

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>	84
2.4.8	<i>Propuestas para la mejora ambiental. Estrategias de ecodiseño</i>	87
2.4.9	<i>Resultados de estudios realizados</i>	87
2.5.	METODOLOGÍA DE DISEÑO	89
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.	352
5.1 <i>CONCLUSIONES</i>	352
5.2 <i>SÍNTESIS DE LAS APORTACIONES</i>	357
5.3 <i>DESARROLLOS FUTUROS</i>	359
BIBLIOGRAFÍA	360
Anexos	375

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 asimiento.	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