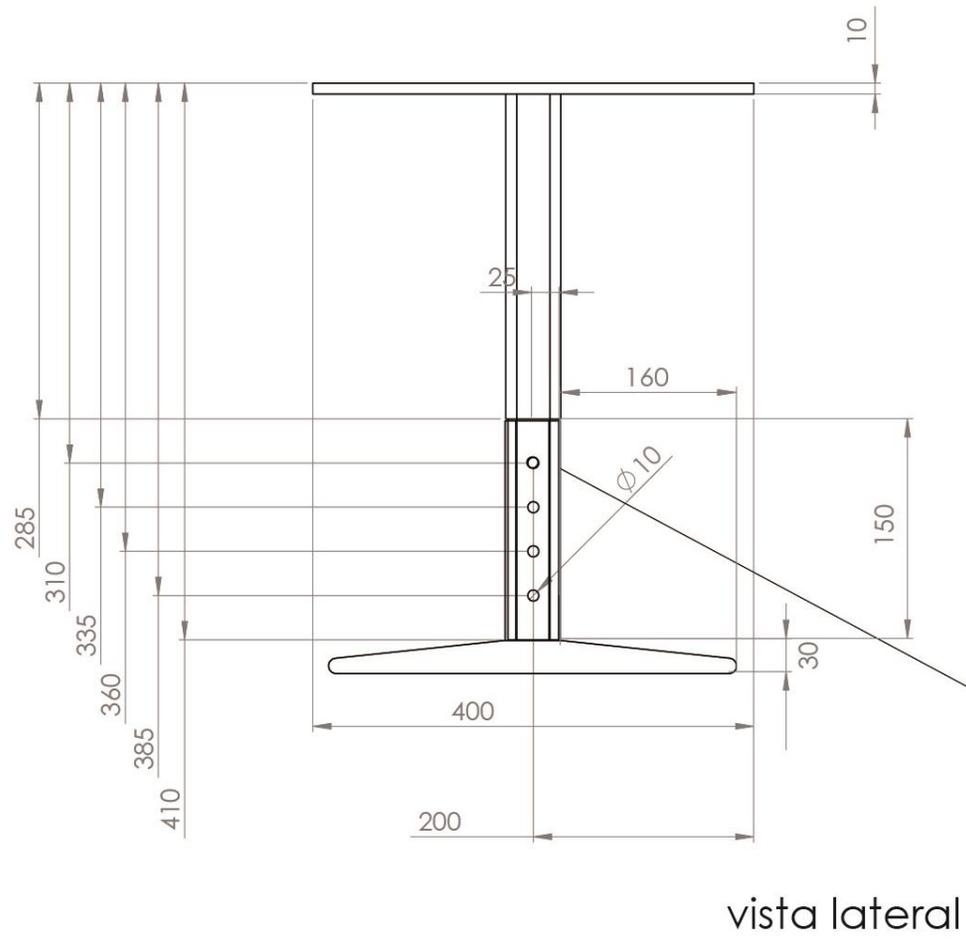
Estructura mesa



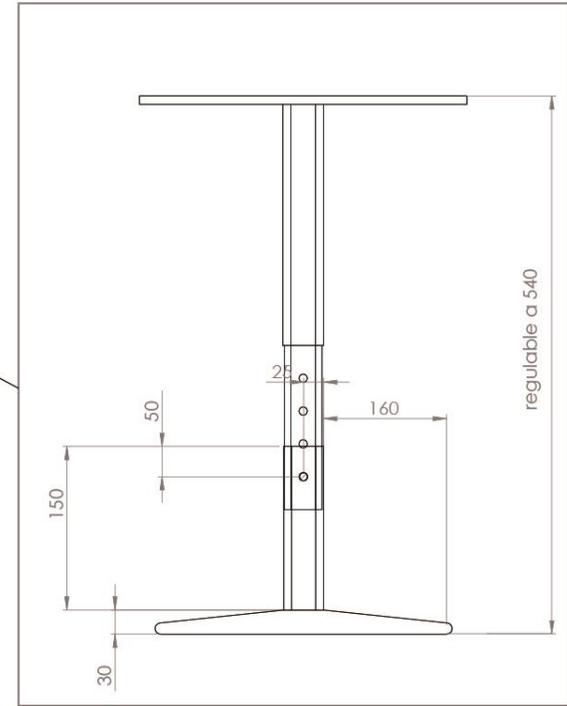
vista frontal

Detalle regulación





Detalle regulación



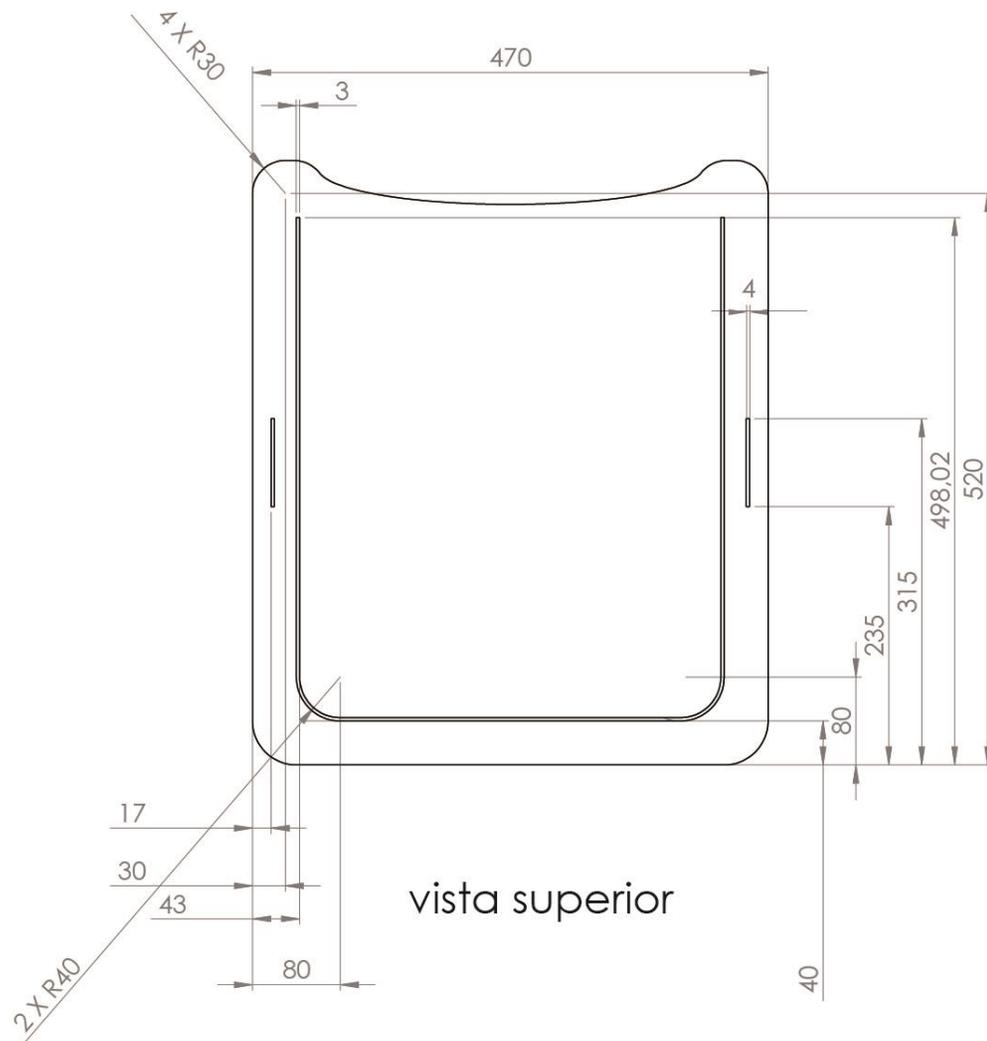
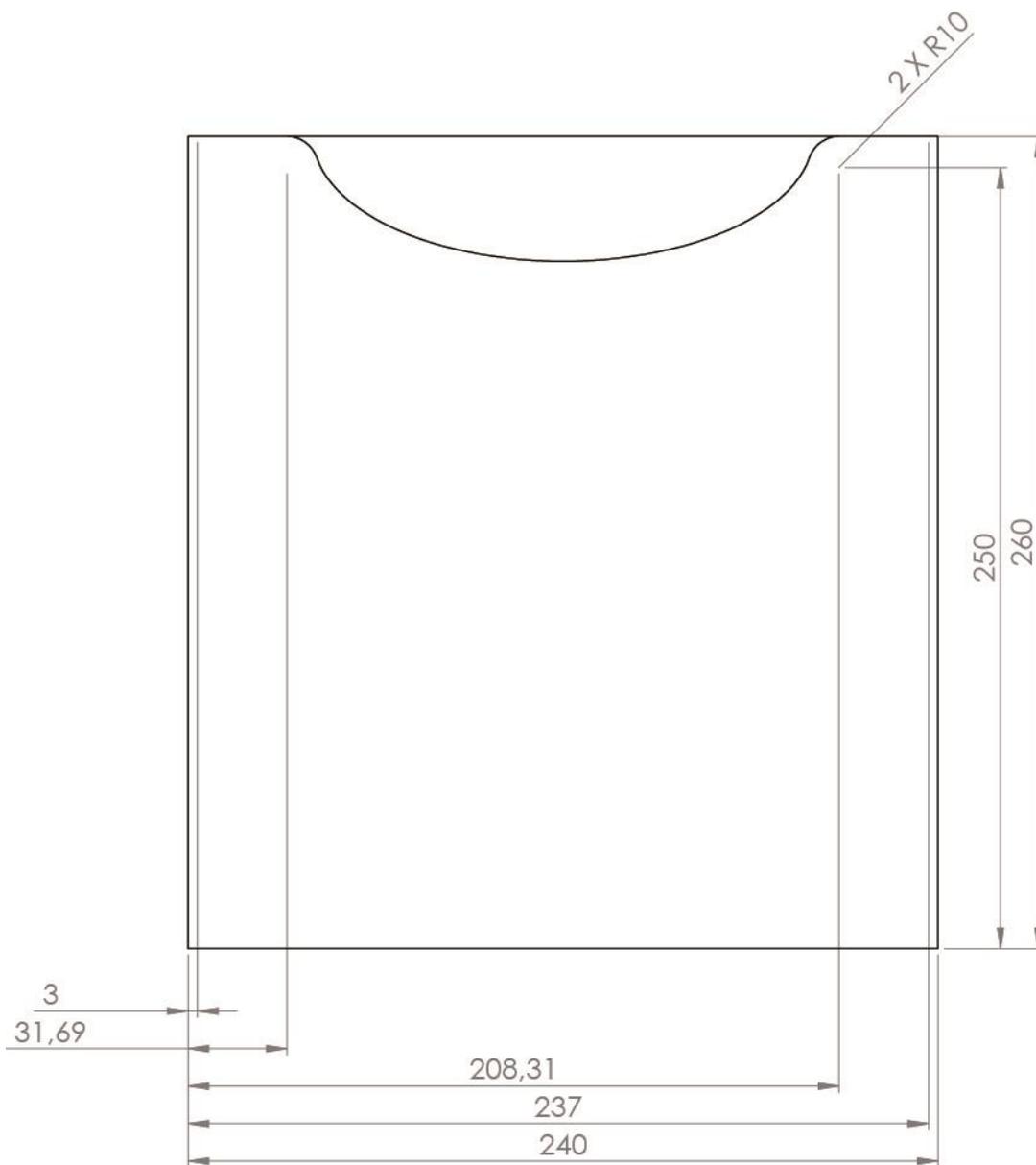
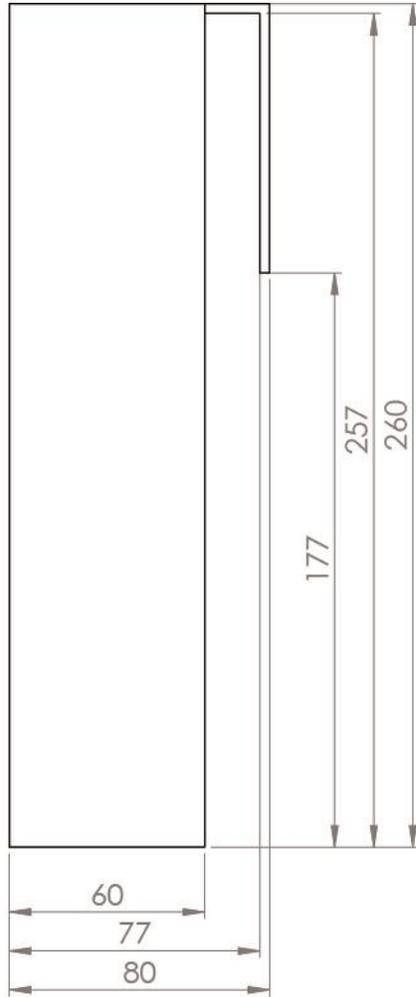


Figura 37. Vista frontal, lateral y superior del subsistema escolar mesa. Elaboración propia.

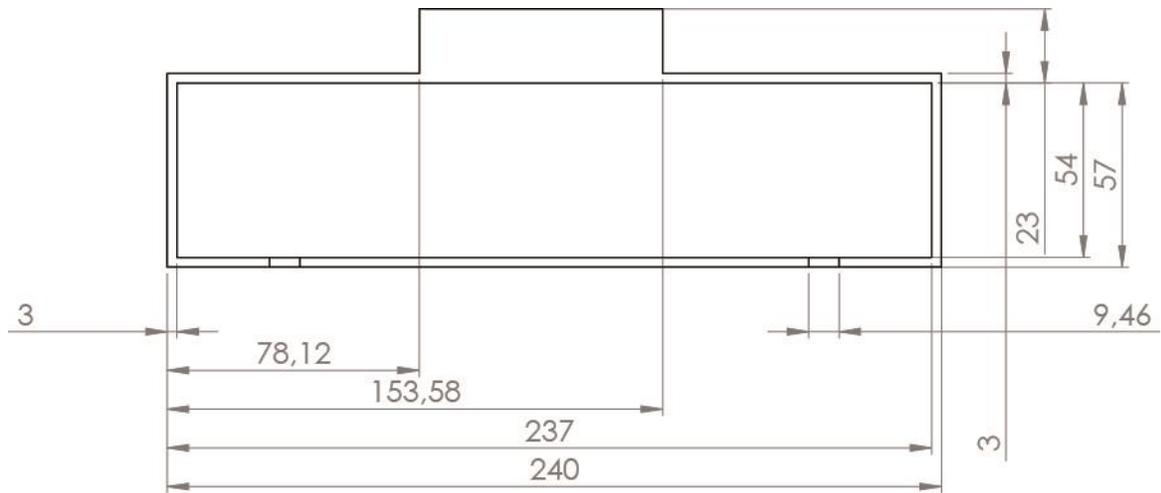
Estructura canasta portallibros



vista frontal



vista lateral

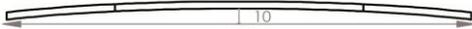


vista superior

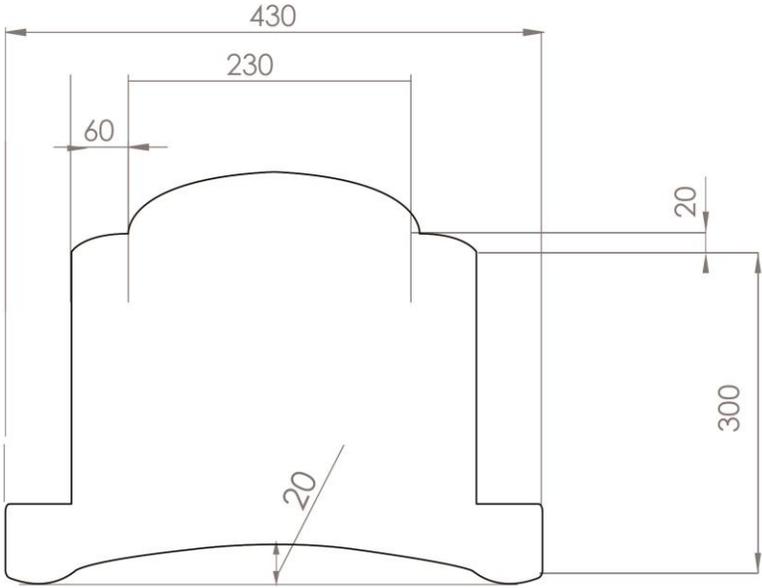
Figura 38. Vista frontal, lateral y superior de la canasta portalibros para el subsistema escolar. Elaboración propia.

Detalle silla: Estructura de aluminio, tableros de bambú

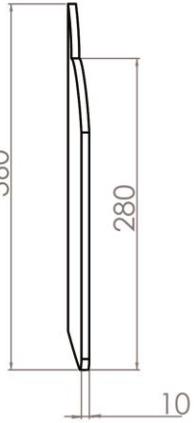
espaldar
medidas en mm



vista superior

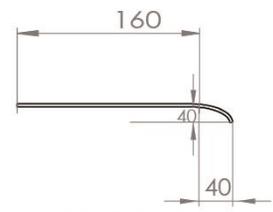


vista frontal

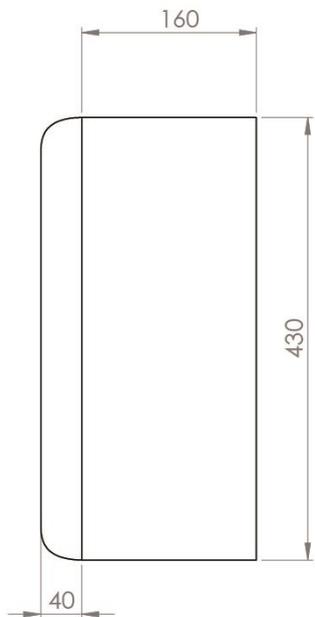


vista lateral

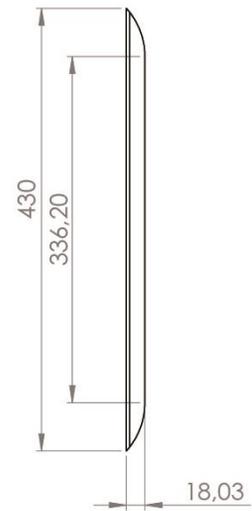
asiento
medidas en mm



vista lateral



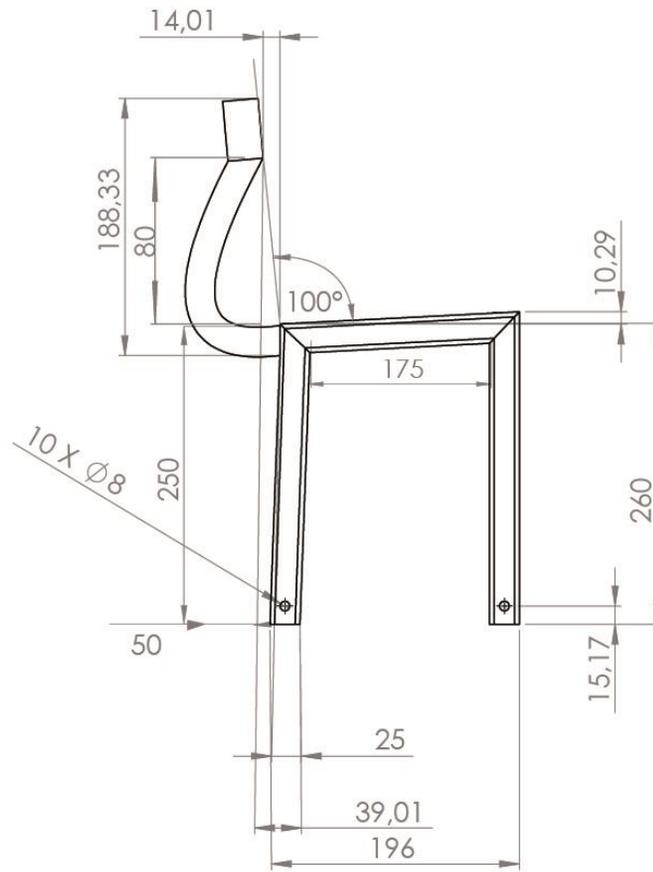
vista superior



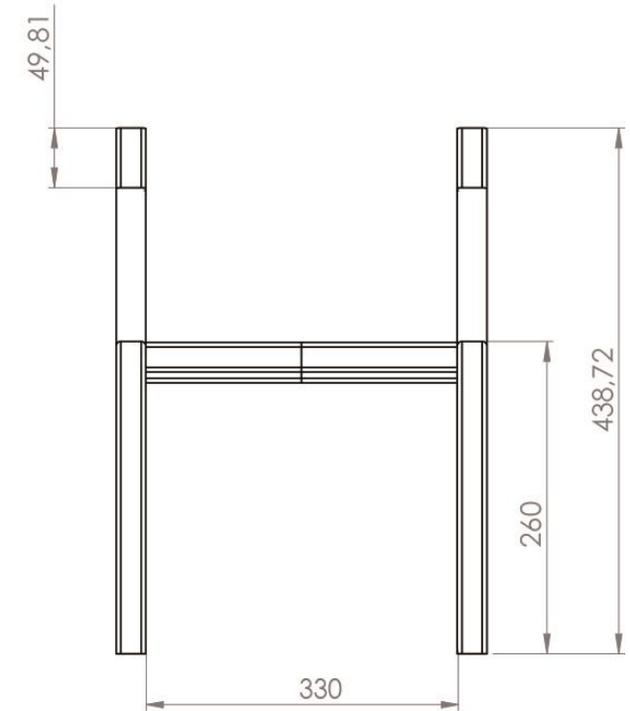
vista frontal

estructura- soporte

medidas en mm

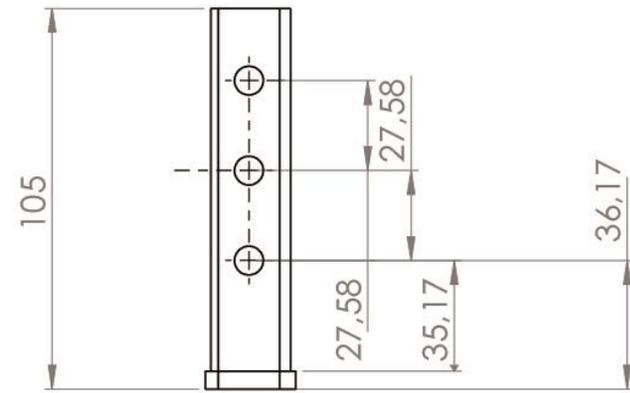
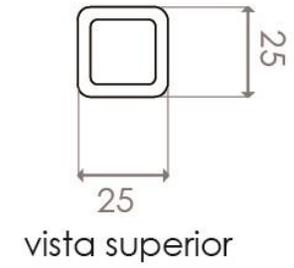
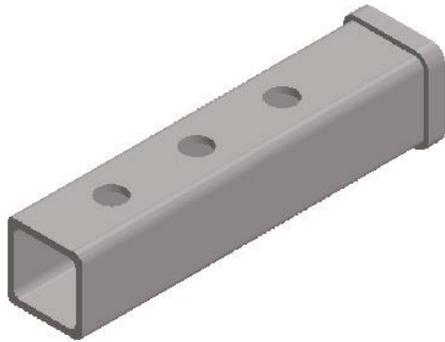


vista lateral

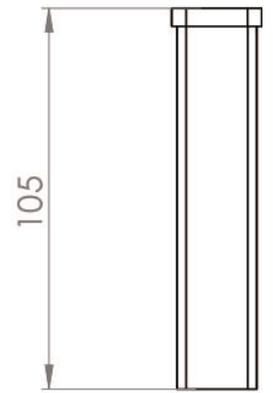


vista frontal

estructura
base-patas x 4
medidas en mm



vista lateral



vista frontal

apoyabrazo x 2
medidas en mm

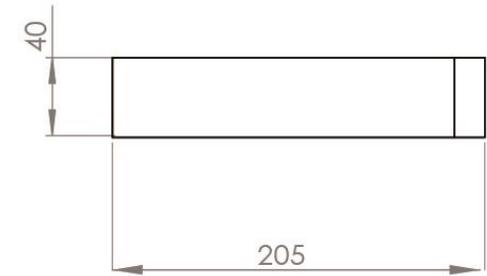
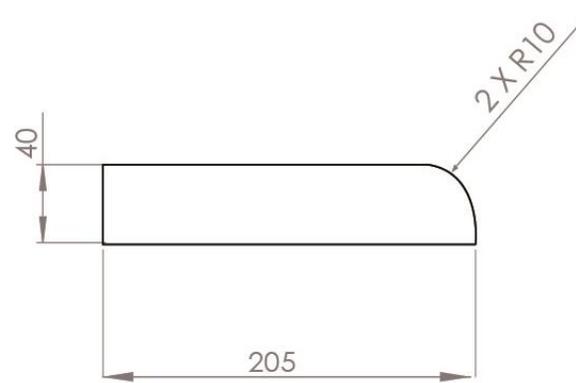
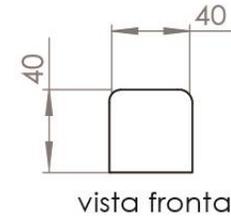
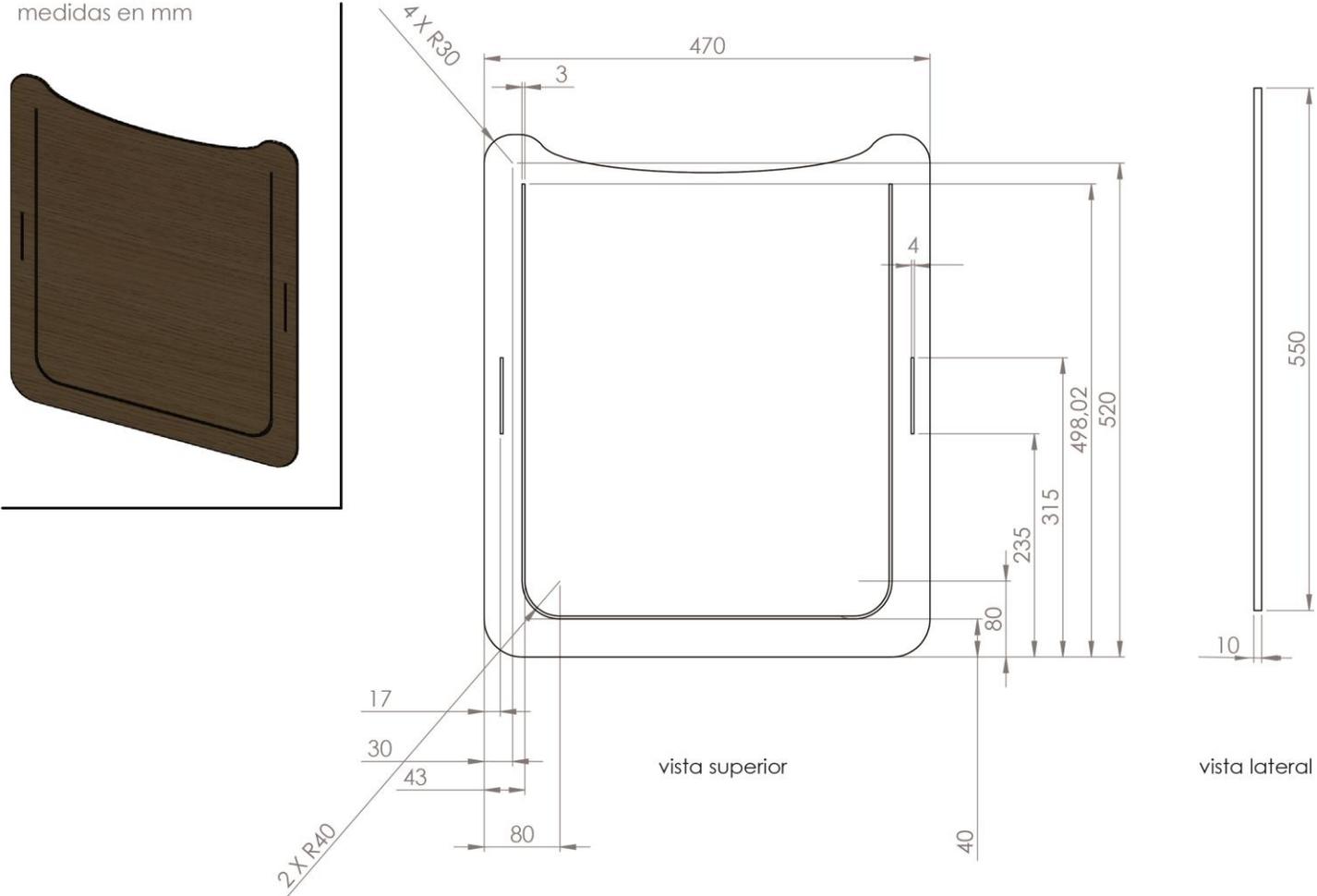


Figura 39. Planos en detalle del subsistema silla. Elaboración propia.

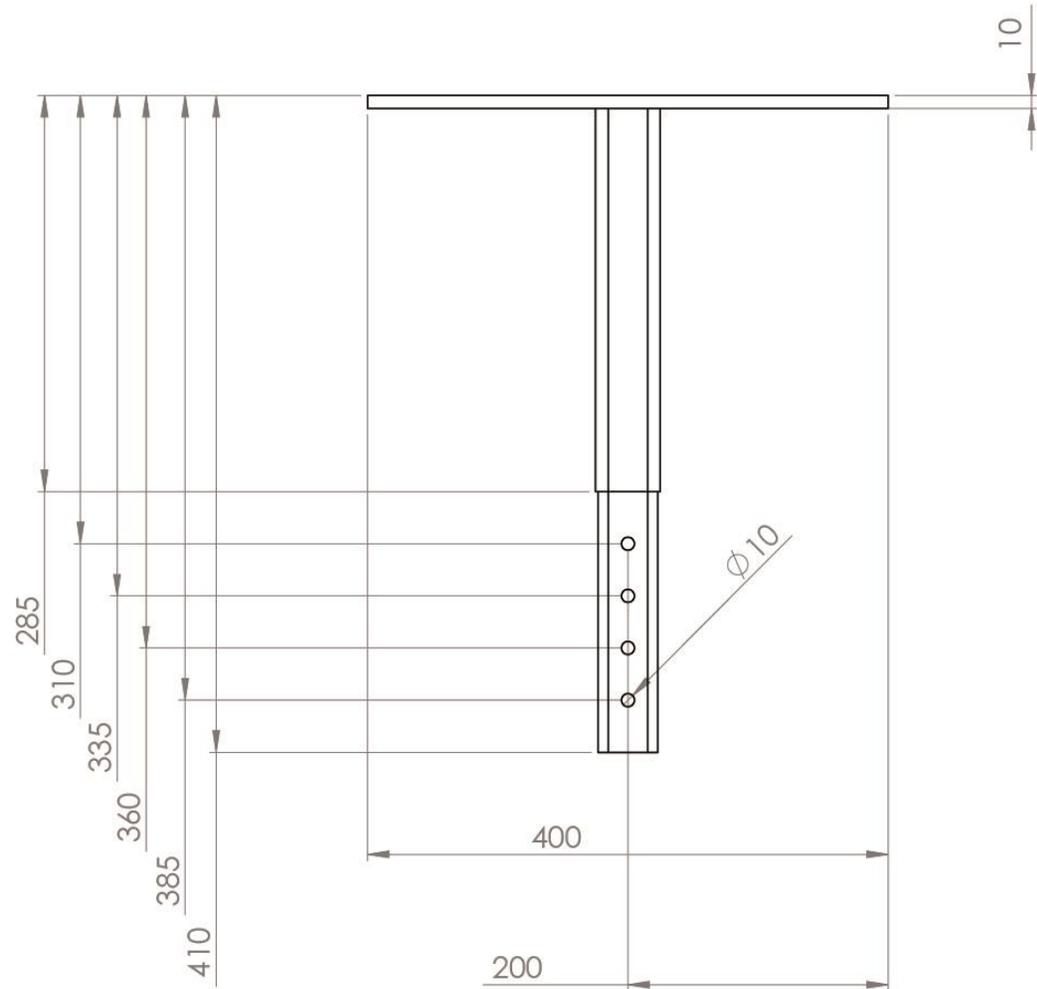
Detalle mesa: Estructura de aluminio, y tablero de bambú

tablero mesa
medidas en mm



soporte mesa

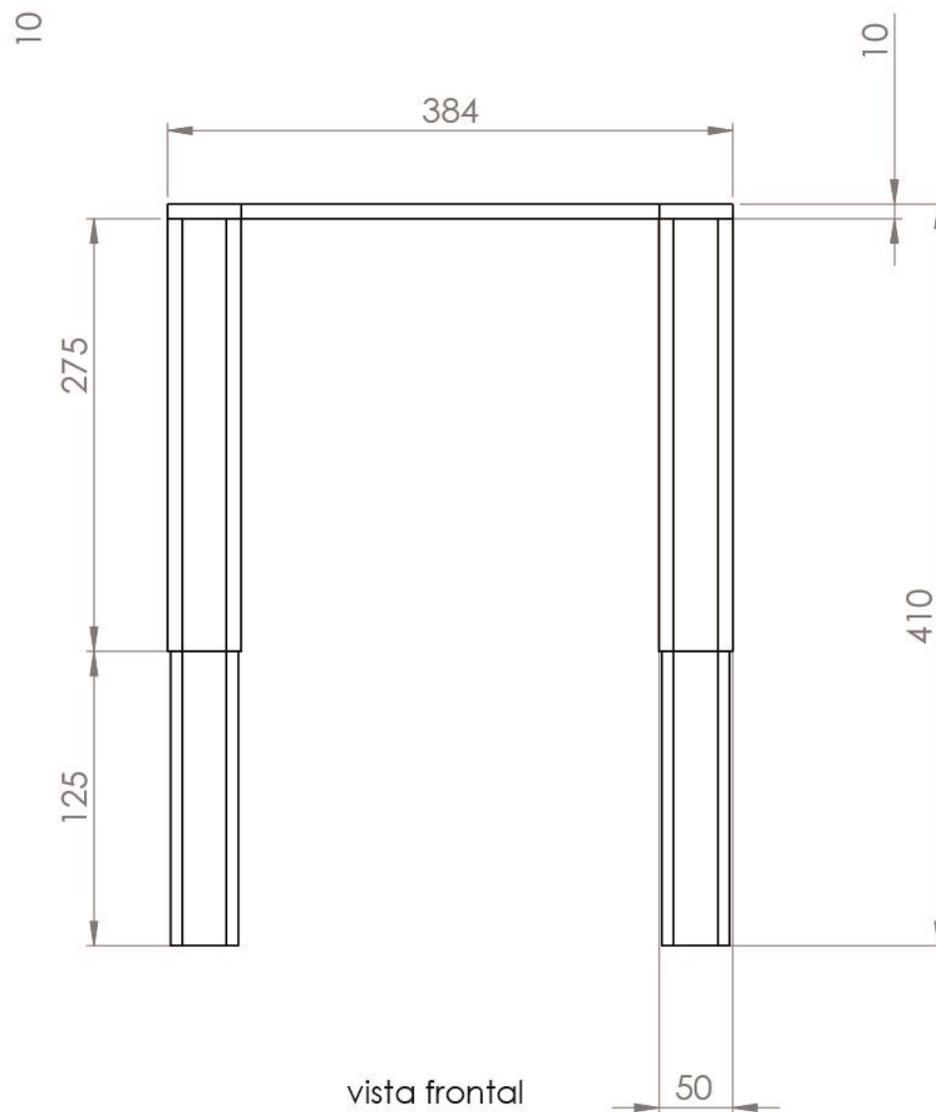
medidas en mm



vista lateral

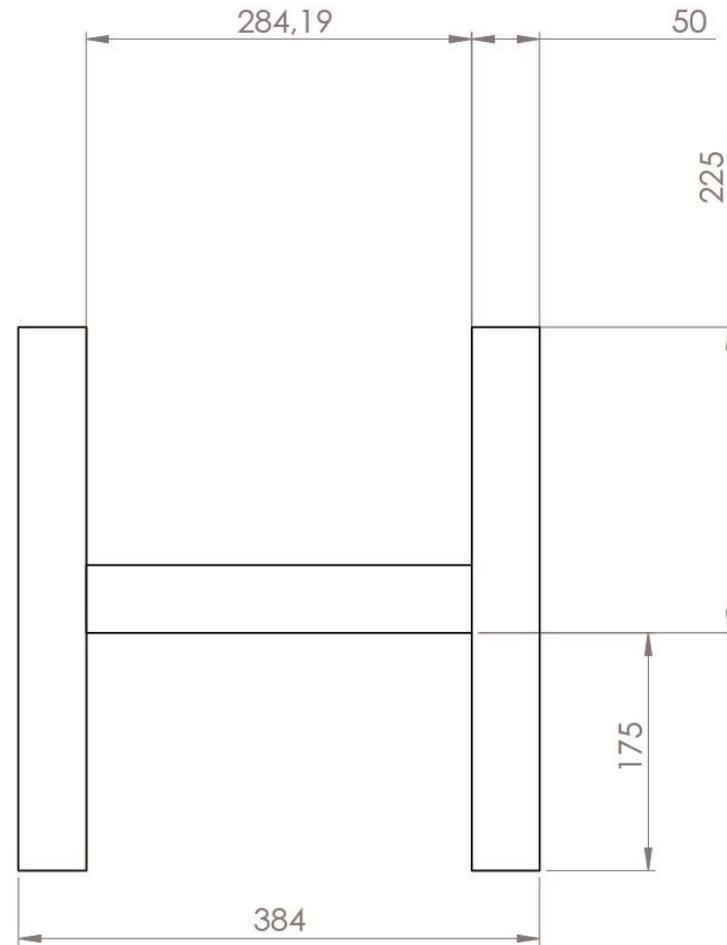
soporte mesa

medidas en mm



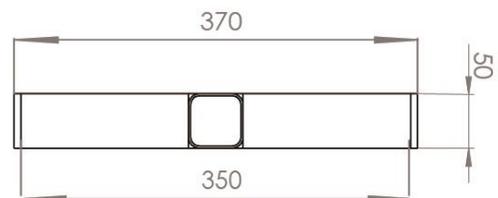
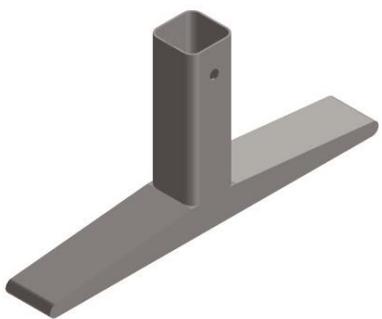
soporte mesa

medidas en mm

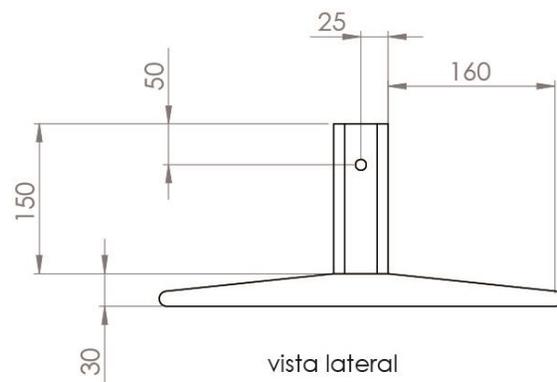


vista superior

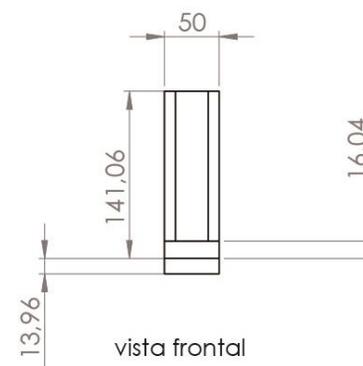
soporte - pata
medidas en mm



vista superior



vista lateral



vista frontal

Figura 40. Planos en detalle del subsistema mesa. Elaboración propia.

Detalle canasta portalibros

canasta portalibros
medidas en mm



Nota: El espesor del tablero de bambú utilizado en la canasta portalibros es de 3mm, debido a que será utilizado para contener únicamente hojas y libros, por tal motivo no es necesario emplear un tablero de bambú de mayor resistencia, a diferencia de los utilizados en el tablero de la mesa y respaldo y asiento de la silla que son de 10mm.

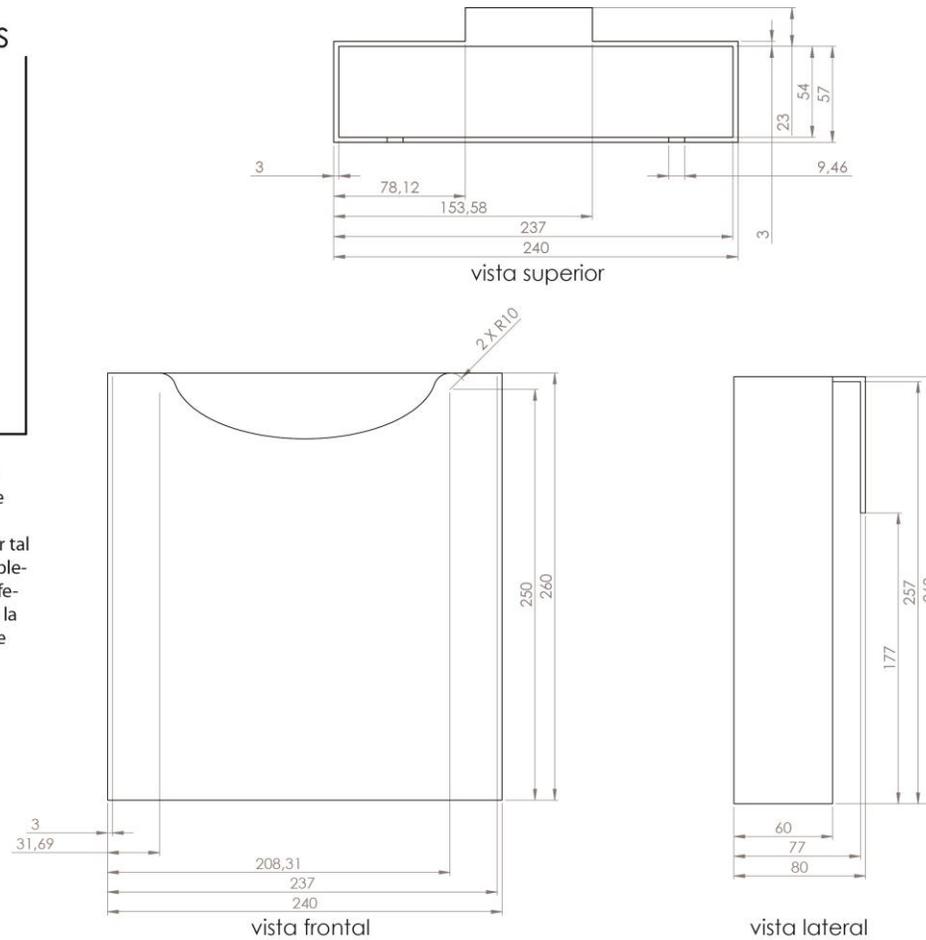


Figura 41. Planos en detalle de la canasta portalibros del subsistema escolar. Elaboración propia.

D.5) Identificación de los componentes del producto

Los planos en detalle de cada una de las partes del subsistema, permitieron determinar la cantidad de componentes que intervienen en el diseño del subsistema escolar silla – mesa (Tabla 89).

Componente	Imagen	Cantidad
Espaldar de bambú		1
Asiento de bambú		1
Estructura de aluminio reciclado silla		1
Estructura-base de aluminio reciclado patas silla (sistema de regulación)		4
Apoya brazo de bambú		2
Tablero de la mesa de bambú		1

Estructura de la mesa de aluminio reciclado		1
Soporte-pata meas de aluminio reciclado. (sistema de regulación)		2
Canasta portalibros de bambú		1
Remaches de aluminio		32
Tornillos de aluminio		4
Regatones de caucho reciclado para terminales inferiores de las patas de la silla		4
Regatones de caucho reciclado para terminales inferiores de las patas de la mesa		2

Tabla 89. Matriz de detalle de elemento y componente del mobiliario escolar diseñado. Elaboración propia.

D.6) Prototipo

Con las dimensiones conocidas y la cantidad de componentes identificados, se procedió a diseñar la vista en 3D del subsistema escolar silla y mesa. A continuación se muestra el prototipo ilustrado presentado en varias vistas (Figuras de 42 a la 51).



Figura 42. Vista en perspectiva del prototipo del subsistema escolar ilustrado, lado izquierdo. Elaboración propia.



Figura 43. Vista en perspectiva del prototipo del subsistema escolar ilustrado, lado derecho. Elaboración propia.



Figura 44. Vista lateral y frontal del subsistema escolar. Elaboración propia.

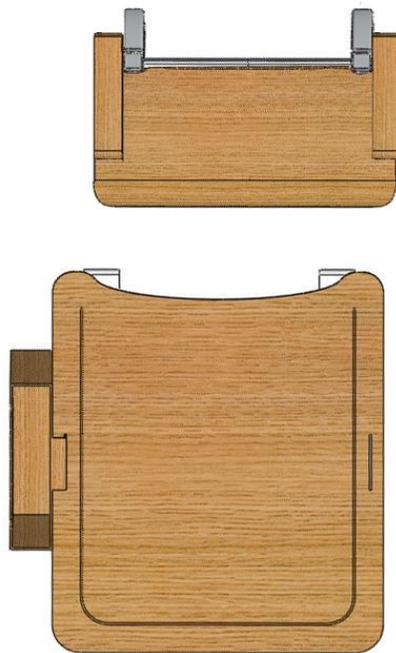


Figura 45. Vistas superior del prototipo del subsistema escolar ilustrado. Elaboración propia.

- **Prototipo fabricado**



Figura 46. Vistas lateral izquierda del prototipo del sistema escolar fabricado. Elaboración propia



Figura 47. Vistas lateral derecha del prototipo del sistema escolar fabricado. Elaboración propia



Figura 48. Vistas lateral derecha del prototipo del subsistema escolar fabricado con los reposabrazos ubicados en posición horizontal. Elaboración propia



Figura 49. Vistas superior del prototipo del subsistema escolar fabricado. Elaboración propia.



Figura 50. Vistas frontal del prototipo del subsistema escolar fabricado. Elaboración propia



Figura 51. Vistas en detalle del prototipo del subsistema escolar fabricado. Elaboración propia.

E. Validación del prototipo

La validación del prototipo se la realizó aplicando el método cualitativo, debido a que se solicitó al usuario (niños y niñas con discapacidad motriz leve), al padre de familia y tutor que respondan a un cierto número de preguntas que evaluaban la calidad del producto entorno a las especificaciones de diseño planteadas en el apartado de la metodología, así también se observó interactuar al usuario con el producto durante tres días lo que permitió establecer si se cumplió o no con los objetivos y la hipótesis planteada en la presente investigación, involucrando directamente a la población de interés en los resultados obtenidos. Así también dicho método permitió obtener información de un grupo de investigación que en un porcentaje considerable presentaba discapacidad intelectual, lo que dificultaba realizar una evaluación cuantitativa.

En este sentido al prototipo diseñado y fabricado se lo sometió a pruebas de evaluación entorno a los parámetros, técnicos, ergonómicos y medioambientales planteados, los mismos que se presentan a continuación:

E.1) Evaluación del prototipo en función a consideraciones técnicas, ergonómicas y con el usuario.

- **Técnica:** Comparando los resultados obtenidos con los requerimientos técnicos establecidos en la NTE INEN 2583:2011. Muebles Escolares. Pupitre con silla para alumnos. Requisitos e inspección de Ecuador (Tabla 90).
- **Ergonómica:** Comparando los resultados obtenidos con los criterios ergonómicos planteados en la metodología de diseño para equipamiento educativo (Tabla 91) y,
- **Con el usuario:** Para lo cual se realizó una investigación de campo, donde observó al estudiante interactuar con el subsistema escolar silla-mesa diseñado (*Anexo 3*), con lo que se obtuvieron los resultados especificados en la Tabla 92. En lo referente los criterios de evaluación específicos, se realizó preguntas directas al estudiante, padre

de familia y tutor del niño y niña, con lo que se obtuvieron los resultados finales de la evaluación.

El detalle de todas las evaluaciones realizadas en función a las consideraciones técnicas, ergonómicas y con el usuario se muestran a continuación:

✓ **Matriz de evaluación técnica del prototipo subsistema escolar silla-mesa para niños y niñas con discapacidad motriz.**

Características del producto	Detalle			Criterio Evaluación del prototipo	Cumplimiento de mejora			Observación
					SI	NO	SE MANTIENE	
Nombre del producto	Subsistema escolar silla-mesa							
Autor	Margarita Pomboza Floril							
Productor								
Dimensiones	Silla (cm)	Mesa (cm)	Canasta portalibros (cm)				Medidas establecidas en función a estudios ergonómicos y cálculos de percentiles.	
	Alto: 72 regulable a 78	Alto:470 regulable a 540	Alto:260					
	Ancho: 43	Ancho: 410	Ancho: 240					
	Profundidad: 20	Profundidad: 550	Profundidad: 57					
Material	Tableros de bambú y estructura de aluminio			Sostenible medioambiental.	✓			
Peso	Gramos: 6235,77007	Kilogramos 6, 23577007	Mobiliario existente:	✓			Reducción considerable del peso del mobiliario.	
			Gramos: 10624					Kilogramos 10,64
			Calculo propio realizado en función al despiece del mobiliario escolar existente.					
Coste	\$204 (elaboración del prototipo)							
Ruido	Regatones de caucho reciclado			Los regatones para las patas deben ser de PVC de alta resistencia de color negro. Referencia Norma NTE INEN 2583:2011	✓			Aportación a la sostenibilidad ambiental y al consumo de productos locales.

Mantenimiento	Debe ser revisado al concluir cada año escolar.	No consta ningún criterio en la Norma NTE INEN 2583:2011	✓			
Acabados	Superficie de los tableros del subsistema son uniformes en brillo, tono y color, sin defectos y presentando un bajo índice de reflexión	Disposiciones generales Norma NTE INEN 2583:2011			✓	
Manejabilidad	El mobiliario escolar es de fácil manejabilidad ya que está constituido de dos piezas y una canasta portalibros removible, además de presentar un peso ligero lo que permitirá su fácil movilidad, sin que el usuario adopte posiciones incómodas.	Parte de requisitos específicos Norma NTE INEN 2583:2011	✓			
Duración	El subsistema escolar tendrá una vida útil aproximada de 6 años acorde al cuidado y mantenimiento del mismo.	Aproximadamente de 2 años según especifica la tabla 5 de los Requisitos específicos de la Norma NTE INEN 2583:2011	✓			
Resistencia	La silla escolar soporta una carga estática de 136 kg \pm 1,4 kg y la mesa escolar una carga estática de 100 kg \pm 1,4 kg sin que se deformen ni presenten roturas ni cambios estructurales. Además la mesa escolar no se deformó ni inclinó al colocarle un peso de 45kg en una de sus esquinas. La prueba realizada se muestra en el Anexo 4.	Tabla 2 de los Requisitos específicos de la Norma NTE INEN 2583:2011			✓	(Anexo 4)
Toxicidad	Tanto el bambú como el aluminio no representan ningún peligro de toxicidad al usuario.	No consta ningún criterio en la Norma NTE INEN 2583:2011	✓			
Estética	La forma del subsistema se acopla al entorno donde se lo va a implementar, ya que presenta una forma sencilla, pero cumple con las consideraciones ergonómicas planteadas en este estudio.	Norma NTE INEN 2583:2011	✓			
Precedentes	Se deja un estudio de datos antropométricos de niños y niñas con discapacidad motriz en posición sedente fiables, que servirán para el diseño de fabricación de mobiliario en general. Además se estableció una metodología de diseño	En Ecuador existe el Manual de Antropometría para la Población Ecuatoriana (Callay S. y Freire W., 1987), enfocado más al diagnóstico de la situación	✓			

	<p>para desarrollar dicho mobiliario, lo que garantiza un diseño acorde a las necesidades corporales de los usuarios con discapacidad motriz, así también el presente estudio realizado permitirá de ser el caso plantear una Norma de Diseño y Fabricación de Mobiliario Escolar Subsistema Silla – Mesa para Niños y Niñas con Discapacidad Motriz en grado leve.</p>	<p>alimentaria nutricional y de salud de la población ecuatoriana, que a las medidas antropométricas en sí; considerando de que los criterios antropométricos detallados en dicha investigación han sido realizados en niños en posición sedente sobre las piernas de sus madres, sin establecer algún criterio de rigidez y forma de ángulos en sus extremidades, por lo que se puede determinar que existen posibles errores en los datos obtenidos.</p> <p>Además, como se ha detallado anteriormente, Ecuador cuenta con la Norma NTE INEN 2583:2011. Muebles Escolares. Pupitre con silla para alumnos. Requisitos e inspección, en la que expone datos estandarizados para el diseño de mobiliario escolar (silla-mesa), sin especificar datos para personas con discapacidad (capacidades especiales.)</p>				
--	---	---	--	--	--	--

Tabla 90. Matriz de evaluación técnica del prototipo subsistema escolar silla – mesa diseñado, para niños y niñas con discapacidad motriz. Elaboración propia.

✓ **Matriz de evaluación ergonómica del prototipo subsistema escolar silla-mesa para niños y niñas con discapacidad motriz.**

Especificaciones del producto		Detalle (descripción del componente)	Criterio de evaluación según metodología planteada.	Cumplimiento del criterio de evaluación		Observación
				SI	NO	
Aspectos ergonómicos	Seguridad	Todas las esquinas presentan un radio entre 2 a 4 cm, sin presentar salientes peligrosos.	Evitar salientes peligrosas y emplear esquinas con bordes semicirculares para evitar golpes o incrustaciones.	✓		
		Los tableros del subsistema son lisos, planos y sin grietas, además el bambú presenta resistencia a rayones superficiales.	No deben presentar grietas, defectos ni deformaciones.	✓		
		La estructura es lisa, no está deteriorada ni presenta salientes peligrosos.				
		Las 4 patas que soportan la silla y el pie que soporta las dos patas de la mesa están diseñadas estructuralmente para sostener y proporcionar estabilidad al mobiliario escolar.	Debe ser estable para evitar volcamiento o caída.	✓		
		La sujeción de los tableros de bambú a la estructura de aluminio es por medio de remachas, 4 utilizados para sostener el tablero de la mesa a la estructura, 4 para sostener el tablero del espaldar a su estructura y 4 para sostener el asiento a su estructura.	Los sistemas de sujeción deben ser seguros, de tal forma que las uniones no se aflojen.	✓		
		Con respecto a la estructura sus partes están unidas por puntos de suelda. Con respecto al sistema de regulación está será sostenida por tornillos de aluminio de alta resistencia.				

		Tanto el bambú como el aluminio no son tóxicos. Además si se presenta la necesidad de pintarlos la pintura utilizada no será tóxica.	Todos los materiales a emplear no deben ser tóxicos.	✓		El aluminio es tóxico al entrar en contacto directo con fuentes de calor.
		Las terminales de las patas del subsistema escolar estarán recubiertas de caucho reciclado, evitando la emisión de ruidos incómodos al momento de su desplazamiento.	Las terminales inferiores de las patas de la silla y mesa deben estar diseñadas o recubiertas de tal manera que no ocasionen deterioro a la superficie donde están asentadas ni ruidos incómodos.	✓		Caucho reciclado de producción nacional
Aspectos ergonómicos	Confort	Se acotó 2 cm por lado a la medida del percentil 97,5% correspondiente al ancho de las caderas para determinar la dimensión de ancho del asiento y distancia entre hombros para determinar el ancho del espaldar.	Acotar un máximo de 2cm por lado a las medidas del subsistema escolar de ser necesario, cuando el requerimiento sea la holgura. Esto permitirá definir la anchura del asiento de tal manera de sostener cómodamente los muslos de las dos piernas.	✓		
		Se utilizó la media aritmética del ángulo de confort de una persona en posición sedente. EL ángulo utilizado es de 100°.	Utilizar los ángulos de confort anatómicos para establecer la ubicación correcta de la columna vertebral con respecto a las extremidades.	✓		EL ángulo de confort puede estar entre el rango de 90° a 110° según lo establece Wisner.

		Se estableció un sistema de regulación de las patas que va desde el percentil correspondiente al 2,5% hasta llegar al percentil 97,5% del segmento de investigación seleccionado.	Ajustar la altura del asiento para permitir asentar correctamente la planta del pie sobre una superficie plana	✓		
		Se empleó el percentil correspondiente al 2,5%, ya que se consideró la necesidad de holgura y evitar la compresión en la parte posterior de la rodilla	Establecer la profundidad adecuada del asiento, para contener cómodamente los glúteos y los muslos de la pierna evitando sensaciones de compresión detrás de la rodilla por profundidades muy largas o la sensación de caerse hacia adelante por profundidades muy cortas.	✓		
		Se ubicó los reposabrazos en posición paralela al tablero del asiento de la silla a una altura del codo-piso del usuario de menor tamaño corporal, movable 90° hacia arriba.	Utilizar reposabrazos en función de la altura codo-asiento del usuario de menor tamaño corporal; además dependiendo de la frecuencia de uso y tomando en cuenta que pueden existir estudiantes con imposibilidad de movimiento en alguna de sus extremidades superiores, o que sean zurdos; se considerará un reposabrazos movable lo que permitirá el desplazamiento lateral del mismo por parte del infante cuando los requiera, pudiendo además actuar como un sistema de seguridad lateral de la silla.	✓		
		El espaldar presenta una concavidad de 1cm	El espaldar de la silla debe presentar curvatura cóncava no superior a 4 cm, de tal manera que se pueda utilizar para la mayoría de los usuarios.	✓		Concavidad 1cm.
		El asiento presenta una pendiente de 1cm, formada entre el tablero plano del asiento y la proyección horizontal de sus	El asiento debe tener una pendiente no mayor a 4 cm, y la misma será formada entre el	✓		Pendiente de 1cm.

		bordes.	tablero plano del asiento y la proyección horizontal de sus bordes.			
		La altura del tablero de la mesa está en función a la distancia codo-piso del usuario de menor tamaño corporal.	La altura del tablero de la mesa debe coincidir con la altura de los codos, para esto se tomará en cuenta la altura piso-codo o inclusive unos pocos centímetros más arriba considerando siempre los límites de comodidad, como siempre la recomendación es definida, basada en las medidas del usuario con menor talla corporal	✓		
Aspectos ergonómicos	Confort	La mesa presenta una concavidad de 4 cm, y la acanaladura en C para alrededor del borde de la mesa.	El tablero de la mesa debe presentar una curvatura cóncava frontal no superior a 4 cm, esto permitirá evitar la presión en el pecho del niño cuando se aproxime a la mesa, además tendrá una acanaladura en forma de C, ubicada al frente y a los costados del tablero en relación al lado en donde se sentará el infante, esto con el objetivo de evitar posibles resbalamientos o caídas de los útiles escolares de escritura y pintura.	✓		Concavidad de 4cm.
		El tablero de la mesa es totalmente plano, manteniendo una línea de proyección continua.	Los bordes laterales derechos con relación a los bordes laterales izquierdos del tablero de la mesa deben mantener una línea de proyección continua, de lo contrario podrían generar incomodidad e inestabilidad al estudiante.	✓		
		La bandeja portalibros irá ubicada en uno de los bordes laterales de la mesa, con la posibilidad de ser removida al	La bandeja portalibros no necesariamente debe ir debajo del tablero de la mesa, debido a que se	✓		

		otro borde lateral de la misma, pensada así para brindar mayor comodidad a los estudiantes que presenten dificultad de movimiento en sus extremidades superiores o sean zurdos.	podría convertir en un elemento incómodo para el usuario si no se establecen las medidas idóneas para su ubicación. En su lugar, esta puede ir ubicada en otro lugar de la mesa siempre que brinde la misma funcionalidad.			
	Confort	Para el ancho de la mesa se consideró el ancho de caderas del usuario de mayor tamaño corporal más 4 cm por cada lado, considerando que el requerimiento es la holgura.	El ancho de la mesa debe permitir que la silla ingrese fácilmente bajo la misma.	✓		
		Para el alto de la estructura de la mesa, considerando que la bandeja portalibros no va debajo de esta se consideró la altura codo-piso del usuario de menor tamaño corporal, esto permitirá tener soltura y tener mayor movilidad en el desarrollo de sus actividades.	La altura desde el piso a la estructura bajo la mesa debe permitir al usuario sentado introducir cómodamente y sin esfuerzo los muslos de las piernas debajo de ella; a su vez debe permitirle también la mayor posibilidad de movilidad sin ocasionarle golpes, presiones y rozamientos. Además se debe prever que el borde no genere inconvenientes cuando el usuario se levante de la silla, de tal forma de evitar golpes y posiciones incómodas para el desarrollo de actividades.	✓		Se debe recordar que tanto la estructura de la silla y mesa presentan un sistema regulable.

	Confort	Como para el requerimiento de holgura se consideró las medidas antropométricas de los estudiantes de mayor tamaño corporal y se le adicionó de entre 2 a 4cm por lado, se garantiza el libre cambio de postura del estudiante de ser necesario al momento que realice sus actividades escolares.	Permitir el libre cambio de posturas.	✓		
Aspectos ergonómicos	Accesibilidad	La forma del subsistema silla-mesa diseñado es sencilla, permitiendo al estudiante acceder e interactuar con el de manera sencilla, sin mayor esfuerzo.	La forma del mobiliario debe ser sencilla, permitiendo acceder e interactuar con el cómodamente.	✓		
		La forma del subsistema se acopla al entorno donde va a ser ubicado, debido a que se trató de mantener en un porcentaje elevado la tipología de forma del mobiliario actual, con la diferencia que el mobiliario diseñado en la presente investigación está realizado en función a todas las consideraciones ergonómicas detalladas en este estudio.	Se acopla al entorno donde va a ser implementado.	✓		

Tabla 91. Matriz de evaluación ergonómica del prototipo subsistema escolar silla – mesa diseñado, para niños y niñas con discapacidad motriz. Elaboración propia.

- ✓ **Matriz de evaluación con el usuario del prototipo subsistema escolar silla-mesa para niños y niñas con discapacidad motriz.**

Muestra de evaluación/investigación: 384 niños y niñas con discapacidad motriz leve.					
Aspecto	Criterios de cumplimiento	Evaluación			Observación
		SI	NO	RARA VEZ	
Funcionalidad	¿Puede sentarse fácilmente en la silla?	✓			Se determinó mediante la observación directa del estudiante interactuando con el subsistema diseñado. <i>(Anexo 3)</i>
	¿Puede bajarse o moverse cómodamente en la silla?	✓			
	¿Los codos reposan cómodamente en el tablero de la mesa?	✓			
	¿Los brazos reposan cómodamente en el reposabrazos. ?	✓			
	¿La planta de los pies reposa cómodamente en el piso?	✓			
	¿Al regular la estructura del subsistema este siga permitiendo reposar cómodamente la planta del pie sobre el suelo?	✓			
	¿El cuerpo se acopla cómodamente a la estructura y forma de la silla?	✓			
	¿El apoyo cabezas contiene cómodamente la cabeza?	✓			
	¿Puede moverse libremente, sin sufrir golpes, ni rozaduras?	✓			
	¿Alcanza cómodamente el material didáctico distribuido en la mesa?	✓			
	¿Puede trabajar sobre el tablero de la mesa sin mayor dificultad. ?	✓			
	¿Presenta alguna incomodidad la silla y mesa de trabajo?	✓			

Funcionalidad	¿Ocasiona dolor corporal la silla o mesa de trabajo cuando son utilizadas?	✓			
	¿Genera presión en alguna parte del cuerpo la silla y mesa diseñadas?	✓			La respuesta fue obtenida mediante la realización de la pregunta directa al estudiante evaluado y mediante la observación directa.
	¿Se observa al estudiante trabajar cómodamente en el subsistema diseñado?	✓			Fue determinado mediante la observación del estudiante interactuando con el subsistema durante tres días.
	¿El mobiliario es estable?, ¿En ningún momento presentó inestabilidad o sensaciones de caída?	✓			Se determinó mediante la observación directa del estudiante interactuando con el subsistema diseñado.
	¿El estudiante se siente cómodo y seguro de usar y trabajar en la silla y mesa?	✓			Fue determinada mediante la observación al estudiante durante tres días, preguntas directas realizadas al usuario y la percepción del profesor y padre de familia.
	Según la percepción del profesor (tutor) y padre de familia, ¿se considera que el subsistema silla-mesa cumple la función para la que fue diseñada?	✓			Tanto los profesores como los padres de familia determinaron que la silla y mesa diseñadas presenta considerables mejoras, lo que aportará para que el estudiante desarrolle mejor su actividad escolar.
Valor social	¿Se mejoró la calidad de vida del estudiante al otorgarle un diseño de subsistema silla-mesa ergonómico?	✓			Pregunta fue realizada al profesor y padre de familiar al ver interactuar al estudiante con la silla y mesa escolar. La respuesta obtenida es el resultado de observar al estudiante por tres días interactuando con el mobiliario
	¿Se aportó a la integración social del estudiante en su entorno, ya que podrá realizar sus tareas escolares en un mobiliario en igualdad de condiciones?	✓			

	¿Se mejoró el desarrollo de las tareas del estudiante en el aula de clases?	✓			escolar diseñado.
Aceptación por el usuario	¿El estudiante se siente cómodo con el mobiliario y desarrolla sus tareas escolares con mayor facilidad?	✓			Se observó al estudiante durante tres días y se determinó la respuesta, además de haberle realizado la pregunta directamente al estudiante.
	¿El estudiante ha presentado resistencia a utilizar la silla y mesa diseñadas?		✓		Se observó al estudiante durante tres días y se determinó la respuesta.
	¿El estudiante interactúa con normalidad con el subsistema diseñado?	✓			Se observó al estudiante durante tres días y se determinó la respuesta.

Tabla 92. Matriz de evaluación con el usuario del prototipo subsistema escolar silla – mesa diseñado, para niños y niñas con discapacidad motriz. Elaboración propia.

E.2) Evaluación del prototipo en función a consideraciones medioambientales.

Antes de realizarla la evaluación medioambiental del subsistema diseño, es importante generalizar conceptualizaciones y conocer los niveles de impacto producidos por algunos insumos y procesos utilizados en el diseño de mobiliario escolar. Dicha información se presenta a continuación:

✓ Impacto ambiental de diferentes insumos y procesos utilizables para la fabricación de mobiliario escolar.

Los datos presentados en las Tablas 93,94, 95 y 96, correspondientes al impacto ambiental generado en varias categorías, los mismos que servirán de base para futuros cálculos, ya que aplicando una regla de proporcionalidad se obtendrán resultados del impacto ambiental generado por los materiales y procesos seleccionados en la fabricación de mobiliario escolar, contribuyendo de esta manera a la realización de cálculos del impacto medioambiental al no contar con la herramienta software SIMAPRO.

Para el efecto se ha determinado los impactos ambientales de 1 kg. de material madera contrachapada en relación a la madera verde, y de igual manera de los metales como el aluminio y el acero, además de los procesos como el transporte calculado para 1km de recorrido y la energía al utilizar correspondiente a 1kwh. Las medidas están establecidas en milipuntos (mPt), siendo el valor de 1Pt la centésima parte de la carga ambiental de un ciudadano medio. El método utilizado para evaluar el de impacto es el Eco-indicador 99(I), el mismo que cuanto mayor es el Eco-indicador, mayor es el impacto ambiental.

En que lo respecta a la categoría de impactos, se hace referencia a los considerados y especificados en la base de datos de SIMAPRO como son: V3 Ecoinvent, Agrohuella específica de la industria y EL CD.

Dichos impactos generados y conceptualizados por GOEDKOOOP, M.Spriensma (2001) son:

- **Carcinogénesis (Carcinogens)**, asociada con los efectos de las radiaciones ionizantes, la disminución de la capa de ozono y la oxidación fotoquímica, que genera efectos sobre la salud humana.
- **Respiratorio por compuesto orgánicos, (Resp. organics.)**, son los efectos respiratorios resultantes de la niebla de verano o smog fotoquímico, debido a las emisiones de sustancias orgánicas al aire.
- **Respiratorio por compuestos inorgánicos (Resp. inorganics)**, asociado con los efectos respiratorios resultantes de la niebla de invierno, debido a las emisiones de polvo, sulfuros y óxidos de nitrógenos al aire.
- **Cambio climático (Chage climate)**, se refiera a cualquier cambio en el clima a lo largo del tiempo, ya sea debido a la variabilidad natural y como resultado de la actividad humana.
- **Radiación (Radiation)**, está asociado con una lluvia de rayos cósmicos que exponen constantemente a todo objeto sobre la tierra.
- **Disminución capa de ozono (Ozono layer)**, está asociada con lo efectos causados por el incremento de emisiones de radiación UV como resultado de las emisiones de (NO-CFC⁵⁶)
- **Ecotoxicidad (Ecotoxicity)**, está asociado con la emisión al aire, al agua y al suelo de gran cantidad de compuestos orgánicos y de metales pesados.
- **Acidificación/eutrofización (Acidification/eutrophication)**; es el enriquecimiento excesivo de las aguas con nutrientes y los efectos biológicos adversos asociados.
- **Uso de la tierra (land use)**, asociado con el impacto generado a la diversidad de especies -
- **Minerales (minerals)**, asociado con el esfuerzo extra que experimentarán las futuras generaciones para la extracción de los recursos que quedan.

⁵⁶ NO (óxido de nitrógeno), CFC (clorofluorocarburos)

- **Impacto ambiental materiales**

Material: Metales Cantidad: 1kg. Medida del impacto: mPT.			
		Proyecto: Ecoinvent system processes	Proyecto: USLCI
Impacto	Aluminium, production mix, cast alloy, at plant/RER S Aluminio, producción mixta, aleación de fundición en la planta /RER S	Aluminium, primary, at plant/RER S Aluminio, primario, en la planta / RER S	Steel, liquid, at plant/RNA Acero, liquido, en la planta/RNA
Carcinogénesis	40	0.18	0.5
Resp.orgánicos			
Resp. inorgánicos:	170	0.73	21.5
Cambio climático	70	0.28	47
Radiación			
Disminución capa de ozono			
Ecotoxicidad	2.5		
Acidificación/eutrofización	2.5	0.0	1
Uso de la tierra			20
Minerales	500	1.8	1.15

Tabla 93. Impacto ambiental generado por tipo de metales utilizados en la fabricación de mobiliario escolar.
Elaboración propia.

Como se puede determinar 1kg. de aluminio en producción mixta, aleación y fundición en planta genera 40mPT. en la categoría de impacto ambiental carcinogénesis. Si se desearía calcular el impacto ambiental en dicha categoría utilizando 5kg de aluminio en producción mixta, aleación y fundición en planta, se deberá hacer una regla de proporcionalidad (regla de tres) para obtener su valor, el mismo que sería de 200mPt. De esta manera y con los datos proporcionados en las Tablas 93, 94, 95 y 96 se puede calcular el impacto ambiental del total de las categorías.

- **Impacto ambiental: Materiales**

Material: Madera Cantidad: 1kg. Medida del impacto: mPT.			
		Proyecto: Ecoinvent system processes	Proyecto: USLCI
Impacto	Plywood, indoor use, at plant/RER U. Chapas de madera, para uso en interiores, en la planta/RER U	Plywood, outdoor use, at plant/RER U. Chapas de madera, uso al aire libre, en la planta / RER U	Bark, softwood, green, at forest road, NE-NC/kg/RNA. Corteza, madera blanda, verde, camino forestal, NE-NC / kg / ARN
Carcinogénesis	25	40	
Resp.orgánicos			0.2
Resp. inorgánicos:	700	850	2.6
Cambio climático	275	300	1
Radiación			
Disminución capa de ozono			
Ecotoxicidad			
Acidificación/eutrofización	25	25	0.2
Uso de la tierra	1000	1000	17
Minerales	225	325	0.5

Tabla 94. Impacto ambiental generado por tipo de maderas utilizados en la fabricación de mobiliario escolar.
Elaboración propia.

- **Impacto ambiental: Procesos**

Proceso: Transporte Cantidad: 1km. Medida del impacto: mPT.		
Proyecto: Ecoinvent system processes		
Impacto	Operation, lorry >16t, fleet average/RER S. Operación, camión, >16t, promedio de flota/RER S.	Operation, lorry 3.5-16t, fleet average/RER Operación, camión, 3.5-16t, promedio de flota/RER S.
Carcinogénesis	0.2	0.3
Resp.orgánicos	0.1	0.1
Resp. inorgánicos:	26	14.5
Cambio climático	23.3	11
Radiación		

Disminución capa de ozono		
Ecotoxicidad	0.3	0.3
Acidificación/eutrofización	2.8	1
Uso de la tierra	0.7	0.25
Minerales	0.9	0.45

Tabla 95. Impacto ambiental generado proceso de transporte en la fabricación de mobiliario escolar.
Elaboración propia.

	Proceso: Energía Cantidad: 1kwh. Medida del impacto: mPT.	
	Proyecto: Ecoinvent system processes	
Impacto	Electricity, production mix At/At S Electricidad, producción mixta A / A S.	Electricity, consumer mix/CH S. Electricidad, consumo mixto A/AS.
Carcinogénesis	0.9	0.4
Resp.orgánicos	0.15	
Resp. inorgánicos:	5.3	3.8
Cambio climático	7.6	2.7
Radiación		0.05
Disminución capa de ozono		
Ecotoxicidad		
Acidificación/eutrofización	0.3	0.1
Uso de la tierra	0.4	0.07
Minerales	0.95	1

Tabla 96. Impacto ambiental generado proceso de energía en la fabricación de mobiliario escolar.

Teniendo claro conceptualizaciones importantes correspondientes a las categorías de impactos, y de los niveles de impacto de ciertos insumos y procesos que intervienen en la el ciclo de vida del mobiliario escolar, se prosiguió con la evaluación medioambiental del prototipo diseño, para lo cual se siguieron los pasos detallados en la metodología de diseño, los mismos que son:

E.2.1 Definición de los objetivos y alcance.

- **Objetivos**

- Determinar la unidad funcional del subsistema silla-mesa diseñada.
- Analizar los principales aspectos ambientales del subsistema diseñado.
- Determinar el impacto ambiental del ciclo de vida del subsistema silla-mesa diseñado.
- Realizar un análisis comparativo del ciclo de vida del subsistema silla-mesa diseñado con el existente.

- **Preparación del proyecto/detalle del producto**

- **Producto seleccionado:** Subsistema escolar silla y mesa para niños con discapacidad motriz.
- **Uso:** Está pensado para ser utilizado como parte del equipamiento educativo dentro del aula escolar, interactuando con el estudiante aproximadamente 6 horas diarias según la jornada escolar establecida en el Ecuador de 7:00 a 13:00 de lunes a viernes por 200 días laborables.

- **Características técnicas:**

Silla:

- Diseño ergonómico, fundamentado en datos antropométricos tomados a niños y niñas con discapacidad motriz
- Diseñadas para sentarse en ellas.
- La estructura que sostiene el tablero del asiento está constituida por cuatro patas regulables desde la altura poplíteica del usuario de menor tamaño corporal a la altura poplíteica del usuario de mayor tamaño corporal.
- Los tableros del espaldar y asiento están hechos de bambú y la estructura de aluminio reciclado. Además cuenta con regatones que cubren las terminales inferiores de las patas de la silla, las mismas están fabricadas de caucho reciclado.
- Presentan tornillos de aluminio para sujetar los tableros a la estructura y regular el sistema de las patas tanto de la silla como la mesa.

Mesa:

- Diseño ergonómico, fundamentado en datos antropométricos tomados a niños y niñas con discapacidad motriz
- Diseñada para trabajar con material didáctico sobre ella.
- La estructura que la sostiene presenta dos patas regulables, cada una con un pie que equilibra y da la estabilidad a la mesa.
- El tablero de la mesa está fabricado de bambú y la estructura es de aluminio reciclado.
- Presenta una canasta portalibros movable, pudiendo ser ubicada en los laterales de la mesa, dicha canasta está fabricada en bambú.

- **Familia a la que pertenece:**

PRODUCTO	FAMILIA
Silla	Muebles de madera y estructura de metal.
Mesa	Muebles de madera y estructura de metal.

- **Unidad Funcional**

La unidad funcional del subsistema silla-mesa está determinada en función a las horas de utilidad que brinda la misma en su entorno escolar, la misma que está calculada de la siguiente manera:

UNIDAD FUNCIONAL: horas de utilidad.

Observación: Se considera que el niño ocupa el subsistema escolar silla – mesa alrededor de 6 horas diarias (7:00 a 13:00) de lunes a viernes, en un ciclo escolar 200 días laborables según la jornada y el año lectivo ecuatoriano, considerando que el diseño de dicho subsistema está pensado para un vida útil de seis años, por lo tanto con los datos detallados y haciendo el respectivo cálculo matemático tenemos que la Unidad funcional corresponde a:

Ecuación (1) :

6 horas de uso (lunes a viernes) x200 días (días laborables año lectivo) x 6 años (vida útil del subsistema)= 7200 horas de vida útil.

UNIDAD FUNCIONAL: 7200 horas de vida útil.

- **Descripción de los factores motivantes**

a) Factores externos

- **Administrativos:**

La **Constitución Política de la República del Ecuador**, en el capítulo segundo “Derechos del buen vivir” en la sección segunda “Ambiente Sano” en los artículos

14, 15, así también en el Capítulo séptimo “Derechos de la Naturaleza” en los artículos 71 al 74 y en los artículos 395, 413 y 414, hace referencia sobre el cuidado y sostenibilidad del medio ambiente. Así también el Ecuador cuenta con la Ley de Prevención y Control de Contaminación Ambiental decretada en 1976, y con la Ley de Gestión Ambiental vigente desde 1999, donde señalan que la autoridad ambiental nacional es el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), que ejerce en forma eficaz y eficiente el rol rector de la gestión ambiental, el mismo que garantizará un ambiente sano y ecológicamente equilibrado para hacer del país una nación que conserva y usa sustentablemente su biodiversidad; manteniendo y mejora su calidad ambiental, promoviendo el desarrollo sustentable y la justicia social, reconociendo al agua, suelo y aire como recursos naturales estratégicos. Sus objetivos estratégicos son:

1. Conservar y utilizar sustentablemente la biodiversidad, respetando la multiculturalidad y los conocimientos ancestrales.
2. Prevenir la contaminación, mantener y recuperar la calidad ambiental.
3. Mantener y mejorar la cantidad y calidad del agua, manejando sustentablemente las cuencas hidrográficas.
4. Reducir el riesgo ambiental y la vulnerabilidad de los ecosistemas.
5. Integrar sectorial, administrativa y territorialmente la gestión ambiental nacional local. Administrar y manejar sustentablemente los recursos costeros.

Así también se encuentra en vigencia el Acuerdo Ministerial 225 de Certificación Ecuatoriana “Punto Verde”, el mismo establece que el Ministerio del Ambiente fomentará la competitividad del sector industrial y de servicios, comprometiéndolos con la protección y conservación del ambiente. Dicho incentivo puede ser obtenido por empresas de producción y servicios que cuente con la “Licencia Ambiental” correspondiente y demuestren uno o más casos de “Producción Limpia”. Si la empresa presentara cuatro casos simultáneamente o en un período de hasta 2 años, se le otorgará la máxima certificación como **“Empresa Eco-Eficiente”**

○ **Mercado: (industriales y finales)**

Poco a poco la demanda de productos ecológicos en el Ecuador y a nivel mundial ha aumentado, deseando de esta manera aportar a mitigar el impacto ambiental generado por el fin de vida de los productos, debido a la creciente demanda productiva de las ciudades, lo que ha generado que las proporciones de basura se multipliquen. Por tal motivo empresas como ECOALF y Club DEPORTIVO BARCA en Ecuador utilizan material reciclado para fabricar sus prendas según la publicación realizada por Diario HOY (2012). Así también en la misma publicación destaca que los materiales convencionales son reemplazados por los reciclados y biodegradables, teniendo una buena acogida en el mercado.

Así también cadenas de venta de productos a nivel nacional como Supermaxi, Fybeca, Super Paco, entre otras van haciendo espacio en sus perchas para productos ecológicos, y la gente los consume, pese a que pueden tener costos superiores a los de productos similares. (Diario HOY, 2013)

Según datos del INEC, se determinó que en el Ecuador el 24,5% de los hogares utilizan productos reciclados, siendo la región Costa los que más los consumen, con el 26,2% de los hogares. Guayas es la provincia con mayor uso de estos productos con un 34,1%, seguido de Azuay con el 28,6 y Pichincha con el 28,1%.

○ **Competidores**

La producción de productos ecológicos y en especial de muebles ecológicos va en aumento a nivel mundial, debido a que la fabricación de eco-muebles no se limita a unas pocas empresas familiares o artesanales, y que grandes diseñadores y las multinacionales incluyen en sus trabajos muebles reciclados o elaborados con productos ecológicos; por ejemplo la multinacional sueca Ikea introdujo varios modelos de madera reciclada al mercado, como el sofá de esquina “Järbo”, la mecedora “Ellan”, o los carritos de cocina “Bekvam” o “Forhoja”. La multinacional Umbra lanzó en Milán sus tachos de polímero autodegradable. La empresa Edra a su vez presentó su “Shushi chair”, un mueble elaborado con retazos de telas. Así

también diseñadores reconocidos a escala mundial como Tom Dixon, Daniel Michalik y Carlos Motta incluyen entre sus creaciones varias innovaciones ecológicas. Además de la madera, el cartón es otro material que ofrece muchas posibilidades de trabajo ecológico, por ejemplo la empresa británica Paperpod ofrece una línea original de juguetes y muebles infantiles y, para adultos, desde un iglú gigante hasta sillones para cenas. Por otro lado la reutilización y el reciclaje es otra manera de convertir a los muebles en productos ecológicos, la silla “Asturias de Motta” es un ejemplo de ello. (Diario el Comercio, 2014).

- **Entorno Social.**

Respecto al entorno social se destaca lo normado en la Constitución de la República del Ecuador del 2008, y los valores medioambientales establecidos por el Ministerio del Ambiente, los mismos que son: Diseñar políticas ambientales y coordinar estrategias para los proyectos y programas, para el cuidado de los ecosistemas y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Propone y define las normas para conseguir la calidad ambiental adecuada, con un desarrollo basado en la conservación y el uso apropiado de la biodiversidad y de los recursos con los que cuenta el Ecuador. De igual manera el Ministerio del Ambiente tiene como misión ejercer de forma eficaz y eficiente la rectoría de la gestión ambiental, garantizando una relación armónica entre los ejes económicos, social, y ambiental que asegure el manejo sostenible de los recursos naturales estratégicos.

A. Factores internos

- **Aumento de la calidad del producto.**

Se pretende reducir el impacto ambiental del producto, mediante la utilización de material sustentable y que iguale o mejore las prestaciones de determinado producto.

- **Mejora la imagen del producto y de la empresa.**

Como se estableció en los factores admirativos el Estado Ecuatoriano expidió el Acuerdo Ministerial de Certificación Ecuatoriana “Punto Verde”, la que acredita que la empresa es “Eco-Eficiente”, otorgándole un valor de imagen y desarrollo importante a la empresa.

- **Reducción de costes**

La reducción de costos se verá reflejado en la minimización del volumen de residuos, debido a que el subsistema silla-mesa está pensado para una duración aproximada de seis años, es decir acompañará al niño y niña durante toda su etapa escolar, como consecuencia se reducirá la intensidad del uso de las materias primas.

Además al ser la materia prima de producción nacional se ahorrará también en el consumo energético en la etapa del transporte. Así también con la reutilización y/o reciclabilidad de los materiales empleados, se fomenta la economía de servicios y se crea procesos productivos más eficientes.

- **Poder de innovación**

En lo referente a la innovación, con el diseño y fabricación del subsistema escolar silla-mesa se establece un precedente sobre la fabricación de equipamiento educativo fundamentada en criterios de Eco-diseño en el Ecuador.

- **Estudio de desmontabilidad del producto. Características del producto diseñado.**

En el proceso de desmontabilidad se detalla cada uno de los elementos que conforman el subsistema escolar silla mesa, con su respectivo peso y tipo de unión. Este proceso permitirá obtener datos relevantes que servirán en la etapa de análisis del impacto ambiental. El proceso de desmontabilidad se muestra en la Tabla 97.

• **Detalle de desmontabilidad del subsistema escolar silla-mesa diseñado.**

N°	Nombre de la pieza	N° piezas	Material	Peso (gr)	Tipo y N° de uniones	Pieza precedente	Conjunto SIMAPRO
1	Espaldar	1	Bambú	355,758	Va unido a la estructura de la concavidad lumbar por medio de 8 remaches	2	Tableros silla
2	Estructura concavidad lumbar	2	Aluminio reciclado	34 x 2 piezas = 68	Se une a la estructura del asiento por puntos de suelda	1	Estructura silla
3	Asiento	1	Bambú	272,93	Va unido a la estructura lateral y transversal del asiento de la silla por medio de 8 remaches	5	Tableros silla
4	Soportes laterales asiento de la silla	2	Aluminio reciclado	30,1 x 2 piezas = 60,20	Van unidos a los soportes transversales del asiento de la silla por medio de puntos de suelda	3	Estructura silla
5	Soportes transversales del asiento de la silla	2	Aluminio reciclado	31,47 x 2 piezas = 63,20	Van unidos a los soportes laterales del asiento de la silla por medio de puntos de suelda Y al tablero del asiento por medio de 8 remaches	3,4	Estructura silla
6	Patas de la estructura silla	4	Aluminio reciclado	31,47 x 4 piezas = 125,88	Van unidas a los soportes transversales de que sostienen el tablero del asiento por puntos de suelda.	5	Estructura de la silla
7	Patas regulables	4	Aluminio reciclado	32.52 x 2 piezas = 130,08	Va unida a las patas de la estructura de la silla por medio de tornillo de aluminio de alta resistencia.	6	Estructura silla
8	Apoya brazo	2	Bambú	214,07 x 2 piezas = 428,14	Unida a la estructura de la concavidad lumbar por medio de tornillos de aluminio de gran resistencia	2	Apoya brazo.

9	Regatones patas de la silla	4	Caucho reciclado	0,3 x 4 =1,8	Van encajadas a las patas regulables de la silla.	7	Regatones
10	Tablero mesa	1	Bambú	775,5	Va unida a la estructura de las patas de la mesa por medio de remaches		Tableros mesa
11	Soporte transversal de la estructura de la mesa.	2	Aluminio reciclado	280 x 2 piezas=560	Van unidas al soporte lateral central que sostiene el tablero de la mesa por medio de puntos de suelda y al tablero de la mesa por medio de 8 remaches; y al soporte de regulación de las patas de la mesa por medio de puntos de suelda.	10,12,13	Estructura mesa
12	Soporte de regulación de las patas de la mesa	2	Aluminio reciclado	120,55 x 2 piezas =240	Van unidas a los soportes transversales de la estructura de la mesa que sostiene el tablero de la misma por medio de puntos de suelda	11	Estructura mesa
13	Soporte lateral central que sostiene al tablero de la mesa.	1	Aluminio reciclado	142,1	Va unida a los soportes transversales de la estructura de la mesa por medio de puntos de suelda y al tablero de la mesa por medio de 8 remaches de aluminio de alta resistencia.	10,11	Estructura mesa
14	Patas regulables de la mesa	2	Aluminio reciclado	265,19 x 2 piezas =5316,38	Van unidas a los soportes de regulación de las patas de la mesa por medio de tonillos de aluminio de lata resistencia.	12	Estructura mesa.
15	Tablero delantero canasta portolibros	1	Bambú reciclado	151,20	Va unido los laterales y a la base de la canasta portolibros.	17,18	Canasta portolibros
16	Tablero posterior de la canasta portolibros	1	Bambú reciclado	176,41	Va unido los laterales y a la base de la canasta	17,18	Canasta

					portalibros.		portalibros
17	Laterales de la canasta portalibros	2	Bambú reciclado	73,606 x 2 piezas =147,212	Va unido al tablero delantero, posterior y a la base de la canasta portalibros	15,16,18	Canasta portalibros
18	Base canasta portalibros	1	Bambú reciclado	12,13	Va unido al tablero delantero, posterior y laterales de la canasta portalibros	15,16,17	Canasta portalibros
19	Sistema de sujeción canasta portalibros	1	Bambú	13,02	Va unido al tablero posterior portalibros de la canasta portalibros por medio de 3 remaches de aluminio		Canasta portalibros
20	Regatones patas de la mesa	2	Caucho reciclado	2	Va encajada a las patas regulables de la mesa	14	Regatones
21	Remaches	32	Aluminio	0,5 x 27 =13,5	Sujetan los tableros de bambú a sus respectivas estructuras	1,2,3,5,10,11,16,19	Componentes auxiliares
22	Tornillos de aluminio de alta resistencia	8	Aluminio	0,75 x 27 =6	Sujetan la regulación de las patas de la silla (4 tornillos) y mesa (dos tornillos), además sujetan los apoyabrazos a la estructura de la concavidad lumbar (dos tornillos)	6,7,8,11,12,14	Componentes auxiliares.

Tabla 97. Desmontabilidad del subsistema escolar silla – mesa diseñado para niños y niñas con discapacidad motriz. Elaboración propia.

PESO TOTAL DEL SUBSISTEMA DISEÑADO: 9063,662gr.

E.2.2 Inventario del ciclo de vida.

En el inventario del ciclo de vida, se va a detallar las entradas y salidas del sistema necesarias y producidas durante la vida útil del subsistema escolar, dicha entradas y salidas están presentadas en el diagrama de flujo (Figura 52) y en la Matriz del MET (Tabla 98), planteadas en la metodología de diseño.

- **Diagrama de flujo de entradas, procesos y salidas del subsistema diseñado.**

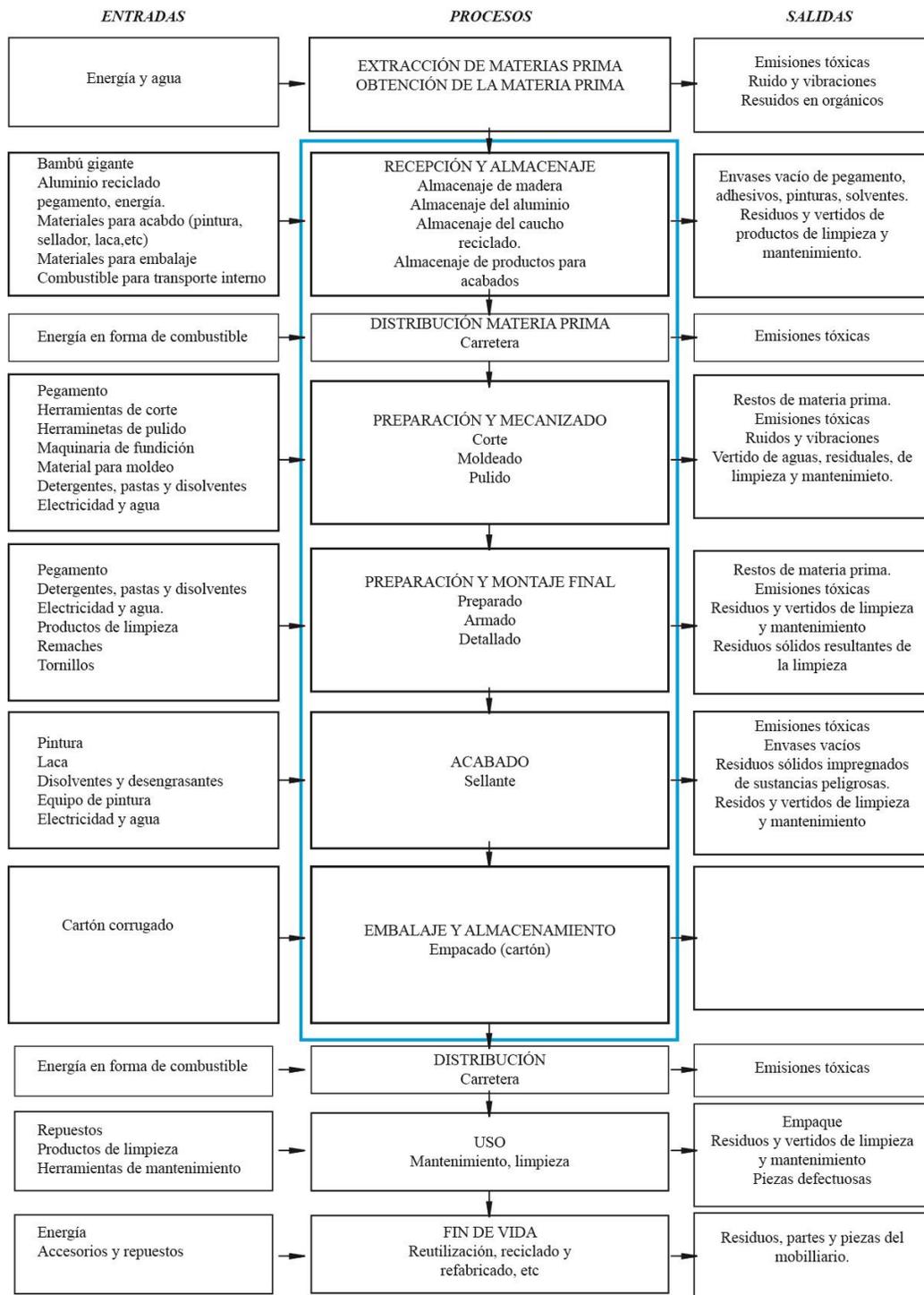


Figura 52. Diagrama de flujo de las entradas, procesos y salidas, necesarios del subsistema diseñado.
Elaboración propia.

- **Matriz MET**

Etapas del Ciclo de Vida	M	E	T
Fabricación de materias primas	<p>Bambú: 2335,12gr. (2,335kg).</p> <p>Consumo energético: 288,40kwh/m³</p> <p>Aluminio reciclado: 6705,84gr. (6,705 kg).</p> <p>Caucho reciclado: 4gr (0,003kg).</p> <p>Consumo energético: 0.35khw/kg.</p>	<p>Transformación del bambú, consumo energético: 288,40 kwh/m³.</p> <p>Transformación del aluminio reciclado, consumo energético: 0,5kwh/kg.</p> <p>Transformación del caucho reciclado, consumo energético: 0,35kwh/kg.</p>	<p>Pérdida de material</p> <p>Residuos tóxicos</p> <p>Emisiones tóxicas</p>
Transporte ⁵⁷	<p>Se va a considerar para esta investigación las empresas ubicadas en la Provincia de Pichincha con lo que optimizará recursos de transporte, ya todo va a ser transportado en un solo camión a la empresa fabricante.⁵⁸</p> <p>Recorrido: <u>Muebles Viteri:</u></p>	Energía en forma de combustible	Emisiones tóxicas

⁵⁷ Los datos de kilometraje presentados fueron realizados utilizando la herramienta Google Earth.

⁵⁸ Cabe destacar que las empresas consideradas cumplen con los requisitos requeridos para el diseño del subsistema, sin embargo han sido tomadas en cuenta para esta investigación a modo de ejemplo, dejando abierta la posibilidad de incluir otras empresas que cumplan los requisitos determinados en la presente investigación para la fabricación del mobiliario.

	<p>Industria que se dedica a la fabricación de muebles escolares y de oficina (Dirección: Calle Evangelista Calero y Juan Bernardo de León Riobamba -Ecuador) a <u>Fábrica de Aluminio CEDAL</u> (Dirección: Av. De la Prensa N 51-270 y Florida Quito-Ecuador)</p> <p>Recorrido: 270km, de ahí a la <u>Empresa de Reciclaje de Caucho RECIPLAY</u> (Dirección: Conocoto 595 Quito – Ecuador.)Recorrido: 26,25km, de ahí a la <u>Empresa Big Bambú</u> (Cantón Pedro Vicente a 100km al noroeste de (Quito-Ecuador.)</p> <p>Recorrido: 11,1km, de ahí finalmente a la <u>Fábrica de Muebles Viteri</u> Riobamba-Ecuador.</p> <p>Recorrido: 187km.</p> <p><u>Total: 494 km</u></p>		
<p>Montaje y Fabricación</p>	<p>Tornillos de aluminio: 6gr (0,006kg)</p> <p>Remaches de aluminio:</p>	<p>Energía necesaria para la preparación, armado y detalles del producto</p>	<p>Emisiones tóxicas, Restos de materia prima.</p>

	<p>13,5gr. (0013kg.)</p> <p>Cartón para embalaje: 1814,4 gr. (1,81kg.).</p> <p>Pegamento: 0,35gr. (0,00035kg)</p> <p>Laca:0,5gr (0,0005kg)</p> <p>Productos de limpieza y mantenimiento</p>	<p>fabricado.</p> <p>Consumo energético: 47,52kw.⁵⁹</p>	<p>Residuos y vertidos de limpieza y mantenimiento</p> <p>Residuos sólidos resultantes de la limpieza.</p>
<p>Transporte (Distribución):</p>	<p>Se llevará el producto terminado desde la <u>Fábrica de Muebles Viteri</u> a <u>Instituto Despertar de los Ángeles</u> de la Ciudad de Riobamba(Dirección: Av. Lizarzaburu y Calle Agustí Torres Riobamba - Ecuador)⁶⁰</p> <p>Total: 5,3km.</p>	<p>Energía en forma de combustible.</p>	<p>Emisiones tóxicas</p>
<p>Uso y servicio</p>	<p>Dependerá de las partes y piezas de ser el caso de deba reemplazar en la etapa de uso.</p>		
<p>Fin de vida</p>		<p>Energía utilizada para la gestión final del producto.</p>	<p>Emisiones tóxicas.</p>

Tabla 98. Matriz MET. Del subsistema escolar diseñado para niños y niñas con discapacidad motriz. Elaboración propia.

⁵⁹ Dato obtenido del proceso de montaje y fabricación del producto en planta.

⁶⁰ Se considera la Instituto Despertar de los Ángeles como el Centro Educativo de distribución del producto a modo de ejemplo.

E.2.3 Evaluación de los impactos

A continuación en las figuras 53 y 54 se muestra el impacto ambiental generado por el subsistema silla diseñada, calculada utilizando la herramienta software SIMAPRO 7.3

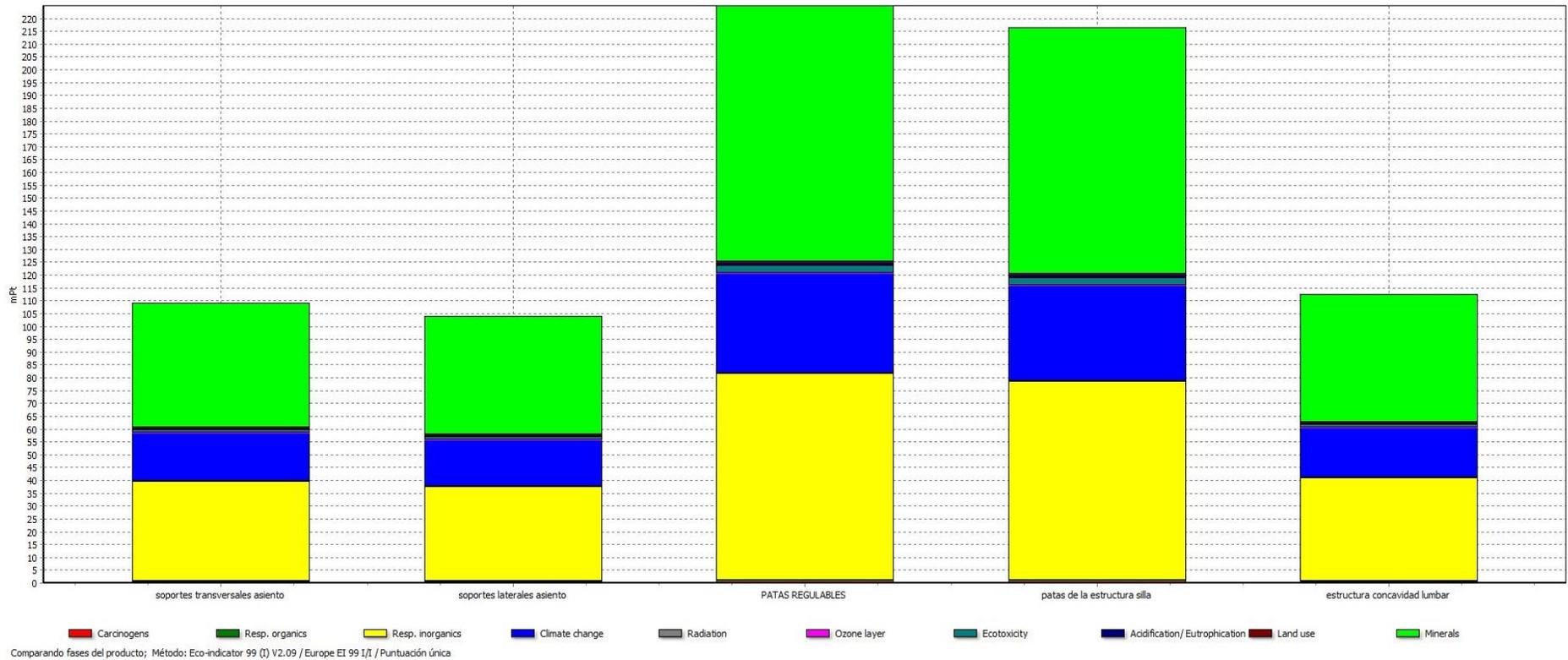


Figura 53. Impacto ambiental generado por la estructura de aluminio de reciclado del subsistema diseñado silla. Elaboración propia.

Análisis figura 53: El mayor impacto ambiental generado por el aluminio reciclado de la estructura de la silla es en la categoría de minerales.

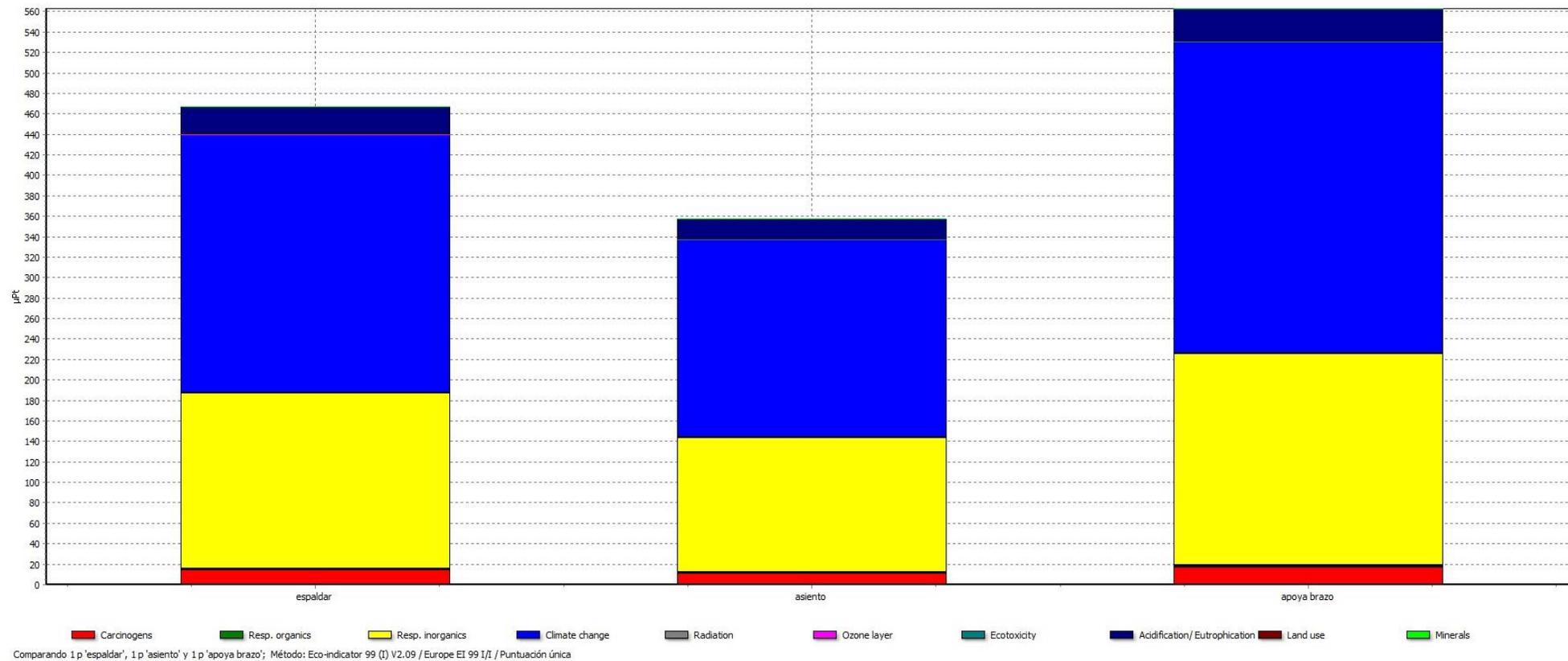


Figura 54. Impacto ambiental generado por los tableros de madera de bambú del subsistema silla diseñado. Elaboración propia.

Análisis figura 54. Se puede determinar que el mayor impacto ambiental generado por los tableros de bambú de la silla está en la categoría de resp. inorgánicos, presentándose en mayor cantidad en las estructuras de las patas de la silla y en el apoyabrazos de madera.

El impacto ambiental generado por el subsistema mesa diseñado se muestra a continuación (Figura 55 y 56)

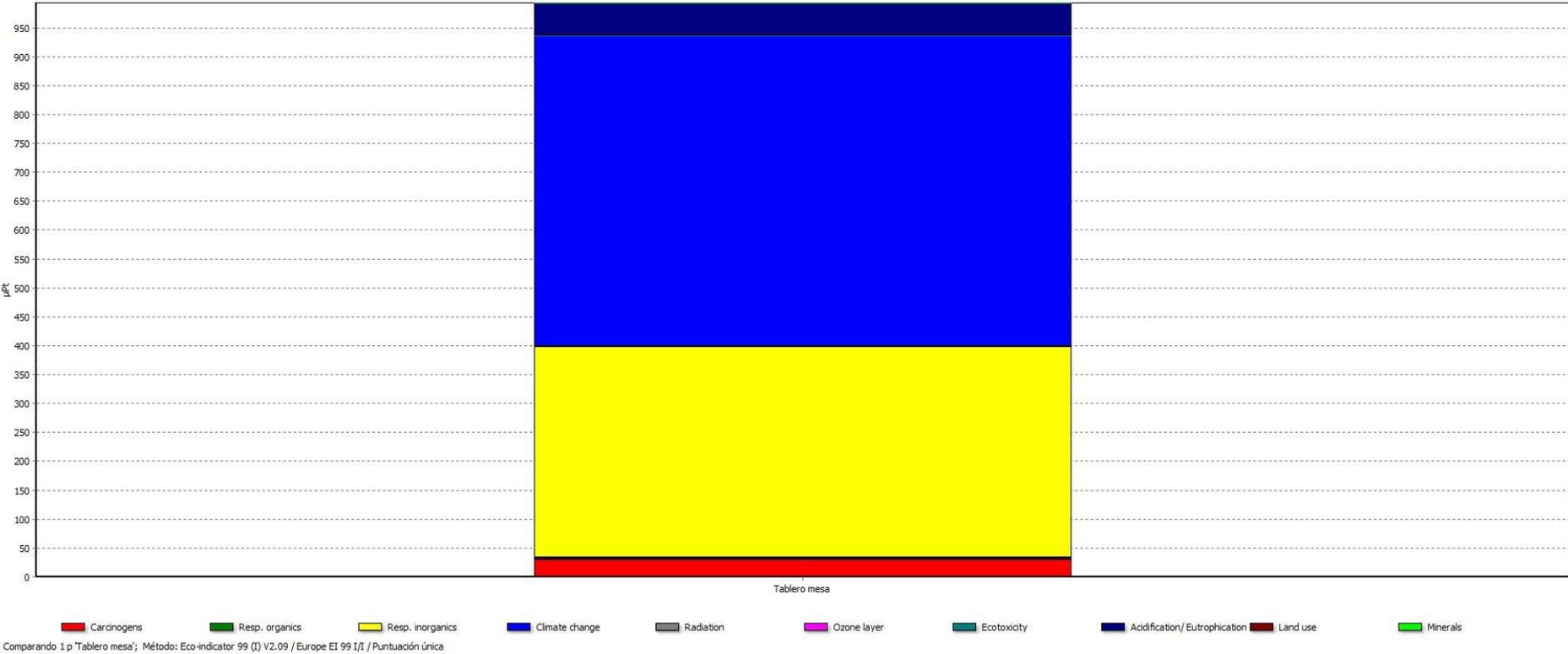


Figura 55. Impacto ambiental generado por el tablero de bambú del subsistema diseñado mesa. Elaboración propia.

Análisis figura 55: El mayor impacto generado por el tablero de bambú es en la categoría de cambio climático seguido por los resp. inorgánicos.

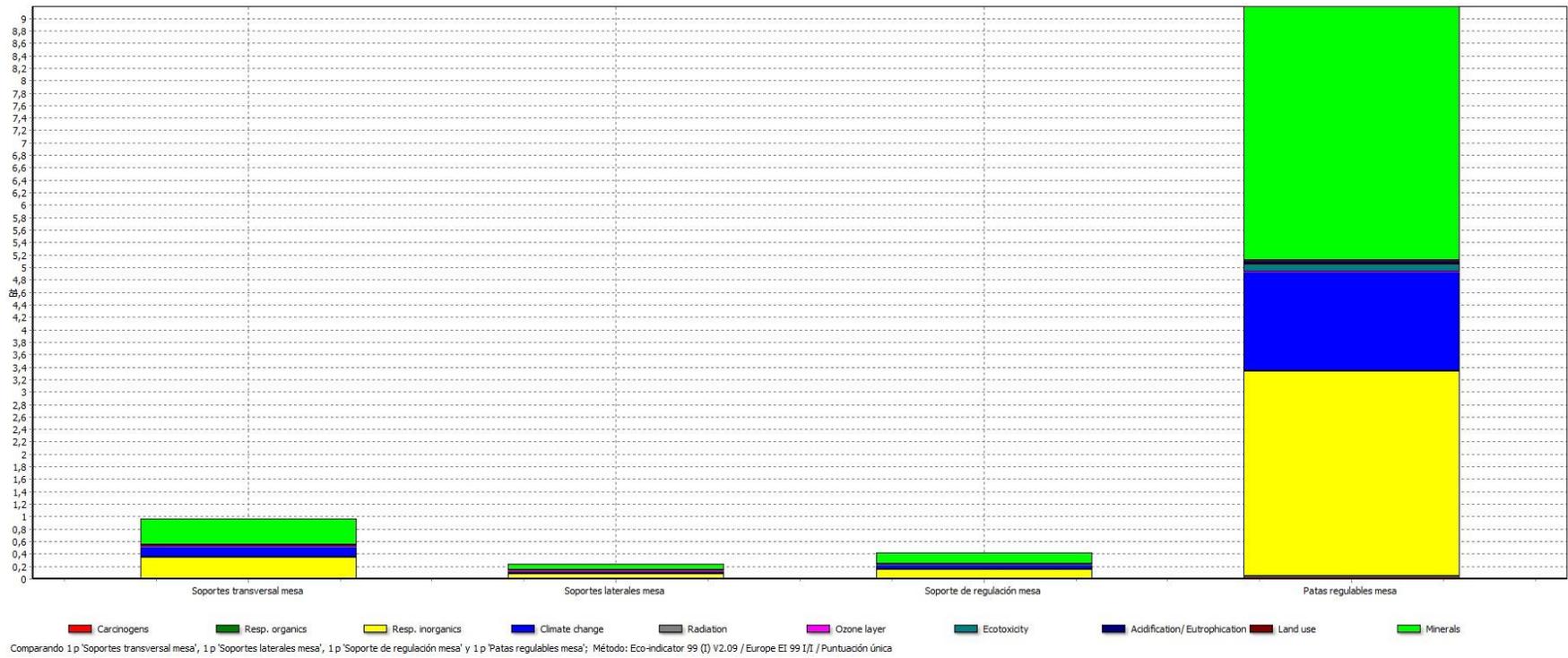


Figura 56. Impacto ambiental generado por la estructura de aluminio reciclado en el subsistema escolar mesa.

Análisis figura 56: Se puede determinar que el mayor impacto ambiental está generado en las patas regulables de la mesa en la categoría de resp. inorgánicos.

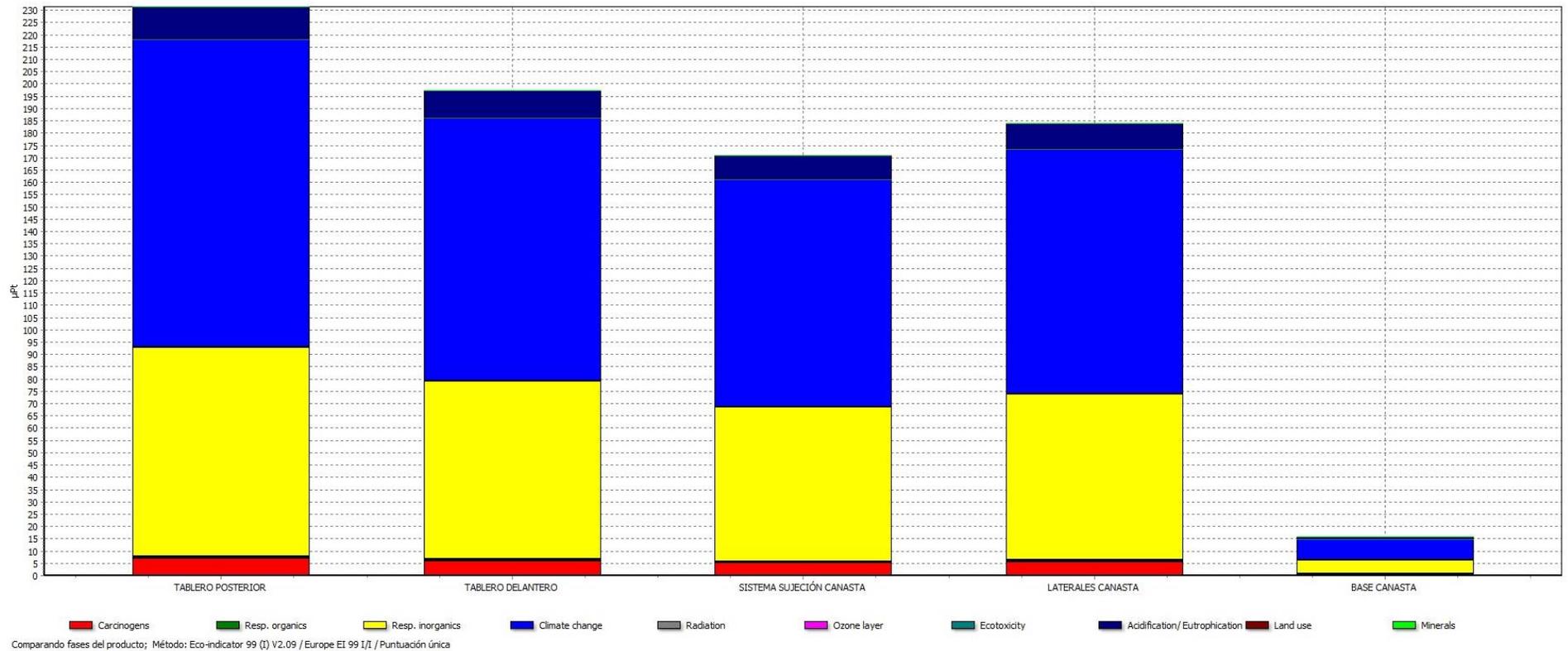


Figura 57. Impacto ambiental generado por canasta portalibros diseñada para ser ubicada en los laterales del subsistema mesa. Elaboración propia.

Análisis figura 57: En lo referente a la canasta portalibros se puede determinar que el mayor impacto ambiental está presente en la categoría de cambio climático y resp. inorgánicos, manteniendo una relación considerable entre casi todos los componentes de la mencionada caja, a excepción de la base de la misma, debido a que su impacto ambiental presenta una reducción considerable en relación a los demás componentes, debido a la poca cantidad de material utilizado para dicho componente.

En lo que respecta al impacto ambiental generado por los componentes auxiliares (Figura 58) empleados en el subsistema se tiene:

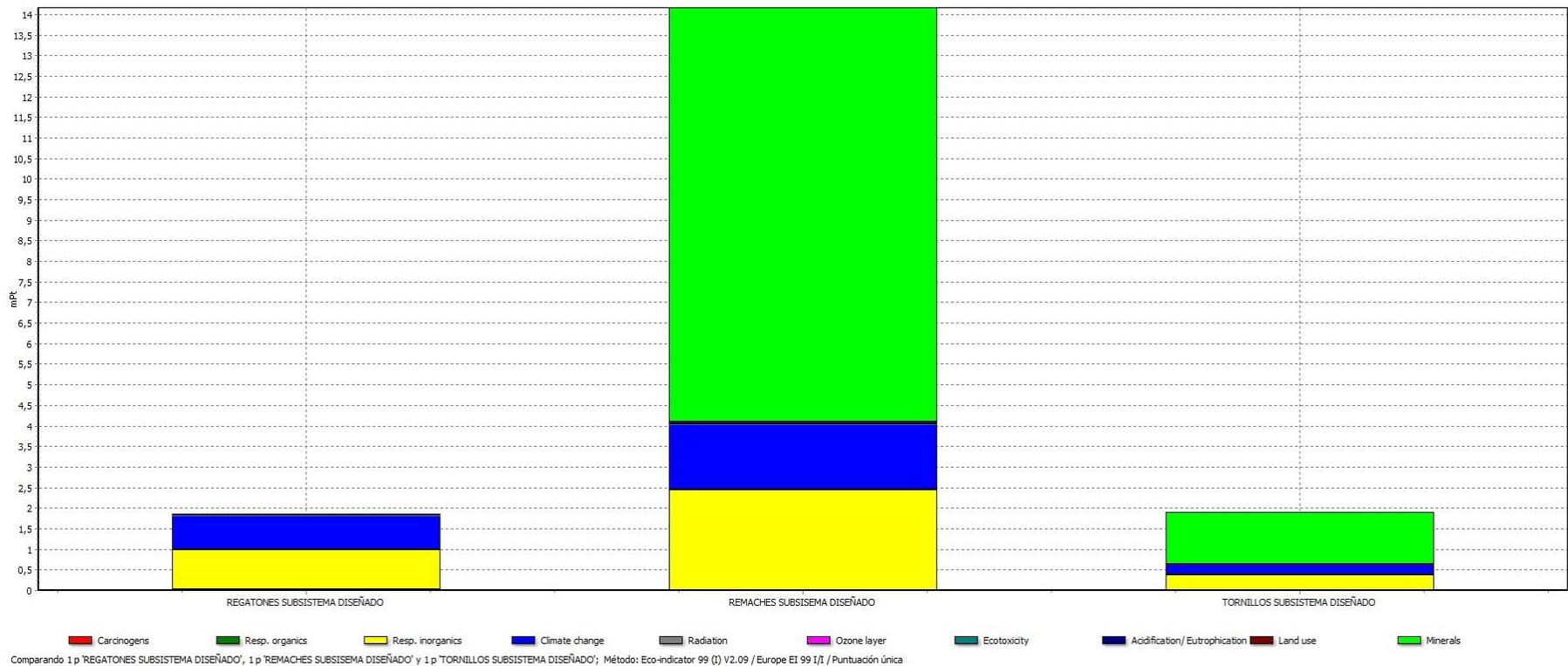


Figura 58. Impacto ambiental generado los componentes auxiliares del subsistema escolar silla-mesa diseñado. Elaboración propia.

Análisis figura 58. El impacto ambiental generado por los componentes auxiliares del subsistema, se presenta en mayor nivel en la categoría de impacto minerales, en especial en los remaches empleados para sujetar los tableros a las estructuras, esto se da debido a que se empleó 32 remaches en la fabricación del subsistema escolar.

En la Figura 59 se presenta el impacto ambiental generado por los procesos utilizados en el ciclo de vida del producto diseñado, los mismo que son: Transporte, para lo cual se consideró el camión, >16t, promedio de flota/RER S, debido a que pretende transportar la materia prima a la fábrica en grandes cantidades, y de igual manera la distribución del subsistema terminado a los centros educativos que lo requieran. En lo que respecta a la energía utilizada se tomó como referencia la Electricidad, producción mixta A / A S, debido a que se está trabajando con tres materias primas, las mismas que fueron tratadas previamente antes de llegar a ser ensambladas en el subsistema escolar silla-mesa.

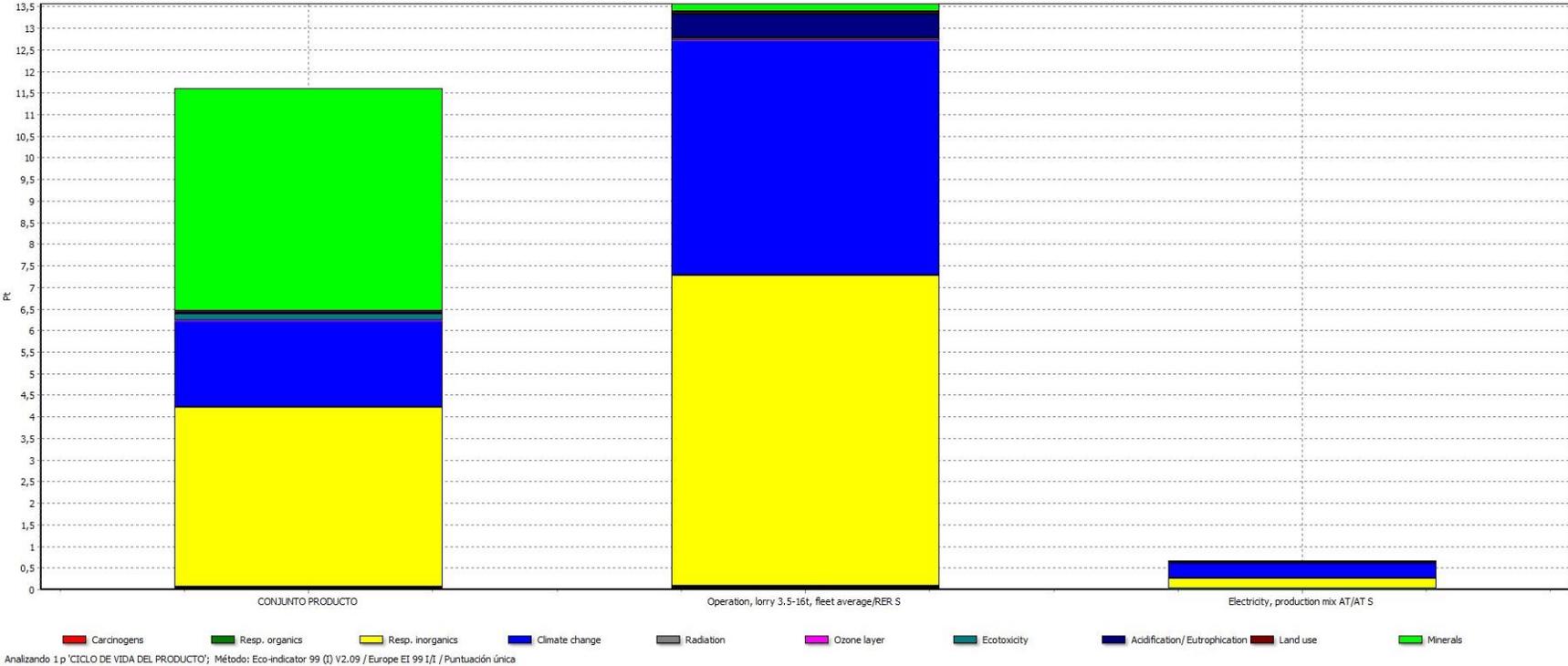


Figura 59. .Evaluación de impacto ambiental del subsistema silla-mesa diseñado (Conjunto producto) en los procesos de transporte y electricidad. Elaboración propia

Análisis figura 57 : Se puede determinar que el proceso que mayor impacto ambiental generado es el camión, >16t, promedio de flota/RER S, debido a la cantidad de kilómetros que recorre, tanto al transportar la materia prima a la fábrica, como en la distribución del producto final, la principal categoría de impacto es la de resp. inorgánicos, seguido por el cambio climáticos. En lo que respecta al impacto del proceso de Electricidad, producción mixta A / A S, el mayor impacto está presente en el cambio climático con 0,5pt., el mismo que en relación al transporte es muy corto. En conclusión el mayor impacto ambiental está generado por el proceso del transporte.

A continuación se presenta las categorías de impacto en puntos (Tabla 99), con lo que se puede determinar que el mayor impacto ambiental ocasionado en términos generales en la fabricación y distribución de la silla está dado por los resp. inorgánicos, seguido por el cambio climático y los minerales, obteniendo un total de impacto generado de 25,83570315pt.

Proyecto	Subsistema escolar silla-mesa diseñada	
Categoría de impacto	Unidad	CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO
Total	Pt	25,83570315
Carcinogens	Pt	0,112678027
Resp. organics	Pt	0,047945405
Resp. inorganics	Pt	11,59444588
Climate change	Pt	7,796556264
Radiation	Pt	0,000460801
Ozone layer	Pt	0,003577961
Ecotoxicity	Pt	0,224827546
Acidification/ Eutrophication	Pt	0,5983239
Land use	Pt	0,081688881
Minerals	Pt	5,375198478

Tabla 99. Impacto ambiental por categoría de impacto generado por el subsistema diseñado. Elaboración propia.

E.2.3.1 Análisis comparativo entre el subsistema escolar diseñado y el subsistema silla-mesa ofertado actualmente en el mercado.

El análisis comparativo entre el subsistema silla- mesa diseñado (Figura 60) en la presente investigación y el ofertado actualmente en el mercado (Figura 61), otorgará resultados que permitirán determinar cuál de los dos productos genera menor impacto ambiental y resulta más sustentable ambientalmente. Para ello se obtendrán datos relevantes del subsistema actual que permitirán realizar posteriormente dicha comparación.



Figura 60. Subsistema escolar silla-mesa diseñado para niños y niñas con discapacidad motriz.



Figura 59. Subsistema escolar silla-mesa ofertado actualmente en el mercado.

- **Producto seleccionado:** Subsistema escolar silla y mesa escolar ofertada y utilizada actualmente en el mercado ecuatoriano, sustentado su diseño en la Norma NTE INEN 2583:2011. Muebles Escolares. Pupitre con silla para alumnos. Requisitos e inspección de Ecuador.
- **Uso:** Está pensado para ser utilizado como parte del equipamiento educativo dentro del aula escolar, interactuando con el estudiante aproximadamente 6 horas diarias de lunes a viernes de 7:00 a 13:00, en una jornada regular establecida por el Gobierno Ecuatoriano de 200 días laborables.
- **Características técnicas:**

Silla:

- Diseño estándar para todos los niños del aula escolar.
- Diseñadas para sentarse en ellas.
- La estructura que sostiene el tablero de mesa está constituida por cuatro de acero al carbono.
- Cambia su tamaño según el grado de escolarización del niño.

- Los tableros del espaldar y asiento están hechos de madera contrachapada, la estructura está fabricada en acero al carbono y cuenta con regatones que cubren las terminales inferiores de las patas de la silla, las mismas están fabricadas de caucho.

Mesa:

- Diseño estándar para todos los niños del aula escolar.
- Diseñada para trabajar con material didáctico sobre ella.
- La estructura que la sostiene presenta cuatro patas, fabricadas en acero al carbono
- El tablero de la mesa está fabricado en madera contrachapada y la estructura acero al carbono, además cuenta con regatones que cubren las terminales inferiores de las patas de la silla, las mismas están fabricadas de caucho.
- Presenta una bandeja portalibros, fabricada de madera contrachapada.
- La altura de la mesa varía según el grado de escolarización del niño/as.
- **Familia a la que pertenece:**

PRODUCTO

FAMILIA

Silla

Muebles de madera y estructura de metal.

Mesa

Muebles de madera y estructura de metal.

- **Unidad Funcional**

La unidad funcional del subsistema silla-mesa está determinada por las horas de utilidad que brinda la misma en su entorno escolar, para lo cual se consideró que el niño y niña ocupa el subsistema silla – mesa alrededor de 6 horas diarias (7:00 a 13:00) lunes a viernes, en el ciclo escolar de agosto a julio según la jornada y el año lectivo ecuatoriano de 200 días laborables, estableciendo que el diseño de dicho subsistema está pensado para un vida útil de tres años (datos proporcionados por el personal

docente de los centros de educación investigados). Con lo que se obtuvo que la unidad funcional del subsistema silla-mesa actual es:

Eq. (2)

6 horas de uso (lunes a viernes) x 200 días (días laborables año lectivo) x 3 años (vida útil del subsistema) = 3600 horas de vida útil.

UNIDAD FUNCIONAL: 3600 horas de vida útil.

• **Estudio de desmontabilidad del producto. Características del producto diseñado.**

Al realizar el proceso de desmontabilidad del subsistema escolar ofertado actualmente en el mercado, se obtendrán datos relevantes sobre el tipo de material, peso y tipo de unión utilizado en su fabricación. Dichos datos, servirán para realizar un análisis comparativo con el subsistema escolar diseñado en la presente investigación, así también permitirán determinar cuál de los dos productos genera menor impacto ambiental. El proceso de desmontabilidad del subsistema actual se muestra en la Tabla 100.

N°	Nombre de la pieza	N° piezas	Material	Peso (gr)	Tipo y N° de uniones	Pieza precedente	Conjunto SIMAPRO
1	Respaldo silla	1	Madera contrachapada	405,11	Esta unido a la estructura de acero al carbono por medio de 4 remaches	3	Tableros madera-silla
2	Asiento	1	Madera contrachapada	605,05	Va unida a la estructura de acero al carbono por medio de 4 remaches	4	Tableros madera-silla
3	Estructura patas delanteras y espaldar	2	Acero al carbono	325,36 x 2 piezas= 650,72	Van unidas a la estructura del asiento por medio de puntos de suelda y al espaldar y asiento por medio de remaches.	1,4	Estructura silla
4	Estructura asiento y patas traseras (forman un solo cuerpo)	1	Acero al carbono	755,18	Va unido a la estructura de espaldar y patas laterales por medio de puntos de suelda y al tablero del asiento por medio de remaches.	2,3,5	Estructura silla
5	Tubo de unión de estructuras	2	Acero al carbono	135,22x 12 piezas= 270,44	Un tubo une la estructura del asiento para completar la forma cuadrangular que tiene el mismo y el otro tubo une la estructura de las patas traseras de la silla		Estructura silla
6	Remaches	8	Acero galvanizado	0,6 x 12 piezas= 7,2	Une la estructura a los tableros de la silla, mesa y bandeja portalibros.	1,2,3,4	Componentes auxiliares
7	Regatones patas de silla	4	Caucho	0,5 x 4 piezas= 2	Van encajados en las terminales inferiores de las patas de silla.	3,4	Regatones
8	Tablero de la mesa	1	Madera contrachapada	3050,05	Va unida a la estructura de la mesa por medio de remaches	10,11	Tableros de madera-mesa
9	Bandeja portalibros	1	Madera contrachapada	2050,52	Va unida a la estructura de la mesa por medio de remaches	10,11	Bandeja portalibros
10	Estructura de las 4 patas de la mesa	2	Acero al carbono	700,3 x 2 piezas= 1400,6	Se ponen por medio de tubos de unión por medio de	8,9,11	Estructura mesa.

					puntos de suelda.		
11	Tubos de unión estructuras	3	Acero al carbono	215,16 x 3 piezas= 645,48	Van unidas a las estructuras de las patas de la mesa por medio de puntos de suelda	8,9,10	Estructura de la mesa
12	Regatones patas mesa	4	Caucho	0,5 x 4 piezas= 2	Van encajados en las terminales inferiores de las patas de la mesa	10	Regatones

Tabla 100. Desmontabilidad del subsistema escolar silla – mesa ofertado actualmente para niños y niñas con discapacidad motriz. Elaboración propia.

PESO TOTAL DEL SUBSISTEMA ACTUAL: 9843,81gr.

- **Inventario del ciclo de vida del subsistema ofertado actualmente en el mercado**

En este punto se va a detallar las entradas y salidas del sistema, necesarias y producidas durante la vida útil del subsistema escolar, presentadas en el diagrama de flujo (Figura 62) y en la Matriz MET(Tabla 101), planteadas en la metodología de diseño.

• **Diagrama de flujo de entradas, procesos y salidas del subsistema ofertado actualmente en el mercado.**

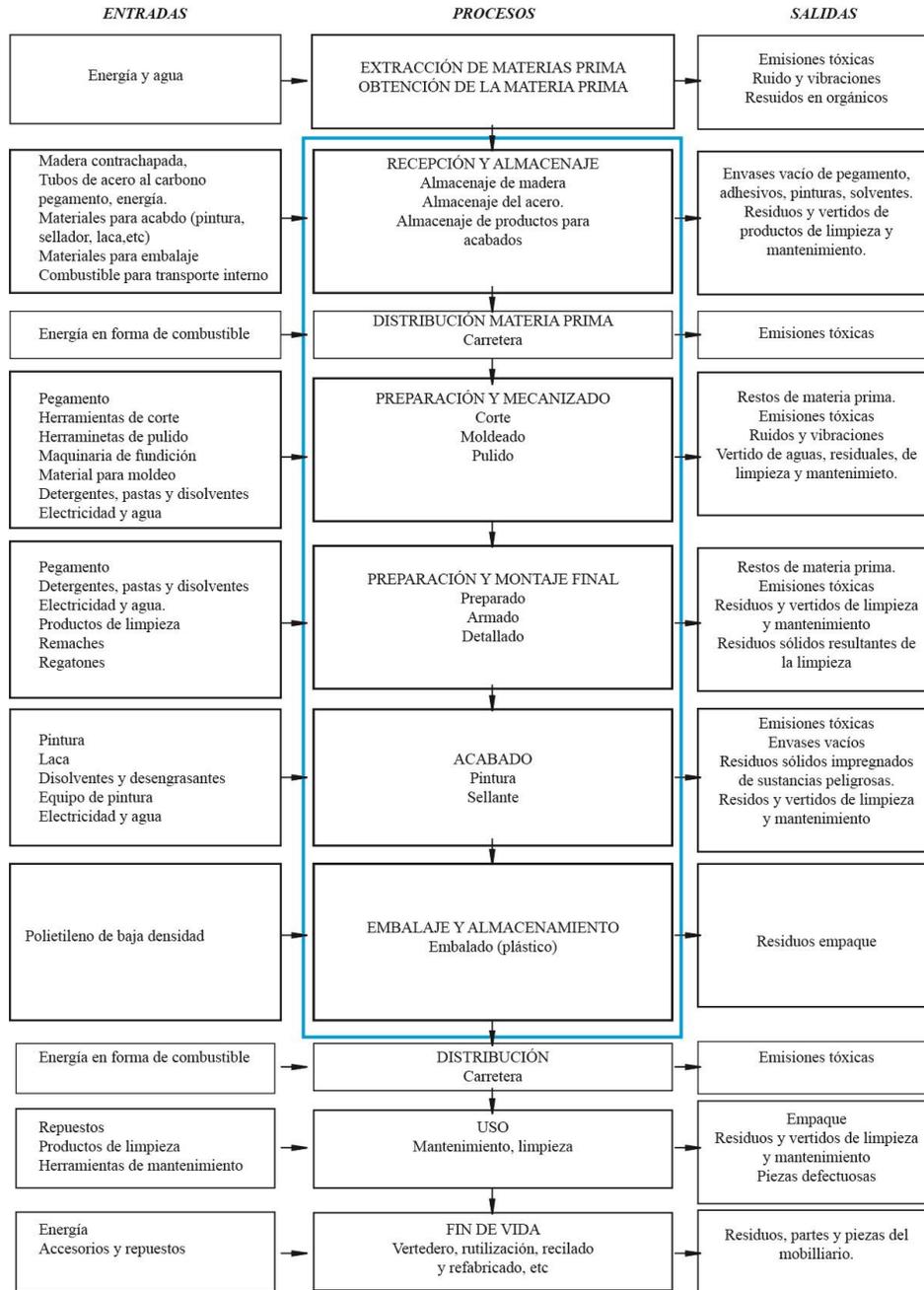


Figura 62 Diagrama de flujo de las entradas, procesos y salidas, necesarios del subsistema ofertado actualmente en el mercado. Elaboración propia.

• Matriz MET

Etapas del Ciclo de Vida	M	E	T
Fabricación de la materia prima	<p>Madera contrachapada: 6110,73 gr. (6,11kg.)</p> <p>Acero al carbono: 3722,42gr. (3,72kg).</p>	<p>Transformación de la madera, consumo energético: 280kwh/m³</p> <p>Transformación del acero, consumo energético: 0,8kwh/kg.</p>	<p>Pérdida de material</p> <p>Residuos tóxicos</p> <p>Emisiones tóxicas</p>
Transporte.	<p>Se van a considerar empresas que se puedan conseguir en el mismo recorrido, para equiparar la situación de transporte calculado para el subsistema diseñado.</p> <p>De la <u>Fábrica de Muebles Viteri</u> a la <u>Fábrica de Madera Contrachapada CONDESA</u>: (Dirección: Vía Atacames km 1 ½ Esmeraldas).</p> <p>Recorrido: 493km, de ahí a la <u>Empresa de Acería ADELCA</u>: (Dirección: Km 1 1/2</p>	Energía en forma de combustible.	Emisiones tóxicas

	<p>vía Santo Domingo)</p> <p>Recorrido: 333km, de ahí a <u>Fábrica de Muebles Viteri</u></p> <p>Riobamba-Ecuador.</p> <p>(Dirección: Calle Evangelista Calero y Juan Bernardo de León Riobamba -Ecuador).</p> <p>Recorrido: 493km.</p> <p>Total: 1319km</p>		
Montaje y Fabricación	<p>Remaches: 7,2gr. (0,072kg.)</p> <p>Caucho: 4gr. (0,004kg.)</p> <p>Plástico de embalaje: Polietileno de baja densidad: 4gr (0,004kg)</p> <p>Pintura: 1gr (0,001kg)</p> <p>Laca: 1gr. (0,001kg)</p> <p>Productos de limpieza y mantenimiento</p>	<p>Energía necesaria para la preparación, armado y detalles del producto fabricado.</p> <p>Consumo energético: 59,40 kw.⁶¹</p>	<p>Emisiones tóxicas, Restos de materia prima.</p> <p>Residuos y vertidos de limpieza y mantenimiento</p> <p>Residuos sólidos resultantes de la limpieza.</p>
Transporte (Distribución):	<p>Se llevará el producto terminado desde la <u>Fábrica de Muebles Viteri</u> a <u>Instituto Despertar de los</u></p>	<p>Energía en forma de combustible.</p>	<p>Emisiones tóxicas</p>

⁶¹ Dato obtenido del proceso de montaje y fabricación del producto en la planta.

	<u>Ángeles de la Ciudad</u> de Riobamba (Dirección: Av. Lizarzaburu y Calle Agustí Torres Riobamba - Ecuador) ⁶² . Total: 5,3km.		
Uso y servicio	Dependerá de las partes y piezas de ser el caso de deba reemplazar en la etapa de uso.		Residuos de embalaje.
Fin de vida		Energía utilizada para la gestión final del producto.	Emisiones tóxicas. Residuos de embalaje.

Tabla 101. Matriz MET del subsistema ofertado actualmente en el mercado. Elaboración propia.

3. Evaluación de los impactos

A continuación se muestra el impacto ambiental generado por el subsistema escolar silla-mesa ofertado actualmente en el mercado.

⁶² Se considera la Instituto Despertar de los Ángeles como el Centro Educativo de distribución del producto a modo de ejemplo.

En la Figura 63, se muestra el impacto generado por el subsistema escolar silla.

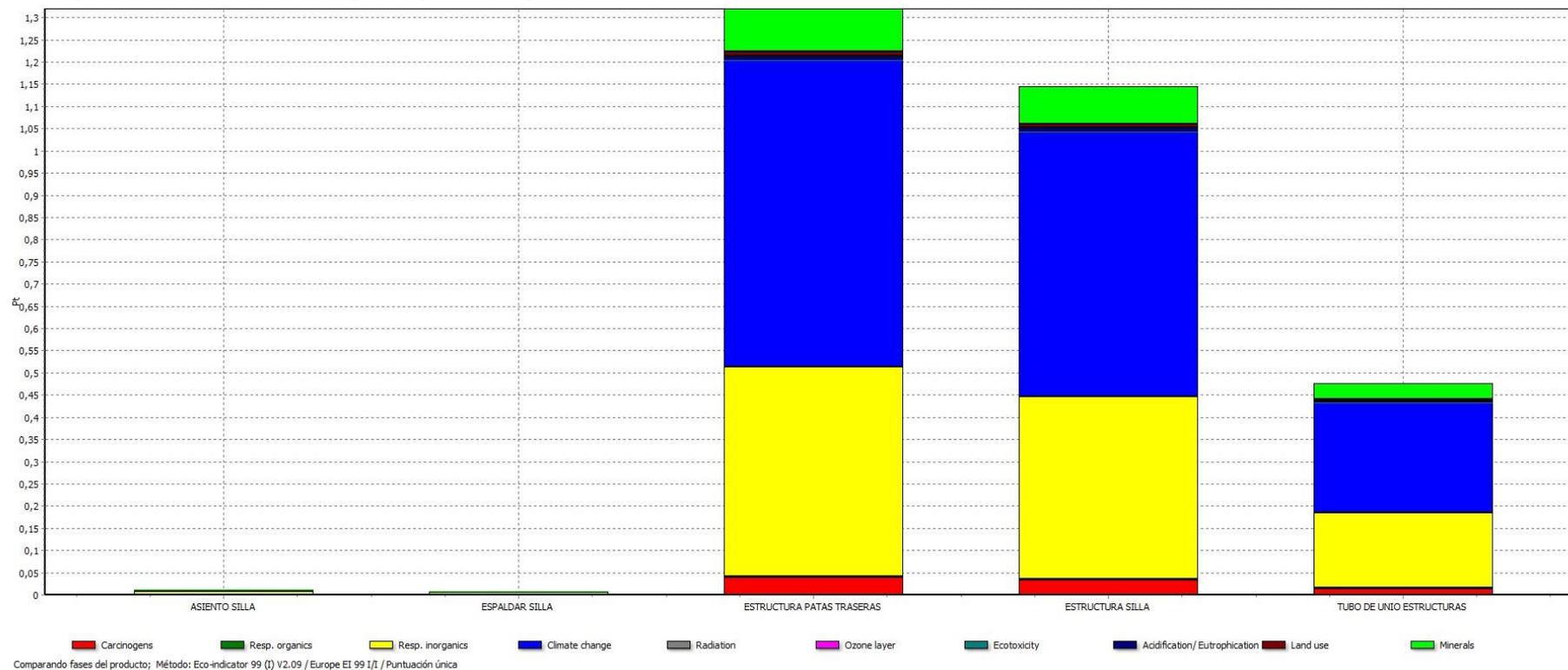


Figura 63. Impacto ambiental generado por subsistema silla ofertado actualmente en el mercado. Elaboración propia.

Análisis figura 63: Se puede determinar que el mayor impacto ambiental está generado en la categoría de cambio climático, seguido de resp. inorgánicos, presentan en especial en la estructura de patas traseras, ya que en las misma se ha utilizado mayor cantidad de material (acero al carbono).

El impacto ambiental generado por el subsistema mesa se presenta en la Figura 64.

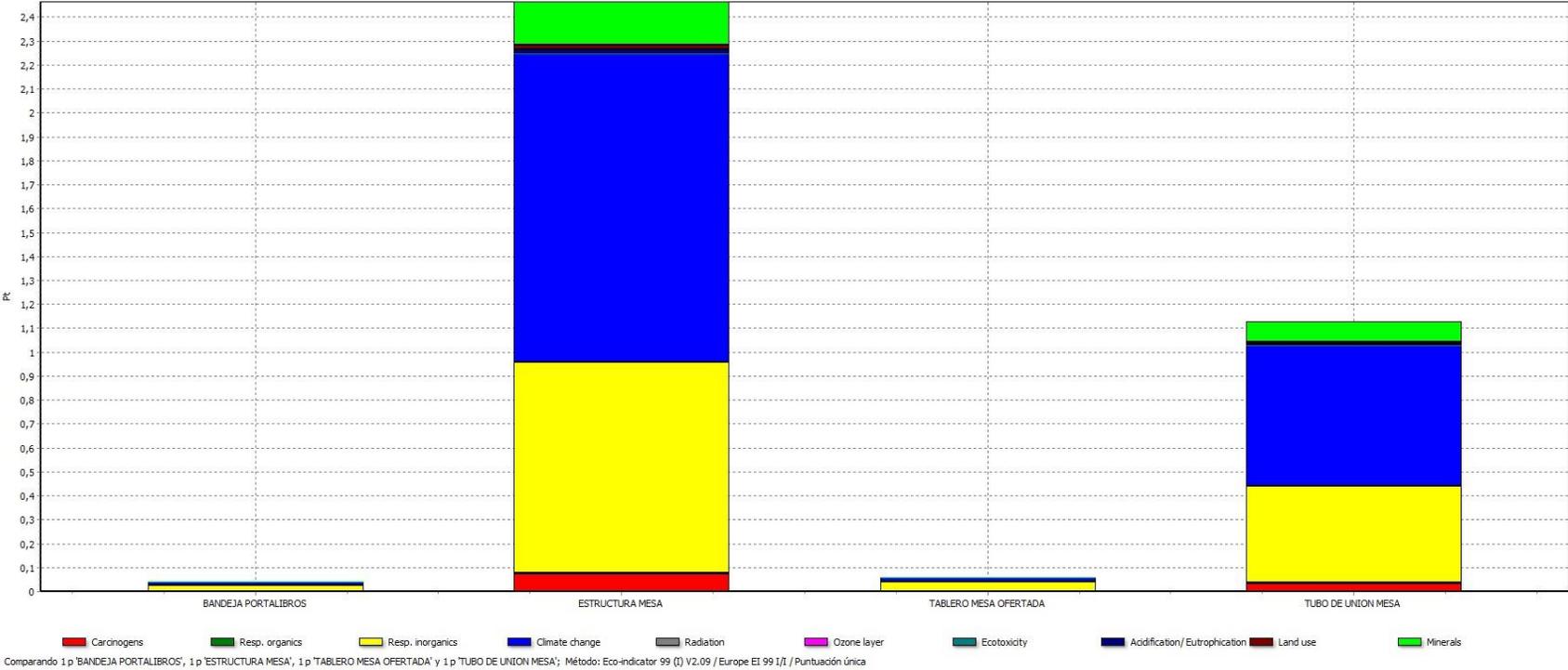


Figura 64. Impacto ambiental generado por el subsistema mesa ofertado actualmente en el mercado. Elaboración propia.

Análisis figura64: En lo referente al impacto generado por el subsistema escolar silla, se puede determinar que el mismo está presente en la categoría de cambio climático, seguido de resp. inorgánicos y minerales, en especial en la estructura de la mesa y los tubos de unión de la misma fabricados de acero al carbono.

Con respecto a los componentes auxiliares el impacto ambiental se muestra en el Figura 65.

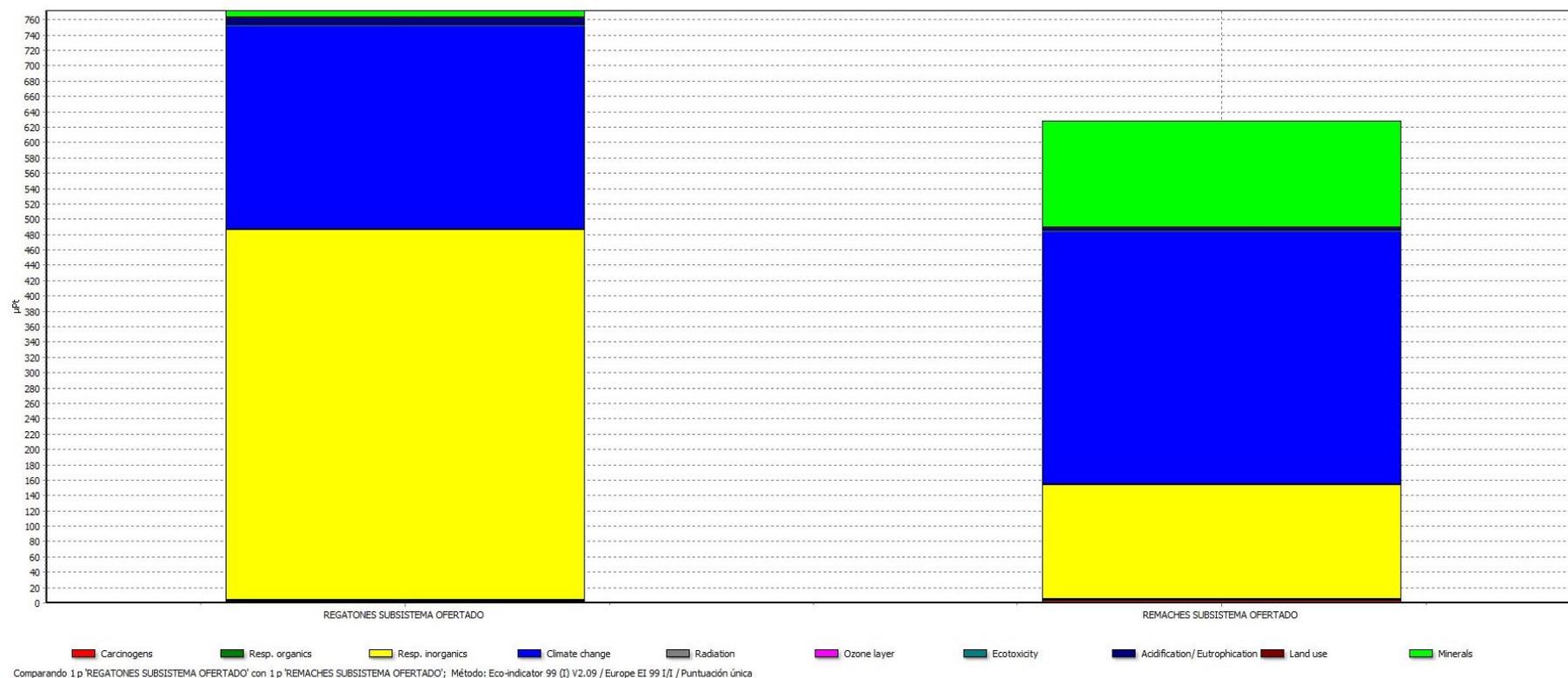


Figura 65. Impacto ambiental generado por los componentes auxiliares del subsistema escolar ofertado actualmente en el mercado. Elaboración propia.

Análisis figura 65: EL mayor impacto ambiental se presenta en los regatones fabricados de caucho en especial en las categorías de resp. inorgánicos y cambio climático, seguido muy de cerca por el impacto ambiental en las categorías de categoría de cambio climático, resp. inorgánicos y minerales, producido por los remaches utilizados para unir las partes estructurales del subsistema.

En lo referente a los procesos de fabricación, los utilizados para el subsistema son: El transporte, para lo cual se consideró el camión, >16t, promedio de flota/RER S, y la Electricidad, producción mixta A / A S, los mismos que generaron impacto ambiental que se presentan en la Figura 64.

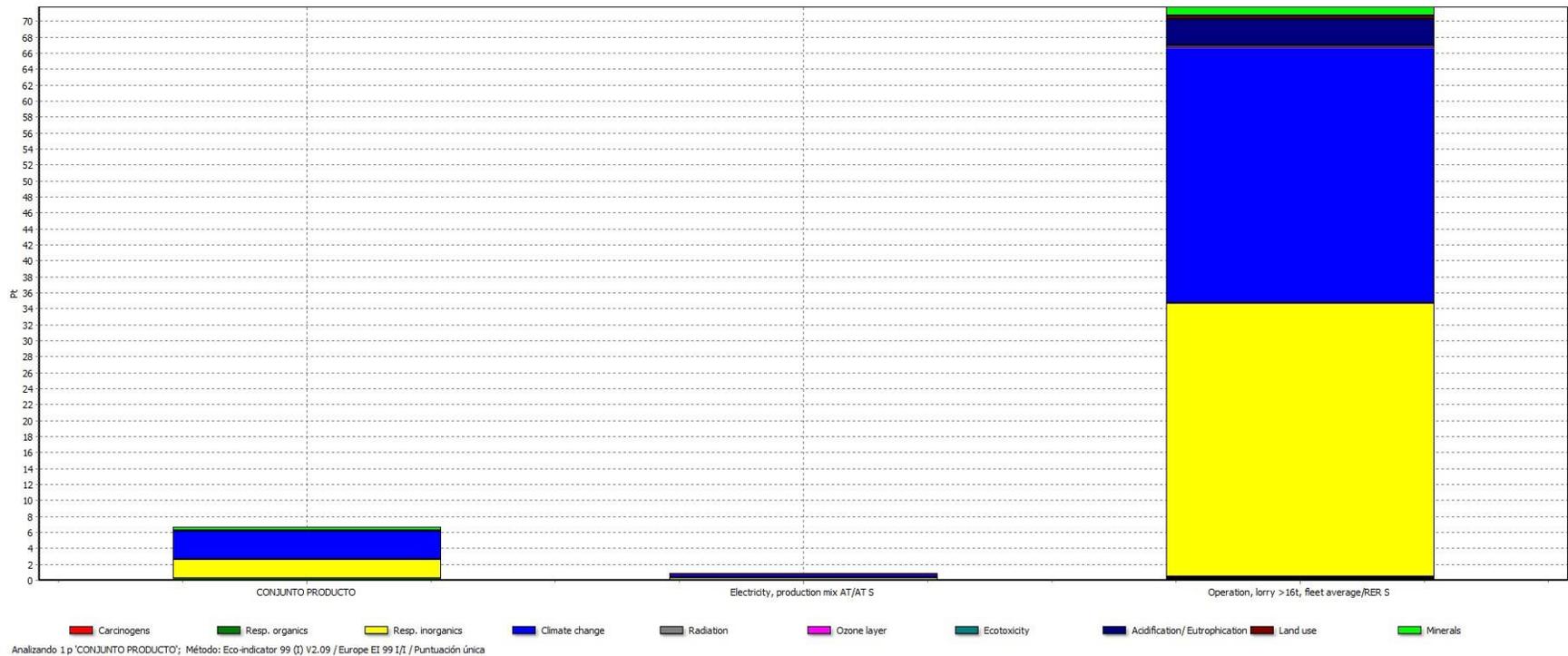


Figura 66. Análisis del impacto ambiental generado por el subsistema escolar silla-mesa ofertado actualmente en el mercado. Elaboración propia.

Así también en la Tabla 104 se muestran los valores totales generados por el subsistema escolar ofertado actualmente, siendo la mayor la categoría de resp. inorgánicos, seguido por el cambio climático, generando un total de 79,25608972pt de impacto ambiental. Cabe indicar que los valores presentados en la Tabla 102 han sido calculados automáticamente por SIMAPRO, con los datos introducidos del producto diseñado.

Proyecto	SUBSISTEMA ESCOLAR OFERTADO	
Categoría de impacto	Unidad	CONJUNTO PRODUCTO
Total	Pt	79,25608972
Carcinogens	Pt	0,470893099
Resp. organics	Pt	0,164168587
Resp. inorganics	Pt	36,96415773
Climate change	Pt	35,87130457
Radiation	Pt	0,002895728
Ozone- layer	Pt	0,022092206
Ecotoxicity	Pt	0,369518474
Acidification/ Eutrophication	Pt	3,298651618
Land use	Pt	0,513762191
Minerals	Pt	1,578645518

Tabla 102. Impacto ambiental generado por categoría del subsistema ofertado. Elaboración propia.

- **Análisis comparativo del impacto ambiental del subsistema diseño y el ofertado actualmente en el mercado.**

Para poder establecer conclusiones sobre cuál de los dos subsistemas genera mayor impacto ambiental, se realizó un análisis comparativo entre ambos (Tabla 103), considerando varios criterios que influyen en el ciclo de vida de dichos productos. La misma se presenta a continuación:

- a) **Comparativa de los dos subsistemas escolares en función a varios criterios que influyen en su ciclo de vida.**

Categoría	Subsistema silla-mesa diseñado	Subsistema silla-mesa actual
Unidad funcional	7200 horas de vida útil.	3600 horas de vida útil.
Peso	9063,662GR (9,063kg)	9843,81gr (9,843kg)
Tableros de madera		
Madera	Bambú	Madera contrachapada (Sánde)
Desarrollo fisiológico	8años	20 años
Bosque o Plantaciones	Plantaciones propias	Bosques nativos ⁶³
Reciclable	Si	Si
Dureza	Equiparable con el acero	Lados:265kg Extremos: 415kg <i>Referenciado de</i> ⁶⁴
Estructura		
Metal	Aluminio reciclado	Acero al carbono
Reciclable	Si	Si

⁶³ <http://www.eluniverso.com/2005/10/23/0001/12/A35684BE5D884F10A2758A75F530C3C1.html>

⁶⁴ Tejada Marcelo. Arévalo Anibal. Vinueza Marco. 1999. Manual de descripción general de especies secundarias SANDE

Reutilizable	Si	Si
Consumo energético en la producción de metal	0,5 kwh x kilogramo de aluminio reciclado	0,8kwh x cada kilogramo de acero producido.
Componentes auxiliares		
Regatones	Caucho reciclado (neumáticos desechados) Consumo energético: por cada tonelada de plástico se utiliza 0.045 TEP (toneladas equivalentes de petróleo).	PVC de alta resistencia. Consumo energético: por cada tonelada de plástico se utiliza 0.64 TEP (toneladas equivalentes de petróleo).
Remaches y tornillos	Aluminio de alta resistencia	Acero galvanizado
Transporte Kilómetros recorridos para la obtención de la materia prima.	494km	1319km
Acabados	Laca: 0,5gr (0,0005kg) No se va a pintar el aluminio ni el bambú, para no generar emisiones tóxicas a la naturaleza.	Pintura: 1gr (0,0005kg) Laca: 1 gr (0,001kg) Para el acabado y la pintura de las maderas se deben usar laminado decorativo de 0,6 mm de espesor, para pintar las partes metálicas se debe usar pintura electrostática termofundible con recubrimiento en polvo, semi-mate, según la NTE INEN 1 020 o un material de recubrimiento con dureza y durabilidad superior o equivalente.
Fin de Vida		
Escenario deseado	El mobiliario desechado, sea completo o en partes será separado en contenedores adecuados para su futuro reciclaje o reutilización.	El mobiliario desechado, sea completo o en partes será separado en contenedores adecuados para su futuro reciclaje o reutilización.

Tabla 103. Análisis comparativo entre el subsistema diseñado y el ofertado actualmente, para determinar cual genera un mayor impacto ambiental.. Elaboración propia.

En la Figura 67 se muestra una comparativa gráfica del impacto ambiental generado por el subsistema diseñado y el ofertado en el mercado, así también en la Tabla 104 se presenta

una comparativa de las categorías de impacto ambiental en puntos, dicha comparativa permitió determinar cuál de los dos subsistema genera mayor impacto ambiental.

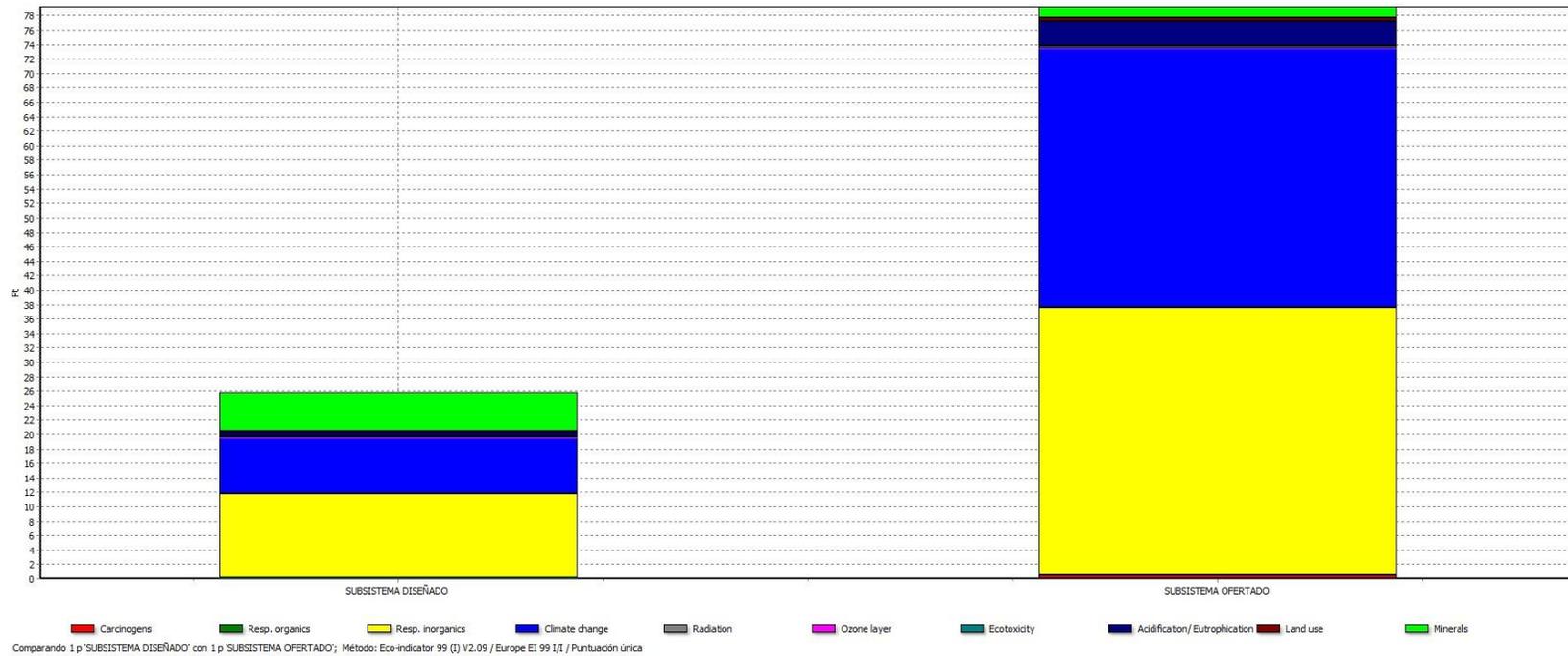


Figura 67. Gráfica comparativa del impacto ambiental generado por el subsistema silla-mesa diseñada y el subsistema ofertado actualmente en el mercado.
Elaboración propia

Análisis figura 67: Se puede determinar que el subsistema ofertado como conjunto, genera mayor impacto ambiental en especial en las categorías de resp. inorgánicos y cambio climático, en relación al subsistema diseñado.

Comparativa de impacto entre los dos subsistemas escolares (silla-mesa)			
Categoría de impacto	Unidad	SUBSISTEMA DISEÑADO	SUBSISTEMA OFERTADO
Total	Pt	25,84128778	79,2583291
Carcinogens	Pt	0,112679481	0,471049966
Resp. organics	Pt	0,047956025	0,164319659
Resp. inorganics	Pt	11,59566416	36,96478519
Climate change	Pt	7,797521764	35,87260306
Radiation	Pt	0,0004619	0,002895728
Ozone layer	Pt	0,003578069	0,022092203
Ecotoxicity	Pt	0,22482773	0,369519083
Acidification/ Eutrophication	Pt	0,598350445	3,298751053
Land use	Pt	0,081688881	0,513762191
Minerals	Pt	5,378559325	1,578550961

Tabla 104. Categorías de impacto ambiental en puntos generados por el subsistema escolar silla – mesa diseñada y el subsistema ofertado actualmente en mercado.

Conclusión: Se concluye que el subsistema escolar silla-mesa diseñado presenta una considerable disminución del impacto ambiental en comparación con el subsistema escolar silla-mesa ofertado actualmente en el mercado, en especial en las categorías de impacto de resp. inorgánicos, y cambio climático, presentado una diferencia de 25 y 18 pts. respectivamente. En términos generales, considerando todas las categorías, la diferencia de impacto ambiental entre el subsistema diseñado y el ofertado es de aproximadamente 54pts. con lo que se puede determinar que con la nueva propuesta se está aportando a la reducción del impacto ambiental en el ciclo de vida del producto diseñado, y por ende se está aportando a la sustentabilidad ambiental del medioambiente.

E.2.4 Interpretación de los resultados

Una vez realizado el estudio del impacto ambiental por separado de los dos subsistemas y habiéndolos comparado, se determina que el subsistema escolar silla-mesa diseñado presenta un reducción del impacto ambiental de aproximadamente de 54pts en relación con el subsistema ofertado actualmente en el mercado. Así también se determinó mediante la interpretación gráfica y los datos presentados en la tabla 106, que el impacto ambiental generado por el subsistema escolar diseñado es aproximadamente 25pts menor que el ofertado con respecto a los resp. inorgánicos y 27pts menor con respecto al cambio

climático. Sin embargo el subsistema diseñado presenta mayor impacto ambiental en la categoría de minerales con aproximadamente 4pts más sobre el impacto generado por el subsistema ofertado. Al presente análisis hay que adicionarle la comparativa realizada en la Tabla 105 con respecto a varios factores que influyen en el análisis del ciclo de vida de los productos considerados, con lo cual se determina que el subsistema diseñado mejoró en los años de vida útil, en la oferta de material sustentable y en la reducción del peso del producto. Además en la etapa de transporte, el recorrido planteado para la obtención de la materia prima, es significativamente corto en relación al recorrido establecido para el subsistema ofertado en el mercado. Con lo expuesto se concluye que el subsistema escolar silla-mesa diseñado para niños y niñas con discapacidad motriz de la República del Ecuador es sustentable ambientalmente, ya que está fabricado con materiales reciclables y reutilizables, además presenta más años de vida útil, considerando también que la energía consumida en el transporte y las emisiones tóxicas son menores que las del subsistema ofertado actualmente en el mercado, con lo que se determina que con la propuesta realizada se ha mejorado el ciclo de vida del subsistema escolar silla-mesa y se ha contribuido a la obtención de un producto eco-amigable y se ha cumplido con los objetivos planteados.

F. Presentación del producto

En este último apartado se va a resumir todos los atributos que presenta el subsistema diseñado para niños y niñas con discapacidad motriz de la República del Ecuador, los mismos que son:

- **Funcionalidad:**
 - Silla y mesa escolar para niños y niñas con discapacidad motriz
 - Útil para realizar las tareas académicas
 - Acompañará al niño y a la niña con discapacidad motriz en grado leve, durante sus seis años de escolarización, gracias a su sistema de regulación de la altura poplítea.
 - Superficies higiénicas, fáciles de limpiar debido a los materiales en los que está fabricado.
- **Diseño**
 - Diseño ergonómico, cumpliendo requerimientos de seguridad, confortabilidad y accesibilidad, sustentados en medidas antropométricas obtenidas en la presente investigación.
 - Se acopla al entorno escolar donde será ubicado.
 - Estética sobria, diseño sencillo y funcional.
 - Gran durabilidad por sus materiales de alta calidad y resistencia
 - Su diseño le permite mantenerse estable, sin riesgo de inclinaciones o volcamientos indeseados.
 - Su peso es liviano, el mismo que permite al niño y niña moverlo sin mayor dificultad cuando lo requiera.
 - Adaptabilidad del mobiliario hacia el niño y niña (canasta portallibros).

- Su diseño no presenta obstáculos que imposibiliten el movimiento del usuario o generen golpes en el mismo.
- **Valor social**
 - Integra de mejor manera al niño y niña en sus actividades escolares.
 - Mejora la condición de enseñanza – aprendizaje estudiante–profesor.
 - Mejora el desarrollo de las actividades del estudiante en clases.
 - Aporta a mejorar la calidad de vida del niño y niña.
- **Aspecto medioambiental**
 - Diseño que aporta a la sustentabilidad ambientalmente, debido a la utilización de materiales sustentables como el bambú, el mismo que tiene un rápido desarrollo fisiológico, además de un proceso regenerativo automático; y el aluminio y caucho reciclado, por lo que de esta manera se está aportando a la reducción del impacto ambiental generado especialmente en la etapa del ciclo de vida correspondiente a materia prima.
 - Mayor tiempo de vida útil del subsistema, debido a los materiales y diseño empleado en el subsistema escolar, lo que aporta a disminuir el impacto ambiental del mismo.

5. CONCLUSIONES, SÍNTESIS DE LAS APORTACIONES Y DESARROLLO DE TRABAJOS FUTUROS.

5.1 CONCLUSIONES

Después del desarrollo del presente trabajo de investigación, se puede concluir que:

- 5.1.1) A nivel mundial aproximadamente 66 millones de personas tienen discapacidad, de los cuales el 5,4% corresponde al Caribe y un 12,4% a América Latina, En Ecuador de sus 15'457.043 habitantes aproximadamente 1'854.845,16 personas sufren de alguna discapacidad, lo que representa un 12,14% de la población total.

• PORCENTAJE DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN ECUADOR

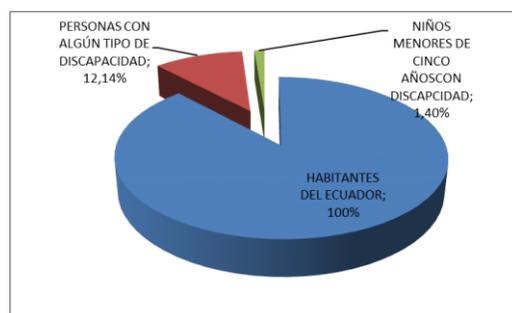


Figura 68. Porcentaje de niños con discapacidad motriz en Ecuador. Elaboración propia.

- 5.1.2) Existen organismos y políticas que velan la integración social de las personas con discapacidad, en este caso particular La Política de Estado del Gobierno de la República del Ecuador ha establecido leyes que respetan el derecho a la integración social de las personas con capacidades especiales; principalmente de los niños y los jóvenes en el ámbito educativo, incentivando a crear entornos favorables, mediante políticas que permita eliminar obstáculos en los espacios públicos, mejorar las áreas de enseñanza, adecuar el mobiliario escolar, entre otros, lo que hará posible que este tipo de personas participen en la educación y en la vida social, de una manera activa, reduciendo así su aislamiento y dependencia.

- 5.1.3) Existe información relevante sobre aspectos ergonómicos y medioambientales establecidos en varias investigaciones y por varios autores, la misma que está recopilada en la presente investigación.
- 5.1.4) Para el diseño idóneo de un mobiliario escolar, es necesario tener claro los criterios antropométricos que serán utilizados para la toma de medidas corporales en niños y niñas, más aún si los mismos presentan discapacidad motriz, para ello se ha tomado como base los criterios establecidos en la Norma ISO 7250-1:2008 (Basic human body measurements for technological design -- Part 1: Body measurement definitions and landmarks), y por Pheasant (1988).
- 5.1.5) Con los percentiles 2,5% y 97,5% calculados del total de los 9600 datos antropométricos obtenidos a niños y niñas de entre 5 a 10 años con discapacidad motriz del Ecuador, se podrá diseñar todo tipo de mobiliario en general para dicho grupo de mercado, siendo la condicionante que el usuario se encuentre en posición sedente.
- 5.1.6) Los datos antropométricos obtenidos a partir de las 25 variables antropométricas planteadas, presentan un comportamiento normal, ya que se realizó la Prueba de Normalidad de Anderson Darling cuyo valor crítico de la prueba fue 0,75, cuando el valor de confianza es del 95%, así también la desviación estándar entra cada dato obtenido es corta, con lo que determina que los datos obtenidos son fiables.
- 5.1.7) Existe un rango considerable de variación entre los datos métricos planteados en La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2583 (2011) de la República del Ecuador: Muebles Escolares. Pupitre con silla para alumnos , con respecto a los datos antropométricos de niños y niñas con discapacidad motriz obtenidos en la presente investigación Figura 69 y Figura 70, siendo por lo tanto de gran relevancia los resultados presentados debido a que se puede afirmar que la estandarización de mobiliario escolar no es idónea.

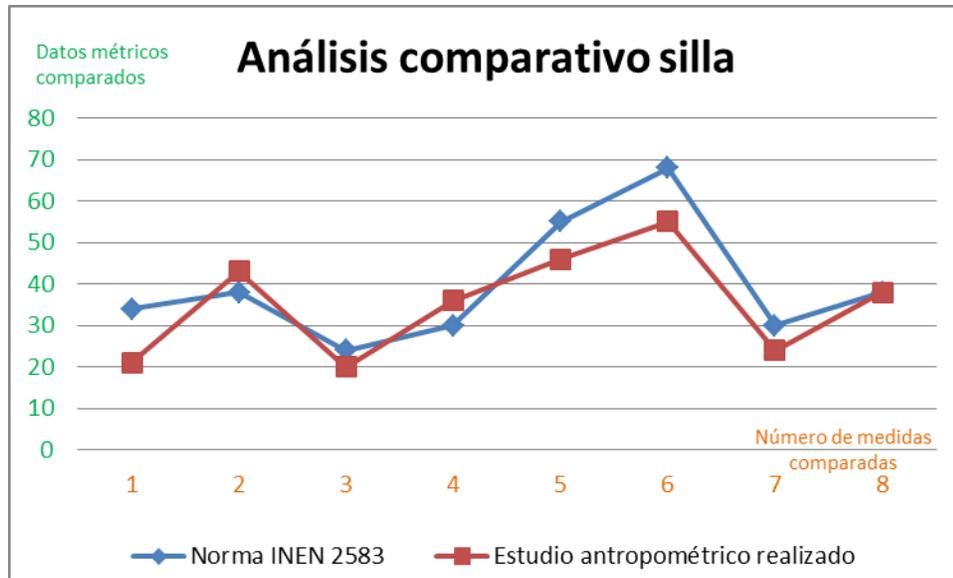


Figura 69. Análisis comparativo entre los datos de la Norma INEN 2583 y las obtenidas en el presente estudio para mobiliario escolar silla. Elaboración propia.

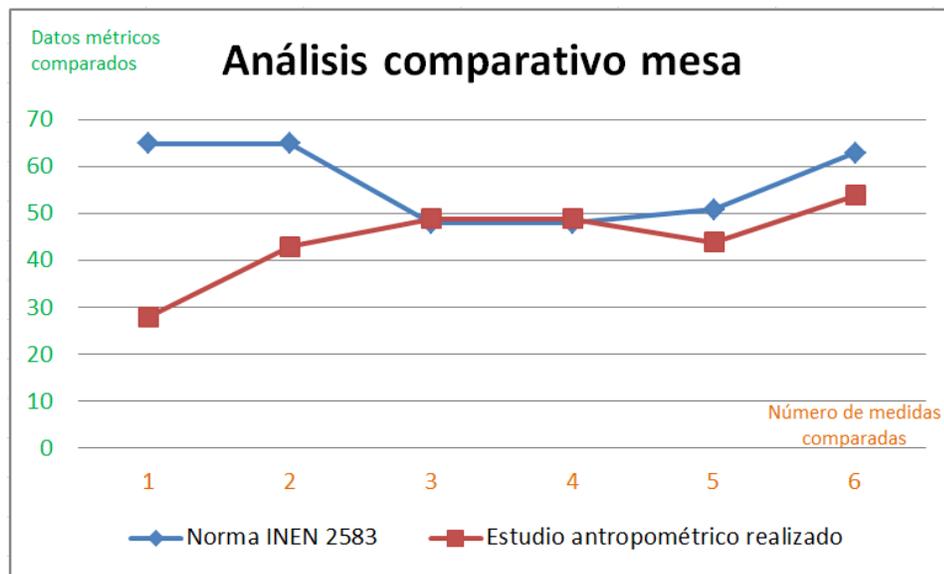


Figura 70. Análisis comparativo entre los datos de la Norma INEN 2583 y las obtenidas en el presente estudio para mobiliario escolar mesa. Elaboración propia.

5.1.8) La metodología de diseño de equipamiento educativo para niños y niñas con discapacidad motriz planteada, permite diseñar y fabricar mobiliario escolar en general, ya que plantea directrices para el cumplimiento de tareas específicas para un correcto diseño, considerando las necesidades ergonómicas de los usuarios, y

a su vez aportar a la sostenibilidad ambiental mediante la utilización de material sustentable ambientalmente.

- 5.1.9) Con la metodología planteada en la presente investigación, se deje un precedente que se podría tomar en cuenta para establecer una Normativa para el diseño y fabricación de equipamiento educativo, ya que plantea criterios de seguridad, confortabilidad, accesibilidad y medioambientales, la misma que podría ser implementada a nivel nacional y continental.
- 5.1.10) Con los datos antropométricos definidos para niños y niñas con discapacidad motriz de la República del Ecuador (percentiles 2,5% y 97,%), se puede realizar una línea de mobiliario en general siendo la condicionante la posición sedente.
- 5.1.11) El subespacio funcional determinado, enmarcado dentro de medidas ergonómicas permitirá delimitar el espacio de trabajo de futuros diseños de mobiliario escolar (subsistema silla-mesa), garantizando un diseño acorde a las demandas corporales del segmento de investigación determinado.
- 5.1.12) Con los planos de fabricación presentados del subsistema escolar silla-mesa, se podrá replicar el diseño de dicho mobiliario o acoplarlo a un mobiliario de similares características, garantizando su correcto diseño ergonómico.
- 5.1.13) Existen en el entorno ecuatoriano materiales que aportan a la sustentabilidad ambiental, debido a su corto desarrollo fisiológico, dureza, reciclabilidad o reutilizabilidad.
- 5.1.14) La metodología planteada permitió diseñar y fabricar un prototipo del subsistema escolar silla-mesa, el mismo que fue sometido a pruebas evaluativas para determinar si cumple con los objetivos planteados en la investigación.
- 5.1.15) El prototipo diseñado fue evaluado, obteniendo como resultado el cumplimiento de los criterios ergonómicos y medioambientales planteados en la metodología de diseño, determinando que es un producto idóneo para el segmento de investigación seleccionado.
- 5.1.16) Es posible diseñar mobiliario en general con materiales sustentables ambientalmente, aportando así a disminuir el impacto ambiental generado en las etapas del ciclo de vida del producto y ofertar productos Eco-amigables con la naturaleza.

- 5.1.17) Con el estudio de impacto ambiental del subsistema escolar silla-mesa diseñado, se determinó que el mismo genera un menor impacto ambiental en la obtención de la materia prima en relación con el mobiliario ofertado actualmente en el mercado, además de presentar un tiempo de vida útil mayor y un fin de vida sustentable.
- 5.1.18) La investigación realizada es relevante, ya con la misma se desea aportar a la mejora de la calidad de vida de niño y niña con discapacidad motriz, a su integración social y a mejorar el proceso de enseñanza –aprendizaje en un entorno escolar. Así también aportar a la sostenibilidad medioambiental mediante un estudio de materiales sustentables y duraderos, que aporten a disminuir el impacto ambiental generado en el ciclo de vida del producto.
- 5.1.16) Finalmente, se puede determinar que se dejan datos fiables, sustentados en una amplia investigación realizada, los mismos que pueden ser utilizados y ampliados en futuros proyectos.

5.2 SÍNTESIS DE LAS APORTACIONES

Después de un largo proceso investigativo y ejecución de tareas, se determina que los principales aportes que deja la investigación realizada son:

- Acopio de contenido científico, que servirá para consulta y referencia para investigaciones futuras.
- Una metodología de diseño de mobiliario escolar para personas con discapacidad motriz desarrollada en parámetros globales, descrita paso por paso y comprobado con el desarrollo del caso práctico, para que futuros diseños de mobiliario destinado a personas que presentan dicha condición física se sustenten en la presente metodología y ofrezcan a sus usuarios productos que satisfagan las necesidades corporales de los mismos, tal como sucede con el subsistema silla-mesa escolar diseñados.
- Cálculo de percentiles 2,5% y 97,5%, de un total de 9600 datos obtenidos a través de la toma de datos antropométrico a niños y niñas con discapacidad motriz de entre 5 a 10 años del Ecuador. Dichos percentiles sirven para establecer los límites máximos (holgura) y los mínimos (alcance), al momento de diseñar un mobiliario en general para niños y niñas detallados anteriormente siguiendo la metodología diseñada para su efecto.
- Especificaciones de diseño ergonómico, para lo cual se establecieron 10 criterios de seguridad, 29 criterios de confortabilidad y 8 criterios generales de accesibilidad.
- Subespacio funcional de diseño, donde se visualiza los límites máximos y mínimos a ser utilizados en el diseño del subsistema escolar silla-mesa para niños y niñas con discapacidad motriz leve, el mismo que delimita el campo de acción de futuros diseños garantizando que los mismos se enmarcaran dentro de las medidas ergonómicas determinadas en el presente estudio.

- Diseño de planos de fabricación del subsistema silla – mesa para su réplica en el diseño de otro tipo de equipamiento educativo de similares características.
- Diseño de un prototipo del subsistema silla y mesa para niños y niñas con discapacidad motriz de entre 5 a 10 años del Ecuador, sustentado en la metodología desarrollada, el mismo que fue evaluado y aceptado por el entorno social donde se lo implementó para dicha evaluación.
- El prototipo de subsistema escolar silla-mesa, cumple con criterios de seguridad, funcionalidad y accesibilidad, acoplándose al entorno donde fue implementado, presentando una estética sobria y un diseño funcional.
- Determinación de valores referenciales sobre el impacto ambiental generado por insumos y procesos utilizables para la fabricación de mobiliario escolar, los mismos que servirán de base para cálculos futuros de impacto ambiental utilizando una regla de proporcionalidad, dichos valores están recomendados utilizar al no contar con una herramienta software para el cálculo de dicho impacto ambiental.
- Información relevante sobre materiales que se utilizan en el diseño de mobiliario en general, como desarrollo fisiológico, densidad, consumo energético entre otros. Dicha información es relevante ya que permite tomar decisiones sobre que material es más sustentable medioambientalmente.
- Estudio y análisis de las propiedades físico-mecánicas y de la sostenibilidad ambiental de los materiales utilizados en la fabricación del subsistema silla-mesa.
- Determinación de materiales sustentables ambientalmente, con lo que se aportó a la reducción del impacto ambiental del subsistema diseñado, en comparación con el subsistema ofertado actualmente en el mercado.
- Proceso de evaluación medioambiental del subsistema escolar diseñado, tanto de forma descriptiva como gráfica, desarrollado de una manera sencilla y clara, el misma que permitió obtener resultados importantes sobre el impacto ambiental del producto diseñado.

- Fabricación de un prototipo de subsistema escolar silla-mesa que generó un menor impacto ambiental que el subsistema escolar ofertado actualmente en el mercado, aportando así a la sostenibilidad ambiental.
- Desarrollo de fichas técnica de acopio de información y evaluación de resultados, que servirán de guía para el desarrollo de trabajos futuros.

5.3 DESARROLLOS FUTUROS

La investigación realizada contribuye al conocimiento, análisis y desarrollo de aspectos ergonómicos y medioambientales, sin embargo es la base que sustenta el desarrollo de trabaja futuros sobre las dos temáticas mencionados como son:

- Toma de datos ergonómicos en posición de pie para ampliar los datos obtenidos en posición sedente.
- Desarrollo de listado de atributos de diseño que debe presentar el equipamiento educativo a fabricar.
- Desarrollo de una línea de mobiliario para personas con discapacidad motriz, sustentados en la metodología de diseño planteada.
- Planteamiento de una Norma técnica de mobiliario escolar para niños y niñas con discapacidad motriz, subsistema escolar silla-mesa.
- Planteamiento de una Norma ISO sobre los criterios y condiciones necesarios para la toma de datos y diseño idóneo de mobiliario escolar ergonómico.
- Obtención de materiales sustentables mediante la transformación de insumos reciclables o reutilizables.
- Análisis y planteamientos de diferentes técnicas y procesos de fabricación de mobiliario, que permitan aportar a la disminución del impacto ambiental generado por los mismos.

- Complementar los datos de impacto ambiental calculados para insumos y procesos, generando una tabla amplia de información, los mismos que servirán de fuente de información para cálculos futuros.

BIBLIOGRAFÍA

- Águila, A. (2009). Procedimiento de evaluación de riesgos ergonómicos y psicosociales. Almería, 2-9.
- Albelda C. (2011). Priorización de estrategias de ecodiseño en el sector calzado. 15th International Congress on Project Engineering. Huesca.
- Alonso, F. (2007). Algo más que suprimir barreras conceptos y argumentos para una accesibilidad universal. *TRANS* (11), 15-30.
- Alexnaderer C. (1964). Notes on the synthesis of form. Cambridge, Massachusetts.
- Álvarez, J. et al. 2013. Biomasa Y Biogás. [consultado el día 01 de diciembre del 2014]. Disponible en: <http://ing.unne.edu.ar/pub/biomasa.pdf>
- Amestoy A. (2011). Aspectos de la degradación del medio ambiente: su influencia en el clima UNED. *Papeles de Geografía* (34), 17-49.
- Aragall, F. ECA. (2003). European concept for accessibility . EuCAN c/o Info-Handicap Luxemburg.
- Archer, L. B. (1968). The structure of design processes.
- Asociación Española (ARPAL). El aluminio, un material de presente y futuro, [consultado el día 20 de noviembre de 2014]. Disponible en: <http://aluminio.org/?p=830>.

- Ávila Chaurand R; Prado León L, González Muñoz E. (2001). Dimensiones antropométricas de población latinoamericana: México, Cuba, Colombia, Chile. ISBN 9702700825, 9789702700821.
- Baumann H, Tillman AM. (2004). The hilker's guide to lca. an orientation in life cycle assessment methodology and application. External organization. Suecia. ISBN 6144023642
- Bermúdez Alvite, J. A.; Canals Revilla, G.; Fernández Blanco, P.; Fernandez González, A. (2007a). El sector de la madera y el cambio climático. AFTA. Madrid.
- Bermúdez Alvite, J. A.; Canals Revilla, G.; Fernández Blanco, P.; Fernandez González, A. (2007b). Guía de etiquetado en los tableros de madera. AFTA. Madrid.
- Brezet H., Van Hemel C. (1997) United Nations Environment Programme: Ecodesign: a promising approach to sustainable production and consumption. UNEP.
- Bureau of International Recycling. Metales Férricos. [consultado el día 5 de agosto del 2014]. Disponible en: <http://www.bir.org/industry-es-es/ferrous-metals-es-es/>
- Cardona M. (2000) Mobiliario escolar específico para alumnado con discapacidad motórica. análisis, evaluación y diseño de accesorios. Referencia del proyecto: PIV-060/00 Proyecto subvencionado por la Consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Andalucía.
- Castellucci I, Gonçalves M, Arezes P. (2009). Ergonomic considerations of class rooms in first cycle portuguese schools. *CyT* (34), 184-187.

- Castellucci H.I, Arezes P.M., Viviani C.A. (2010) Mismatch between classroom furniture and anthropometric measures in Chilean schools h.i. *Journal Applied Ergonomics*. (4), 563-8.
- Capuz Rizo S., Ferrer Gisbert P. (2002). Ecodiseño. Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles (45-47, 74). Valencia. ISBN 84-9705-191-2
- Castellucci I, Gonçalves M, Arezes P. (2007) Ergonomic considerations of class rooms in first cycle portuguese schools. *CyT*. (34), 184-187.
- Castellucci H.I, Arezes P.M., Viviani C.A. (2010). Mismatch between classroom furniture and anthropometric measures in Chilean schools h.i. *Applied Ergonomics*. (4), 563-8.
- Castilla L., Cravioto, J.(1991) Estadística simplificada para la investigación en ciencias de la salud (26-58). ISBN 968-24-3309-6.
- Cinar, H.() Eco-diseño y mobiliario: los impactos ambientales de los paneles a base de madera, superficie y acabados de última generación. [consultado el día 20 de diciembre de 2014]. Disponible en: <http://www.freepatentsonline.com/article/Forest-Products-Journal/139435501.html>.
- Collado Ruiz Daniel.(2010). Comparing LCA results out of competing products: developing reference ranges from a product family approach. *Cleaner Production*, (18)4, 355-364.
- Confederación Europea de Industrias de la Transformación de la Madera (CEI-Bois, 2009). Frente al cambio climático: utiliza madera..[consultado el día 29 de octubre de 2010].Disponible en: <http://www.cei-bois.org/files/b03400-p01-84-SP.pdf>
- Consejo Nacional de Igualdad de Discapacidades (CONADIS, 2013).Estadística personas con discapacidad. [consultado el día 20 enero de 2014].Disponible en

Internet: http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/03/conadis_registro_nacional_discapacidades.pdf

- Constitución de la República del Ecuador. (2008). [consultado el día 15 enero de 2014]. Disponible en Internet: http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo.pdf
- Cross, N.(1996). Engineering design methods: strategies for product design. (2ª ed.). Wiley & Sons.
- Delarea, P. (2008). Tesis sobre reciclaje de neumáticos y su aplicación en la construcción. [consultado el día 5 de agosto del 2014]. Disponible en:<http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0CC4QFjAD&url=http%3A%2F%2Fes.slideshare.net%2Falejanrocky%2Freciclaje-de-neumaticos-y-su-aplicacin&ei=SCaQVMZryamDBKqsg9AH&usg=AFQjCNGgCukfyNK0TieWlwPmTF54mR5eyQ&bvm=bv.81828268,d.eXY>
- Diario el Comercio(16 de octubre de 2014). Diseño los objetos elaborados en materiales reciclados ganan espacio en el mundo2014. Recuperado de <http://edicionimpresa.elcomercio.com/es/040132003c276f16-9fae-4926-b4ea-9f161b5a20c0>.
- Diario el Telégrafo (2 de noviembre de 2013). 200 Millones ahorra el país con el reciclaje de chatarra. Recuperado de<http://www.telegrafo.com.ec/economia/item/200-millones-ahorra-el-pais-con-el-reciclaje-de-chatarra.html>
- Diario HOY (30 de octubre de 2012).Emprendedores ecuatorianos y extranjeros apuestan a lo verde. 2012. Recuperado de <http://www.explored.com.ec/noticias-ecuador/negocios-a-bajo-costos-con-conciencia-ambiental-560234.html>.

- Diario HOY(2013). El Reciclaje: Un Negocio Para El Medio Ambiente.2013. Recupedo de <http://www.explored.com.ec/noticias-ecuador/el-reciclaje-un-negocio-para-el-medio-ambiente-572670.html>
- Diario el Universo (23 de octubre de 2005). 300 árboles se talan cada día en Esmeraldas. Recuperado de <http://www.eluniverso.com/2005/10/23/0001/12/A35684BE5D884F10A2758A75F530C3C1.html>
- Dirzo, R., Garcia, M.C. (1992) Rates of deforestation in los tuxtlas, a neotropical area in southeast. *Conservation Biology* (6), 84-90.
- Drury, C.G., Coury, B.G. A. (1982). Methodology for chair evaluation. *Applied Ergonomics* (13), 195-202.
- De La Vega E., López F., Soto S. (2004) Antropometría para discapacitados. *Memorias del VI Congreso Internacional de Ergonomía*. (pp. 236-248). México.
- El Banco Mundial (2005). El Banco Mundial y la Discapacidad . [consultado el día 12 de febrero 2013]. Disponible en: <http://www.bancomundial.org/temas/resenas/discapacidad.htm>.
- Federación Iberoamericana de OMBUDSMAN. (2000). Personas con discapacidad vii informe sobre derechos humanos. (pp. 231). ISBN 978-84-92755-37-0
- Fiksel J.(1998) Diseño para el medio ambiente Dfd.Ed.
- Filmer, D. (2008) Disability, poverty and schooling in developing countries: results from 14 household surveys. *The World Bankic Review* (22), 141-163.
- Gligo, N. (1987) El concepto de sustentabilidad ambiental en las estrategias de desarrollo. *Ambiente y Desarrollo*.1987. (3), 1-2.

- García Acosta G, Lange Morales K. (2007). Definition of sizes for the design of school furniture for bogotá schools based on anthropometric criteria. *Ergonomics* (50), 1626-164.
- Gestión de Riesgo Industrial y Ocupacional C.A.(2013). El planteamiento ergonómico. [consultado el día 05 de abril del 2013]. Disponible en:www.gesrioca.com.ve/site/el-planteamiento-ergonomico/.
- Gianikellis K., Patringo J., Del Castillo Miro C., Martínez J., Fernandez A. (2000). Evaluación ergonómica del pupitre universitario basada en un estudio antropométrico mediante fotogrametría – vídeo tridimensional. *Congreso de la asociación española de ciencias del deporte* (pp.445-453).Extremadura.
- Goedkoop, M. Spriensma, R. (2001) The eco-indicator 99-adamage oriented method for life cycle impact assessment. methodology annex.
- Gómez Ruiz G., García Navarro J. (2011). Revisión sobre el ‘estado del arte’ del análisis de ciclo de vida para tableros derivados de la madera. *CIMAD* (11).
- Gonzáles B., Ávila A. (2012). Proyecto de instalación de una planta procesadora de plásticos reciclados en escamas de polietileno (PET) en la vía a Daule, pp.63. [consultado el día 15 de agosto del 2014] Disponible en <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/123456789/213/1/T-UCSG-PRE-ECO-GES-4.pdf>
- González García S., Gasol C., García Lozano R. ,Moreira M. , Gabarrell X., Rieradevall I Pons J., Feijoo G.(2011). Assessing the global warming potential of wooden products from the furniture sector to improve their ecodesign. *U.S. National Library of Medicine Science of the total environment* (410-41), 16-25.
- Gouvali M.K, Boudolosk. (2006) Match between school furniture dimensions and children’s anthropometry. *Journal Applied Ergonomics* (37), 765-773.

- Gribbin, J.(1986). El clima futuro. (pp.160, 161, 167, 169,178).Barcelona. ISBN 10:843458381X
- Gribbin J. et al. (1988). El libro del clima.Barcelona.
- IHOBE. (2000). Manual práctico de ecodiseño: operativa de implantación en 7 pasos. Depósito legal: BI-244-00.
- Guzmán L, et al. Análisis del ciclo de vida en la fábrica de muebles de Cibeles, Jalisco, México, en procura de la ecoeficiencia de procesos y productos industriales.2009. *Ecodiseño y Sostenibilidad*. (1), 87-106.
- Harris, L. (1984). The fragmented forest: island biogeography theory and the preservation of biotic diversity. Chicago
- IPCC. (2000) Un intergovernmental panel on climate change. Assessment Report.[consultado el día 29 de octubre de 2010]. Disponible en:<<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1034/j.1600-0889.2003.01461.x/full>>
- Informe de responsabilidad social cooperativa ABENGOA.(2006) [consultado el día 13 de noviembre de 2014]. Disponible en: https://www.um.es/catedrarsc/documentos/memorias/abengoa/ABENGOA_06.pdf
- Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV, 2006).Manual para la prevención de riesgos ergonómicos y psicosociales en los centros de atención a personas en situación de dependencia. Valencia. ISBN. 84-95448-14-9.
- Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV, 2004). Informe de ergonomía y discapacidad. [consultado el día 02 de octubre de 2014]. Disponible en: <http://sid.usal.es/libros/discapacidad/7191/8-12/ergonomia-y-discapacidad.aspx>

- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2013). Ecuador en cifras. [consultado el día 03 de abril de 2013]. Disponible en www.inec.gob.ec/estadisticas/
- Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (2013). Clasificación de tipo de discapacidad. [consultado el día 03 de abril de 2013]. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx>.
- Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa. (2011) Habitabilidad y funcionamiento diseño de mobiliario. *NEEPCE*. (3) 2-12.
- ISO 14044.(2006) Environmental management life cycle assessment. requirements and guidelines.
- Iwarsson, S y Stahl, A. (2003) Accessibility, usability and universal design – positioning and definition of concepts describing person-environment relationship. *Disability and Rehabilitation* (25),57-66.
- Jones, J. (1981)Design methods. (2^a ed.). *John Wiley & Sons Ltd*.
- Jung Hwa S. (2005). A Prototype of an adjustable table and an adjustable chair for schools. *International Journal of Industrial Ergonomics*. (35),955-969.
- Krishnaswany, V.S. (1956). Bamboos-thei silviculture and management. *Journal Indian Forest*. (82),308-313
- Lawson S. (2013) Diseño de muebles. (pp.156-211).ISBN 978-84-9801-693-2.
- Ley de Prevención y Control de Contaminación Ambiental. [consultado el día 29 de octubre de 2010].Disponible en: <http://blog.espol.edu.ec/ricardomedina/files/2009/03/leydeprevencionycontroldecontaminacion-ambiental.pdf>

- Ley Orgánica de Comunicación del Ecuador 2013 [consultado el día 18 de diciembre de 2010]. Disponible http://www.supercom.gob.ec/sites/default/files/document/ley_organica_comunicacion.pdf
- Lehn. (2000). Ecoefficiency: Creating more value with less impact. world business council for sustainable development. (pp32). ISBN 2-940240-17-5
- Loayza, N. et al. (2011)LOS ÁNGULOS DE CONFORT EN LA POSICIÓN SEDENTE EN NIÑOS DE EDUCACIÓN PRIMARIA. *Revista Médica Herediana*. (22) ,199-201.
- Luna P. (2013). Estudio de la aplicación potencial de compuestos obtenidos con residuo de caucho reciclado provenientes de continental tire andina como material reciclado. [consultado el día 5 de agosto del 2014]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5150/1/UPS-CT002730.pdf>
- Llanea Álvarez F. (2009). Ergonomía y psicología aplicada: manual para la formación de especialistas. (13° Edición). ISBN: 978-84-9898-074-5.
- Mace, R.L., Hardie G.J., & Place J.P. (1990) Accessible environments: toward universal design. in Preiser W., Visher, J., White e. (eds.), *Design Interventions: Toward a more human architecture*. . Van Nostrand Reinhol, (pp. 155-176)
- Maldonado A, Romero R, Zapata J, Martínez E, Noriega S. (2007) Desarrollo de datos antropométricos para niños con discapacidad motriz en la Ciudad Juárez *Culcyt//Ergonomía*. (40-41),145-153.
- McCormick, E. J., & PEY ESTRANY, S. (1980). *ERGONOMÍA*. ISBN: 84-252-0976-5.
- McEWEN, I.R, KARLAN, G.R. ASSESSMENT OF EFFECTS POSITION ON COMMUNICATION BOARDS ACCESS BY INDIVIDUAL WITH CEREBRAL

PALSY Augmentative and Alternative Communication. Enero 1989, Vol. 5. N°4, pp. 235-242.

- Melo J. (2009) Ergonomía práctica guía para la evaluación ergonómica de un puesto de trabajo, (pp. 93-99). ISBN 978-987-97960-6-1.
- Millet D. et al.(2007) . Does the potential of the use of lca match the design team needs? *Journal of Cleaner Production*(15),335–46.
- Ministerio de Educación Chileno. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.(2006). Manual de apoyo para la adquisición de mobiliario escolar. Santiago de Chile ISBN: 956-8302-62-X
- Ministerio del Ambiente de la República del Ecuador. Ley de gestión ambiental. 1999. Registro Oficial No. 245.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. Normas técnicas para la prevención y control de la contaminación ambiental para sectores de infraestructura. [consultado el día 16 de noviembre del 2015]. Disponible en Internet: http://www.efficacitas.com/efficacitas_es/default2.php?siteid=32
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. Valores; Misión Y Visión. [consultado el día 18 de noviembre de 2014]. Disponible en <http://www.ambiente.gob.ec/valores-mision-vision/>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. Punto Verde. [consultado el día 01 de noviembre de 2014]. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/punto-verde/>
- Ministerio de Educación. Escuelas inclusivas. [consultado el día 25 de noviembre de 2014]. Disponible en: <http://educacion.gob.ec/escuelas-inclusivas/>

- Mitra S., Posarac A., Brandon V. (2001) Disability and poverty in developing countries: a snapshot from the world health survey. *World Bank Social Protection Working Paper*, (1109).
- Molenbroek J, Ramaekers Y.(1996) Anthropometric design of a size system for school furniture . Proceedings of the Annual Conference of the Ergonomics Society: Contemporary Ergonomics. Taylor & Francis. (pp. 130-135)
- Mondelo P, Gregori E, Barrau P.(1994) Ergonomía 1-Fundamentos. ISBN 8483013150.
- Mondelo P., Gregori E., Barrau P., Blasco J. (1999).Ergonomía 3 diseño de puestos de trabajo. (2ºEd.) ISBN 8483013177.
- Munari, B.(2002) ¿Cómo nacen los objetos?(p.104).ISBN 8425211549, 9788425211546.
- Murray S., Larry S.(2009) Estadística (4ta edición).
- Norma de Calidad Ambiental para el Manejo y Disposición final de desechos sólidos no-peligrosos. [consultado el día 29 de octubre de 2010].Disponible en: http://www.efficacitas.com/efficacitas_es/assets/Anexo%206.pdf
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2583 (2011) de la República del Ecuador: Muebles Escolares. Pupitre con silla para alumnos. [consultado el día 15 de abril de 2014]. Disponible en <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2583.2011.pdf>.
- Norma técnica Colombiana NTC 4641. Muebles Escolares Pupitres con silla para aula de clases. [consultado el día 25 de marzo de 2014]. Disponible en Internet: http://www.oim.org.co/Portals/0/Documentos/Licitaciones1/Lic_416/NORMAS_TECNICAS_DE_MOBILIARIO_ESCOLAR.pdf.

- Norma Venezolana CONVENIN 1690-89: Requisitos dimensionales. [consultado el día 25 de marzo de 2014]. Disponible en Internet: <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1650-89.pdf>.
- Noss, R.F.(1994) Some principles of conservation biology, as they apply to environmental law. *Journal Chicago-Kent Law Review*. (69), 893.
- Occhipinti E.O., Colombini o, Frigo c, Pedotti a, Grieco a. Sitting posture: analysis of lumbar stresses with upper limbs supported. *Journal Ergonomics*. 1985, (28), 1333-1346.
- Oma, Clarimón L., Cortés A. (2009). Aragonés E. Ecodiseño estado de la cuestión prospectiva del ecodiseño para su impulso en Aragón.
- ONG Humanium. Niños. La situación actual de los niños con capacidades diferentes. Disponible en <http://www.humanium.org/es/ninos-discapitados/> [consultado el día 20 de abril de 2015].
- Organización de Naciones Unidas (ONU, 1989). Convención sobre los Derechos del Niño CDN.
- Organización de Naciones Unidas (ONU, 2012). CEPAL. Documento Informativo: Panorama social de américa latina. [consultado el día 03 de abril de 2013]. Disponible en <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/5/48455/PanoramaSocial2012DocI-Rev.pdf>
- Organización de Naciones Unidas (ONU, 2006). Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (CDPD).
- Panero J, Zelnik M, Las dimensiones humanas en los espacios interiores. México. D.F. ISBN: 968-387-328-4.

- Parcells C, Stommel M, Hubbard RP. (1999) Mismatch of classroom furniture and student body dimensions: empirical findings and health implications. *Journal Adolesc. Health* (24), 265-273.
- Peñafiel F. El 20% de chicos con discapacidad estudia. Disponible: http://www.elcomercio.com/sociedad/entrevista-educacion-discapacidad-Ministerio_de_Educacion_0_994100643.html. [consultado el 21 de enero de 2014]
- Pérez Moreno A. I., Uyá Bastida R. (1999) Fisioterapia en geriatría. *Journal* (21), 53-61.
- Pelta R. (2011) De verde a sostenible. Revista Temática de Diseño Artículo 01. [consultado el día 31 de marzo de 2013]. Disponible en <http://www.monografica.org/01Articulos/1236>
- Pheasant S. (1988) Ergonomics. standards and guidelines for designers.
- Plantaciones de árboles como sumideros de carbono. 2009 [consultado el día 25 de noviembre de 2014]. Disponible en: <http://vidadelacer.org/index.php/documentos/ecuador/301-plantaciones-de-arboles-como-sumideros-de-carbono>
- Planificación estratégica bosques nativos en el Ecuador 2007-2012. Principales especies forestales y su ciclo vegetativo en Ecuador. [consultado el día 25 de noviembre de 2014]. Disponible en: http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2013/03/PE_BN.pdf Principales especies forestales y su ciclo vegetativo en Ecuador.
- Pugh, S. (1991) Total design: integrated methods for successful product engineering. Addison-Wesley Publishing Company
- Quintana Aparicio E., et al. (2004). Study of the school furniture in a children population. *Journal Fisioterapia* (26), 3-12.

- Rescalvo S.(2004). De la Fuente Martín J. Ergonomía y salud .Concepción y diseño del puesto de trabajo, (pp. 298-333).
- Revista Internacional Científica y Profesional, El profesional de la información. Artículo ISO 9000, Definición de NORMA. 2008. ISSN 1386-6710 [consultado el día 24 de marzo de 2014]. Disponible en Internet:http://www.elprofesionaldelainformacion.com/contenidos/1998/septiembre/iso_9000_nueva_publicacion_de_sedic.html
- Revista EKOS. Reciclaje de acero: un ejemplo de RSE Industria. 2011. ISSN 7-861000-216586 [consultado el día 30 de mayo de 2014]. Disponible en <http://www.ekosnegocios.com/revista/Pagina.aspx?idEdicion=4&pagina=110>
- Romero, M., Diego Velasteguí, D.Robles, M.(2008) Descripción de las cadenas productivas del ecuador.
- Roozenburg, F., Eekels, J. (1995). Product design: fundamentals and methods (2^a ed.). West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- Rubinos, D. A. (2008). Utilización de lodos rojos de bauxita en la contención e inactivación de residuos tóxicos y peligrosos (Doctoral dissertation, PhD thesis dissertation. University of Santiago de Compostela, (pp. 45-46).
- Salazar, G. (2011). Utilización de fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de bloques de mampostería para mitigar el impacto ambiental en el Cantón Ambato.
- Secretaría del Medioambiente y Recursos Naturales de México, (SEMARNAT). Impacto ambiental. [consultado el día 20 de noviembre de 2014]. Disponible en:<http://www.semarnat.gob.mx/transparencia/transparenciafocalizada/impactoambiental>

- Save the Children Inglaterra. (2002). Escuelas para todos y todas. incluyendo a la niñez con discapacidad en la educación. 2002.
- Standard ISO 7250-1:2008 (Basic human body measurements for technological design -- Part 1: Body measurement definitions and landmarks). [consultado el día 18 enero de 2014]. Disponible en Internet: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=65246.
- Soro, E.(1994). La escuela y los alumnos con discapacidad motriz. comunicación, lenguaje y educación (6), 23-35.
- Tejada, M, Arévalo A., Vinueza, M.(1999) Manual de descripción general de especies secundarias SANDE.
- The Aluminum Association. Sustainability. [consultado el día 20 de diciembre del 2014]. Disponible en: <http://www.aluminum.org/sustainability>
- Tortosa, L., García C., Page del Pozo, A., Ferreras, R. (1999) Ergonomía y discapacidad.
- UNICEF. Estado mundial de la infancia 2012. [consultado el día 20 de marzo del 2013]. Disponible en: <http://www.unicef.es/actualidad-documentacion/publicaciones/estado-mundial-de-la-infancia>.
- UNESCO (2012). Respetar los derechos de los discapacitados .2012. [consultado el día 04 de abril del 2013]. Disponible en: http://www.unesco.org/new/es/education/resources/online-materials/single-view/news/respecting_the_rights_of_persons_with_disabilities/
- UNESCO, Chile. Ministerio de Educación. (2001). Guía de recomendaciones para el diseño del mobiliario escolar, (pp.160). Chile. Santiago.

- Ungureanu, C. A., Das, S., Jawahir, I. S. 2007. Life-cycle cost analysis: aluminum versus steel in passenger cars. In TMS Meeting, Aluminum Alloys for Transportation, Packaging, Aerospace and Other Applications, (pp.11-34).
- Valero, E. Antropometría. [consultado el día 15 de diciembre de 2013]. Disponible: <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Diseno%20del%20puest/DTEAntropometriaDP.pdf>
- Yeats B. (1997) Factors that may influence the postural health of schoolchildren (K-12). *Journal of Prevention, Assessment & Rehabilitation* (9), 45-55.

Anexos

Anexo I. Detalle de los 9600 datos antropométricos tomados a niños y niñas con discapacidad motriz, en función a 25 variables antropométricas.

		PSICOMOTRIZ	PSICOMOTRIZ	PSICOMOTRIZ	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PSICOMOTRIZ	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PSICOMOTRIZ	PSICOMOTRIZ	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PSICOMOTRIZ	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	PARALISIS CEREBRAL LEVE	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE					
Discapacidad																					
Sexo (F)/(M)		F	F	F	F	F	M	F	F	M	F	M	M	M	F	F	F	F	F	F	M
Nivel socio económico		M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Edad en años		6	5	5	6	5	8	5	5	6	5	9	10	9	5	5	6	5	6	5	10
Peso en kg.		14	14	15	15	14	25	14	15	24	15	28	30	28	15	14	15	15	15	15	30
1	Altura asiento- nuca (vertex)	51	50	52	53	53	63	50	51	62	51	61	57	61	52	53	52	52	53	53	57
2	Altura nuca -piso	84	81	83	84	81	98	81	83	97	82	96	86	96	83	84	83	82	83	84	87
3	Altura ojos -piso	72	72	73	75	72	80	73	73	80	72	83	85	82	73	74	73	72	73	74	85
4	Altura hombros –asiento	31	32	34	33	29	41	30	32	40	30	39	36	39	33	34	33	30	31	32	37
5	Altura hombros-piso	64	63	64	64	63	70	63	65	71	63	74	67	74	63	63	63	63	63	64	67
6	Altura escápula-asiento	16	15	16	16	15	21	15	17	21	15	24	23	24	15	16	15	15	16	17	23
7	Altura piso-escápula	46	46	47	47	46	51	47	47	51	46	55	54	54	46	47	47	46	47	47	55
8	Altura codo piso	45	45	46	44	44	51	45	45	53	45	51	47	51	44	44	43	44	45	46	47
9	Altura codo- asiento	15	15	15	17	15	22	15	16	22	15	18	20	19	16	17	16	15	16	16	21
10	Altura concavidad lumbar-asiento	8	8	9	9	8	15	9	10	13	8	11	12	11	8	9	8	8	9	9	12
11	Longitud hombro – codo	17	16	17	19	16	29	17	18	27	16	21	23	21	18	19	18	17	19	17	23
12	Longitud del antebrazo-dedo pulgar	18	18	18	20	18	29	19	19	27	18	33	34	34	19	19	18	18	18	19	35

13	Distancia entre codos	29	29	29	29	28	40	28	29	39	28	40	43	40	28	28	28	28	28	28	43
14	Radio de movimiento antebrazo-mano derecha	45°	45°	38°	41°	43°	41°	43°	32°	35°	32°	45°	32°	45°	33°	36°	33°	39°	38°	43°	32°
15	Radio de movimiento antebrazo-mano izquierda	45°	44°	38°	2°	40°	3°	43°	34°	2°	32°	45°	33°	45°	2°	4°	4°	8°	3°	2°	37°
16	Anchura torácica	24	23	25	24	23	31	24	24	30	23	37	40	37	23	24	23	23	24	25	39
17	Ancho de los hombros	29	29	29	29	28	33	27	29	32	28	39	43	40	28	28	27	28	28	29	43
18	Ancho de la cintura	21	21	22	22	20	30	20	22	28	20	37	32	37	20	21	20	21	21	22	34
19	Ancho de las caderas	21	21	22	22	21	34	21	22	34	21	37	39	37	22	23	22	21	22	23	39
20	Altura poplítea	28	28	30	29	28	31	28	28	30	27	34	34	33	28	29	28	28	29	29	35
21	Longitud nalga- poplítea	20	21	22	21	20	31	20	21	30	20	34	36	34	20	21	20	21	21	22	36
22	Longitud nalga-rodilla	25	25	25	25	24	41	25	26	39	25	40	49	40	24	25	24	24	25	26	49
23	Espesor del muslo	8	8	8	9	8	16	8	8	14	8	12	14	11	9	8	8	8	9	9	14
24	Longitud del pie.	15	15	15	16	15	24	15	16	23	15	20	24	20	15	15	15	15	15	16	24
25	Ancho del pie.	5	5	6	5	5	10	6	5	10	5	10	12	9	5	5	5	5	5	6	11

	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PSICOMOTRIZ	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA DERECHA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	RETARDO MENTAL, AUTISTA MODERADO	HEMIPARESIA DERECHA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PSICOMOTRIZ	PARALISIS CEREBRAL, EPILEPSIA	HEMIPARESIA IZQUIERDA						
Discapacidad																						
Sexo (F)/(M)	F	F	M	M	M	M	M	M	M	M	F	M	M	F	M	M	M	M	M	F	F	
Nivel socio económico	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	
Edad en años	5	8	7	6	5	6	6	8	7	6	5	5	6	5	7	8	5	8	10	7		
Peso en kg.	15	36	23	16	16	17	18	26	25	17	16	16	16	16	23	26	15	26	31	25		
1	Altura asiento- nuca (vertex)	52	65	56	51	50	50	51	63	62	51	52	50	50	50	624	63	50	64	62	62	
2	Altura nuca -piso	83	95	90	84	84	84	84	97	97	84	83	82	84	84	96	93	81	93	94	98	
3	Altura ojos -piso	73	86	80	73	72	73	72	80	79	72	73	72	72	72	81	85	72	85	82	80	
4	Altura hombros –asiento	33	39	34	32	31	32	33	40	40	32	33	32	30	32	38	38	29	39	38	40	
5	Altura hombros-piso	63	70	64	66	66	67	67	71	69	66	64	66	66	66	70	68	63	69	69	71	
6	Altura escápula-asiento	15	20	20	17	16	16	16	22	20	15	16	16	16	16	21	20	15	20	24	22	
7	Altura piso-escápula	46	51	50	47	46	47	47	52	50	47	48	47	46	47	52	50	46	50	55	52	
8	Altura codo piso	44	53	53	49	49	51	50	53	51	49	49	49	46	49	49	52	44	54	46	52	
9	Altura codo- asiento	16	17	20	16	16	16	16	22	21	16	16	16	16	16	18	17	15	18	18	21	
10	Altura concavidad lumbar-asiento	8	10	9	9	8	9	9	15	14	8	8	8	8	8	9	10	8	9	12	16	
11	Longitud hombro – codo	18	28	22	18	19	18	18	29	28	18	19	18	18	18	25	28	16	30	25	28	
12	Longitud del antebrazo-dedo pulgar	19	25	23	20	19	19	19	28	28	20	20	19	19	19	26	28	18	29	35	28	
13	Distancia entre codos	28	39	37	29	29	30	30	40	39	29	29	30	29	29	38	38	28	39	42	41	

14	Radio de movimiento antebrazo- mano derecha	33°	45°	30°	30°	30°	35°	31°	2°	35°	30°	30°	31°	33°	30°	40°	3°	32°	32°	38°	35°
15	Radio de movimiento antebrazo- mano izquierda	2°	45°	5°	30°	30°	26°	30°	45°	2°	30°	34°	30°	30°	37°	30°	38°	3°	40°	38°	2°
16	Anchura torácica	23	32	26	29	28	29	28	31	30	28	29	28	28	25	28	36	23	36	40	31
17	Ancho de los hombros	28	33	27	29	28	29	30	33	32	28	29	29	29	29	30	37	24	38	41	32
18	Ancho de la cintura	20	33	26	30	30	31	31	29	29	30	30	30	30	24	26	37	24	33	38	31
19	Ancho de las caderas	22	39	28	34	34	34	34	34	33	34	34	34	34	34	24	38	21	38	39	32
20	Altura poplítea	28	36	30	28	27	28	28	32	31	27	29	27	27	27	28	33	24	35	34	31
21	Longitud nalga- poplítea	20	26	26	27	26	27	28	32	31	26	27	28	27	25	26	29	22	30	34	31
22	Longitud nalga-rodilla	24	35	33	25	24	25	25	41	40	24	25	24	24	24	38	36	26	36	47	41
23	Espesor del muslo	9	11	10	9	9	10	10	15	15	9	10	9	9	9	12	12	8	13	12	16
24	Longitud del pie.	15	18	20	15	15	15	15	23	23	15	15	15	15	15	22	20	12	21	21	24
25	Ancho del pie.	5	9	10	10	10	10	10	10	11	10	10	11	10	9	10	9	7	10	12	10

		HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA DERECHA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA DERECHA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PSICOMOTRIZ	PSICOMOTRIZ	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IZQUIERDA					
Discapacidad																					
Sexo (F)/(M)		F	M	M	M	F	F	M	M	M	F	F	F	M	M	F	F	M	M	F	F
Nivel socio económico		M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Edad en años		8	10	9	10	10	9	10	8	9	8	7	9	10	9	5	5	9	9	6	5
Peso en kg.		26	30	31	32	30	29	30	27	29	28	24	29	31	28	15	14	29	27	15	14
1	Altura asiento- nuca (vertex)	63	57	57	57	58	57	57	65	60	61	62	62	58	61	53	52	61	61	53	52
2	Altura nuca -piso	98	86	86	85	84	86	86	97	94	96	96	96	86	97	85	83	95	96	84	83
3	Altura ojos -piso	81	86	85	85	86	85	85	89	80	82	78	82	85	82	73	72	82	79	75	74
4	Altura hombros –asiento	42	36	37	36	36	35	36	38	39	38	40	39	36	39	33	33	39	39	34	32
5	Altura hombros-piso	72	67	67	68	67	67	67	69	74	74	70	74	68	74	63	63	74	74	64	63
6	Altura escápula-asiento	23	24	23	24	24	23	23	23	24	23	20	24	24	24	15	16	24	24	16	15
7	Altura piso-escápula	53	55	55	54	54	54	54	54	54	53	51	52	54	54	47	47	52	54	47	46
8	Altura codo piso	52	48	47	47	48	47	47	45	51	51	50	51	46	51	45	46	51	51	44	43
9	Altura codo- asiento	22	20	21	20	21	20	20	18	18	19	21	18	20	20	15	16	19	19	16	16
10	Altura concavidad lumbar-asiento	17	12	11	11	12	10	12	11	10	11	16	12	11	12	8	8	12	11	9	8
11	Longitud hombro – codo	29	23	24	23	23	23	23	29	21	22	28	21	23	21	16	17	20	21	19	18

12	Longitud del antebrazo-dedo pulgar	29	34	34	34	35	34	34	34	34	34	28	35	35	34	18	18	34	34	19	18
13	Distancia entre codos	42	43	42	43	44	44	43	37	39	40	41	40	41	42	28	29	39	40	29	29
14	Radio de movimiento antebrazo-mano derecha	43°	32°	32°	31°	32°	30°	32°	3°	32°	32°	3°	31°	32°	45°	45°	45°	45°	45°	40°	45°
15	Radio de movimiento antebrazo-mano izquierda	2°	32°	32°	32°	33°	32°	32°	45°	3°	3°	45°	2°	32°	3°	45°	45°	45°	45°	2°	2°
16	Anchura torácica	30	40	40	40	40	40	40	36	37	37	29	39	40	38	24	24	37	37	24	23
17	Ancho de los hombros	31	43	43	43	43	42	43	38	40	41	29	40	40	40	29	29	38	40	28	28
18	Ancho de la cintura	30	32	32	32	35	32	32	30	36	37	30	38	33	37	21	22	37	37	21	20
19	Ancho de las caderas	33	39	39	39	38	39	39	36	37	36	31	37	39	39	21	22	37	36	23	21
20	Altura poplítea	31	34	33	35	34	34	34	34	33	33	30	34	34	33	29	29	33	33	29	28
21	Longitud nalga- poplítea	30	36	36	35	35	35	36	36	35	34	30	34	34	34	21	22	33	34	22	20
22	Longitud nalga-rodilla	40	49	47	49	50	49	49	36	40	39	40	42	48	40	25	24	41	41	25	24
23	Espesor del muslo	15	14	14	13	15	14	14	13	12	11	15	11	14	11	9	8	11	11	9	8
24	Longitud del pie.	23	24	24	24	24	24	24	18	20	19	23	22	25	21	15	15	20	20	15	15
25	Ancho del pie	10	12	12	12	12	12	12	11	9	9	10	10	12	9	5	5	9	10	6	5

	Discapacidad	HEMIPARESIA IZQUIERDA SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PSICOMOTRIZ	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	HEMIPARESIA IZQUIERDA RETARDO MENTAL, AUTISTA MODERADO	HEMIPARESIA IZQUIERDA PSICOMOTRIZ	HEMIPARESIA IZQUIERDA PSICOMOTRIZ	HEMIPARESIA IZQUIERDA PARALISIS CEREBRAL LEVE	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	PARALISIS CEREBRAL LEVE	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	HEMIPARESIA IZQUIERDA	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL							
	Sexo (F)/(M)	F	F	F	F	F	F	M	F	M	M	M	M	M	F	F	M	F	F	M	
	Nivel socio económico	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	
	Edad en años	6	5	5	5	5	6	5	8	5	6	5	9	10	9	5	5	7	5	6	9
	Peso en kg.	15	14	15	14	15	15	14	25	15	24	17	28	30	28	15	14	25	15	15	29
1	Altura asiento- nuca (vertex)	52	53	53	52	52	53	53	63	51	62	51	61	57	61	52	53	62	52	53	61
2	Altura nuca -piso	83	84	82	82	83	84	81	98	82	97	84	96	86	96	83	84	98	82	83	96
3	Altura ojos -piso	74	72	73	72	73	75	72	80	73	80	72	83	85	82	73	74	80	72	73	82
4	Altura hombros –asiento	33	34	33	33	34	33	29	41	31	40	32	39	36	39	33	34	40	30	31	39
5	Altura hombros-piso	63	64	63	63	64	64	63	70	64	71	66	74	67	74	63	63	71	63	63	74
6	Altura escápula-asiento	15	15	15	15	16	16	15	21	16	21	15	24	23	24	15	16	22	15	16	24
7	Altura piso-escápula	46	46	46	46	47	47	46	51	47	51	47	55	54	54	46	47	52	46	47	53
8	Altura codo piso	43	45	45	46	46	44	44	51	45	53	49	51	47	51	44	44	52	44	45	51
9	Altura codo- asiento	16	15	15	15	15	17	15	22	16	21	16	18	20	19	16	17	21	15	16	19
10	Altura concavidad lumbar-asiento	8	8	8	8	9	9	8	15	9	13	8	11	12	11	8	9	16	8	9	11
11	Longitud hombro – codo	18	16	16	16	17	19	16	29	17	27	18	21	23	21	18	19	28	17	16	20
12	Longitud del antebrazo-dedo pulgar	18	18	17	18	18	20	18	29	19	27	20	33	34	34	19	19	28	18	18	34

13	Distancia entre codos	28	28	28	29	29	29	28	40	29	39	29	40	43	40	28	29	41	28	28	39
14	Radio de movimiento antebrazo- mano derecha	33°	45°	45°	45°	38°	41°	43°	41°	32°	35°	30°	45°	32°	45°	33°	36°	35°	39°	38°	45°
15	Radio de movimiento antebrazo- mano izquierda	4°	45°	45°	45°	38°	2°	40°	3°	34°	2°	30°	45°	33°	45°	2°	4°	2°	8°	3°	45°
16	Anchura torácica	23	24	24	24	25	24	23	31	24	30	28	37	40	37	23	24	31	23	24	37
17	Ancho de los hombros	27	28	29	29	29	29	28	33	28	32	28	39	43	40	28	28	32	28	28	39
18	Ancho de la cintura	20	21	21	21	22	22	20	30	21	28	30	37	32	37	20	21	31	21	21	37
19	Ancho de las caderas	22	21	21	21	22	22	21	34	22	34	34	37	39	37	22	23	32	21	22	37
20	Altura poplítea	28	28	29	29	30	29	28	31	28	30	27	34	34	33	28	29	31	28	29	33
21	Longitud nalga- poplítea	20	20	21	21	22	21	20	31	21	30	26	34	36	34	20	21	31	21	21	34
22	Longitud nalga-rodilla	24	25	25	25	25	25	24	41	26	39	24	40	49	40	24	25	41	24	25	40
23	Espesor del muslo	8	8	9	8	8	9	8	16	9	13	9	12	14	11	9	8	16	8	9	11
24	Longitud del pie.	15	15	15	15	15	15	15	24	16	23	15	20	24	20	15	15	24	15	15	20
25	Ancho del pie.	5	5	5	5	6	5	5	10	5	10	10	10	12	9	5	5	10	5	5	9

Discapacidad	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PSICOMOTRIZ	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PSICOMOTRIZ	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA DERECHA	HEMIPARESIA DERECHA	PSICOMOTRIZ	RETARDO MENTAL, AUTISTA MODERADO	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL, EPILEPSIA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	
Sexo (F)/(M)	F	F	M	F	F	M	M	M	M	M	M	M	M	M	F	M	M	M	M	M	
Nivel socio económico	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	
Edad en años	5	5	10	5	8	7	5	6	7	6	6	5	8	8	5	7	5	8	10	8	
Peso en kg.	15	14	30	15	36	23	16	17	25	16	16	16	26	26	15	23	15	26	31	26	
1	Altura asiento- nuca (vertex)	53	50	57	52	65	56	50	50	62	51	50	50	63	63	51	62	50	64	62	63
2	Altura nuca -piso	84	81	87	83	95	90	84	84	97	84	84	84	93	97	82	96	81	93	94	98
3	Altura ojos -piso	74	72	85	73	86	80	72	73	79	73	72	72	85	80	72	81	72	85	82	81
4	Altura hombros –asiento	32	30	37	33	39	34	31	32	40	32	30	32	38	40	30	39	29	39	38	42
5	Altura hombros-piso	64	63	67	63	70	64	66	67	69	66	66	66	68	71	63	70	63	69	69	72
6	Altura escápula-asiento	17	15	23	15	20	20	16	16	20	17	16	16	20	22	15	21	15	20	24	23
7	Altura piso-escápula	47	47	55	46	51	50	46	47	50	47	46	47	50	52	46	52	46	50	55	53
8	Altura codo piso	46	44	47	44	53	53	49	50	51	49	46	49	52	53	45	49	44	54	46	52
9	Altura codo- asiento	16	15	21	16	17	20	16	16	21	16	16	16	17	22	15	17	15	18	18	22
10	Altura concavidad lumbar-asiento	9	8	12	8	10	9	8	9	14	9	8	8	10	15	8	9	8	9	12	17

11	Longitud hombro – codo	17	17	23	18	28	22	19	18	28	18	18	18	28	29	16	25	16	30	25	29
12	Longitud del antebrazo-dedo pulgar	19	18	35	19	25	23	19	19	28	20	19	19	28	28	18	26	18	29	35	29
13	Distancia entre codos	28	28	43	28	39	38	29	30	39	29	29	29	38	40	28	37	28	39	42	42
14	Radio de movimiento antebrazo- mano derecha	43°	43°	32°	33°	45°	30°	30°	35°	35°	30°	33°	30°	3°	2°	32°	30°	32°	32°	38°	43°
15	Radio de movimiento antebrazo- mano izquierda	2°	43°	30°	2°	45°	5°	30°	25°	2°	31°	30°	32°	38°	45°	32°	30°	3°	32°	38°	2°
16	Anchura torácica	25	23	39	23	32	26	28	29	30	29	28	25	36	31	23	28	23	36	40	30
17	Ancho de los hombros	29	28	43	28	33	27	28	29	32	29	29	29	37	33	28	30	24	38	41	31
18	Ancho de la cintura	22	20	34	20	33	26	30	31	29	30	30	24	37	29	20	26	24	33	38	30
19	Ancho de las caderas	23	21	39	22	39	28	34	34	33	34	34	34	38	34	21	22	21	38	39	33
20	Altura poplítea	29	28	35	28	36	30	27	28	31	28	27	27	33	32	27	28	24	35	34	31
21	Longitud nalga- poplítea	22	20	36	20	26	26	26	27	31	27	27	25	29	32	20	25	22	30	34	30
22	Longitud nalga-rodilla	26	25	49	24	35	33	24	25	40	25	24	24	36	41	25	38	26	36	47	40
23	Espesor del muslo	9	8	14	9	11	10	9	10	15	9	9	9	12	15	8	12	8	13	12	15
24	Longitud del pie.	16	15	24	15	18	20	15	15	23	15	15	15	20	23	15	22	12	21	21	23
25	Ancho del pie.	6	6	11	5	9	10	10	10	11	10	10	9	9	10	5	10	7	10	12	10

		PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA DERECHA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA DERECHA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PSICOMOTRIZ	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	
	Discapacidad																					
	Sexo (F)/(M)	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	F	M	M	F	F	M	M	
	Nivel socio económico	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	
	Edad en años	10	10	10	10	8	9	7	10	6	9	9	10	9	5	9	8	6	5	9	9	
	Peso en kg.	30	31	30	29	27	28	24	32	17	29	29	31	28	14	28	27	15	14	28	29	
1	Altura asiento- nuca (vertex)	57	57	58	57	65	61	62	57	51	60	62	57	61	52	61	65	53	52	60	64	
2	Altura nuca -piso	86	86	84	86	97	96	96	85	84	94	96	86	97	83	96	97	84	83	96	96	
3	Altura ojos -piso	86	85	85	85	89	82	78	85	72	80	82	85	82	72	82	86	75	74	81	84	
4	Altura hombros –asiento	36	37	36	35	38	38	40	36	33	39	39	36	39	33	39	38	34	32	39	39	
5	Altura hombros-piso	67	67	67	67	69	74	70	68	66	74	74	68	74	63	74	69	64	63	74	74	
6	Altura escápula-asiento	24	23	23	23	23	23	20	24	16	24	24	23	24	16	24	21	16	15	24	23	
7	Altura piso-escápula	55	55	54	54	54	54	51	54	47	54	52	54	54	47	54	52	47	46	53	54	
8	Altura codo piso	48	47	47	47	45	51	50	47	49	51	51	46	51	46	51	45	44	43	51	53	
9	Altura codo- asiento	20	21	21	20	18	19	21	20	16	18	18	20	20	16	19	18	16	16	18	19	
10	Altura concavidad lumbar- asiento	12	11	12	10	10	11	16	11	9	10	12	12	12	8	11	10	9	8	11	11	

11	Longitud hombro – codo	23	24	23	23	29	22	28	23	18	21	21	23	21	17	21	29	19	18	20	21
12	Longitud del antebrazo-dedo pulgar	34	34	35	34	34	34	28	34	19	34	35	35	34	18	34	28	19	18	34	34
13	Distancia entre codos	43	42	44	44	37	40	41	43	30	39	40	43	42	29	40	39	29	29	40	40
14	Radio de movimiento antebrazo-mano derecha	32°	32°	32°	30°	3°	32°	3°	31°	31°	32°	31°	32°	45°	45°	45°	30°	40°	45°	45°	45°
15	Radio de movimiento antebrazo-mano izquierda	32°	32°	33°	32°	45°	3°	45°	32°	30°	3°	2°	32°	3°	45°	45°	30°	2°	2°	45°	45°
16	Anchura torácica	40	40	40	40	36	37	29	40	28	37	39	40	38	24	37	38	24	23	37	37
17	Ancho de los hombros	43	43	43	42	38	41	29	43	30	40	40	43	40	29	40	42	28	28	39	42
18	Ancho de la cintura	32	32	30	32	30	37	30	32	30	36	38	33	37	22	37	29	21	20	37	37
19	Ancho de las caderas	39	39	38	39	36	36	31	39	34	37	37	39	39	22	37	36	23	21	37	37
20	Altura poplíteica	34	33	34	34	34	33	30	35	28	33	34	34	33	29	33	34	29	28	31	33
21	Longitud nalga- poplíteica	36	36	35	35	36	34	30	35	27	35	34	36	34	22	34	32	21	20	34	34
22	Longitud nalga-rodilla	49	47	50	49	36	39	40	49	25	40	42	48	40	24	41	36	25	24	40	40
23	Espesor del muslo	14	14	14	14	13	11	15	13	10	12	11	14	11	8	11	12	9	8	11	13
24	Longitud del pie.	24	24	24	24	18	19	23	24	15	20	22	25	21	15	20	18	15	15	21	20
25	Ancho del pie.	12	12	12	12	11	9	10	12	10	9	10	12	9	5	10	11	6	5	9	10

	Discapacidad	HEMIPARESIA DERECHA	PSICOMOTRIZ	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PSICOMOTRIZ	PSICOMOTRIZ	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PSICOMOTRIZ	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	PARALISIS CEREBRAL LEVE	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA DERECHA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE
	Sexo (F)/(M)	F	F	M	F	F	M	F	M	M	M	F	F	F	M	F	M	F	F	M	F
	Nivel socio económico	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
	Edad en años	6	5	8	5	5	6	5	9	10	9	5	5	5	7	5	10	5	5	7	6
	Peso en kg.	15	14	25	14	15	24	15	28	30	28	15	14	15	15	15	30	15	16	23	16
1	Altura asiento- nuca (vertex)	53	53	63	50	52	63	51	61	57	61	52	53	52	53	53	57	52	52	56	51
2	Altura nuca -piso	84	81	98	81	83	97	82	96	86	96	83	84	82	83	84	87	83	83	90	84
3	Altura ojos -piso	74	73	81	73	73	80	72	83	85	82	73	74	72	73	74	85	73	74	80	73
4	Altura hombros –asiento	33	29	41	30	33	40	30	39	36	39	33	34	30	31	32	37	33	33	34	32
5	Altura hombros-piso	64	63	70	63	65	71	63	74	67	74	63	63	63	63	64	67	63	64	64	66
6	Altura escápula-asiento	16	16	21	16	17	21	15	24	23	24	15	16	15	16	17	23	15	16	20	17
7	Altura piso-escápula	47	46	51	47	48	51	46	55	54	54	46	47	46	47	47	55	46	48	50	47
8	Altura codo piso	44	45	52	46	45	53	45	51	47	51	44	44	44	45	46	47	44	49	53	49
9	Altura codo- asiento	18	16	23	15	16	21	15	18	20	19	16	17	15	16	16	21	16	16	20	16
10	Altura concavidad lumbar-asiento	9	8	15	9	10	22	8	11	12	12	8	9	8	10	9	12	8	8	9	9
11	Longitud hombro – codo	20	16	30	18	18	22	16	21	23	21	18	19	17	19	17	23	19	19	22	18
12	Longitud del antebrazo-dedo pulgar	20	19	29	19	19	22	18	33	34	34	19	19	18	18	19	35	19	20	23	20

13	Distancia entre codos	29	28	40	29	29	22	28	40	43	40	28	28	28	28	28	43	28	29	37	28
14	Radio de movimiento antebrazo-mano derecha	4°	43°	41°	43°	32°	22	32°	45°	32°	45°	33°	36°	39°	3°	43°	32°	33°	30°	30°	30°
15	Radio de movimiento antebrazo-mano izquierda	32°	40°	3°	43°	34°	22	32°	45°	33°	45°	2°	3°	8°	39°	2°	37°	2°	34°	5°	30°
16	Anchura torácica	24	23	31	24	24	22	23	37	40	37	23	24	23	24	25	39	23	29	26	29
17	Ancho de los hombros	30	29	33	27	29	22	28	39	43	40	28	28	28	28	29	43	28	29	27	29
18	Ancho de la cintura	22	20	30	20	22	22	20	37	32	37	20	21	21	21	22	34	20	30	26	30
19	Ancho de las caderas	22	22	34	21	22	22	21	37	39	37	22	23	21	22	23	39	22	34	28	34
20	Altura poplítea	29	28	32	28	28	22	27	34	34	33	28	29	28	29	29	35	28	29	30	28
21	Longitud nalga- poplítea	21	21	31	20	22	22	20	34	36	34	20	21	21	21	22	36	20	27	26	27
22	Longitud nalga-rodilla	26	24	41	25	26	22	25	40	49	40	24	25	24	25	26	49	24	25	33	25
23	Espesor del muslo	9	8	17	8	8	22	8	12	14	11	9	8	8	9	9	14	9	10	10	9
24	Longitud del pie.	16	16	24	15	16	22	15	20	24	20	15	15	15	15	16	24	15	15	20	15
25	Ancho del pie.	5	5	10	6	6	22	5	10	12	9	5	5	5	5	6	11	5	10	10	10

Discapacidad		PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA DERECHA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	RETARDO MENTAL, AUTISTA MODERADO	HEMIPARESIA DERECHA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PSICOMOTRIZ	PARALISIS CEREBRAL, EPILEPSIA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PSICOMOTRIZ				
	Sexo (F)/(M)	M	F	M	F	F	M	F	F	F	F	M	F	F	M	F	F	F	F	M	F
	Nivel socio económico	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
	Edad en años	5	6	6	8	7	6	6	6	6	5	7	8	5	8	10	8	8	10	9	6
	Peso en kg.	16	17	18	26	25	17	16	16	16	16	23	26	15	26	31	25	26	30	31	14
1	Altura asiento- nuca (vertex)	50	50	51	63	63	51	52	50	50	50	62	63	50	64	62	62	63	57	57	51
2	Altura nuca -piso	85	84	84	97	97	86	83	82	84	84	95	93	81	93	94	98	98	86	86	84
3	Altura ojos -piso	72	73	72	80	79	72	73	72	72	72	81	85	72	86	82	80	82	86	85	72
4	Altura hombros –asiento	31	32	33	40	40	32	33	32	30	32	38	38	29	39	38	40	42	36	37	31
5	Altura hombros-piso	66	67	67	71	69	66	64	66	66	66	71	68	63	69	69	71	72	67	67	64
6	Altura escápula-asiento	16	16	16	22	20	15	16	16	16	16	21	20	16	20	24	22	24	24	23	16
7	Altura piso-escápula	46	47	47	52	51	47	48	47	47	46	52	50	46	50	55	52	53	55	55	46
8	Altura codo piso	49	51	50	53	51	49	49	49	46	49	49	52	44	54	46	52	53	48	47	45
9	Altura codo- asiento	16	16	16	22	21	16	16	16	16	16	18	17	15	18	18	21	22	20	21	15
10	Altura concavidad lumbar- asiento	8	9	9	16	14	8	9	8	8	9	9	10	8	9	12	16	17	12	11	8
11	Longitud hombro – codo	19	18	18	29	28	18	19	18	18	18	25	29	16	30	25	28	29	23	24	17
12	Longitud del antebrazo-dedo pulgar	19	19	19	28	28	21	20	19	19	19	26	28	18	29	35	28	29	34	34	18
13	Distancia entre codos	29	30	30	40	39	29	29	30	29	29	38	38	28	39	42	41	42	43	42	29

14	Radio de movimiento antebrazo-mano derecha	31°	35°	31°	2°	35°	30°	30°	31°	33°	30°	40°	3°	32°	32°	39°	35°	43°	32°	32°	45°
15	Radio de movimiento antebrazo-mano izquierda	30°	26°	30°	42°	2°	30°	34°	30°	30°	37°	30°	38°	3°	40°	38°	2°	43°	32°	32°	45°
16	Anchura torácica	28	29	28	31	30	28	29	28	28	25	28	36	23	36	40	31	30	40	40	24
17	Ancho de los hombros	28	29	30	33	32	28	29	29	29	29	30	37	24	38	41	32	31	43	43	29
18	Ancho de la cintura	31	31	31	29	29	30	30	30	30	24	26	37	24	33	38	31	30	33	32	21
19	Ancho de las caderas	34	34	34	34	33	35	34	34	34	34	24	38	21	38	39	32	33	39	39	21
20	Altura poplítea	27	28	28	32	31	27	29	27	27	27	28	33	24	35	34	31	31	34	33	28
21	Longitud nalga- poplítea	26	27	28	32	31	26	27	28	27	25	26	29	22	30	34	31	30	36	36	20
22	Longitud nalga-rodilla	24	25	25	41	40	25	25	24	24	25	38	36	26	36	47	41	40	49	47	25
23	Espesor del muslo	9	10	11	15	15	9	10	9	9	9	12	12	8	13	12	16	15	14	14	8
24	Longitud del pie.	15	15	15	23	23	16	15	15	15	15	22	20	12	21	21	24	23	24	24	15
25	Ancho del pie.	10	10	10	10	11	10	10	11	10	9	10	9	7	10	12	10	10	12	12	5

	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PSICOMOTRIZ	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PSICOMOTRIZ	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PSICOMOTRIZ	PSICOMOTRIZ	HEMIPARESIA DERECHA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PSICOMOTRIZ	PSICOMOTRIZ	PSICOMOTRIZ	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	
Discapacidad																					
Sexo (F)/(M)	F	F	F	F	F	F	M	M	M	F	F	F	M	F	F	F	M	M	F	F	
Nivel socio económico	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	
Edad en años	6	5	10	5	9	8	10	8	9	8	6	9	10	10	5	5	9	9	6	5	
Peso en kg.	15	15	32	14	30	36	30	27	29	28	24	29	32	29	15	14	28	27	15	14	
1	Altura asiento- nuca (vertex)	52	52	57	50	58	65	57	65	60	61	62	63	58	61	53	52	61	62	53	52
2	Altura nuca -piso	83	83	85	81	84	95	86	97	94	96	96	96	86	97	85	83	95	95	86	83
3	Altura ojos -piso	73	73	85	73	86	86	85	89	80	82	78	82	85	82	73	72	81	80	75	74
4	Altura hombros -asiento	33	34	36	32	36	39	36	38	39	38	40	39	36	39	33	33	39	39	35	34
5	Altura hombros-piso	63	64	68	63	67	70	67	69	74	74	70	74	68	74	63	63	74	74	64	63
6	Altura escápula-asiento	15	16	24	15	24	20	23	23	24	23	20	25	24	24	15	16	24	24	16	15
7	Altura piso-escápula	47	47	54	46	54	51	54	54	54	53	51	52	54	54	47	47	53	53	47	46
8	Altura codo piso	43	46	47	45	48	53	48	45	51	51	50	51	46	51	45	46	50	51	44	43
9	Altura codo- asiento	16	15	20	15	21	17	21	18	18	19	21	19	20	20	15	16	19	19	16	16
10	Altura concavidad lumbar- asiento	8	9	11	8	12	10	12	11	10	11	16	13	11	12	8	8	12	12	9	8
11	Longitud hombro – codo	18	17	23	16	23	28	23	29	21	22	28	21	23	21	16	17	20	21	19	18

12	Longitud del antebrazo-dedo pulgar	18	18	34	18	35	25	34	34	34	34	28	34	35	34	18	18	34	35	19	18
13	Distancia entre codos	28	29	43	29	44	39	43	37	39	40	41	40	41	42	28	29	39	40	29	29
14	Radio de movimiento antebrazo-mano derecha	33°	38°	31°	45°	32°	45°	32°	3°	32°	32°	45°	31°	32°	45°	44°	45°	45°	45°	40°	45°
15	Radio de movimiento antebrazo-mano izquierda	4°	38°	32°	44°	33°	45°	32°	43°	3°	3°	45°	3°	32°	45°	45°	45°	45°	45°	2°	2°
16	Anchura torácica	23	25	40	23	40	32	40	36	37	37	29	39	40	38	24	24	37	37	24	23
17	Ancho de los hombros	27	29	43	29	43	33	43	38	40	41	29	30	40	40	29	29	38	40	28	28
18	Ancho de la cintura	20	22	32	21	34	33	32	30	36	37	30	38	33	37	21	22	37	37	21	20
19	Ancho de las caderas	22	22	39	21	38	39	39	36	37	36	31	37	38	39	21	22	37	36	23	21
20	Altura poplítea	28	30	35	28	34	36	34	34	33	33	30	34	34	33	29	29	33	33	29	28
21	Longitud nalga- poplítea	20	22	35	21	35	26	36	36	35	34	30	33	34	34	21	22	33	35	21	20
22	Longitud nalga-rodilla	24	25	49	25	50	35	49	36	40	39	40	41	48	40	25	24	41	41	25	24
23	Espesor del muslo	8	8	13	8	15	11	14	13	12	11	15	11	14	11	9	8	11	11	9	8
24	Longitud del pie.	15	15	24	15	24	18	24	18	20	19	23	22	25	21	15	15	20	20	15	15
25	Ancho del pie.	5	6	12	5	12	9	12	11	9	9	10	10	12	9	5	5	9	10	6	5

tim	Discapacidad	HEMIPARESIA IZQUIERDA	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PSICOMOTRIZ	HEMIPARESIA IZQUIERDA	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	RETARDO MENTAL, AUTISTA MODERADO	RETARDO MENTAL, AUTISTA MODERADO	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PSICOMOTRIZ	PARALISIS CEREBRAL LEVE	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	PARALISIS CEREBRAL LEVE	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PSICOMOTRIZ
		M	F	F	F	M	F	F	F	M	M	F	M	M	M	M	F	F	F	F	M
	Sexo (F)/(M)	M	F	F	F	M	F	F	F	M	M	F	M	M	M	M	F	F	F	F	M
	Nivel socio económico	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
	Edad en años	6	5	5	5	7	5	6	5	8	7	5	5	9	10	9	5	5	5	6	9
	Peso en kg.	24	14	15	14	25	15	15	14	25	23	15	17	28	30	28	15	14	15	15	29
1	Altura asiento- nuca (vertex)	62	53	53	52	62	52	53	53	63	56	51	51	61	57	61	52	53	52	53	61
2	Altura nuca -piso	97	84	82	82	98	83	84	81	98	90	82	84	96	86	96	83	84	82	83	96
3	Altura ojos -piso	80	72	73	72	80	73	75	72	80	80	73	72	83	85	82	73	74	72	73	82
4	Altura hombros –asiento	40	34	33	33	40	34	33	29	41	34	31	32	39	36	39	33	34	30	31	39
5	Altura hombros-piso	71	64	63	63	71	64	64	63	70	64	64	66	74	67	74	63	63	63	63	74
6	Altura escápula-asiento	21	15	15	15	22	16	16	15	21	20	16	15	24	23	24	15	16	15	16	24
7	Altura piso-escápula	51	46	46	46	52	47	47	46	51	50	47	47	55	54	54	46	47	46	47	53
8	Altura codo piso	53	45	45	46	52	46	44	44	51	53	45	49	51	47	51	44	44	44	45	51
9	Altura codo- asiento	21	15	15	15	21	15	17	15	22	20	17	16	18	20	19	16	17	15	16	19
10	Altura concavidad lumbar- asiento	13	8	8	8	16	9	9	8	15	9	9	8	11	12	11	8	9	8	9	11

11	Longitud hombro – codo	27	16	16	16	28	17	19	16	29	22	17	18	21	23	21	18	19	17	16	20
12	Longitud del antebrazo-dedo pulgar	27	18	17	18	28	18	20	18	29	23	19	20	33	34	34	19	19	18	18	34
13	Distancia entre codos	39	28	28	29	41	29	29	28	40	37	29	29	40	43	40	28	29	28	28	39
14	Radio de movimiento antebrazo-mano derecha	35°	45°	45°	45°	35°	38°	41°	43°	41°	30°	32°	30°	45°	32°	45°	33°	36°	39°	38°	45°
15	Radio de movimiento antebrazo-mano izquierda	2°	45°	45°	45°	2°	38°	40°	40°	3°	5°	34°	30°	45°	33°	45°	2°	4°	8°	3°	45°
16	Anchura torácica	30	24	24	24	31	25	24	23	31	26	24	28	37	40	37	23	24	23	24	37
17	Ancho de los hombros	32	28	29	29	32	29	29	28	33	27	28	28	39	43	40	28	28	28	28	39
18	Ancho de la cintura	28	21	21	21	31	22	22	20	30	26	21	30	37	32	37	20	21	21	21	37
19	Ancho de las caderas	34	21	21	21	32	22	22	21	34	28	22	34	37	39	37	22	23	21	22	37
20	Altura poplítea	30	28	29	29	31	30	29	28	31	30	28	27	34	34	33	28	29	28	29	33
21	Longitud nalga- poplítea	30	20	21	21	31	22	21	20	31	26	21	26	34	36	34	20	21	21	21	34
22	Longitud nalga-rodilla	39	25	25	25	41	25	25	24	41	33	26	24	40	49	40	24	25	24	25	40
23	Espesor del muslo	13	8	9	8	16	8	9	8	16	10	9	9	12	14	11	9	8	8	9	11
24	Longitud del pie.	23	15	15	15	24	15	15	15	24	20	16	15	20	24	20	15	15	15	15	20
25	Ancho del pie.	10	5	5	5	10	6	5	5	10	10	5	10	10	12	9	5	5	5	5	9

		HEMIPARESIA IZQUIERDA	PSICOMOTRIZ	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PSICOMOTRIZ	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA DERECHA	HEMIPARESIA DERECHA	PSICOMOTRIZ	RETARDO MENTAL, AUTISTA MODERADO	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL, EPILEPSIA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	
Discapacidad																						
Sexo (F)/(M)	F	F	M	F	F	F	M	M	M	M	M	M	M	M	F	M	M	M	M	M	M	M
Nivel socio económico	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Edad en años	6	5	6	5	8	6	6	6	7	7	6	5	8	8	5	8	8	10	8	10		
Peso en kg.	15	14	15	15	36	15	16	17	25	16	16	16	26	26	15	23	26	31	26	30		
1	Altura asiento- nuca (vertex)	53	50	50	52	65	52	51	50	62	51	50	50	63	63	51	62	64	62	63	57	
2	Altura nuca -piso	84	81	81	83	95	83	84	84	97	84	86	84	93	97	82	96	93	94	98	88	
3	Altura ojos -piso	74	72	72	73	86	74	73	74	79	73	72	73	85	80	72	81	85	82	81	86	
4	Altura hombros -asiento	32	30	29	33	39	33	31	32	40	32	30	32	38	40	30	39	39	38	42	36	
5	Altura hombros-piso	64	63	63	63	70	63	66	67	69	66	66	66	68	71	63	70	69	69	72	67	
6	Altura escápula-asiento	17	16	15	15	20	15	16	16	20	17	16	16	20	22	15	21	20	24	23	24	
7	Altura piso-escápula	47	47	46	46	51	46	46	47	50	47	46	47	50	52	46	52	50	55	53	55	
8	Altura codo piso	46	44	44	44	53	43	49	50	51	49	46	49	52	53	45	49	54	46	52	48	
9	Altura codo- asiento	16	15	15	16	17	16	17	16	21	16	16	16	17	22	15	17	18	18	22	20	
10	Altura concavidad lumbar- asiento	9	8	8	8	10	8	8	9	14	9	8	8	10	15	8	9	9	12	17	12	

11	Longitud hombro – codo	17	17	16	18	28	18	19	18	28	18	18	18	28	29	16	25	30	25	29	23
12	Longitud del antebrazo-dedo pulgar	19	18	18	19	25	18	19	19	28	21	19	19	28	28	18	26	29	35	29	34
13	Distancia entre codos	28	28	28	28	39	28	29	30	39	29	29	29	38	40	28	38	39	42	42	43
14	Radio de movimiento antebrazo-mano derecha	43°	43°	32°	33°	45°	33°	30°	35°	35°	30°	33°	30°	3°	2°	32°	30°	32°	38°	43°	32°
15	Radio de movimiento antebrazo-mano izquierda	2°	43°	3°	2°	45°	4°	30°	25°	2°	31°	30°	32°	38°	45°	32°	30°	32°	38°	2°	32°
16	Anchura torácica	25	23	23	23	32	23	28	29	30	29	28	25	36	31	23	28	36	40	30	40
17	Ancho de los hombros	29	28	24	28	33	27	28	29	32	29	29	29	37	34	28	30	38	41	31	43
18	Ancho de la cintura	22	20	24	20	33	20	30	31	29	30	30	24	37	29	20	26	33	38	30	32
19	Ancho de las caderas	23	21	21	22	39	22	34	34	33	34	33	34	38	34	21	22	38	39	33	39
20	Altura poplítea	29	28	24	28	36	28	27	28	31	28	27	27	33	32	27	28	35	34	31	34
21	Longitud nalga- poplítea	22	20	22	20	26	20	26	27	31	27	27	25	29	32	20	25	30	34	30	36
22	Longitud nalga-rodilla	26	25	26	24	35	24	24	25	41	25	24	24	36	41	25	39	36	47	40	49
23	Espesor del muslo	9	8	8	9	11	8	9	10	15	9	9	9	12	15	8	12	13	12	15	14
24	Longitud del pie.	16	15	12	15	18	15	15	15	23	15	15	15	20	23	15	22	21	21	23	24
25	Ancho del pie.	6	6	7	5	9	5	10	10	11	10	10	9	9	10	5	10	10	12	10	12

	Discapacidad	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA DERECHA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PSICOMOTRIZ	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	
	Sexo (F)/(M)	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	F	M	M	F	F	M	M	M	M	M	M
	Nivel socio económico	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
	Edad en años	10	10	8	7	7	10	6	9	9	10	9	5	9	8	6	5	9	9	9	7	6	
	Peso en kg.	30	31	27	24	24	32	17	29	29	31	28	14	28	27	15	15	28	29	28	26	25	
1	Altura asiento- nuca (vertex)	57	57	65	63	63	57	51	60	62	57	61	52	61	65	53	52	60	64	61	63	63	
2	Altura nuca -piso	87	86	97	97	96	85	84	94	96	86	97	83	96	97	84	83	96	96	96	97	97	
3	Altura ojos -piso	85	85	89	82	78	85	72	80	82	86	82	72	82	86	75	74	81	84	82	81	81	
4	Altura hombros –asiento	37	37	38	40	40	36	33	39	39	36	39	33	39	38	34	32	39	39	39	41	41	
5	Altura hombros-piso	67	67	69	70	70	68	66	74	74	68	74	63	74	69	64	63	74	74	74	72	72	
6	Altura escápula-asiento	23	23	23	22	20	24	16	24	24	23	24	16	24	21	16	15	24	23	24	22	22	
7	Altura piso-escápula	55	55	54	52	51	54	47	54	52	54	54	47	54	52	47	46	53	54	54	52	52	
8	Altura codo piso	48	47	45	49	50	47	49	52	51	46	51	47	51	45	44	43	51	53	51	54	54	
9	Altura codo- asiento	21	21	18	18	21	20	16	18	18	20	20	16	19	18	16	16	18	19	19	22	22	
10	Altura concavidad lumbar- asiento	12	11	10	9	16	11	9	10	12	12	12	8	11	10	9	8	11	11	12	14	14	
11	Longitud hombro – codo	23	24	29	26	28	23	18	21	21	23	21	17	21	29	19	18	20	21	22	28	28	

12	Longitud del antebrazo-dedo pulgar	35	34	34	26	28	34	19	34	35	35	34	18	34	28	19	19	34	34	34	28	28
13	Distancia entre codos	43	42	37	38	41	43	30	39	40	43	42	29	40	39	29	29	40	40	40	40	40
14	Radio de movimiento antebrazo-mano derecha	32°	32°	45°	35°	3°	31°	31°	32°	31°	32°	45°	45°	45°	30°	40°	45°	45°	45°	45°	34°	34°
15	Radio de movimiento antebrazo-mano izquierda	30°	32°	45°	2°	45°	32°	30°	3°	2°	32°	3°	45°	45°	30°	2°	2°	45°	45°	45°	2°	2°
16	Anchura torácica	39	40	36	29	29	40	28	37	39	40	38	24	37	38	24	23	37	37	37	31	31
17	Ancho de los hombros	43	43	38	32	29	43	30	40	40	43	40	29	40	42	28	28	39	42	40	33	34
18	Ancho de la cintura	34	32	30	27	30	32	30	36	38	33	37	22	37	29	21	20	37	37	38	29	29
19	Ancho de las caderas	39	39	36	34	31	39	34	37	37	39	39	22	37	36	23	21	37	37	37	34	34
20	Altura poplítea	35	33	34	29	30	35	28	33	34	34	33	29	33	34	29	28	31	33	33	31	31
21	Longitud nalga- poplítea	36	36	36	29	30	35	27	35	34	36	34	22	34	32	21	20	34	34	34	31	31
22	Longitud nalga-rodilla	49	47	36	38	40	49	25	40	42	48	40	24	41	36	25	24	40	40	43	41	40
23	Espesor del muslo	14	14	13	12	15	13	10	12	11	14	11	9	11	12	9	8	11	13	12	14	14
24	Longitud del pie.	24	24	18	23	23	24	15	20	22	25	21	15	20	18	15	15	21	20	20	23	23
25	Ancho del pie.	11	12	11	10	10	12	10	9	10	12	9	5	10	11	6	5	9	10	9	10	10

Discapacidad		HEMIPARESIA DERECHA	PSICOMOTRIZ	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PSICOMOTRIZ	PSICOMOTRIZ	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PSICOMOTRIZ	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	PARALISIS CEREBRAL LEVE	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE					
	Sexo (F)/(M)	F	F	M	F	F	M	F	M	M	M	F	F	F	F	F	M	F	F	M	F	
	Nivel socio económico	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
	Edad en años	6	5	8	5	5	6	5	9	10	9	5	5	5	6	5	10	5	5	7	6	
	Peso en kg.	15	14	25	14	15	24	15	28	30	28	15	14	15	15	15	30	15	16	23	16	
1	Altura asiento- nuca (vertex)	53	53	63	50	51	62	51	61	57	61	52	53	52	53	53	57	52	52	56	51	
2	Altura nuca -piso	84	81	98	81	83	97	82	96	86	96	83	84	82	83	84	87	83	83	90	84	
3	Altura ojos -piso	74	73	81	73	73	80	72	83	85	82	73	74	72	73	74	85	73	74	80	73	
4	Altura hombros –asiento	33	29	41	30	33	40	30	39	36	39	33	34	30	31	32	37	33	33	34	32	
5	Altura hombros-piso	64	63	70	63	65	71	63	74	67	74	63	63	63	63	64	67	63	64	64	66	
6	Altura escápula-asiento	16	16	21	16	17	21	15	24	23	24	15	16	15	16	17	23	15	16	20	17	
7	Altura piso-escápula	47	46	51	47	48	51	46	55	54	54	46	47	46	47	47	55	46	48	50	47	
8	Altura codo piso	44	45	51	46	45	53	45	51	47	51	44	44	44	45	46	47	44	49	53	49	
9	Altura codo- asiento	18	16	23	15	16	22	15	18	20	19	16	17	15	16	16	21	16	16	20	16	
10	Altura concavidad lumbar-asiento	9	8	15	9	10	13	8	11	12	12	8	9	8	10	9	12	8	8	9	9	
11	Longitud hombro – codo	20	16	30	18	18	27	16	21	23	21	18	19	17	19	17	23	18	19	22	18	
12	Longitud del antebrazo-dedo pulgar	20	19	29	19	19	27	18	33	34	34	19	19	18	18	19	35	19	20	23	20	

13	Distancia entre codos	29	28	40	29	29	39	28	40	43	40	28	28	28	28	28	43	28	29	37	28
14	Radio de movimiento antebrazo-mano derecha	4°	43°	41°	43°	32°	35°	32°	45°	32°	45°	33°	36°	39°	38°	43°	32°	33°	30°	30°	30°
15	Radio de movimiento antebrazo-mano izquierda	32°	40°	3°	43°	34°	2°	32°	45°	33°	45°	2°	3°	8°	3°	2°	37°	2°	34°	5°	30°
16	Anchura torácica	24	23	31	24	24	30	23	37	40	37	23	24	23	24	25	39	23	29	26	29
17	Ancho de los hombros	30	29	33	27	29	32	28	39	43	40	28	28	28	28	29	43	28	29	27	29
18	Ancho de la cintura	22	20	30	20	22	28	20	37	32	37	20	21	21	21	22	34	20	30	26	30
19	Ancho de las caderas	22	22	34	21	22	34	21	37	39	37	22	23	21	22	23	39	22	34	28	34
20	Altura poplítea	29	28	32	28	28	30	27	34	34	33	28	29	28	29	29	35	28	29	30	28
21	Longitud nalga- poplítea	21	21	31	20	21	30	20	34	36	34	20	21	21	21	22	36	20	27	26	27
22	Longitud nalga-rodilla	26	24	41	25	26	39	25	40	49	40	24	25	24	25	26	49	24	25	33	25
23	Espesor del muslo	9	8	17	8	8	14	8	12	14	11	9	8	8	9	9	14	9	10	10	9
24	Longitud del pie.	16	16	24	15	16	23	15	20	24	20	15	15	15	15	16	24	15	15	20	15
25	Ancho del pie.	5	5	10	6	6	10	5	10	12	9	5	5	5	5	6	11	5	10	10	10

	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA DERECHA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	RETARDO MENTAL, AUTISTA MODERADO	HEMIPARESIA DERECHA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PSICOMOTRIZ	PARALISIS CEREBRAL, EPILEPSIA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PSICOMOTRIZ					
Discapacidad																					
Sexo (F)/(M)	M	F	M	F	F	M	F	F	F	F	M	F	F	M	F	F	F	F	M	F	F
Nivel socio económico	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Edad en años	5	6	6	8	7	6	5	5	6	5	7	8	5	8	10	8	8	10	9	6	
Peso en kg.	16	17	18	26	25	17	16	16	16	16	23	26	15	26	31	25	26	30	31	14	
1	Altura asiento- nuca (vertex)	50	50	51	63	62	51	52	50	50	50	62	63	50	64	62	62	63	57	57	51
2	Altura nuca -piso	85	84	84	97	97	86	83	82	84	84	96	93	81	93	94	98	98	86	86	84
3	Altura ojos -piso	72	73	72	80	79	72	73	72	72	72	81	85	72	86	82	80	82	86	85	72
4	Altura hombros –asiento	31	32	33	40	40	32	33	32	30	32	38	38	29	39	38	40	42	36	37	31
5	Altura hombros-piso	66	67	67	71	69	66	64	66	66	66	71	68	63	69	69	71	72	67	67	64
6	Altura escápula-asiento	16	16	16	22	20	15	16	16	16	16	21	20	15	20	24	22	23	24	23	16
7	Altura piso-escápula	46	47	47	52	51	47	48	47	47	47	52	50	46	50	55	52	53	55	55	46
8	Altura codo piso	49	51	50	53	51	49	49	49	46	49	49	52	44	54	46	52	53	48	47	45
9	Altura codo- asiento	16	16	16	22	21	16	16	16	16	16	18	17	15	18	18	21	22	20	21	15
10	Altura concavidad lumbar-asiento	8	9	9	16	14	8	9	8	8	9	9	10	8	9	12	16	17	12	11	8
11	Longitud hombro – codo	19	18	18	29	28	18	19	18	18	18	25	29	16	30	25	28	29	23	24	17
12	Longitud del antebrazo-dedo pulgar	19	19	19	28	28	21	20	19	19	19	26	28	18	29	35	28	29	34	34	18
13	Distancia entre codos	29	30	30	40	39	29	29	30	29	29	38	38	28	39	42	41	42	43	42	29

14	Radio de movimiento antebrazo-mano derecha	31°	35°	31°	2°	35°	30°	30°	31°	33°	30°	40°	3°	32°	32°	39°	35°	43°	32°	32°	45°
15	Radio de movimiento antebrazo-mano izquierda	30°	26°	30°	42°	2°	30°	34°	30°	30°	37°	30°	38°	3°	40°	38°	2°	2°	32°	32°	45°
16	Anchura torácica	28	29	28	31	30	28	29	28	28	25	28	36	23	36	40	31	30	40	40	24
17	Ancho de los hombros	28	29	30	33	32	28	29	29	29	29	30	37	24	38	41	32	31	43	43	29
18	Ancho de la cintura	31	31	31	29	29	30	30	30	30	24	26	37	24	33	38	31	30	33	32	21
19	Ancho de las caderas	34	34	34	34	33	35	34	34	34	34	24	38	21	38	39	32	33	39	39	21
20	Altura poplítea	27	28	28	32	31	27	29	27	27	27	28	33	24	35	34	31	31	34	33	28
21	Longitud nalga- poplítea	26	27	28	32	31	26	27	28	27	25	26	29	22	30	34	31	30	36	36	20
22	Longitud nalga-rodilla	24	25	25	41	40	25	25	24	24	25	38	36	26	36	47	41	40	49	47	25
23	Espesor del muslo	9	10	10	15	15	9	10	9	9	9	12	12	8	13	12	16	15	14	14	8
24	Longitud del pie.	15	15	15	23	23	16	15	15	15	15	22	20	12	21	21	24	23	24	24	15
25	Ancho del pie.	10	10	10	10	11	10	10	11	10	9	10	9	7	10	12	10	10	12	12	5

		HEMIPARESIA IZQUIERDA	PSICOMOTRIZ	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PSICOMOTRIZ	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PSICOMOTRIZ	PSICOMOTRIZ	HEMIPARESIA DERECHA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PSICOMOTRIZ	PSICOMOTRIZ	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	PSICOMOTRIZ	HEMIPARESIA IZQUIERDA
Discapacidad																					
Sexo (F)/(M)		F	F	F	F	F	F	M	M	M	F	F	F	M	F	F	F	M	M	F	F
Nivel socio económico		M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Edad en años		6	5	10	5	9	8	10	8	9	8	6	9	10	9	5	5	9	9	6	5
Peso en kg.		15	15	32	14	30	36	30	27	29	28	24	29	31	28	15	14	28	27	15	14
1	Altura asiento- nuca (vertex)	52	52	57	50	58	65	57	65	60	61	62	63	58	61	53	52	61	61	53	52
2	Altura nuca -piso	83	83	85	81	84	95	86	97	94	96	96	96	86	97	85	83	95	95	86	83
3	Altura ojos -piso	73	73	85	72	86	86	85	89	80	82	78	82	85	82	73	72	81	79	75	74
4	Altura hombros –asiento	33	34	36	32	36	39	36	38	39	38	40	39	36	39	33	33	39	39	35	33
5	Altura hombros-piso	63	64	68	63	67	70	67	69	74	74	70	74	68	74	63	63	74	74	64	63
6	Altura escápula-asiento	15	16	24	15	24	20	23	23	24	23	20	25	24	24	15	16	24	24	16	15
7	Altura piso-escápula	47	47	54	46	54	51	54	54	54	53	51	52	54	54	47	47	52	53	47	46
8	Altura codo piso	43	46	47	45	48	53	48	45	51	51	50	51	46	51	45	46	50	51	44	43
9	Altura codo- asiento	16	15	20	15	21	17	20	18	18	19	21	19	20	20	15	16	19	19	16	16
10	Altura concavidad lumbar-asiento	8	9	11	8	12	10	12	11	10	11	16	12	11	12	8	8	12	12	9	8
11	Longitud hombro – codo	18	17	23	16	23	28	23	29	21	22	28	21	23	21	16	17	20	21	19	18
12	Longitud del antebrazo-dedo pulgar	18	18	34	18	35	25	34	34	34	34	28	34	35	34	18	18	34	35	19	18

13	Distancia entre codos	28	29	43	29	44	39	43	37	39	40	41	40	41	42	28	29	39	40	29	29
14	Radio de movimiento antebrazo-mano derecha	33°	38°	31°	45°	32°	45°	32°	3°	32°	32°	45°	31°	32°	45°	44°	45°	45°	45°	40°	45°
15	Radio de movimiento antebrazo-mano izquierda	4°	38°	32°	44°	33°	45°	32°	43°	3°	3°	45°	3°	32°	4°	45°	45°	45°	45°	2°	2°
16	Anchura torácica	23	25	40	23	40	32	40	36	37	37	29	39	40	38	24	24	37	37	24	23
17	Ancho de los hombros	27	29	43	29	43	33	43	38	40	41	29	30	40	40	29	29	38	40	28	28
18	Ancho de la cintura	20	22	32	21	34	33	32	30	36	37	30	38	33	37	21	22	37	37	21	20
19	Ancho de las caderas	22	22	39	21	38	39	39	36	37	36	31	37	38	39	21	22	37	36	23	21
20	Altura poplítea	28	30	35	28	34	36	34	34	33	33	30	34	34	33	29	29	33	33	29	28
21	Longitud nalga- poplítea	20	22	35	21	35	26	36	36	35	34	30	33	34	34	21	22	33	35	21	20
22	Longitud nalga-rodilla	24	25	49	25	50	35	49	36	40	39	40	42	48	40	25	24	41	41	25	24
23	Espesor del muslo	8	8	13	8	15	11	14	13	12	11	15	11	14	11	9	8	11	11	9	8
24	Longitud del pie.	15	15	24	15	24	18	24	18	20	19	23	22	25	21	15	15	20	20	15	15
25	Ancho del pie.	5	6	12	5	12	9	12	11	9	9	10	10	12	9	5	5	9	10	6	5

	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PSICOMOTRIZ	PSICOMOTRIZ	PSICOMOTRIZ	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PSICOMOTRIZ	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PSICOMOTRIZ	PSICOMOTRIZ	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PSICOMOTRIZ	PARALISIS CEREBRAL LEVE	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	
Discapacidad																					
Sexo (F)/(M)	M	M	M	M	F	F	F	F	F	M	F	F	M	F	M	M	F	F	F	F	
Nivel socio económico	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	
Edad en años	6	6	6	6	6	5	5	6	5	8	5	6	6	5	10	9	5	5	6	5	
Peso en kg.	16	16	17	18	14	14	15	15	14	25	14	15	24	15	30	28	15	14	15	15	
1	Altura asiento- nuca (vertex)	51	51	50	51	51	50	52	53	53	63	50	51	62	51	57	61	52	53	52	52
2	Altura nuca -piso	84	84	84	84	84	81	83	84	81	98	81	83	97	82	86	96	83	84	83	82
3	Altura ojos -piso	73	72	73	72	72	72	73	75	72	80	73	73	80	72	85	82	73	74	73	72
4	Altura hombros –asiento	32	31	32	33	31	32	34	33	29	41	30	32	40	30	36	39	33	34	33	30
5	Altura hombros-piso	66	66	67	67	64	63	64	64	63	70	63	65	71	63	67	74	63	63	63	63
6	Altura escápula-asiento	17	16	16	16	16	15	16	16	15	21	15	17	21	15	23	24	15	16	15	15
7	Altura piso-escápula	46	46	47	47	46	46	47	47	46	51	47	47	51	46	54	54	46	47	47	46
8	Altura codo piso	49	49	51	50	45	45	46	44	44	51	45	45	53	45	47	51	44	44	43	44
9	Altura codo- asiento	16	16	16	16	15	15	15	17	15	22	15	16	22	15	20	19	16	17	16	15
10	Altura concavidad lumbar-asiento	9	8	9	9	8	8	9	9	8	15	9	10	13	8	12	11	8	9	8	8
11	Longitud hombro – codo	19	19	18	18	17	16	17	19	16	29	17	18	27	16	23	21	18	19	18	17
12	Longitud del antebrazo-dedo pulgar	20	20	19	19	18	18	18	20	18	29	19	19	27	18	34	34	19	19	18	18

13	Distancia entre codos	29	30	30	30	29	29	29	29	28	40	28	29	39	28	43	40	28	28	28	28
14	Radio de movimiento antebrazo- mano derecha	30°	30°	35°	31°	45°	45°	38°	41°	43°	41°	43°	32°	35°	32°	32°	45°	33°	36°	33°	39°
15	Radio de movimiento antebrazo- mano izquierda	30°	30°	26°	30°	45°	44°	38°	2°	40°	3°	43°	34°	2°	32°	33°	45°	2°	4°	4°	8°
16	Anchura torácica	29	28	29	28	24	23	25	24	23	31	24	24	30	23	40	37	24	24	23	23
17	Ancho de los hombros	29	28	29	30	29	29	29	29	28	33	27	29	32	28	43	40	28	28	27	29
18	Ancho de la cintura	30	30	31	31	21	21	22	22	20	30	20	22	28	20	32	37	20	21	20	21
19	Ancho de las caderas	34	34	34	34	21	21	22	22	21	34	21	22	34	21	39	37	22	23	22	21
20	Altura poplítea	28	27	28	28	28	28	30	29	28	31	28	28	30	27	34	33	28	29	28	28
21	Longitud nalga- poplítea	27	26	27	28	20	21	22	21	20	31	20	21	30	20	36	34	20	21	20	21
22	Longitud nalga-rodilla	25	24	25	25	25	25	25	25	24	41	25	26	39	25	49	40	24	25	24	24
23	Espesor del muslo	9	10	10	10	8	8	8	9	8	16	8	8	14	8	14	11	9	8	8	8
24	Longitud del pie.	15	15	15	15	15	15	15	16	15	24	15	16	23	15	24	20	15	15	15	15
25	Ancho del pie.	10	10	10	10	5	5	6	5	5	10	6	5	10	5	12	9	5	5	5	5

Discapacidad	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PSICOMOTRIZ	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA DERECHA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	RETARDO MENTAL, AUTISTA MODERADO	HEMIPARESIA DERECHA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PSICOMOTRIZ	PARALISIS CEREBRAL, EPILEPSIA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IZQUIERDA					
Sexo (F)/(M)	F	F	M	F	F	M	M	M	M	M	F	M	M	F	M	M	M	M	F	F	F
Nivel socio económico	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Edad en años	6	5	10	6	6	6	7	7	6	5	6	6	6	5	7	8	5	9	10	7	8
Peso en kg.	15	15	30	15	15	16	26	25	17	16	16	16	16	16	23	26	15	26	31	25	26
1 Altura asiento- nuca (vertex)	53	53	57	52	52	51	63	62	51	52	51	50	50	62	63	50	64	62	63	63	
2 Altura nuca -piso	83	84	87	83	83	84	97	97	84	83	82	84	84	96	93	81	93	94	98	98	
3 Altura ojos -piso	73	74	85	73	74	73	80	79	72	73	72	72	72	81	85	72	85	82	80	81	
4 Altura hombros –asiento	31	32	37	33	33	31	40	40	32	33	33	30	32	38	38	29	39	38	40	42	
5 Altura hombros-piso	63	64	67	63	63	66	71	69	66	64	66	66	66	70	68	63	69	69	71	72	
6 Altura escápula-asiento	16	17	23	15	15	16	22	20	15	16	16	16	16	21	20	15	20	24	22	23	
7 Altura piso-escápula	47	47	55	46	46	46	52	50	47	48	47	46	47	52	50	46	50	55	52	53	
8 Altura codo piso	45	46	47	44	43	49	53	51	49	49	49	46	49	49	52	44	54	46	52	53	
9 Altura codo- asiento	16	16	21	16	16	17	22	21	16	16	16	16	16	19	17	15	18	18	21	22	
10 Altura concavidad lumbar- asiento	10	10	12	8	8	8	15	14	8	10	8	8	8	9	10	8	9	12	16	17	
11 Longitud hombro – codo	19	17	23	18	18	19	29	28	19	19	18	18	18	25	28	16	30	25	28	29	
12 Longitud del antebrazo-dedo pulgar	18	19	35	19	18	19	28	28	20	20	19	19	20	26	28	18	29	35	28	29	
13 Distancia entre codos	28	28	43	28	28	29	40	39	29	29	30	29	29	38	38	28	39	42	41	42	

14	Radio de movimiento antebrazo-mano derecha	38°	43°	32°	33°	33°	30°	2°	35°	30°	30°	31°	33°	30°	40°	3°	32°	32°	38°	35°	43°
15	Radio de movimiento antebrazo-mano izquierda	3°	2°	37°	33°	4°	30°	45°	2°	30°	34°	31	30°	37°	30°	38°	3°	40°	38°	2°	2°
16	Anchura torácica	24	25	39	23	23	28	31	30	28	29	28	28	25	28	36	23	36	40	31	30
17	Ancho de los hombros	28	29	43	28	27	28	33	32	28	29	30	29	29	30	37	24	38	41	32	31
18	Ancho de la cintura	21	22	34	20	20	30	29	29	30	30	30	30	24	26	37	24	33	38	31	30
19	Ancho de las caderas	22	23	39	22	22	34	34	33	34	34	34	34	34	24	38	21	38	39	32	33
20	Altura poplítea	29	29	35	28	28	27	33	31	27	29	27	27	27	28	33	24	35	34	31	31
21	Longitud nalga- poplítea	21	22	36	20	20	26	32	31	26	27	28	27	25	26	29	22	30	34	31	30
22	Longitud nalga-rodilla	25	26	49	24	24	24	41	40	24	25	24	24	24	38	36	26	36	47	41	40
23	Espesor del muslo	9	9	14	9	8	9	15	15	9	11	9	9	9	12	12	8	13	12	16	15
24	Longitud del pie.	15	16	24	15	15	15	23	23	15	15	15	15	15	22	20	12	21	21	24	23
25	Ancho del pie.	5	6	11	5	5	10	10	11	10	10	11	10	9	10	9	7	10	12	10	10

Discapacidad	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	HEMIPARESIA IDERECHA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	RETARDO MENTAL, AUTISTA MODERADO	PARALISIS CEREBRAL LEVE	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA DERECHA	PSICOMOTRIZ	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IDERECHA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	RETARDO MENTAL, AUTISTA MODERADO	PARALISIS CEREBRAL LEVE	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL
Sexo (F)/(M)	M	M	M	F	M	F	M	M	M	F	M	F	M	M	M	M	M	M	F	M
Nivel socio económico	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	F
Edad en años	10	9	9	7	6	10	5	6	5	7	7	8	8	7	6	10	6	10	9	9
Peso en kg.	30	31	28	24	24	29	16	16	16	25	24	36	23	24	24	30	16	30	28	29
1 Altura asiento- nuca (vertex)	57	57	61	62	62	58	50	50	50	62	62	65	56	62	61	57	51	58	61	63
2 Altura nuca -piso	86	86	96	96	96	86	82	83	82	36	96	95	90	97	97	86	83	84	96	98
3 Altura ojos -piso	87	85	83	80	79	85	72	73	72	80	79	86	80	80	79	85	73	85	81	84
4 Altura hombros –asiento	36	37	39	41	40	35	32	33	32	41	40	39	34	41	40	36	33	36	39	39
5 Altura hombros-piso	67	67	74	71	70	67	66	66	66	71	70	70	64	71	70	67	66	67	74	74
6 Altura escápula-asiento	24	23	24	22	21	23	18	16	16	21	21	20	20	22	21	23	16	23	24	23
7 Altura piso-escápula	55	55	55	51	50	54	47	48	47	51	50	51	50	51	50	54	48	54	53	54
8 Altura codo piso	48	47	51	51	51	47	49	49	49	51	50	53	53	51	50	47	49	47	51	54
9 Altura codo- asiento	20	21	18	21	21	20	17	17	16	21	21	17	20	22	21	20	17	21	18	19
10 Altura concavidad lumbar-asiento	12	12	11	16	16	10	8	8	8	16	16	10	9	16	16	12	9	12	11	11
11 Longitud hombro – codo	23	24	21	28	27	23	18	19	18	28	27	28	22	28	27	23	19	23	21	21
12 Longitud del antebrazo-dedo pulgar	34	34	33	28	27	34	19	20	19	28	27	25	23	28	27	34	20	35	34	34

13	Distancia entre codos	43	42	40	40	42	44	29	29	29	40	42	39	37	40	42	43	29	44	40	40
14	Radio de movimiento antebrazo-mano derecha	32°	32°	45°	3°	38°	30°	30°	30°	30°	45°	9°	45°	30°	3°	39°	32°	30°	32°	45°	45°
15	Radio de movimiento antebrazo-mano izquierda	32°	32°	45°	45°	2°	32°	30°	34°	30°	45°	42°	45°	5°	45°	2°	32°	34°	33°	45°	45°
16	Anchura torácica	40	40	37	30	31	40	28	29	28	30	31	32	26	30	30	40	29	40	37	37
17	Ancho de los hombros	43	43	39	30	30	42	29	29	29	30	30	33	27	30	30	43	29	43	39	42
18	Ancho de la cintura	32	32	37	31	30	32	30	30	30	31	30	33	26	31	30	32	30	30	37	37
19	Ancho de las caderas	39	39	37	31	31	39	34	34	34	31	31	39	28	31	31	39	34	38	37	37
20	Altura poplíteica	34	33	34	31	30	34	27	29	27	31	30	36	30	31	30	34	29	34	31	33
21	Longitud nalga- poplíteica	36	36	34	31	30	35	27	27	27	31	30	26	26	31	30	36	27	36	34	34
22	Longitud nalga-rodilla	49	47	40	41	40	49	24	25	24	41	40	35	33	41	40	49	25	50	40	40
23	Espesor del muslo	14	14	12	16	15	14	9	10	9	16	15	11	10	16	15	14	10	14	11	13
24	Longitud del pie.	24	24	20	24	22	24	15	15	15	24	21	18	20	24	23	24	15	24	21	20
25	Ancho del pie.	12	12	10	10	10	12	10	10	10	11	11	9	10	10	10	12	10	12	9	10

Discapacidad		SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IDERECHA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	PARALISIS CEREBRAL LEVE	RETARDO MENTAL, AUTISTA MODERADO	PARALISIS CEREBRAL LEVE	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IDERECHA	HEMIPARESIA IZQUIERDA	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	SINDROME DE DOWN Y RETARDO MENTAL	PARALISIS CEREBRAL LEVE	HEMIPARESIA IZQUIERDA	HEMIPARESIA IZQUIERDA
	Sexo (F)/(M)	M	F	M	F	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	F	M	M	F	M	F
	Nivel socio económico	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	F	M	M	M	M
	Edad en años	9	8	7	6	7	6	10	6	10	9	9	9	8	7	6	7	6	9	9	9	8	7	6
	Peso en kg.	28	27	24	24	24	24	30	16	30	28	29	28	27	24	24	24	24	28	29	28	27	24	24
1	Altura asiento- nuca (vertex)	61	65	63	63	62	61	57	51	58	61	64	61	65	63	63	62	61	61	64	61	65	63	63
2	Altura nuca -piso	96	97	97	97	97	97	86	83	84	96	96	96	97	97	97	97	96	96	96	96	97	97	97
3	Altura ojos -piso	82	86	82	81	80	79	85	73	85	81	84	82	86	82	81	80	79	81	84	82	86	82	81
4	Altura hombros –asiento	39	38	40	41	41	40	36	33	36	39	39	39	38	40	41	41	40	39	39	39	38	40	41
5	Altura hombros-piso	74	69	70	72	71	70	67	66	67	74	74	74	69	70	72	71	70	74	74	74	69	70	72
6	Altura escápula-asiento	24	21	21	25	22	21	23	16	23	24	23	24	21	22	25	22	21	24	23	24	21	21	25
7	Altura piso-escápula	54	52	53	52	51	50	54	48	54	53	54	54	52	52	52	51	50	53	54	54	52	52	52
8	Altura codo piso	51	45	49	54	51	50	47	49	47	51	53	51	45	49	54	51	50	51	54	51	45	49	54
9	Altura codo- asiento	19	18	18	20	22	21	20	17	21	18	19	19	18	18	20	22	21	18	19	19	18	18	20
10	Altura concavidad lumbar- asiento	12	10	9	14	16	16	12	9	12	11	11	12	10	9	14	16	16	11	11	12	10	9	14
11	Longitud hombro – codo	21	28	26	28	28	27	23	19	23	20	21	21	29	26	28	28	27	21	21	21	28	26	28

12	Longitud del antebrazo-dedo pulgar	34	28	26	28	28	27	34	20	35	34	34	34	28	26	28	28	27	34	34	34	28	26	28
13	Distancia entre codos	40	39	37	40	40	42	43	29	44	40	40	40	39	37	40	40	42	40	40	40	39	37	40
14	Radio de movimiento antebrazo-mano derecha	45°	30°	35°	34°	3°	39°	32°	30°	32°	45°	45°	45°	30°	35°	34°	3°	39°	45°	45°	45°	30°	35°	34°
15	Radio de movimiento antebrazo-mano izquierda	45°	30°	2°	2°	45°	2°	32°	34°	33°	45°	45°	45°	30°	2°	2°	45°	2°	45°	45°	45°	30°	2°	2°
16	Anchura torácica	37	38	29	31	30	30	40	29	40	37	37	37	38	29	31	30	30	37	37	37	38	29	31
17	Ancho de los hombros	40	40	32	33	30	30	43	29	43	39	42	40	40	32	33	30	30	39	42	40	40	32	33
18	Ancho de la cintura	38	29	27	29	31	30	32	30	30	37	37	38	29	27	29	31	30	37	37	38	29	27	29
19	Ancho de las caderas	37	36	34	34	31	31	39	34	38	37	37	37	36	34	34	31	32	37	37	37	36	34	34
20	Altura poplítea	33	34	29	31	31	30	34	29	34	31	33	33	34	29	31	31	30	31	33	33	34	29	31
21	Longitud nalga- poplítea	35	32	29	31	31	30	36	27	36	34	34	34	32	29	31	31	30	34	34	35	32	29	31
22	Longitud nalga-rodilla	40	36	38	40	41	40	49	25	50	40	40	40	36	38	40	41	40	40	40	40	36	38	40
23	Espesor del muslo	12	12	12	14	16	15	14	10	14	11	13	12	12	12	14	16	15	11	13	12	12	12	14
24	Longitud del pie.	20	18	23	23	24	23	24	15	24	21	20	20	18	23	23	24	22	21	20	20	18	23	23
25	Ancho del pie.	9	11	10	10	10	10	12	10	12	9	10	9	11	10	10	10	10	9	10	9	11	10	10

Anexo 2. Detalle de la prueba de normalidad de Anderson Darling realizada con los datos antropométricos obtenidos.

Ejemplo: Datos antropométricos de la variable nuca-piso

i	(2i-1)	Yi	Yn+1-i	Zi	Zn-1-i	F(Yi)	F(Yn+1-i)
1	84	81	-1,709824447	0,04364917	0,956350833	0,12330330555	-5,224679061
2	83	83	-1,372359095	0,084975839	0,915024161	0,1611118997	-12,87313332
3	95	84	-1,203626421	0,114367002	0,885632998	0,1611118997	-19,96999408
4	90	84	-1,203626421	0,114367002	0,885632998	0,2057759489	-26,24517012
5	84	86	-0,866161068	0,19320092	0,806799088	0,2057759489	-29,02492732
6	96	90	-0,191230366	0,424172557	0,575827443	0,2570609368	-24,37662751
7	93	93	0,314967661	0,623606896	0,376393104	0,3142992770	-21,18538134
8	81	93	0,314967661	0,623606896	0,376393104	0,3763931038	-21,74034414
9	93	94	0,483700337	0,685700723	0,314299277	0,3763931038	-23,02539845
10	94	95	0,652433013	0,742939063	0,257060937	0,5758274429	-16,13268138
11	86	96	0,821165688	0,794224051	0,205775949	0,8067990801	-9,346476097
12	98	96	0,821165688	0,794224051	0,205775949	0,8856329984	-8,092373235
13	96	97	0,989898364	0,838888111	0,161111999	0,8856329984	-7,428264783
14	97	97	0,989898364	0,838888111	0,161111999	0,9150241613	-7,141034581
15	97	98	1,158631044	0,876696694	0,123303306	0,9563508295	-5,11051478

MEDIA 91,13333333

DESV EST 5,92653436

SUMA

-236,9170002

A2 (valor de normalidad) 0,72448523

Anexo 3. Evaluación de la funcionalidad del subsistema diseñado en el entorno escolar.⁶⁵



⁶⁵ Nota: Los rostros de los niños y niñas están cubiertos debido a la Ley Orgánica de Comunicación del Ecuador, donde establece que se debe “abstenerse de emitir *imágenes* o menciones identificativas de *menores*”, por tal motivo no se pudo sacar más fotografías de los niños/as interactuando con el mobiliario escolar.

Anexo 4. Pruebas de resistencia, soporte y deformación del subsistema diseñado.

