

Sistema para mejorar el desarrollo de la actividad de hidroterapia en niños con parálisis cerebral espástica en el “ESE centro de rehabilitación cardioneuromuscular”

Presentado por

Roosevelt Andrés Rincón Chacín

Cod: 1090497758

Universidad de pamplona

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento de Arquitectura y Diseño industrial

Programa de Diseño Industrial

Asesorado por:

D.i. Cherly Margaret Duarte Duarte

Agradecimientos

Agradezco a Dios primeramente por darme fuerza y entendimiento en momentos difíciles, a mi familia que ha sido parte fundamental en mi desarrollo como ser, a las personas que aportaron de una u otra forma desde el amor y el cariño sincero, a mis docentes en especial a Cherly Margaret y Bibiana Bohórquez que aportaron al crecimiento profesional desde la parte más humana y desinteresada, al grupo de fisioterapeutas que acompañaron este trabajo, siempre con la mejor disposición a pesar de las adversidades.

Y un agradecimiento profundo y sincero, a la Universidad Pública, al programa de Diseño Industrial que me ayudó a formar como persona y profesional.

Índice de contenido

Agradecimientos	2
Resumen.....	10
Abstract	11
Justificación	12
Capítulo I. Fundamentación Teórica.....	14
1. Marco de referencia	14
1.1 Marco Contextual.....	14
1.2 Marco teórico	18
1.2.1 Parálisis Cerebral Infantil (P.C.I.).....	18
1.2.1.1 Etiología y factores de riesgo para la P.C.I.....	18
1.2.2 Clasificación de la parálisis cerebral infantil	20
1.2.3 Parálisis cerebral infantil espástica	21
1.2.4 Fisioterapia acuática.....	25
1.2.4.1 Propiedades del agua.....	25
1.2.5 Hidroterapia	28
1.2.6. Método Halliwick.	33
1.2.7 Relación paciente-terapeuta	37
1.3 Marco conceptual	37
1.3.1 Fisioterapia.....	37
1.3.2 Hidroterapia..	37
1.3.3 Flotación.	38
1.3.3.1 Teoría del buque.	38
1.3.4 Parálisis cerebral infantil.....	39
1.3.5 Espasticidad.	39
1.4 Marco Normativo.....	39
1.5 Planteamiento del problema.....	40
1.6 Formulación del problema	42
1.7 Objetivo general.....	42
1.7.1 Objetivos específicos	42
1.8 Definición del modelo de investigación	42
Capítulo II: Desarrollo de la propuesta de diseño.....	44

2.1 Definición Conceptual del Proyecto	44
2.2 Fase I Análisis del desarrollo de la actividad.....	46
2.2.1. Recolección, análisis de información y soluciones existentes.....	51
2.2.1.1 Análisis de información.	51
2.2.3. Evaluación de soluciones existentes	54
2.2.4 Precisión del problema proyectual.....	58
2.2.4.1 Parámetros Ergonómicos.	63
2.3.4.1.1 Modelo sistémico.	63
2.2.4.2 Requerimientos y determinantes.....	78
2.3 Fase II Desarrollo Proyectual.....	90
2.3.1 Elaboración de bocetos	94
2.3.2 Matriz de selección o Selección de alternativas	98
2.3.3 Desarrollo de la alternativa seleccionada.....	101
2.3.4 Evolución de la alternativa.....	106
2.4 Fase III fabricación o producción de propuesta final.....	110
2.4.1 Propuesta Final (render, despieces).	110
2.4.1.1 Renders de propuesta final.....	110
2.4.1.2 Despiece de propuesta final	112
2.4.3 Análisis de la configuración formal.....	113
2.4.4 Planos y fichas técnicas de producción.....	115
2.4.4.1 Materiales y Proceso productivo.....	127
2.4.5 Costos.....	134
2.4.6 Análisis ergonómico	136
2.4.7 Relación con el usuario.....	140
2.4.8 Secuencia de uso	140
2.4.9 Manual de uso	141
2.4.10 Definición de mercado.....	142
2.4.11 Definición del producto	143
2.4.11.1 Marca.	144
2.4.11.2 Empaque.	146
2.5.11.1 Gestión de Diseño.	147
2.5.12 Innovación.....	149

2.5.12.1 Propuesta de valor.....	149
2.5.13 Tipo de innovación	149
2.5.14 Análisis ambiental de la respuesta	150
2.5.15 Modelo de comprobación tridimensional o prototipo.....	152
3. Comprobaciones	153
3.1. Diseño de la prueba.....	154
3.2. Evaluación ergonomica.....	161
3.3. Comprobación del proyecto.....	162
4. Conclusiones	165
5. Conclusiones finales	167
6. Bibliografía	168

Índice de figuras

Figura 1	14
Figura 2	15
Figura 3	16
Figura 4	16
Figura 5	23
Figura 6	24
Figura 7	29
Figura 8	44
Figura 9	45
Figura 10	45
Figura 11	46
Figura 12	50
Figura 13	54
Figura 14	55
Figura 15	55
Figura 16	56
Figura 17	56
Figura 18	57
Figura 19	62

Figura 20	65
Figura 21	66
Figura 22	66
Figura 23	68
Figura 24	71
Figura 25	73
Figura 26	90
Figura 27	91
Figura 28	92
Figura 29	93
Figura 30	94
Figura 31	95
Figura 32	95
Figura 33	96
Figura 34	96
Figura 35	97
Figura 36	97
Figura 37	98
Figura 38	99
Figura 39	99
Figura 40	100
Figura 41	100
Figura 42	101
Figura 43	101
Figura 44	102
Figura 45	103
Figura 46	104
Figura 47	105
Figura 48	106
Figura 49	107
Figura 50	108
Figura 51	109

Figura 52	110
Figura 53	111
Figura 54	111
Figura 55	112
Figura 56	113
Figura 57	114
Figura 58	114
Figura 59	116
Figura 60	117
Figura 61	118
Figura 62	119
Figura 63	120
Figura 64	121
Figura 65	122
Figura 66	123
Figura 67	124
Figura 68	125
Figura 69	126
Figura 70	128
Figura 71	129
Figura 72	130
Figura 73	131
Figura 74	131
Figura 75	132
Figura 76	132
Figura 77	133
Figura 78	137
Figura 79	138
Figura 80	139
Figura 81	141
Figura 82	141
Figura 83	143

Figura 84	145
Figura 85	145
Figura 86	146
Figura 87	147
Figura 88	148
Figura 89	144
Figura 90	152
Figura 91	153
Figura 92	156
Figura 93	158
Figura 94	160

Índice de tablas

Tabla 1	17
Tabla 2	27
Tabla 3	30
Tabla 4	34
Tabla 5	41
Tabla 6	47
Tabla 7	51
Tabla 8	52
Tabla 9	58
Tabla 10	60
Tabla 11	61
Tabla 12	64
Tabla 13	69
Tabla 14	73
Tabla 15	76
Tabla 16	77
Tabla 17	78
Tabla 18	83
Tabla 19	85

Tabla 20	86
Tabla 21	87
Tabla 22	87
Tabla 23	89
Tabla 24	115
Tabla 25	134
Tabla 26	135
Tabla 27	135
Tabla 28	136
Tabla 29	137
Tabla 30	151
Tabla 31	154
Tabla 32	155
Tabla 33	157
Tabla 34	159
Tabla 35	161
Tabla 36	162

Resumen

La Parálisis cerebral Infantil (PC), comprende un conjunto de trastornos crónicos debidos a una lesión o defecto en el desarrollo del cerebro inmaduro (trastorno neuromotor). Ocurre entre los primeros días de gestación y los 3 o 5 años de vida. Esto se manifiesta con alteraciones en el tono muscular y la postura, ocasionando espasticidad, por esta razón se realizan terapias conducidas por un fisioterapeuta, las cuales buscan desarrollar la motricidad gruesa y fina. Esta terapia está diseñada de forma personalizada para que las áreas afectadas mejoren mediante juegos, del mismo modo, se aplican terapias variadas como la hidroterapia y en ella técnicas como la de Halliwick, donde se emplean conocimientos fisioterapéuticos de rehabilitación y biomecánica en conjunto a través de un medio acuático.

Este proyecto se desarrolló en el “ESE Centro de Rehabilitación Cardioneuromuscular” es el único centro de rehabilitación público que cuenta con instalaciones para hidroterapia en el departamento, el instituto actualmente no cuenta con implementos o equipamientos adecuados para realizar dicha terapia de forma idónea, generando afectaciones en el tiempo de las terapias ocasionando un índice bajo de atención a pacientes, sus principales pacientes son niños con parálisis cerebral de bajos recursos, los cuales no cuentan con los recursos para realizar la terapia de forma privada, generando afectaciones en la calidad de vida.

Palabras Clave: Hidroterapia, Parálisis cerebral, Fisioterapia, Motricidad gruesa, Espasticidad, Terapia acuática, Flotador.

Abstract

Infantile cerebral palsy (CP) comprises a group of chronic disorders due to an injury or defect in the development of the immature brain (neuromotor disorder). It occurs between the first days of gestation and 3 to 5 years of life. This is manifested with alterations in muscle tone and posture, causing spasticity, for this reason therapies conducted by a physical therapist, which seek to develop gross and fine motor skills. This therapy is designed in a personalized way so that the affected areas improve through games, in the same way, various therapies are applied such as hydrotherapy and in it techniques such as Halliwick, where physiotherapeutic knowledge of rehabilitation and biomechanics are used together through the aquatic environment.

This project was developed in the "ESE Cardiovascular rehabilitation center" is the only public rehabilitation center that has facilities for hydrotherapy in the department, the institute does not have adequate implements or equipment to perform such therapy in an ideal way, generating affectations in time causing a low rate of patient care, its main patients are children with cerebral palsy of low resources, which do not have the resources to perform the therapy privately, generating affectations in the quality of life.

Keywords: Hydrotherapy, Cerebral palsy, Physiotherapy, Gross motor skills, Spasticity, Aquatic therapy, Floater.

Justificación

El “ESE Centro de Rehabilitación Cardioneuromuscular” ubicado en Cúcuta, Norte de Santander, es el único centro de rehabilitación público que cuenta con instalaciones para terapia acuática, los niños con parálisis cerebral tienen un tratamiento integral por lo cual esta, desarrollada mediante dos técnicas es un punto vital en la rehabilitación. La técnica Halliwick se divide en cuatro fases; Fase 1: adaptación al medio acuático (adaptación psíquica, soltura); Fase 2: Rotación (Rotación vertical, lateral y combinada); Fase 3: Control de movimientos en el agua (flotación, equilibrio y traslado por turbulencias); Fase 4: Movilidad en el agua (Movimientos básicos, movimientos fundamentales).

La práctica de la hidroterapia tiene beneficios tanto para el paciente como para el fisioterapeuta el cual le permite tener un mayor control sobre el cuerpo del paciente, esto permite un trabajo más intenso, con un mayor número de repeticiones sin riesgos de golpes ni caídas. Los beneficios en el paciente son el fortalecimiento en los músculos débiles, el aumento de la circulación sanguínea y un mayor control a nivel neuromuscular. En el “ESE Centro de Rehabilitación Cardioneuromuscular”, la hidroterapia con la técnica de Halliwick, no se desarrolla de forma adecuada debido a que los implementos con los que se realiza la actividad no son idóneos para está, generando un sobre esfuerzo por parte del terapeuta debido a las posiciones y movimientos que se deben adoptar por los diferentes patrones, ocasionando así un difícil desarrollo de la actividad, generando indisposición del paciente, lo que genera pocas repeticiones, se debe realizar esta con dos terapeutas para un solo paciente, la ejecución inadecuada de ciertos patrones por falta de equipo y riesgos de que el paciente ingiera agua.

La falta de implementos adecuados para la terapia generan estas problemáticas, por ello es indispensable el desarrollo de un producto específico para la actividad de hidroterapia, para

mejorar las condiciones de la terapia acuática, ya que es la única institución de carácter público de la región que cuenta con esta modalidad de terapia, al centro de rehabilitación asisten aproximadamente 40 niños con parálisis cerebral, los cuales un 90% son de bajos recursos por lo cual no cuentan con la facilidad económica para realizar terapias de carácter privadas, y a nivel nacional hay aproximadamente 300 mil niños con parálisis cerebral, el 70% de ellos son de bajos recursos. Además, los centros especializados solo se encuentran en ciudades principales.

Capítulo I. Fundamentación Teórica

1. Marco de referencia

1.1 Marco Contextual

El “ESE Centro de Rehabilitación Cardioneuromuscular” ubicado en la Calle 6 BN N° 13E-109 Barrio Los Acacios, Cúcuta, Norte de Santander, es de carácter departamental, tipificada según el PTRRM de las ESE’s públicas como especial en rehabilitación, y con rango de acción departamental, cubre la población de los 40 municipios y 108 corregimientos del Norte de Santander, aproximadamente 1.391.200 personas, es una empresa que se orienta a prestar servicios salud en el área de la prevención y la rehabilitación de la salud en la población, ocasionadas por enfermedades discapacitantes y limitantes del actuar normal de las personas que generan afectación en los niveles de calidad de vida.

Figura 1

Fachada del ESE Centro de Rehabilitación Cardioneuromuscular.



En el ESE se ofrecen servicios de Terapia Física, Terapia Ocupacional y Terapia de Lenguaje en el cual se desarrollan actividades para la prevención de enfermedades y secuelas discapacitantes del aparato locomotor, auditivo y de voz-lenguaje, cuenta con un taller de prótesis y órtesis, programa de atención integral para la rehabilitación de personas amputadas víctimas de minas

antipersona y por otras causas, cuenta con modalidades de prestación servicios, modalidad intramural: atención presencial, modalidad extramural: atención domiciliaria, jornadas de salud, modalidad virtual teleorientación – telerehabilitación, poseen talento humano interdisciplinario cuyo ideal es la rehabilitación integral e inclusión social de la población Norte Santandereana.

Figura 2

Instalaciones del ESE Centro de Rehabilitación Cardioneuromuscular



Es el único centro de rehabilitación público que cuenta con instalaciones para hidroterapia en el departamento, sus principales pacientes son niños con parálisis cerebral los cuales tienen un tratamiento integral. Al centro asisten 40 niños con parálisis cerebral, de los cuales se agendan 6 pacientes por día para recibir sesiones de hidroterapia la cual tiene una programación de dos horas al día, cada paciente recibe una sesión de 15 minutos, la administración del ESE centro de rehabilitación dispone de convenios con instituciones educativas para que los estudiantes realicen prácticas, en el área acuática realizan prácticas estudiantes de la Universidad de Pamplona y de la Universidad de Santander.

Figura 3

Área acuática del ESE Centro de Rehabilitación Cardioneuromuscular



El área acuática tiene equipamientos instalados para el ingreso de pacientes con limitaciones de movilidad, pero estos se encuentran sin mantenimiento, dispone de un camerino como vestier, el área de máquinas y de almacenamiento de equipos,

Figura 4

Equipamientos del área acuática del ESE Centro de Rehabilitación Cardioneuromuscular



En la tabla 1, podemos apreciar el listado de equipamientos y equipos disponibles para la realización de las terapias acuáticas en el centro de rehabilitación, estos elementos se solicitan y se entregan al equipo administrativo que tiene un control del listado de equipamientos.

Tabla 1

Lista de equipamientos del área acuática del ESE Centro de Rehabilitación Cardioneuromuscular

Equipamiento	Cantidad	Estado
Elevador mecánico para acceso a piscina	1	Sin funcionamiento
Balones	5	Buen estado
Flotadores tubulares	6	Defectuosos
Chalecos flotadores	2	Buen estado
Bandas	10	Buen estado

1.2 Marco teórico

1.2.1 Parálisis Cerebral Infantil (P.C.I.). La parálisis cerebral infantil (PCI) es un síndrome cuyo origen está localizado en el Sistema Nervioso Central (SNC), primera neurona o neurona motora superior; eso implica que casi todos los niños con PCI presentan, además de los defectos de la postura y movimiento, otros trastornos asociados. (Gómez-López, Simón; Jaimes, Víctor Hugo; Palencia Gutiérrez, Cervia Margarita; Hernández, Martha; Guerrero, Alba, 2013).

1.2.1.1 Etiología y factores de riesgo para la P.C.I. Según (Vázquez Vela, Vidal Ruiz, 2014) hasta el momento, la prematurez sigue siendo uno de los principales antecedentes de la parálisis cerebral. Sin embargo, los avances en la ciencia y la tecnología, que se extienden desde imágenes en sus diversas modalidades a técnicas avanzadas de biología molecular, indican que la mayoría de los casos de encefalopatía neonatal y parálisis cerebral no se originan durante el parto. En la actualidad, se acepta que la mayoría de los casos de cefalopatía neonatal y PC tienen su origen en la hipoxia neonatal consecuencia de anomalías del desarrollo, anomalías metabólicas, defectos autoinmunes y de la coagulación, infecciones, traumatismos o combinaciones de éstos.

Teniendo en cuenta a (Póo Argüelles, 2008) la PC es un síndrome que puede ser debido a diferentes etiologías. El conocimiento de los distintos factores que están relacionados con la PC es importante porque algunos de ellos se pueden prevenir, facilita la detección precoz y el seguimiento de los niños con riesgo de presentar PC. En razón de lo anterior, Póo Argüelles, comenta que los factores de riesgo de la parálisis pueden ser tres: factores prenatales, los cuales son aquellos que afectan antes del parto y se clasifican de tres formas: a) Los factores maternos: Alteraciones la coagulación, enfermedades

autoinmunes, HTA, Infección intrauterina, traumatismo, sustancias tóxicas, disfunción tiroidea; b) Alteraciones de la placenta: Trombosis en el lado materno, trombosis en el lado fetal, cambios vasculares crónicos, Infección. c) Factores fetales: Gestación múltiple, retraso crecimiento intrauterinos, polihidramnios (aumento de líquido amniótico), hidrops fetalis, malformaciones.

Del mismo modo, se encuentran los factores perinatales, los cuales son aquellos que afectan durante el parto como la prematuridad, el bajo peso, fiebre materna durante el parto, Infección SNC o sistémica, Hipoglucemia mantenida, Hiperbilirrubinemia, Hemorragia intracraneal, Encefalopatía hipóxico-isquémica, Traumatismo, cirugía cardíaca, ECMO. Y finalmente, los Factores postnatales, los cuales son aquellos que actúan en el recién nacido después del parto hasta los dos años, Meningitis, Encefalitis, accidentes vasculares, malformaciones vasculares, cirugía cardíaca, paro cardiorrespiratorio, traumatismo craneal, intoxicación, deshidratación grave, estatus convulsivo, hipertensión pulmonar.

1.2.2 Clasificación de la parálisis cerebral infantil. Según Vázquez Vela, Vidal Ruiz, 2014 para tratar de entender de manera más concreta a la parálisis cerebral infantil, debemos de tomar en cuenta las distintas clasificaciones de acuerdo con si éstas exponen alteraciones topográficas, nivel de afección, severidad de la discapacidad. La clasificación en función del trastorno motor predominante y de la extensión de la afectación, es de utilidad para la orientación del tipo de tratamiento, así como para el pronóstico evolutivo. Otra forma de clasificación, según la gravedad de la afectación: leve, moderada, grave o profunda, o según el nivel funcional de la movilidad: nivel I-V según la GMFCS. (Póo, 2008)

Entre ellas se encuentra la Parálisis Cerebral Espástica: es la variante más frecuente de la enfermedad y se caracteriza por presentar por lo menos dos de las siguientes características: Patrones de movimientos o postura anormales; Hipertonía; Reflejos patológicos como hiperreflexia o signos piramidales positivos. Esta clasificación reemplaza los términos cuadriplejía, diplejía o hemiplejía por bilateral o unilateral, cuando ambas o una extremidad se ve afectada respectivamente. (Espinoza Diaz, 2015). En la misma línea se halla, la Parálisis cerebral Disquinesia, la cual incluye a los pacientes que presentan movimientos anormales, involuntarios, incontrolados, recurrentes y ocasionalmente estereotipados, así como trastornos en el tono muscular. Los subtipos son: Coreoatetosis, caracterizada por movimientos rápidos y excesivos en el tronco (corea) asociados a movimientos lentos en las extremidades (atetosis) con tono muscular que tiende a estar disminuido; Distónica, donde hay hipertonía e hipocinesia. (Espinoza Diaz, 2015).

También se encuentra la Parálisis cerebral Atáxica, esta se caracteriza por alteraciones de las posturas y movimientos asociados a pérdida de la coordinación muscular voluntaria (ataxia), es decir, el paciente no puede activar de forma correcta el patrón muscular requerido durante un movimiento. (Espinoza Diaz, 2015). En la misma línea se presenta la Parálisis cerebral no calificable, esta incluye las variantes que no cumplen los criterios de las anteriores, el grupo mixto generalmente no es utilizado y se excluye en las últimas clasificaciones ya que el componente motor predominante permite la estratificación en los diferentes grupos. (Espinoza Diaz, 2015)

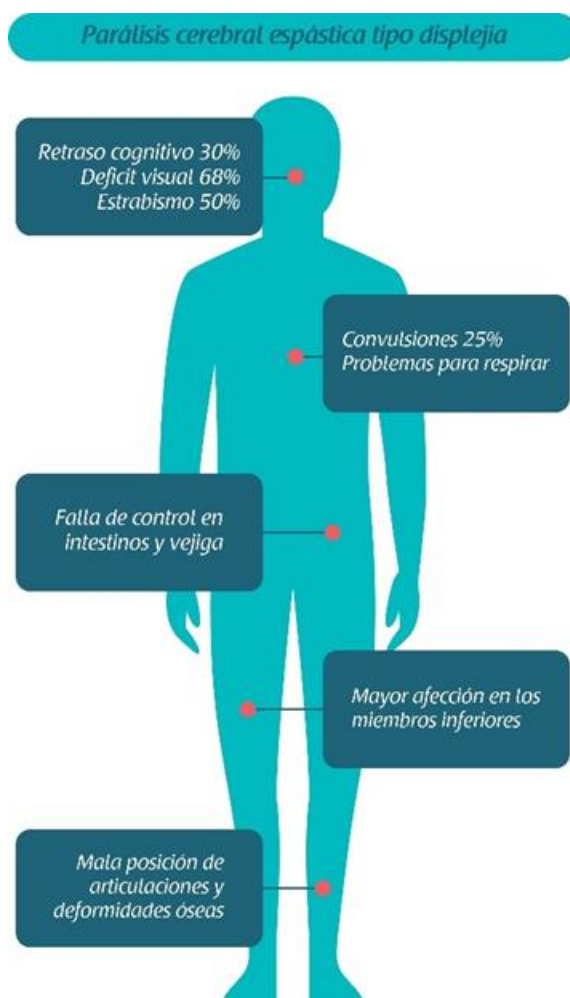
1.2.3 Parálisis cerebral infantil espástica. La PCI espástica es la más frecuente, representa el 70-80% de los casos, por lo cual este trastorno está caracterizado por hipertonía e hiperreflexia con disminución del movimiento voluntario; aumento del reflejo miotático; y predominio característico de la actividad de determinados grupos musculares que condicionará la aparición de contracturas y deformidades.

Según Tabacchi en 2017, se puede manifestar de forma bilateral o unilateral. La forma unilateral corresponde a las hemiplejias, es decir que la afectación motora del paciente se notará en los miembros de un mismo lado del cuerpo, siendo la afectación del miembro superior, el patrón más probable. Cuando se manifiesta de forma unilateral suele ser por múltiples causas, pero este tipo de manifestación se ha asociado en muchos casos por infartos cerebrales prenatales y perinatales. Las manifestaciones acompañantes más frecuentes son la epilepsia, los trastornos de sensibilidad y, las alteraciones de pares craneales. En la forma bilateral, se encuentran las parálisis cerebrales de tipo tetraplejia (los cuatro miembros son afectados), y diplejía espástica (los miembros inferiores son los más afectados).

La PCI espástica se clasifica también dependiendo del nivel de la funcionalidad global, el cual se puede medir a través de la GMFCS (Gross Motor Function Classification System), así mismo esta se relaciona sobre todo con la prematuridad, la causa más frecuente es la leucomalacia periventricular. En los pacientes que sufren una PCI espástica, se podrá observar una alteración del tono postural, donde predominará la hipertonía muscular y/o la espasticidad. La falta de control inhibitorio al nivel del SNC (sistema nervioso central), es la causa por la cual, se produce una co-contracción exagerada de los músculos agonistas y antagonistas, lo que lleva a ser espasticidad. Además, como es un problema espástico, el tono postural se verá afectado tanto al nivel de la distribución, como al nivel de la tensión y de la adaptabilidad. El musculo espasmado, no podrá llegar a relajarse, se fatigará por culpa de una elongación insuficiente (acortamiento) y una calidad de contracción debajo de lo normal. (Hurtado, 2007). En la figura 1, observamos la afectación corporal de la parálisis espástica.

Figura 5

Parálisis cerebral tipo diplejía características afectación



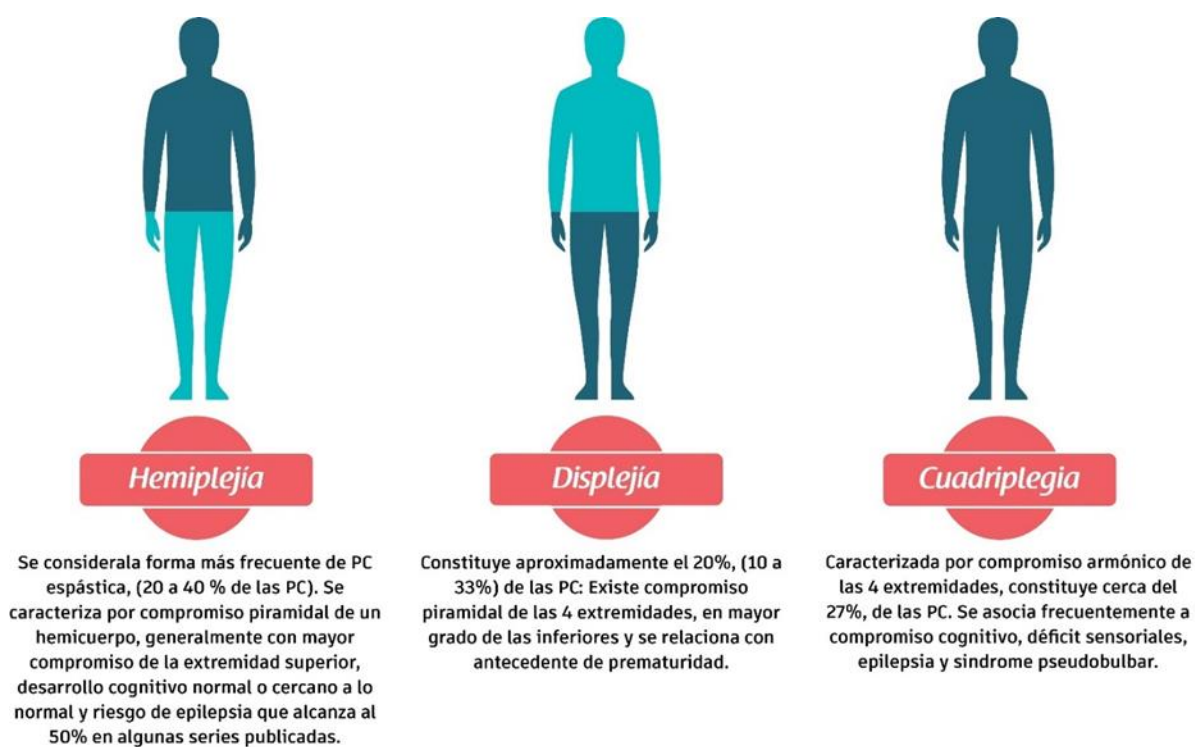
En este sentido, es importante resaltar la Escala de espasticidad de Ashworth, donde 0 hace referencia a un Tono muscular normal; 1, Hipertonía leve, es decir, aumento en el tono muscular con “detención” en el movimiento pasivo de la extremidad, mínima resistencia en menos de la mitad de su arco de movimiento; 2, Hipertonía moderada, donde se resalta el aumento del tono muscular durante la mayor parte del arco de movimiento, pero puede moverse pasivamente con facilidad la parte afectada; 3, Hipertonía intensa, la cual se reconoce por el aumento prominente del tono muscular, con

dificultad para efectuar los movimientos pasivos. Y finalmente 4, Hipertonía extrema, donde se observa que la parte afectada permanece rígida, tanto para la flexión como para la extensión.

En la figura 6, observamos la clasificación de la P.C.I. espástica según la parte del cuerpo alterada donde predominan los signos piramidales según su distribución topográfica.

Figura 6

Signos piramidales y según su distribución topográfica



(Adaptado de, Rev. Ped. Elec. [en línea] 2014)

1.2.4 Fisioterapia acuática. La Asociación de Fisioterapeutas de Australia, (2008)

plantea que la fisioterapia en el agua es una práctica especial de fisioterapia, con intención terapéutica, dirigida a la rehabilitación y al logro de objetivos específicos y funcionales de las personas con discapacidad. Se diferencia del término más genérico de hidroterapia, que se define como un proceso terapéutico que consiste en el tratamiento del cuerpo, total o parcialmente, con agua potable ordinaria, a diferentes presiones y diferentes temperaturas.

Es una intervención fisioterápica en la que se utilizan las propiedades físicas del agua con intención terapéutica, diseñado y llevado a cabo por fisioterapeutas cualificados específicamente, con el objetivo de mejorar y rehabilitar la función motora y que se realiza en una piscina con características específicas. (La Aquatic Therapy Association of Chartered Physiotherapist ATACP, 2005). Además de los beneficios fisiológicos ofrece importantes aportes psicológicos, ya que esta se puede ver de forma recreacional.

1.2.4.1 Propiedades del agua. En las propiedades del agua, encontramos las propiedades Físicas, Eva De Las Heras Osés (2016) destaca que este medio aporta gran estimulación sensorial y propioceptiva al sistema nervioso, necesitando por parte del paciente una reinterpretación perceptiva de las aferencias sensitivas que son las relacionadas con los estímulos sensitivos que llegan a la médula espinal, generando por tanto una nueva adaptación motriz. Es importante conocer las propiedades físicas del agua para poder entender los beneficios que puede aportarnos dicho medio como método de tratamiento: flotación, viscosidad y las presiones hidrostáticas e hidrodinámicas.

Entre las propiedades físicas, encontramos: a) Propiedad de flotación: la fuerza de flotación del agua ayuda a disminuir el peso del cuerpo debido a que se reduce hasta un 90% el efecto de gravedad. Esto significa que si el paciente se encuentra de pie en el agua hasta el nivel del tórax su peso se reduce hasta un 60%. b) Propiedad de viscosidad: Es la facilidad que tiene un fluido para desplazarse cuando se le aplica una fuerza externa, o la resistencia de un objeto cuando se desplaza por el agua. c) Propiedad de presión hidrostática: se basa en la ley de Pascal, según la cual la presión que ejerce un fluido sobre un objeto inmerso en reposo es exactamente igual en toda la superficie. Es directamente proporcional a la profundidad de la inmersión y la densidad del líquido. En la terapia se implementa este empuje como suspensión, asistencia o resistencia

Y finalmente, d) Propiedad de resistencia hidrodinámica: esta comprende todas las variables que dependen del agua y del cuerpo sumergido y determinan la fuerza que necesita un cuerpo para moverse dentro del agua. Las variables que dependen del agua son la cohesión, la adhesión, la tensión superficial y la viscosidad

También encontramos las propiedades Térmicas; el agua, desde el punto de vista terapéutico, se utiliza a muy diversas temperaturas, desde muy frías hasta muy calientes, según el efecto deseado. Por lo tanto, la hidroterapia se aplica a cualquier técnica de termoterapia o crioterapia que utilice el agua como método de transferencia térmica. Entre las propiedades térmicas encontramos el Agua con temperatura caliente: tienen un efecto analgésico, sedante y antiespasmódico, relajan el músculo favoreciendo así la movilidad articular, ayudan a la piel a transpirar y eliminar por medio de esta, sustancias tóxicas, por medio de mecanismos de vasodilatación disminuyen la tensión arterial, induciendo al sueño, así como también poseen efectos sobre el tejido conjuntivo.

Además, el factor hidrostático, permite disminuir el peso aparente, ya que dentro del fluido los cuerpos pesan menos, se pueden mover mejor, disminuye el estrés que sufren las articulaciones de carga, según la tabla de Lecrenier, el peso aparente disminuye según hasta donde esté sumergido.

Tabla 2

Tabla de Lecrenier

Niveles de inmersión	% del peso real
Hasta el cuello	10%
Hasta las axilas	30%
Hasta la cintura	60%
Hasta los trocánteres	80%
Hasta la rodilla	90%

Del mismo modo también se encuentra la aplicación de la técnica con agua a temperatura fría, la cual tiene un efecto vigorizante tonificando los órganos, activando la circulación, de esta manera favorecen el trabajo del corazón, y la nutrición a nivel tisular y celular, estimulan los termorreceptores, poseen propiedades desintoxicantes y antiinflamatorias, fortaleciendo el sistema nervioso ya que lo estimulan. (Pérez Miras, Ana Rosa, 2018)

Por otra parte, la fisioterapia acuática cuenta con modalidades, las más importantes son la terapia acuática la cual consiste en estar sumergido en la piscina climatizada con todo el cuerpo y la hidroterapia, en esta solo se sumergen algunos

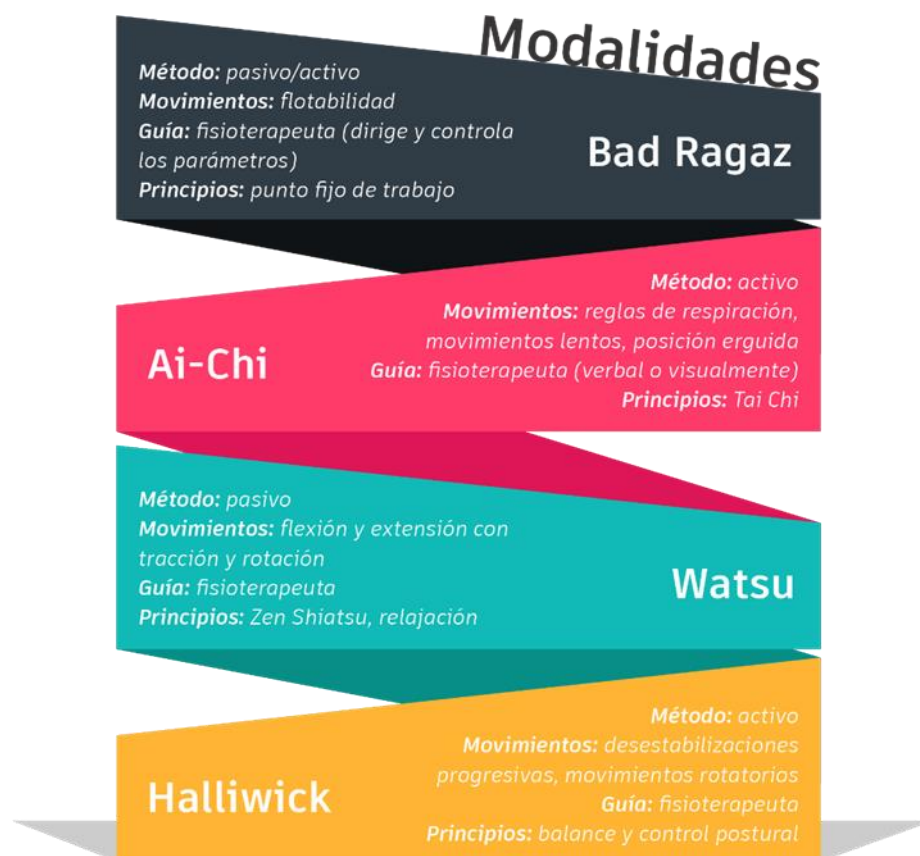
segmentos corporales, además esta supervisada y dirigida por un profesional de la salud, generalmente un fisioterapeuta

1.2.5 Hidroterapia La hidroterapia es uno de los métodos más antiguos utilizado en el tratamiento de las disfunciones físicas. Se ha ido desarrollando y adquirido mayor auge, debido al reconocimiento del agua como verdadero método terapéutico en sus múltiples campos de aplicación, como ser la rehabilitación ortopédica, reumatológica, neurológica, deportiva, etc. (María Batista, 2011). este método consiste en el tratamiento total o parcial del cuerpo, mediante la ejecución de movimientos guiados por un profesional, aprovechando las propiedades mecánicas y térmicas del agua, abarcando factores hidrodinámicos ya que el movimiento dentro del agua sufre una resistencia de ésta que se opone a su avance y factores hidrocinéticos las cuales son las acciones percutoras producidas por la proyección del agua sobre una zona corporal.

Además, aporta grandes beneficios a nivel psicológico y físico, ya que el grado de confianza y motivación del paciente aumentan al ver que dentro del agua pueden avanzar y realizar actividades o movimientos sin dolor, las cuales fuera, no podrían hacer, los ejercicios que se realizan se pueden llevar a cabo de forma activa, dirigida, pasiva o asistida por un fisioterapeuta, utilizando como resistencia únicamente el agua, o con la ayuda de material complementario. (Pérez Miras, Ana Rosa, 2018)

Del mismo modo, es importante resaltar que en la hidroterapia hay técnicas variadas para una amplia gama de indicaciones terapéuticas; en la Figura 7 se definen las modalidades de hidroterapia.

Figura 7
Modalidades de hidroterapia



(Adaptado de, Pazos y Gonzales 2002, como se adaptó en Ramírez 2019)

A continuación, en la Tabla 3, se realiza una comparación entre la modalidad Bad Ragaz y Halliwick, ya que estos métodos de hidroterapia son los que más se aplican en pacientes con P.C.I.

Tabla 3*Comparación de las modalidades Halliwick y Bad Ragaz*

	Halliwick	Bad Ragaz
Definición	El método de Halliwick consiste básicamente en conseguir un balance y control postural a través de desestabilizaciones progresivas que el fisioterapeuta proporciona al paciente, progresando hacia una serie de movimientos que requieran un control rotatorio mayor para enseñar el control sobre el movimiento.	El método de Bad Ragaz, consiste en un método pasivo o activo de hidrocinesiterapia en el cual el fisioterapeuta proporciona el punto fijo desde el cual el paciente trabaja, al mismo tiempo dirige y controla todos los parámetros de la ejecución del ejercicio, sin que el paciente se agarre a ningún sitio o equipo fijo, aunque puede ayudarse de los elementos o aparatos que modifican la flotabilidad. Basado también en los principios de facilitación neuromuscular propioceptiva
Terapia	Programa de 3 fases y 10 puntos de progresión	Movimientos funcionales en diagonal mediante estímulos verbales, visuales y táctiles buscando el fortalecimiento y la movilidad del paciente
Propiedades	a) Hidromecánicas: este produce una resistencia al movimiento, oponiéndose a su desplazamiento, el cual permite una mejor relajación muscular y la inhibición de los reflejos de	a) Hidrostáticas: esto es gracias a la flotación y la ingravidez que tienen lugar en el agua, combinadas con la resistencia, originada por el movimiento en la misma, ayudan a mejorar el tono muscular.

	estiramiento de los músculos antagonistas. b) Hidrostáticas: debido a la flotación el cuerpo parece pesar menos en el agua que en el aire, dando la oportunidad de realizar los ejercicios con mayor facilidad. c) Biomecánicas: en el agua es totalmente diferente, lo cual se aprovecha para trabajar áreas propioceptivas y de tejidos blandos con una mayor funcionalidad.	b) Térmicas: la temperatura del agua (temperatura alrededor de los 34-36) provoca una disminución de la espasticidad con esto mejora la movilidad y flexibilidad articular. c) Dinámicas: aumenta el conocimiento del cuerpo (propiocepción), mejorando el control motor (marcha), equilibrio, estabilidad y coordinación.
Fases	a) Fase 1: adaptación al agua. b) Fase 2: control de equilibrio c) Fase 3: movimiento en el agua. Dentro de estas 3 fases se presentan 10 puntos: 1. Adaptación mental 2. Suelta 3. Control de la rotación transversal 4. Control de la rotación sagital 5. Control de la rotación longitudinal 6. Control de la rotación combinada 7. Inmersión mental 8. Equilibrio en la inmovilidad	a) Isotónicamente: El fisioterapeuta actúa como un punto “móvil” de fijación. El paciente se puede empujar o pivotar en la dirección de su movimiento activo. Esta acción lleva a un aumento en la resistencia a ese movimiento. A la inversa, el movimiento puede ser asistido por un fisioterapeuta que empuja en la dirección opuesta al movimiento previsto del paciente. b) Isométricamente: El paciente mantiene una posición fija mientras que se empuja a través del agua por el terapeuta. Promueve contracciones estabilizadoras.

	9. Arrastre por las corrientes 10. Propulsión y brazada simple.	c) Isocinéticamente: El fisioterapeuta proporciona una fijación mientras se mueve al paciente a través del agua, ya sea lejos o alrededor del terapeuta. El paciente determina la resistencia encontrada por el ajuste de la velocidad de movimiento a través del agua.
Beneficios	Tiene la ventaja de ser un método que se puede enseñar y transmitir a otros. Se adapta a todo tipo de minusvalía, incluso a las profundas, y que se muestra igualmente eficaz para enseñar tanto a niños como a adultos no discapacitados. La actividad física en la tierra puede resultarles muy difícil, incluso imposible; sin embargo, el medio acuático facilita notablemente la posibilidad del movimiento y traslado. El método no necesita de la utilización de ayudas de flotación personal. Es más importante que el nadador minusválido aprenda a encontrar el control del equilibrio en el agua. Inicialmente se trabaja con la persona de manera individual, retirándoles gradualmente la	Se consigue mayor equilibrio, coordinación y estabilidad al trabajar dentro del agua. En muchos trastornos neurológicos los músculos presentan espasticidad, es decir, son músculos tensos y rígidos, que, gracias a una temperatura adecuada se consigue la máxima relajación. Método que por su forma de aplicación asiste al ejercicio, es un medio de resistencia para mejorar la fuerza muscular, reduce estrés sobre articulaciones al proporcionar apoyo o asistencia, mejora el equilibrio debido a la búsqueda del centro de gravedad y la flotabilidad.

ayuda a medida que el asistido es
capaz de realizarlo por sí mismo.

(15)

Este método no solo da
beneficios físicos, también se
producen mejoras a nivel
emocional

En suma, de estas comparaciones, se establece el método Halliwick como terapia central a trabajar en el desarrollo del proyecto, ya que esta es la que tiene y presenta un mayor grado de complicaciones por los puntos que se realiza, es decir, hay más contacto entre el fisioterapeuta y el paciente.

1.2.6. Método Halliwick. Este método surgió en 1950, cuando su creador James McMillan tuvo la oportunidad de organizar un evento para alumnos para la “Escuela Halliwick para Niñas Paralíticas” en Southgate, Londres. Al mismo tiempo era entrenador de natación voluntario en el club local. Su idea básica era integrar a los niños de su Escuela Halliwick con la comunidad local. (De la herera Osés, 2016) El medio acuático es un fuerte estímulo propioceptivo y exteroceptivo. Es conocido, que con la práctica de terapias neurorehabilitadoras en ambientes estimuladores se mejora la respuesta adaptativa, es decir, que se mejora el aprendizaje (lenguaje, lectoescritura, manejo del dinero, etc.), las habilidades sociales (responsabilidad, autoestima, seguimiento de normas etc.) y la práctica de actividades de la vida diaria. (León, Rodríguez, 2015)

Para los niños con PCI, el concepto Halliwick, se convierte en un programa de aprendizaje que les facilita el proceso de asimilación de patrones posturales y

funcionales, así como la reducción de movimientos anormales. Las metas de este programa son potenciar al máximo las habilidades funcionales de los discapacitados y la integración social. Es muy importante la colaboración nadador-instructor, ya que es este último quien ofrecerá los apoyos necesarios para que el paciente pueda sentirse libre en el agua realizando y controlando los diferentes movimientos. Estos diez puntos son la adaptación mental, el ajuste mental, el control de rotación sagital, el control de rotación transversal, el control de rotación longitudinal, el control de rotación combinada, el empuje, el equilibrio en quietud, el deslizamiento en turbulencia y por último las progresiones simples y movimientos básicos de natación. (León, Rodríguez, 2015)

El método Halliwick, se basa en el desarrollo de un programa de 10 puntos. Este programa es un proceso estructurado de aprendizaje, con el que un niño puede progresar hacia la independencia en el agua debido al dominio de sus movimientos corporales (León, Rodríguez, 2015), tal como se muestra en la tabla 4, en la cual se explica el tipo de movimiento, lo que se trabaja y el objetivo del punto.

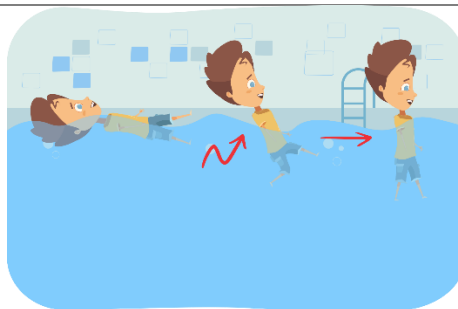
Tabla 4

Los 10 puntos del método Halliwick

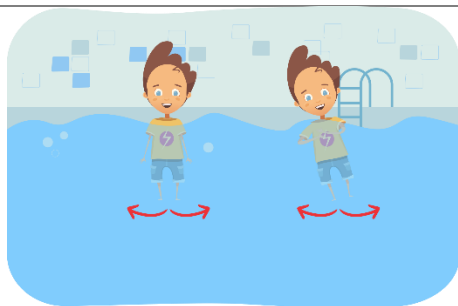
Punto	Ilustración	Que se trabaja
Ajuste mental		El ajuste mental hace referencia al periodo de adaptación de la persona al medio acuático.

Desvinculación

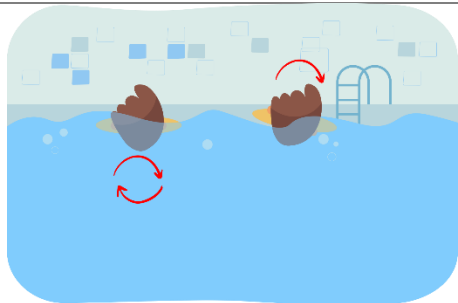
La desvinculación es un proceso continuo durante el aprendizaje por el cual el niño comienza la independencia física y mental del soporte que le ofrece el instructor.

Control de las rotaciones transversales

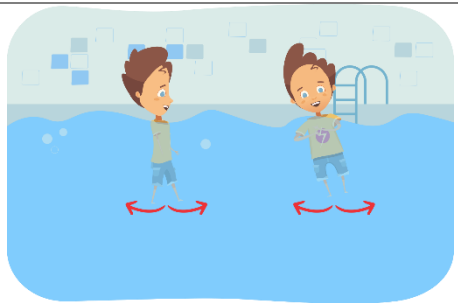
Es la habilidad de controlar los movimientos del eje transversal.

Control de las rotaciones sagitales

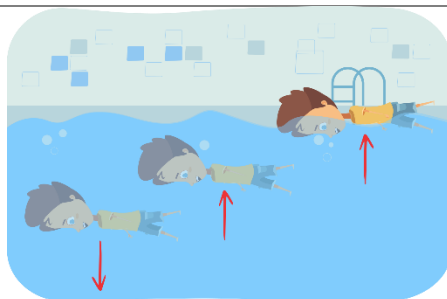
Es la habilidad que controla los movimientos laterales alrededor del eje anteroposterior o eje sagital.

Control de las rotaciones longitudinales

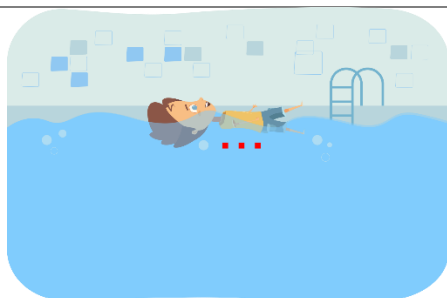
Es la habilidad de controlar los movimientos a lo largo del eje longitudinal.

Control de la rotación combinada

Es la habilidad de controlar los movimientos usando cualquier combinación de rotaciones. Esto confiere al niño el control del movimiento en el agua en las tres dimensiones.

**Empuje
ascendente**

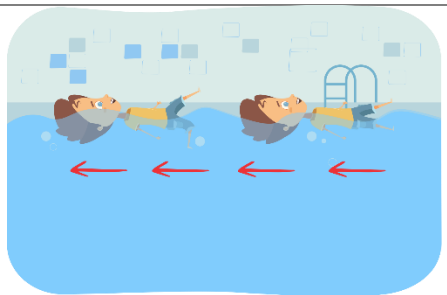
El empuje ascendente es la propiedad física del agua que posibilita flotar. Es la puesta en práctica del Principio de Arquímedes. Este proceso también es llamado inversión mental, porque es el punto del programa en que se enseña a los niños a sumergirse bajo el agua.

**Equilibrio en
reposo**

Es la habilidad que se alcanza cuando se es capaz de permanecer inmóvil, en una posición relajada en el agua. Flotar es un ejemplo de equilibrio en calma.

**Deslizamiento
con
turbulencias**

Es una forma dinámica de continuar el punto anterior. Una vez que el niño mantiene el equilibrio por sí sólo en la posición de flotación es desplazado por las turbulencias que crea el instructor moviendo sus manos debajo de los hombros del niño sin necesidad de ningún contacto físico.

**Progresión
simple y estilo
de natación
básico**

La progresión simple es una representación de los movimientos simples de propulsión. Esto es posible con un movimiento de hombro, pierna o cualquier movimiento del tronco.

(Adaptado de León y Gonzales, 2019)

1.2.7 Relación paciente-terapeuta. Todos los pacientes no son iguales según las patologías que padezcan y el historial médico el fisioterapeuta dispone una serie de ejercicios, uno de ellos son los ejercicios de relajación. En el libro Técnicas de relajación y trabajo corporal en el medio acuático (Saborit, 2009, como se citó en Molano, 2020), narra unos ejercicios de conexión, el sentir del cuerpo y el contacto con el agua, con los objetos y el beneficio que trae la hidroterapia para llevar una mejor calidad de vida. (Molano, 2020).

1.3 Marco conceptual

1.3.1 Fisioterapia. Según García A. Hüter-Becker (2003) define la fisioterapia como “como parte integrante de una terapia física, la actividad propia del enfermo, para fines curativos. Los objetivos profilácticos, terapéuticos y rehabilitadores son apoyos para el desarrollo, el mantenimiento y la recuperación de todas las funciones en el ámbito somático y psíquico o para el aprendizaje de funcionamientos alternativos para las disfunciones que no sean recuperables.”

1.3.2 Hidroterapia. Yanethxy Torres, Adriana Castillo y Ana Díaz (2015), argumentan que la hidroterapia es el empleo tópico o externo del agua con fines terapéuticos. El agua logra sus efectos terapéuticos al aportar al cuerpo una energía mecánica y/o térmica (Rodríguez y Iglesias, 2002). Las aplicaciones pueden ser totales y locales o parciales. Se utilizan los baños de vapor, baños de contraste, baños de remolino, las duchas y los chorros (Pasos y González, 2002). La hidroterapia, por lo tanto, se define como una modalidad terapéutica, por medio de la cual se aplica el agua como agente físico aprovechando su energía térmica, acústica, luminosa y mecánica (Mogollón, 2005).

1.3.3 Flotación. Con base en Rafael Córdova, Juan Medina y Ester López (1997) la fuerza de flotabilidad fue descubierta por Arquímedes en el siglo III a.C. Su postura fue realizada a través de un principio que lleva su nombre, el cual establece: " Un cuerpo que se sumerge en un fluido experimenta una fuerza ascendente llamada empuje y que es igual al peso del fluido desplazado por él ". Este principio de carácter empírico fue posteriormente avalado mediante las leyes de Newton. Donde, la fuerza de flotabilidad tiene su naturaleza en las presiones que ejerce el fluido sobre el cuerpo, cuando éste se encuentra sumergido en su interior.

1.3.3.1 Teoría del buque. La Teoría del Buque es una aplicación de la geometría y de la mecánica al estudio del buque, considerado como estructura que está flotando, parcialmente sumergido en el agua, parcialmente en el aire, o totalmente sumergido en el agua, y que puede moverse con seis grados de libertad en su interacción con la mar y el aire. (Joan Olivella, 1995)

1.3.4 Parálisis cerebral infantil. la parálisis cerebral infantil (PCI) como un grupo de trastornos del desarrollo del movimiento y la postura, causantes de limitación de la actividad, que son atribuidos a una agresión no progresiva sobre un cerebro en desarrollo, en la época fetal o primeros años (Póo Argüelles, 2013).

1.3.5 Espasticidad. La espasticidad el trastorno más común de afección motriz cerebral, la espasticidad es un desorden motor caracterizado por aumento de la velocidad dependiente del reflejo tónico de estiramiento, causado por excitabilidad del reflejo de estiramiento. Representa uno de los signos positivos del síndrome de neurona motora superior que contribuye a las deficiencias motoras vistas en parálisis cerebral (Eckersley, 1993).

1.4 Marco Normativo

Dentro del marco legal, las normas de seguridad que existen para el uso de piscinas con fines terapéuticos o recreativos que se deben tener en cuenta al momento del desarrollo y fabricación del producto, es la Ley 1209 de 2008, la cual establece las normas de seguridad y adecuación de las instalaciones de piscinas con el fin de evitar accidentes, problemas de salud y proteger la vida de los usuarios, la cual cuenta con una serie de capítulos, los cuales se abstrajeron los más importantes. El Capítulo II, Artículo 4to, establece las definiciones de la piscina y sus usos, el Capítulo IV, Artículo 11vo, establece las medidas de seguridad, la cual especifica medidas sanitarias de los usuarios como de los implementos a usar dentro del medio acuático.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente el sistema para mejorar la actividad de hidroterapia no debe de infringir con las normas dispuestas para la utilización de medios acuáticos, es por ello por lo que el objeto no deberá soltar partículas que alteren el estado del agua alterando el

funcionamiento y la sanidad, ni disponer de elementos que atenten contra la seguridad de las personas.

1.5 Planteamiento del problema

En el “ESE Centro de Rehabilitación Cardioneuromuscular” las sesiones de hidroterapia se realizan los lunes, miércoles y jueves, tienen un tiempo programado de 2 horas, las cuales se distribuyen entre 8 pacientes por día aproximadamente y son dirigidas entre 4 o 6 fisioterapeutas según la disponibilidad, cada terapia dura entre 10 a 15 minutos y la recomendación teórica de estas técnicas es de 30 minutos por sesión, durante la sesión se requiere la asistencia de 2 fisioterapeutas por paciente uno para sostenerlo y el otro para ejecutar las técnicas, esto debido a la falta de equipos e implementos para la actividad, además se presentan dificultades para realizar ciertos patrones o etapas en los que sería más efectivo que el paciente se encuentre libre para realizar movimientos en el agua.

Es necesario mejorar las condiciones de la actividad de hidroterapia con el método Halliwick en niños con parálisis cerebral, para que la rehabilitación se realice de manera idónea así mismo facilitando la actividad, haciendo posible el aumento del tiempo de cada terapia y reduciendo el número de fisioterapeutas para cada una de las mismas, lo cual permite tratar más pacientes logrando aumentar las probabilidades de éxito de estos métodos terapéuticos.

Tabla 5

Planteamiento del problema por medio de un cuadro de diagnóstico

Síntomas	Causas	Pronostico	Control del pronostico
Las dimensiones del flotador no son adecuadas para el paciente y la actividad	Hundimiento del paciente	Clausura de la actividad, debido al riesgo de seguridad que representa el hundimiento del paciente	Diseño de un sistema que permita el desarrollo adecuado de la actividad de hidroterapia en niños con parálisis cerebral espástica, permitiendo los patrones, generando seguridad para el paciente como para el fisioterapeuta.
Se desajusta de la posición inicial cuando realizan los patrones de la terapia	Asistencia de otro fisioterapeuta para que ayude a sostener y realizar los movimientos de la terapia	Demoras en la actividad, generando retrasos en la atención de otros pacientes, debido al uso de dos fisioterapeutas por paciente	
El flotador hace que el paciente se sienta incomodo	El paciente comienza a realizar movimientos involuntarios dificultando la actividad al fisioterapeuta	Evolución no esperada en los resultados de la terapia.	

1.6 Formulación del problema

¿Cómo mejorar el desarrollo de la actividad de hidroterapia en niños con parálisis cerebral en el “ESE Centro de Rehabilitación Cardioneuromuscular”?

1.7 Objetivo general

Mejorar el desarrollo de la actividad de hidroterapia en niños con parálisis cerebral en el “ESE Centro de rehabilitación Cardioneuromuscular”

1.7.1 Objetivos específicos

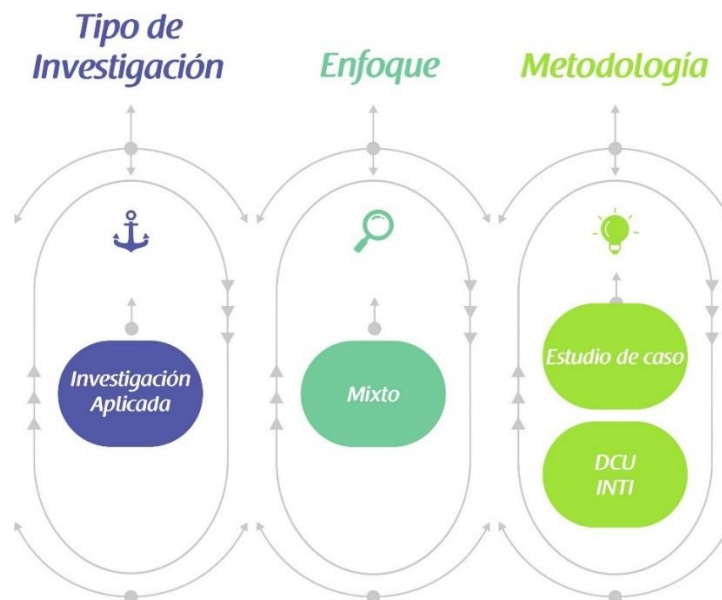
- Facilitar al fisioterapeuta el manejo del paciente durante la implementación de la actividad de hidroterapia
- Facilitar la ejecución de los movimientos de los puntos del método Halliwick
- Mejorar las condiciones de seguridad de los niños con parálisis cerebral durante la hidroterapia

1.8 Definición del modelo de investigación

Basado en lo que enuncia Tamayo (2003) “Busca confrontar la teoría con la realidad. Es el estudio y la aplicación de la investigación a problemas concretos, en circunstancias y características concretas. Esta forma de investigación se dirige a su aplicación inmediata y no al desarrollo de teorías”. Se plantea una investigación aplicada. Esta tendrá un enfoque mixto que según Sampieri, Fernández y Baptista (2006) “es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio o una serie de investigaciones para responder a un planteamiento del problema. Implica desde el planteamiento del problema mezclar la lógica inductiva y la deductiva.”

Como herramienta de investigación se tomará el estudio de caso cuyo objetivo es conocer y comprender la particularidad de una situación para distinguir cómo funcionan las partes y las relaciones del todo de acuerdo a lo formulado por Xiao 2009. El método Diseño Centrado en el Usuario (DCU) el cual “consiste en poner al usuario final en el centro del proceso de diseño y desarrollo del producto y cubriendo todo el ciclo de vida del mismo, es decir, desde las fases iniciales de planificación y análisis de requisitos hasta las validaciones finales”. Es el adecuado para realizar la intervención de diseño y desarrollar un producto basado en las necesidades y requerimientos propios del mismo.

Las diferentes actividades se desarrollan tomando como referencia el método DCU (Diseño centrado en el usuario) del Instituto Nacional de Tecnología Industrial de Argentina. Entre estas están: Definición estratégica (obtener una primera orientación estratégica del proyecto, delimitando los márgenes de acción; definir «Qué» se va a hacer, sin avanzar en «Cómo hacerlo»); diseño de Concepto (Generar alternativas creativas con criterios de sustentabilidad, de orientación al usuario y de inclusividad; programar tareas, fijando plazos a cumplir); diseño en detalle (Desarrollo de la propuesta, definiendo cómo construir el producto, fase crítica para delinear criterios de sustentabilidad e inclusividad); verificación y testeo (Comprobar el cumplimiento de las especificaciones establecidas en las fases anteriores facilitando su paso a producción. En esta fase también se verifican tanto características técnicas como compatibilidades dimensionales, de ensamblado y montaje con miras a su producción); producción (Puesta en marcha de la producción, fabricando una serie corta o prueba piloto, utilizando y poniendo a punto los medios productivos necesarios. Durante ella se deberán adquirir o subcontratar recursos edilicios, equipos y herramientas de producción).

Figura 8*Modelo de investigación*

Capítulo II: Desarrollo de la propuesta de diseño

2.1 Definición Conceptual del Proyecto

Este proyecto se desarrolla como una investigación aplicada, con el objetivo de estudiar el problema concreto, para facilitar el manejo y mejorar las condiciones del paciente durante la hidroterapia, para que la rehabilitación se realice de manera idónea así mismo facilitando la actividad, haciendo posible el aumento del tiempo de cada terapia y reduciendo el número de fisioterapeutas para cada una de las mismas, lo cual permite tratar más pacientes logrando aumentar las probabilidades de éxito de estos métodos terapéuticos, se trabaja un mercado nuevo, el cual no brinda elementos para pacientes con parálisis cerebral infantil espástica ya que esta actividad se desarrolla con implementos de natación no adecuados.

A continuación, en las figuras 4, 5 y 6, se detalla el paso a paso del desarrollo de los objetivos específicos para facilitar la comprensión del proyecto.

Figura 9

Desarrollo Objetivo Específico 1.

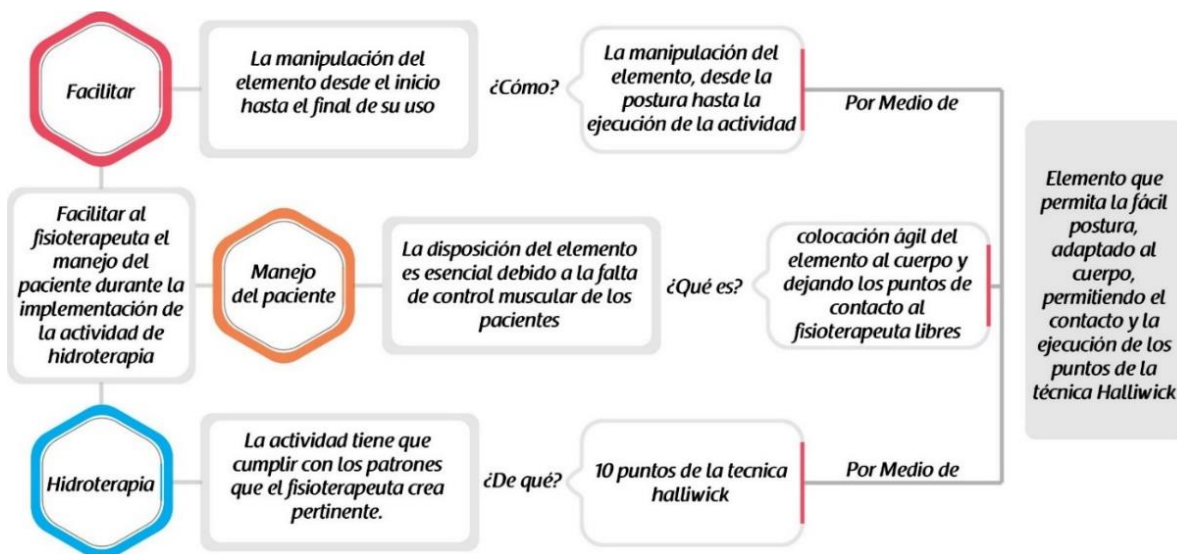


Figura 10

Desarrollo Objetivo Específico 2.

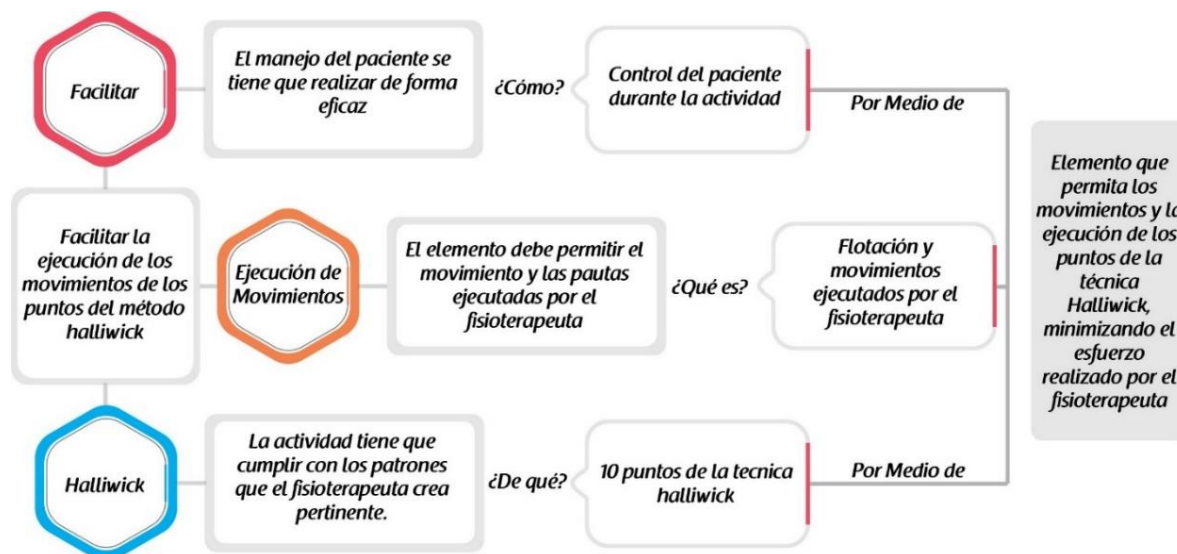
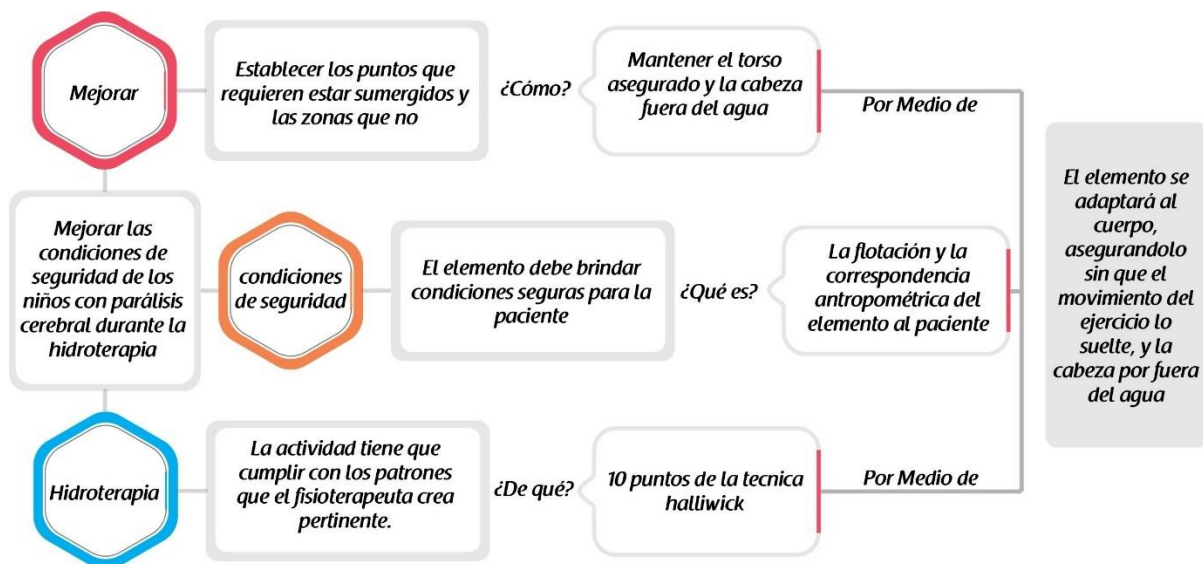


Figura 11

Desarrollo Objetivo Específico 3.



2.2 Fase I Análisis del desarrollo de la actividad.

Para el análisis del desarrollo de la actividad se ejecutaron múltiples herramientas para determinar con precisión la situación actual, el primer análisis se ejecutó mediante la herramienta mosca en la pared perteneciente a herramientas para el salón, para identificar las situaciones, acciones y conductas que se realizan a lo largo de la actividad de hidroterapia sin interferir en el proceso, en la tabla 6, se describe el objetivo e información de la observación, describiendo desde el inicio de la actividad, hasta su final, haciendo precisión en puntos importantes a tener en cuenta.

Tabla 6

Mosca en la pared, descripción del entorno, usuarios, objeto y actividad.

¿Cuál es el encargo?		Objetivo de la investigación
Observar la actividad de hidroterapia en el “ESE” Centro de Rehabilitación.		Analizar cómo se desarrolla la actividad de hidroterapia para determinar las problemáticas durante esta.
Quién	Dónde	Equipamientos
Se va a observar a los fisioterapeutas realizando la actividad con los pacientes. -Usuarios Claves Primarios: Fisioterapeutas -Usuarios Claves Secundarios: Pacientes Vestimenta: vestido de baño natación con gorro	En el ‘ESE’ Centro de rehabilitación en la Ciudad de Cúcuta, en el área de rehabilitación acuática, en horas de la mañana. El área acuática del ‘ESE’ cuenta con piscina y esta dispone de elementos de soporte, el agua no está aclimatada.	-Flotadores tubulares de espuma -Balones inflables 
		Duración
		La actividad por paciente dura entre 10 a 15 minutos.
Qué		
La actividad de hidroterapia en el ‘ESE’ cuenta con múltiples fases, y estas están a cargo de las fisioterapeutas del centro de rehabilitación, previamente realizan una evaluación en base a la experiencia y deciden cuales puntos de la técnica de Halliwick realizarán.		
Fase 1	Fase 2	
Preparación del paciente y del fisioterapeuta, para realizar la actividad, cada uno cuenta con el espacio de forma independiente, los pacientes cuentan con un área de espera, mientras los fisioterapeutas terminan con las sesiones anteriores	Los fisioterapeutas seleccionan a los pacientes que van a realizar la terapia de primero, mientras tanto se introducen en la piscina y comienzan a realizar movimiento para animar e incentivar al paciente y visualicen la piscina.	



Fase 3

En esta fase los fisioterapeutas toman al paciente y lo adaptan al agua de la piscina, desde la parte menos profunda, allí sientan al paciente y provocan que se vayan humedeciendo paulatinamente, aquí se comienza a cumplir primer punto del método Halliwick, adaptación al medio acuático (adaptación psíquica, soltura)



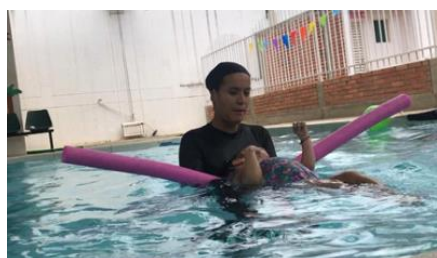
Fase 5

En esta fase el fisioterapeuta realiza desde control de las rotaciones longitudinales hasta progresión simple y el estilo de natación básico del método Halliwick, durante estos puntos, el fisioterapeuta requiere ayuda de otro compañero, ya que el elemento de flotación tubular comienza a presentar problemas, desestabilizando la cabeza del paciente, por lo cual la intervención de otro



Fase 4

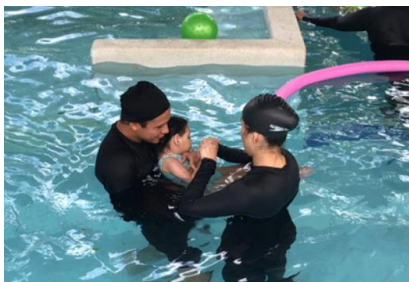
En esta fase el fisioterapeuta comienza a realizar el segundo punto, la desvinculación momentánea y luego realiza movimientos con el paciente, ubicándolo de forma horizontal generando movimiento, posteriormente toma un flotador tubular y lo ubica en el cuello para realizar la tercera etapa del método Halliwick (Control de las rotaciones transversales)



Fase 6

En esta fase, el fisioterapeuta con la ayuda de la compañera, terminan la actividad, se disponen a sacar al niño de la piscina, llevándolo hasta una colchoneta para que la madre procesada a secarlo y cambiarlo.

fisioterapeuta comienza a retrasar la hidroterapia para los otros pacientes.



Durante la desestabilización del paciente generada por el flotador tubular, el paciente comienza a realizar movimientos involuntarios, por lo cual requiere tomar una pausa y volver a animar al paciente, esto también se genera por la falta de climatización de la piscina, posterior a ello luego de volver a incentivar al paciente con la intervención de los dos fisioterapeutas, se logra apreciar los puntos de contacto que el fisioterapeuta tiene con el paciente, para realizarle los movimientos de la terapia, las zonas de contacto es la zona cervical y la cadera, posterior a ello terminan los puntos del método Halliwick y disponen al paciente en una colchoneta fuera de la piscina para secarlo y cambiarlo, con la ayuda del cuidador.

Por otra parte, se desarrolla un modelo sistémico, figura 12, para determinar las relaciones de conexiones, dependencia, multicausalidad, existente entre las variables y componentes del sistema que compone la actividad de hidroterapia, en este caso se desarrolló bajo la triada de usuario-actividad-entorno.

2.2.1. Recolección, análisis de información y soluciones existentes

2.2.1.1 Análisis de información. Para el desarrollo del análisis se tuvo en cuenta el arte de obtener datos de las necesidades del cliente de Karl T. Ulrich, por medio de una entrevista se obtuvieron datos precisos y se transformaron en enunciados de necesidad, para posteriormente generar un listado de métricas agrupando las necesidades y ponderándolas según la importancia, con este análisis se espera que desde la experiencia del fisioterapeuta podamos obtener información de primera mano para establecer una lista de atributos del producto.

Tabla 7

Frases del cliente y enunciados de necesidad

Frases del cliente	Enunciados de necesidad
El flotador se hunde rápido	Distribuir el peso del paciente en el elemento de manera uniforme
El flotador se sale del cuello del niño	El elemento se adaptará y asegurará al paciente
El flotador no me deja hacer todos los patrones	El elemento permitirá un libre desarrollo en las actividades
El flotador hace que el niño se sienta incomodo	El elemento será cómodo y seguro para el paciente
Los niños que no tienen control cefálico toman agua o les entra agua por las orejas	El elemento mantendrá un grado de flotabilidad en la zona cervical
Me canso de sostener al paciente	El elemento soportara el peso del paciente sin hundirse
Siempre tratamos de transmitir amor en las terapias	La percepción del elemento debe ser adecuada para los niños

Que para los elementos no necesite ayuda de nadie, que solo una persona lo pueda poner	El elemento será conveniente para la manipulación de un solo fisioterapeuta
Que el elemento sea de espuma porque inflable lo muerden y es fatal, una mala experiencia	Elemento con material espumado, seguro para el paciente

La lista de necesidad del cliente es la agrupación de todas las necesidades, luego de la transformación de esas necesidades, se genera una jerarquización de necesidades primarias y secundarias, para tener un listado de atributos más fáciles de interpretar, luego de la agrupación se establece un nivel de importancia.

Tabla 8

Conversión de métricas y estableciendo necesidades primarias y secundarias

Métrica	Enunciados de necesidad	Importancia
Flotabilidad	***Mantener un ángulo adecuado en el paciente	5
	***Mantener al paciente sobre la superficie del agua	
Seguridad	***Proporcionar equilibrio al paciente	5
	***Evitar que el paciente ingiera agua de forma accidental	
	***Evitar el ingreso del líquido por las fosas nasales y auditivas	

	***Evitar el sofocamiento del niño con el elemento	
	***Material de espuma para evitar accidentes	
Practicidad	**Permitir la ejecución de los múltiples patrones	5
	***Facilitar la movilidad del fisioterapeuta	
	***El elemento de adaptabilidad será fácilmente maniobrable	
Conveniencia	***El elemento podrá ser manipulado por una sola persona	4
Adaptabilidad	***El elemento podrá ser usado con diferentes medidas de acuerdo a la edad del paciente	5
Impermeabilidad	***El elemento tendrá una baja absorción de líquido	5
Manipulabilidad	**El elemento podrá ser manipulado por una sola persona	5
Confiabilidad	**Dar un grado de independencia al paciente en el agua	4

El resultado de la tabla 8, es una valoración numérica de importancia agrupando por subconjunto las necesidades, facilitando la generación de atributos, para generar esta valoración se realizó una socialización con la fisioterapeuta y el diseñador en base a la experiencia interdisciplinar, dando

como resultado atributos tales como flotabilidad, seguridad, practicidad, adaptabilidad, impermeabilidad, manipulabilidad, confiabilidad conveniencia, en ese orden jerárquico, lista de atributos obtenidas, se utilizarán como información base para evaluar y el desarrollo inicial de las propuestas, teniendo en cuenta la información recolectada en campo de forma previa.

2.2.3. Evaluación de soluciones existentes

Para esta fase, se eligieron referentes de 5 productos enfocados a la condición de parálisis cerebral, y un referente adicional para evaluar la funcionalidad por su ubicación corporal y tamaño reducido, la elección de estos referentes se realizó bajo los enunciados de necesidad obtenidos en la fase anterior *ver tabla 8*, realizando una descripción de las ventajas y desventajas del producto, adicionando una valoración numérica realizada con las métricas, para tener en cuenta atributos específicos de los referentes.

Figura 13

Referente #1 Aquatic Head Float for Special Needs by Danmar



Figura 14

Referente #2 Cerebral Palsy Float Suit



Figura 15

Referente #3 Upright position life jacket mental of physically challenged



Figura 16

Referente #4 Dolphin Float System by Danmar



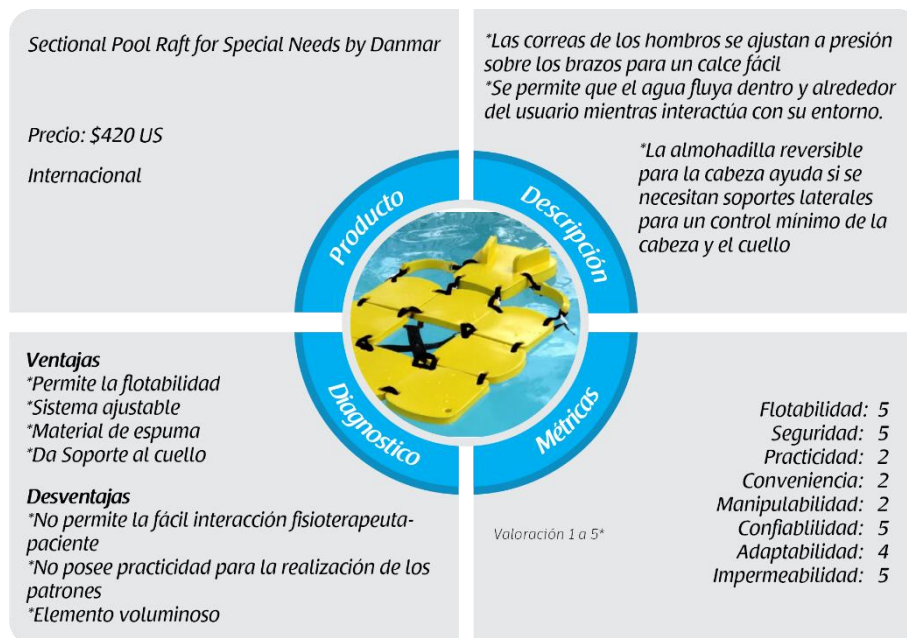
Figura 17

Referente #5 Cinturon para adulto aquajogger



Figura 18

Referente #6 Sectional Pool Raft for Special Needs by Danmar



En general, este análisis de tipologías, permitió conocer un poco más a fondo la necesidad de desarrollar un objeto para este tipo de actividad, se evidencia la falta de productos específicos para la actividad de hidroterapia en niños con parálisis cerebral, y aún más, la falta de equipamientos terapéuticos a nivel nacional, debido a que la mayoría de tipologías son de carácter internacional, es por ello que algunos fisioterapeutas y en el caso del centro de rehabilitación en Cúcuta, hacen uso de aditamentos de natación que no cumplen con las necesidades de la actividad, ni de los usuarios, sin embargo del análisis tipológico se pudo analizar elementos importantes para el desarrollo del producto, con la ayuda de las métricas se pudo determinar una serie de atributos tales como la modularidad, el material espumado, puntos

de anclaje importante y usos de anclajes del producto que se pueden evaluar para el desarrollo del objeto.

2.2.4 Precisión del problema proyectual

Con el análisis de la información obtenida en la entrevista, y la transformación de los enunciados de necesidad *tabla 8*, se pudieron definir los parámetros mínimos para el desarrollo del producto.

Se ejecutarán pruebas preliminares para obtener información sobre los posibles materiales a utilizar en el proyecto, evaluando el coeficiente de absorción de agua, realizando probetas bajo la normativa NTC 1772 “*Plásticos. Determinación de la absorción de agua*”, adicional a ello realizando observaciones del comportamiento del material en cuanto a flotabilidad y estabilidad en un entorno no controlado.

En el primer análisis es la espuma de polietileno de celda cerrada fabricada por Yumbolon ver *tabla 9* para la aplicación en diferentes industrias, esta espuma cuenta con características de espumado de baja densidad, flotabilidad y resistencia a la corrosión.

Tabla 9

Probeta espuma polietileno de mediana densidad

Material	Tiempo	Medidas	Peso	Observaciones
Yumbolon Placus	Inicial	10x10x3cm	6g	La prueba se inició en la zona central de la piscina, con elementos y actividad de hidroterapia alrededor.

	30min	10x10x3cm	9g	El material comenzó a desplazarse por los movimientos generados por las ondas del agua.
	1h	10x10x3cm	9g	El material mantiene un gran porcentaje sobre el agua, lo cual es un buen indicador de flotabilidad
	2h	10x10x3cm	9g	El material mantuvo la flotabilidad a pesar de que se realizaron movimientos fuertes de natación y actividades de terapia alrededor de él, se mantuvo estable en la superficie del agua

Como resultado de este material, deja buenas impresiones, debido a que el coeficiente de adsorción de agua es bajo, la capacidad de flotabilidad y la estabilidad, a pesar de la turbulencia por el entorno no controlado se desenvolvió de manera efectiva, se concluye que es un material que puede tenerse en cuenta para la implementación del proyecto.

Por otra parte las espumas de la serie FlexFoam-iT!TM X *ver tabla 10*, es una espuma flexible de uretano con características, de baja densidad, viscosidad la cual permite volver a la forma original ya que el material cuenta con memoria, se suele usar para proyectos industriales, de efectos especiales y de arte y manualidades.

Tabla 10

Probeta espuma polietileno de mediana densidad

Material	Tiempo	Medidas	Peso	Observaciones
FlexFoam-iT X	Inicial	10x10x4cm	67g	La prueba se inició en la zona central de la piscina, con elementos y actividad de hidroterapia alrededor.
	30min	10x10x4.1cm	71g	El material comenzó a desplazarse por los movimientos del agua generados por las ondas.
	1h	10x10x4.1cm	72g	El material aumentó sus dimensiones debido a la absorción de agua.
	2h	10x10x4.1cm	74g	A pesar de haber adsorbido agua, el material se mantuvo estable y flotando en la superficie

Como resultado del análisis de este material, se concluye que el material adsorbe agua y cambia sus dimensiones, la composición de este material, en su estructura interna, requiere procesos en su capa exterior, pero su viscosidad y memoria, trae múltiples ventajas para el contacto con el usuario.

Asimismo, se realizó unas pruebas de adsorción de agua, a una serie de textiles con alto índice de composición polimérica *ver tabla 11*, presentando propiedades antifluido, para la prueba se realiza una estructura tipo forro, con sistema de cierre impermeable y sesgo en sus costuras, adicional a ello se introdujo un polímero, poliuretano expandido el cual tiene altas capacidades

de absorción de líquido para poder evidenciar con facilidad el ingreso del líquido al compartimiento interno.

Tabla 11

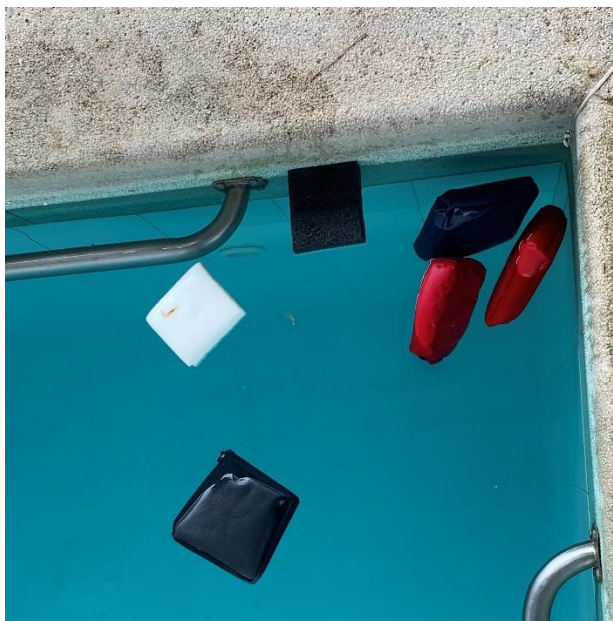
Probeta de textiles poliméricos

Tiempo	Material Tuitex expandes	Material Antifluido R.	Material Koubit	Material Vulkano Ext	Observaciones
Inicial	31g	22g	59g	38g	Las pruebas se iniciaron en la zona central de la piscina, con elementos y actividad de hidroterapia alrededor.
30min	592g	432g	454g	214g	Algunos materiales presentaron filtración de agua, especialmente el antifluido, aun con agua los materiales conservan la flotación, el rojo antifluido presenta un hundimiento considerable, el material azul se siente lleno de fluido, pero conserva la flotabilidad.
1h	601g	472g	615g	706g	Los elementos, a pesar del incremento de fluido al interior, se mantenían a flote.

2h	650g	480g	634g	754g	Durante las 2 horas de pruebas en la piscina, se pudo observar que el material antifuído, alcanzó a absorber agua.
----	------	------	------	------	--

Figura 19

Prueba de materiales textiles en la piscina



Finalmente luego de las pruebas realizadas a los materiales textiles, se aprecia una evidencia alta de ingreso de fluido en el compartimiento cerrado, las probetas a pesar de tener elementos que minimizan el ingreso de líquido, se mantenían a flote *ver figura 19*, pero alrededor de un 40% de material sobre la superficie, el resultado preliminar demuestra que la utilización de forros no favorecería al elemento, ya que el agua puede ingresar por las costuras, pero al ser textiles impermeables y antifuído, no permite la salida del líquido con facilidad.

Por consiguiente, con el resultado de estas pruebas preliminares se puede concluir que la espuma de polietileno y la espuma de uretano son aptas utilizar como materia prima, bajo la recomendación de utilizar recubrimiento para que ayude a cerrar los poros del material, por otro lado los materiales textiles pensados para recubrir o forrar la espuma, se descarta, ya que a pesar de utilizar técnicas para ayudar a disminuir el ingreso de líquido, aun así, logró ingresar, añadiendo peso al elemento, almacenando agua lo cual afecta la flotabilidad y estabilidad.

2.2.4.1 Parámetros Ergonómicos. Asimismo, teniendo en cuenta la recolección y análisis de la información previa, se desarrolla una definición de parámetros ergonómicos en relación con el paciente y las funciones del objeto generadas por el fisioterapeuta, para determinar los puntos clave a tener en cuenta las variables ergonómicas a evaluar. La ergonomía orientada por el diseño proporciona modelos metodológicos e información para comprender la dinámica de los sistemas de trabajo, o de producto/servicio. La información resultante se debe transferir al proceso de diseño, en forma de determinantes y requerimientos, lo cual permite la toma de decisiones a lo largo de todas las etapas. (Ovidio R, 2017).

2.3.4.1.1 Modelo sistémico. Eventualmente nuestro primer aparte para definir los parámetros ergonómicos es el modelo sistémico, el cual, desde el punto de vista de la ergonomía, el modelo sistémico, está conformado en principio por tres elementos básicos: el hombre o ser humano, el ambiente o entorno, relacionado a su vez con el ambiente construido y el objeto o máquina de trabajo. (Betancour G, 1994). Para la definición del modelo sistémico se analiza la actividad de hidroterapia, relacionando el ser humano, espacio físico y el objeto/máquina, es por ello que el modelo sistémico que se determina en el proyecto es el “tipo 2”, compuesto por la relación de un

solo objeto/máquina en este caso el flotador, con varios seres humanos, los cuales son el paciente y el fisioterapeuta, en un solo espacio físico el cual sería la piscina.

Tabla 12

Tipo de modelo sistémico

Tipo de sistema	Ser humano	Objeto/Maquina	Espacio Físico
Tipo 2	2 (Paciente – Fisioterapeuta)	1 (flotador)	1 (piscina)

2.3.4.1.2 Ergonomía física. Se refiere a las características anatómicas, antropométricas, fisiológicas y biomecánicas humanas en su relación con la actividad física los tópicos relevantes incluyen posturas de trabajo, manejo de materiales, movimientos repetitivos, desordenes musculoesqueléticos relacionados con el trabajo, distribución del lugar de trabajo, seguridad y salud, (IEA, 2012)

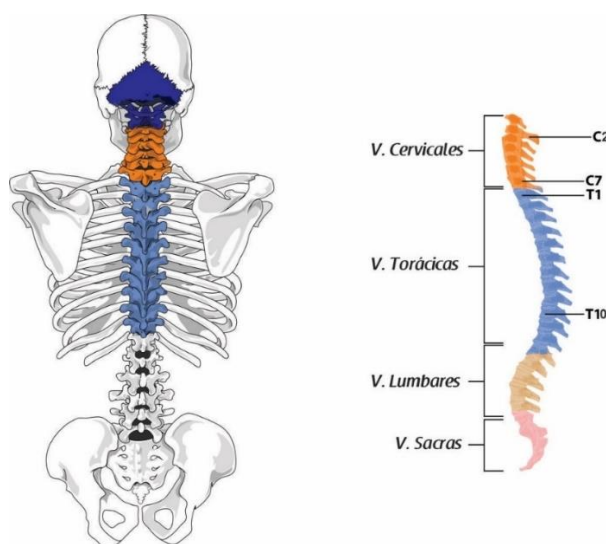
2.3.4.1.2.1 Biomecánica En general es una disciplina que se encarga del estudio del cuerpo, como si éste se tratara simplemente de un sistema mecánico: todas las partes del cuerpo se comparan con estructuras mecánicas y se estudian como tales. (Wolfgang L, 2010) para desarrollar el objeto es necesario analizar el movimiento del paciente y del fisioterapeuta, dicho análisis se desarrollará, bajo la observación realizada de la actividad.

La columna vertebral humana es una estructura rígida, que permite soportar presiones, y a la vez flexible, lo que le da un gran rango de movilidad. Estos dos conceptos son antagónicos en sus funciones, pero a lo largo de la evolución se han experimentado y el resultado es un equilibrio conveniente a las necesidades motoras del ser humano. (Oliveira C, 2007), la columna está compuesta por 31 a 33 vertebras, las cuales están distribuidas por 7 vértebras cervicales, 12

torácicas, 5 lumbares, 4 o 5 sacrales y 3 o 4 coccígeas en este caso se evaluará la espalda y zona del cuello, específicamente la columna vertebral desde la cervicales hasta las torácicas que es donde se realizan los puntos de contacto al paciente, las cuales estarían identificadas desde la C2 hasta la C7 y desde la T1 hasta la T10, teniendo en cuenta la zona occipital del cráneo *ver figura 20*, Según Luque (2009) en cada segmento móvil el disco y los cuerpos vertebrales absorben la mayor parte de las cargas. Cada segmento de movilidad columnar presenta seis grados de libertad rotación traslación sagitales; rotación y traslación coronales; y rotación y traslación horizontales

Figura 20

Identificación de las zonas de contacto columna vertebral

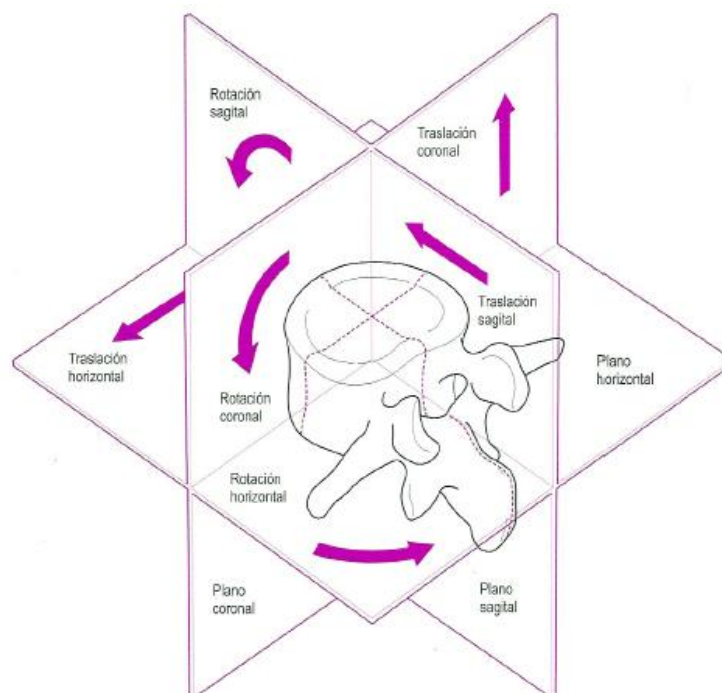


Las vértebras (cervicales, dorsales y lumbares) están separadas por los discos intervertebrales, lo cual les permite ser independientes las unas de las otras. Por su parte las vértebras pélvicas se encuentran unidas formando dos estructuras óseas el sacro y el coxis y no presentan articulaciones entre ellas. Las curvaturas de la columna dependen en gran medida de la posición

que usa para sentarse o la sobrecarga que conlleva la posición erecta, llegando a la configuración definitiva hasta después de la pubertad. (Luque, 2009)

Figura 21

Grados de movilidad columnar

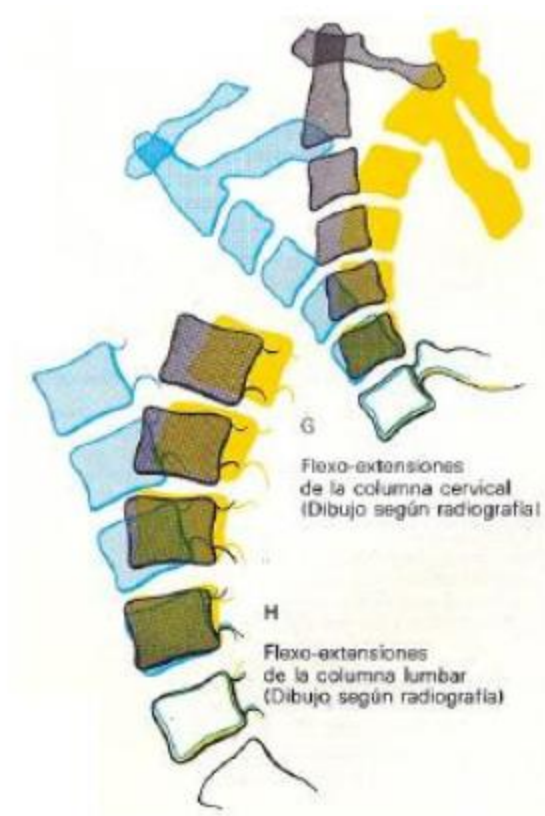


Nota. Adaptado de estudio de la morfología del cuerpo vertebral en una L4 humana con modelos de remodelación ósea interna y externa, (2011).

Así mismo, los movimientos de flexo-extensión, presentes en el raquis cervical y lumbar, estos movimientos tienen lugar principalmente en las regiones cervical y lumbar.

Figura 22

Flexo-extensiones de la columna cervical y lumbar



Nota. Adaptado de estudio de la morfología del cuerpo vertebral en una L4 humana con modelos de remodelación ósea interna y externa, (2011).

Dentro de este análisis es importante conocer el ángulo fisiológico de la columna vertebral, para poder determinar la configuración formal para así lograr una adaptación anatómica al paciente, durante el desarrollo del ser humano la configuración definitiva de la columna (D) no se alcanza hasta después de la pubertad, en un niño de 1 a 3 años (E) las curvaturas ya están presentes, pero dicha línea se encuentra por detrás de la columna, en un niño de 3 a 9 meses (F) las curvaturas sólo están esbozadas, Luque, S., (2009). La curvatura en un desarrollo normal, en la zona torácica recibe el nombre de cifosis torácica y tiene promedio de 35° (rango de 20° a 50°), y la zona cervical recibe el nombre de lordosis y tiene un promedio de $40^{\circ} \pm 9,7$, la cervical inferior (C4-C7) es relativamente plana con una lordosis de 6° .

Figura 23

Desarrollo de la curvatura del raquis



Nota. Adaptado de estudio de la morfología del cuerpo vertebral en una L4 humana con modelos de remodelación ósea interna y externa, (2011).

Además, en los ángulos de flexión y extensión, el raquis cervical se caracteriza por ser el más libre de los tres (cervical, dorsal y lumbar) sobre todo en la extensión *ver tabla 12*. Esta movilidad intervertebral se modifica con la edad entre los 20 y 50 años, se pierde 15° de flexión y 10° de extensión lumbar; también se define por el sexo donde las mujeres poseen mayor movilidad en el raquis cervical y los hombres en el raquis lumbar (Miralles y Puig, 1998).

Tabla 13

Resumen de la amplitud del movimiento del raquis.

Movimiento	Cervical	Torácica	Lumbar	Total
Flexión	40°	20°	60°	110°
Extensión	75°	25°	35°	140°
Inclinación lateral	30-45°*	20°	20°	75-80°
Rotación	45-60°*	35°	5°	95-100°

Nota. Adaptado de anatomía y exploración física de la columna cervical y torácica, (2012).

Por consiguiente, se establece un análisis de los grupos musculares, teniendo en cuenta el origen del musculo, su inervación y el ejecutor primario, esto con el fin de comprender a más profundidad la anatomía de la espalda y cuello, para evitar limitaciones musculares con el objeto, y así tenerlo en cuenta para su configuración formal del objeto.

Musculo	Origen	Inervación	Movimiento
Esternocleidomastoideo 	Cabeza esternal: parte superior de la cara anterior del manubrio del esternón Cabeza claviclar: cara superior del tercio medio de la clavícula	Cara lateral del proceso mastoideo del hueso temporal, mitad lateral de la línea nucal superior del hueso occipital	Flexión ipsilateral y rotación contralateral de la columna cervical y extensión de la cabeza y del cuello a nivel de la columna cervical y la articulación atlanto-occipital.
Angular del omoplato	Borde vertebral y superior de la escapula	Nervios raquídeos que se originan de C3, C4 y C5, en las apófisis transversas	Estabilizador de los movimientos laterales del cuello y



elevador de la
escapula

Romboides



En todo el borde vertebral
de la escápula, excepto en
sus 2 puntas

El menor: en a las
apófisis espinosas
de las 2 últimas
vértebras
cervicales.

El mayor: en las
apófisis espinosas
de las 4-5 últimas
vértebras dorsales.

Aductor y rotador
del omoplato y
elevador del
omoplato, los acerca
a la columna

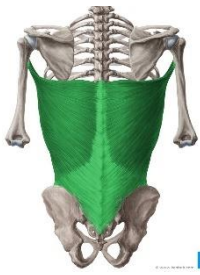
Trapezio



Fibras superiores: tercio
medial de la línea nuchal
superior, protuberancia
occipital externa
Fibras medias: ligamento
nuchal que se inserta en los
procesos espinosos de las
vértebras C1-C6, procesos
espinosos y ligamentos
supraespinosos de las
vértebras C7-T3
Fibras inferiores: procesos
espinosos y ligamentos
supraespinosos de las
vértebras T4-T12

Motora: nervio
accesorio (XI par
craneal)
Motora/Sensitiva:
ramos anteriores de
los nervios
espinales C3-C4 (a
través del plexo
cervical)

Elevación y rotación
del omoplato,
traccionando
clavícula y
aduciendo el
omoplato, aductores,
rotación del
omoplato,
orientando hacia
arriba la cavidad
glenoidea.

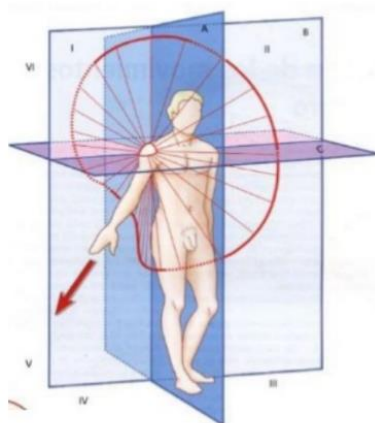
Dorsal Ancho 	Porción vertebral: procesos espinosos de las vértebras T7-T12, fascia toracolumbar Porción ilíaca: tercio posterior de la cresta ilíaca Porción costal: costillas 9-12 Porción escapular: ángulo inferior de la escápula	Todas las fibras van a terminar a un pequeño tendón en espinal en la zona infraquineana y en el canal bicipital del húmero, Nervio toracodorsal (T6-T8)	Articulación del hombro: Rotación interna, aducción y extensión del brazo.
--	---	---	--

Nota. Adaptado de www.kenhub.com.

Así mismo se describe la movilidad del hombro, la cual hay que tener en cuenta para concebir el objeto, el hombro es la articulación proximal del miembro superior, es la más móvil de todas las articulaciones del cuerpo humano. Posee tres grados de libertad, lo que le permite orientar el miembro superior en relación con los tres planos del espacio (Kapandji, 2020).

Figura 24

Movilidad del hombro



Nota. Adaptado de Fisiología articular, 2020.

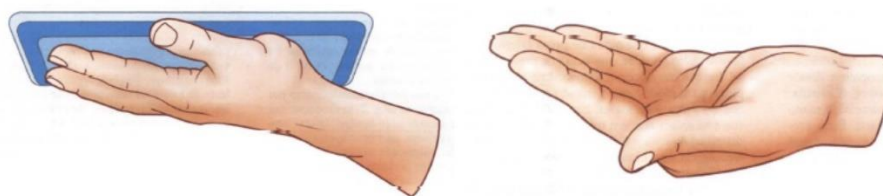
Los movimientos que realiza el hombro, teniendo en cuenta la *figura 22* el eje transversal permite la flexión-extensión en el plano sagital, el eje anteroposterior permite los movimientos de abducción-aducción en el plano frontal, el eje vertical corresponde a la abducción-aducción según el plano horizontal, por otro lado, el eje longitudinal del húmero permite las rotaciones interna y externa.

De igual importancia describe la biomecánica de la mano, ya que es el miembro con el cual el fisioterapeuta tiene contacto directo el paciente y el objeto, la mano es un miembro receptor funcional extremadamente sensible y preciso cuyos datos son imprescindibles para su propia acción. Ante esto, y bajo la compleja funcionalidad de la mano, esta converge en la prensión, que, para nuestro estudio, es una facultad determinante en el momento de establecer la solución de diseño. De igual modo, la prensión es uno de los factores importantes durante la manipulación de cualquier objeto, ya que, debido a su arquitectura, permite una amplia apertura, al igual que el cierre sobre sí misma, o entorno a un objeto. (Kapandji, 2006).

Para ello, se establece una caracterización biomecánica del agarre, con la actividad de hidroterapia y el punto de contacto con el paciente. Lo anterior, se logra mediante las actividades desarrolladas dentro del análisis del desarrollo de la actividad *tabla 6* y de acuerdo a la clasificación de los tipos de agarre o prensión, se determina para este las prensas con la gravedad, la tipo bandeja, lo que supone que puede aplanarse, con la palma de la mano horizontal, mirando hacia arriba y por lo tanto, en máxima supinación y sin los dedos en forma de gancho, lo que está en la base de la prueba del camarero o que puede transformarse en un trípode por debajo del objeto que debe sujetar y la tipo cuchara es la del hueco de la palma de la mano se prolonga por el de los dedos aducidos al máximo por la acción de los músculos interóseos palmares, (Kapandji, 2006).

Figura 25

Presas con la gravedad, tipo bandeja y cuchara



Presas tipo bandeja

Presas tipo cuchara

Nota. Adaptado de Fisiología articular (p.323) de A. Kapandji (2006), 6° edición, Tomo I

2.3.4.1.2.2 Análisis de los movimientos realizados en la hidroterapia

En la hidroterapia, aplicando la técnica Halliwick, en la cual se realizan una serie de patrones, y en ella se evalúa los movimientos y posturas tanto del paciente como del fisioterapeuta, esto con el fin de conocer las posiciones y los movimientos biomecánicos que se realizan durante la ejecución.

Tabla 14

Movimientos y posturas durante la técnica de Halliwick.

Punto	Posición	Movimiento	Musculo
Ajuste mental	Paciente: supino		
	Fisioterapeuta: erguida	Fisioterapeuta: flexión y extensión de piernas, inclinación lateral de la columna vertebral	Fisioterapeuta: pectoral mayor, deltoides, braquiorradial, bíceps

			braquial, aductores y gemelos
Control transversal	Paciente: supino a sedente	Paciente: flexión y extensión	Paciente: angular del omoplato, romboides, trapecio, dorsal ancho
	Fisioterapeuta: erguida	Fisioterapeuta: flexión y extensión de piernas, hiper lordosis lumbar e inclinación lateral de la columna vertebral	Fisioterapeuta: pectoral mayor, deltoides, bíceps braquial, braquiorradial, aductores y gemelos
Control longitudinal	Paciente: supino	Paciente: supino a supino	Paciente: angular del omoplato, romboides, trapecio
	Fisioterapeuta: erguida	Fisioterapeuta: se mantiene en un punto fijo, flexión y extensión de piernas, movimiento de bíceps y tríceps	Fisioterapeuta: pectoral mayor, deltoides, bíceps braquial, braquiorradial
Control sagital	Paciente: erguida	Paciente: rotación derecha a izquierda	Paciente: angular del omoplato, romboides, trapecio
	Fisioterapeuta: erguida	Fisioterapeuta: rotación de derecha a izquierda	Fisioterapeuta: pectoral mayor, deltoides, bíceps braquial, braquiorradial
Progresión simple	Paciente: supino	Paciente: flexión y extensión de los miembros inferiores	Paciente: angular del omoplato, romboides,

		trapecio, dorsal ancho, aductores y gemelos
Fisioterapeuta: erguida	Fisioterapeuta: flexión y extensión de los miembros superiores	Fisioterapeuta: bíceps braquial, braquioradial

2.3.4.1.3 Parámetros antropométricos en particular la antropometría, con fines ergonómicos, busca brindar datos antropométricos que sirvan como base para dimensionar objetos que se ajusten a las verdaderas características de los usuarios finales (Gómez, 2005), por consiguiente, se utilizará medidas antropométricas de un niño normatípico, ya que el crecimiento musculoesquelético y las longitudes de las partes del cuerpo de los niños con PCI, tienen un desarrollo normal, la única variable significativa es el índice de masa corporal, que debido a las múltiples afectaciones tiene una curva de crecimiento diferente, en este caso es más bajo. El desarrollo antropométrico en niños con parálisis cerebral infantil y los normatípicos solo tiene algunas variables comparadas entre sí; se establece una variabilidad en el comportamiento del Índice de Masa Corporal, Índice Ponderal e Índice Córnico, así como también las diferencias longitudinales de los miembros superiores e inferiores y sus factores de proporcionalidad relativas a la estatura. (Vidarte, Alcides y Pinzón, 2010)

Para el desarrollo del elemento se tendrá en cuenta un rango de edad, que va desde los 4 años hasta los 9 años, esta elección de usuario se da, debido a que la curva de crecimiento no es tan prominente, adicional a que según el análisis biomecánico, el desarrollo de la curvatura del raquis ya está un poco más formada, por lo cual es un gran indicador de que el elemento se adapte con éxito al usuario, para el desglose de las medidas para la configuración formal, se tendrá en cuenta el rango de edad de 7 años percentil 50, para las medidas generales del elemento, y para el índice de masa corporal se tendrá en cuenta el rango de edad de 9 percentil

95, esto permitirá que el elemento pueda ser adaptado en este rango de edad, y el índice de masa corporal más alto, permitirá evaluar el peso que el elemento tendrá que mantener a flote.

Tabla 15

Valores de las medidas antropométricas de la población infantil que se tendrán en cuenta para el desarrollo de las propuestas

Rango de edad	7 años
Dimensiones	Percentil
	50
Perímetro tórax	61.0
Perímetro cuello	26.5
Perímetro cefálico	51.0
Ancho codos	33.0
Distancia occipital – C2	7
Distancia C2-C7	8
Distancia T1-T8	26
Ancho cefálico	20
Ancho hombros	30
Ancho torso	32
Ancho dorsal	20
Rango de edad	9 años
Dimensiones	Percentil
	95
Índice masa corporal	12.5
Peso	40.0

Nota. Adaptado de Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana (p.173) por (Ávila et al., 2007) Universidad de Guadalajara.

Valores representados en cm, a excepción de los Kg de IMC y Peso

Así mismo se tuvo en cuenta la presión palmar y las dimensiones del fisioterapeuta, para el agarre en los puntos de contacto, teniendo en cuenta el percentil 50 de mujeres trabajadoras de la población colombiana, debido a que solo es para sostener o manipular por poco tiempo el elemento.

Tabla 16

Valores de las medidas antropométricas de la población fisioterapeuta que se tendrán en cuenta para el desarrollo de las propuestas

Dimensiones	20-29 años
	Percentil
	50
Perímetro metacarpial	17.7
Largura palma de la mano	9.2
Anchura de mano	7.4

Nota. Adaptado de Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana (p.199) por (Ávila et al., 2007) Universidad de Guadalajara.

La tabla anterior determina las variables para desarrollar el elemento, esto con el fin de un desarrollo adecuado, estableciendo rangos de edad, dicho elemento se puede trabajar con ajustes, para así lograr una correspondencia antropométrica.

Por otra parte, antes de proponer las soluciones de diseño, se establecieron las necesidades del objeto con características, y elementos que indiquen con precisión parte de la respuesta a la información recolectada, por lo cual es necesario establecer un listado de requerimientos que

definan las características cualitativas y cuantitativas que tendrá el elemento, es por ello que se establecen las condiciones necesarias para el diseño mediante las siguientes tablas.

2.2.4.2 Requerimientos y determinantes.

Tabla 17

Requerimientos de uso

Requerimiento	Factor Determinante	Factor Determinado
Practico		
Se debe tener en cuenta la manipulación por parte del fisioterapeuta	El objeto debe colocarse en el paciente de forma ágil. niños de 5-9 años población colombiana teniendo en cuenta la Anchura máx. cuerpo, Diámetro transversal tórax, Profundidad tórax, Altura de espalda percentil 50 de Perímetro tórax: 61.0 Perímetro cuello: 26.5 Perímetro cefálico: 51.0 Ancho codos: 33.0 Distancia occipital – C2: 7 Distancia C2-C7: 8 Distancia T1-T8: 26 Ancho cefálico: 20 Ancho hombros: 30 Ancho torso: 32	Se utilizarán sujetadores en forma de cruz o mochila el cual se adaptará al paciente por medio de correderas, teniendo en cuenta la Medida mínima trapecio-pecho: 12cm Medida máxima trapecio-pecho: 20cm Ancho dorsal mínimo: 42cm Ancho dorsal máximo: 92cm Medida entrepierna mínima: 37cm Medida entrepierna máxima: 71cm

Ancho dorsal: 20 medidas en
CM

El objeto debe tener un sistema de apertura y cierre de fácil manipulación para el percentil 95 de adultos	Se utilizarán mecanismos de broche tipo hebilla de mochila adecuados de 4cm
--	---

Se debe tener en cuenta el peso del objeto, para la manipulación	Se utilizarán materiales que no superen los 800gr
--	---

El objeto debe tener un sistema de agarre para la fácil manipulación durante el uso	El objeto solo requerirá presión palmar para su manipulación
---	--

Conveniencia

Se debe tener en cuenta los movimientos que el fisioterapeuta le realiza al paciente en la terapia acuática

Se considera los movimientos realizados por el fisioterapeuta al paciente

El elemento permitirá los movimientos en el agua de rotación, sumergimiento, patada, brazada, estiramiento de miembros superiores e inferiores, turbulencias, empujes y progresiones en flotación.

Se debe considerar que el soporte cervical se pueda remover

El objeto tendrá un sistema ajustable el cual permitirá la remoción del apoyo cervical.

Seguridad

Se debe tener en cuenta la seguridad para el paciente durante la hidroterapia	El elemento debe tener formas orgánicas para no producir lesiones en la piel del paciente	El objeto tendrá formas orgánicas a utilizar son las esféricas, ovaladas elípticas.
	Se debe tener en cuenta que las propiedades físicas del material del objeto permitan la flotabilidad	El material deberá tener baja densidad para que permita la flotación y realice el empuje hidrostático
	El objeto debe tener en cuenta el riesgo a que el paciente lo muerda	El material deberá ser en espuma de polietileno, el cual podrá volver a su forma
	El objeto no debe causar reacciones por toxicidad del material. Los componentes tóxicos a tener en cuenta son: Ftalatos, PVC, bisfenol A, plomo, mercurio y debe tener capacidad microbiana	El material a utilizar es espuma de polietileno, tiene propiedades no tóxicas, con saponificación de 200 mg KOH/g
	El objeto debe brindar puntos de apoyo seguro para la actividad de flotación, desde la C2 hasta la C8 y la zona occipital, debe soportar el torso del cuerpo desde la T1 hasta la T10	Distancia occipital – C2: 7 Distancia C2-C7: 8 Distancia T1-T8: 26 Ancho cefálico: 20 Ancho hombros: 30 Ancho torso. 32 Medidas en CM
	El objeto no debe permitir la adsorción de agua	El objeto utilizará recubrimientos poliméricos, tanto su espuma interior

		como recubrimiento tendrá con propiedad hidrofobicidad con una capacidad de 0,18% de absorción de líquidos
Mantenimiento		
Se debe considerar la asepsia del objeto	Se utilizará elementos líquidos de desinfección y lavado del producto.	La espuma de polietileno es resistente a los solventes como el alcohol, jabones y fluidos como el agua
	El acabado del material debe permitir la fácil limpieza	La superficie del material deberá tener poca rugosidad
Reparación		
Se deben considerar las piezas de recambio	El objeto debe permitir el fácil cambio de los sujetadores y broches	Los insumos como los broches, sujetadores y reatas se deberán conseguirse con facilidad en el mercado, se utilizarán elementos existentes en el mercado.
Manipulación		
Tener en cuenta la manipulación del objeto por el fisioterapeuta	El objeto se debe manipular sin necesidad de dos fisioterapeutas	El objeto deberá poder usarse con facilidad, los indicadores de uso y debe brindar una fácil postura al paciente.
	El peso y volumen del elemento debe ser acorde al fisioterapeuta	El peso del objeto debe estar entre los 600 a 800 gramos, teniendo en cuenta el percentil 50 de adultos
	Se debe considerar el modo de agarre del elemento.	Se debe tener en cuenta los movimientos de pronación y supinación, la apertura y cierre de los dedos estará en

		el rango del percentil 50 adultos Perímetro metacarpial: 17.7 Largura palma de la mano: 9.2 Anchura de mano: 7.4 Medidas en CM
Ergonomía		
Se debe tener en cuenta la ergonomía física del objeto-paciente-terapeuta.	Se debe considerar la antropometría del torso del paciente. Se deben tener en cuenta el percentil 50 de la población colombiana Perímetro tórax: 61.0 Perímetro cuello: 26.5 Perímetro cefálico: 51.0 Ancho codos: 33.0 Distancia occipital – C2: 7 Distancia C2-C7: 8 Distancia T1-T8: 26 Ancho cefálico: 20 Ancho hombros: 30 Ancho torso: 32 Ancho dorsal: 20 medidas en CM	La longitud de las tiras para la colocación Medida mínima trapecio-pecho: 12cm Medida máxima trapecio-pecho: 20cm Ancho dorsal mínimo: 42cm Ancho dorsal máximo: 92cm Medida entrepierna mínima: 37cm Medida entrepierna máxima: 71cm Las medidas de la estructura del elemento en la zona cervical serán Ancho occipital: 15cm Ancho cuello: 12cm C2-C7: 12cm Para la estructura dorsal Ancho superior 28cm Distancia T1-T10: 20cm Ancho torácico: 20cm.

	Se debe considerar la antropometría de la zona cervical del paciente	Ancho cefálico: 20 Ancho cuello: 10 Distancia C2-C7: 8
	Se deben tener en cuenta el percentil 50 de niños de 5-9 años población Colombiana	Perímetro cefálico: 51 medidas en CM
	Perímetro cuello, altura del cuello, Perímetro cefálico	
	Se debe considerar la antropometría del agarre del fisioterapeuta.	Ancho del agarre para sostenimiento cefálico:
	Las medidas antropométricas a utilizar son:	Ancho: 4
	Perímetro metacarpial: 17.7	Largo: 9
	Largura palma de la mano: 9.2	Medidas representadas en CM
	Anchura de mano: 7.4	
	Medidas en CM	
Percepción		
El objeto debe verse lo más intuitivo posible, de fácil uso.	Formas simples, que incite a la manipulación y a la seguridad, que denote su uso terapéutico	El elemento tendrá formas orgánicas simples, tendrá una apariencia solida liviana.

Tabla 18*Requerimientos de función*

Requerimiento	Factor Determinante	Factor Determinado
	Mecanismos	

Se debe tener en cuenta los mecanismos del objeto.	Los elementos de sujeción de la zona del torso deben permitir reducir o aumentar su tamaño	Se utilizarán mecanismos como reguladores de 4cm que permita ampliar o reducir el tamaño, en este caso los corredores de reata.
	El elemento de sujeción de la zona de apoyo cervical debe permitir retirar o poner de la estructura	Se utilizará un elemento que permita retirar o poner el elemento con facilidad, podrá ser broches o cremalleras de presión
Confiabilidad		
Tomar en cuenta la confiabilidad del objeto.	El objeto debe permitir el movimiento al paciente en la terapia acuática del metodo Halliwick	Ajuste Mental. Control de Rotación Sagital. Control de Rotación Transversal. Control de Rotación Longitudinal. Control de Rotación Combinada. Empuje/ inversión mental. Equilibrio en calma. Deslizamiento con turbulencia.
Resistencia		
Se debe tener en cuenta las propiedades mecánicas del material.	El material debe tener buena resistencia a la tracción o carga de rotura.	La espuma de polietileno tendrá una resistencia a la tracción es de ≥ 5 N/mm ²
	En el material se debe considerar el desgarro en los puntos de contacto	La resistencia a rasgaduras está entre 8 N/mm

Se debe considerar las propiedades físicas del material.	Se debe considerar la densidad del material	La espuma de polietileno deberá tener una densidad entre 15 kg/m ³ y 115 kg/m ³
	Se debe considerar el peso del material.	El peso específico de la espuma de polietileno es de masa/ área +/-10% kg/ m ² (g/ft ²) 4.5 (418.2)
	Se debe tener en cuenta la pérdida de impermeabilidad del material.	La espuma de polietileno tiene pérdida de impermeabilidad con carga <5 kg, pero, pérdida de impermeabilidad con carga >10 kg.
Acabados		
Se debe considerar la apariencia final del elemento.	Se debe tener en cuenta el acabado superficial del elemento.	El elemento tendrá acabados suaves, la espuma estará recubierta de una membrana flexible.

Tabla 19

Requerimientos estructurales

Requerimiento	Factor Determinante	Factor Determinado
Numero de componentes		
Se debe tener en cuenta el número de componentes del objeto.	En el objeto se tendrá en cuenta las secciones que se articulan	El objeto estará seccionado en partes, para quitar y poner cuando sean necesarios
Unión		

Se debe tener en cuenta el sistema de integración entre los componentes del elemento.	Se debe considerar el modo unión de las piezas de los componentes.	La unión de las piezas será elaborada de acuerdo con el proceso de vertimiento con molde y por medio de encajes pegados
--	--	---

Tabla 20

Requerimientos técnico-productivos

Requerimiento	Factor Determinante	Factor Determinado
Mano de obra		
El elemento debe fabricarse con tecnología y mano de obra en la ciudad de Cúcuta o a nivel nacional.	La tecnología para producir el producto es mediante el proceso de vertimiento en moldes para grandes cantidades y de dimensiones pequeñas.	Vertimiento en molde puede variar de acuerdo a tecnologías en otras ciudades.
Modo de producción		
Se debe tener en cuenta la organización del trabajo.	El proceso de fabricación se realiza de manera industrial.	Modo de fabricación en serie o línea de producción.
Materias primas		
Se debe considerar las propiedades mecánicas, físicas y químicas del material.	Se debe considerar la flotabilidad, durabilidad, toxicidad, densidad	El producto debe ser fabricado con los siguientes materiales: Espuma de polietileno de alta densidad
Prefabricación		

Se debe considerar la disponibilidad de elementos e insumos prefabricados	Se debe considerar la fácil adquisición de elementos prefabricados en el comercio local	Los elementos prefabricados se conseguirán en el mercado local con facilidad, tales como; broches, reatadas, sujetadores, conectores, seguros.
--	---	--

Tabla 21*Requerimientos formales*

Requerimiento	Factor Determinante	Factor Determinado
Estilo		
Se debe considerar el concepto de diseño, determinado por la concepción formal del producto.	Se debe considerar el uso de la función sigue a la forma.	El concepto de diseño del objeto será dado a su función, primando el objetivo del objeto
Unidad y ritmo		
Se debe considerar la relación entre los componentes formales	Se debe considerar el equilibrio visual del elemento.	Se tendrá en cuenta la secuencia simétrica dada a la función para determinar la proporción en el elemento.

Tabla 22*Requerimientos de mercado*

Requerimiento	Factor Determinante	Factor Determinado
----------------------	----------------------------	---------------------------

Demanda		
Se debe tener en cuenta la cantidad solicitada del producto.	El producto debe abarcar los niños con parálisis cerebral, a los cuales les realizan hidroterapia.	Se estima que en Colombia hay 300 mil de pacientes diagnosticados con parálisis cerebral infantil y aproximadamente 1.3 millones con alguna discapacidad cerebral
Oferta		
Se debe considerar la cantidad de ejemplares producidos para la venta.	Se debe tener en cuenta el rango de productos a producir durante la primera producción.	Se tendrá en cuenta que para la primera producción estará entre las 300 u 400 unidades.
Precio		
Se debe considerar el valor del producto ante los consumidores.	El precio debe ser asequible para las familias de ingresos de menos de 1 a 3 salarios mínimo.	El precio no podrá ser mayor a \$300.000 COP.
Distribución		
Se debe tener en cuenta los medios y canales de distribución del producto.	Se debe considerar para la distribución mediante fundaciones del país como centros de rehabilitación, centros terapéuticos y tiendas de productos terapéuticos.	Se empleará mediante programas del gobierno para la distribución, en tiendas físicas, envíos a nivel nacional.
Empaque		
Se debe tener en cuenta el medio por el cual se protege el producto.	El empaque debe proteger el contenido hasta llegar al usuario final, sin que afecte el contenido.	El empaque estará desarrollado en cartón con forma rectangular para su apilabilidad.
Propaganda		

Se debe considerar los medios para dar a conocer los beneficios del producto.	Se debe tener en cuenta los medios por el cual se llevará a cabo la promoción del producto.	Los medios de promoción del producto es las plataformas digitales como: Facebook, Instagram y páginas web gubernamentales y fundaciones del país.
--	---	---

Tabla 23

Requerimientos de identificación

Requerimiento	Factor Determinante	Factor Determinado
Impresión		
Se debe tener en cuenta la visibilidad de la marca mediante una representación bidimensional.	La marca debe imprimirse durante la fabricación del producto	La marca estará representada bidimensionalmente sobre el empaque, embalaje y tridimensionalmente en el producto.
Ubicación		
Se debe considerar la posición que tendrá la representación de la marca en el producto.	La marca debe ser ubicada en las partes visibles del empaque. En el producto debe estar ubicado de forma visible	El producto tendrá ubicada la marca en el empaque en la vista frontal, lateral y posterior. En el producto en la parte superior y lateral.
Marca		
Se debe considerar el nombre de la marca con su representación gráfica.	La marca debe estar compuesta por un imagotipo.	La marca tendrá una composición entre el logotipo (palabra) e isotipo (ícono).
Etiquetado		

Se debe tener en cuenta la información de mantenimiento y limpieza del producto.	El producto debe dar a conocer la información mediante una etiqueta impresa.	El elemento tendrá una etiqueta anexa al empaque con información de cuidados, limpieza del producto y uso del producto
---	--	--

2.3 Fase II Desarrollo Proyectual

En esta fase, junto con el método de diseño, se generan alternativas, basado principalmente de los requerimientos y determinantes planteados con anterioridad. Para agregar características a la estructura de la ideación, se plantea una geometrización, para tener en cuenta la anatomía de la cabeza, la zona cervical y torácica, con el fin de entender el movimiento y estructura del cuerpo, posterior a esto se generan unos límites en un esquema básico, sobre el cual se desarrollarán las alternativas de diseño, adicional a esto se establecerá la lista de atributos generadas por las necesidades del cliente y el volumen mínimo aplicando la teoría de la flotabilidad esto con el fin de que la función sigue a la forma.

Figura 26

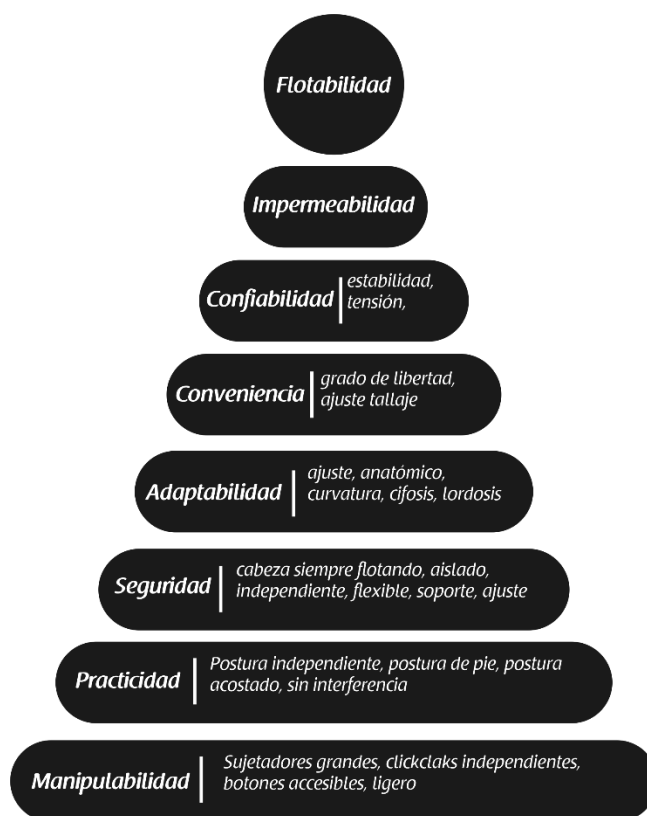
Conceptualización de diseño



La pirámide de atributos permite desglosar y aportar características a la conformación del objeto, esta lista de atributos se realizó con las necesidades de la cliente obtenida previamente, con la cual se realizó la pirámide, para establecer conexiones, elementos de seguridad, posiciones, conceptos a evaluar y así mismo ordenadas de forma piramidal, estableciendo cuales atributos puede abordar, más características en la elaboración de alternativas.

Figura 27

Pirámide de atributos

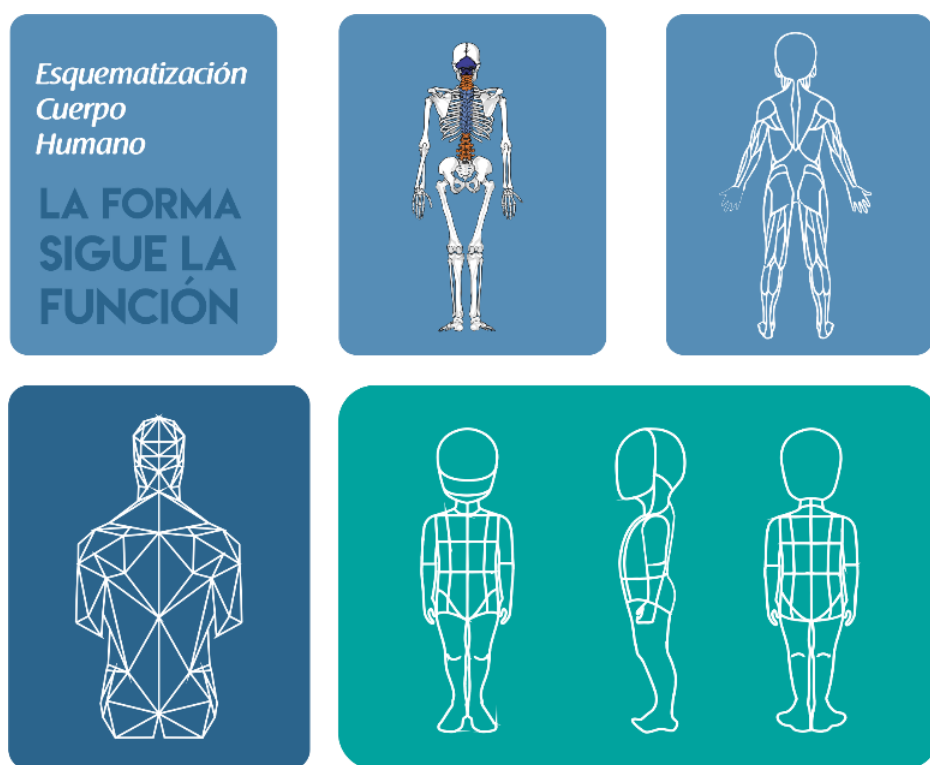


Se generaron 3 pasos donde se toma como concepto la anatomía del cuerpo humano, luego realizando una geometrización de la espalda, la cual se toma desde el esquema muscular para poder establecer y entender el movimiento, la estructura y forma de los músculos que conforman

esta parte del cuerpo, posteriormente se realiza un esquema corporal, con una serie de trazados límites que se dieron por medio de la geometrización, el esquema corporal está compuesta por 3 vistas, trasera, frontal y lateral, para dar detalles específicos, funcionalidad y relación de uso, en el esquema se plantea indicar detalles constructivos, de función y materiales para lograr una comprensión más precisa.

Figura 28

Esquema cuerpo humano



Para concluir la generación de conceptos creativos previos a la elaboración de alternativas, se aplicó una ecuación de flotabilidad, teniendo en cuenta, usuario, material y entorno, para así establecer dimensiones mínimas de la configuración formal del elemento, con el objetivo de garantizar la seguridad y funcionabilidad de las alternativas desarrolladas, adicional aplicando la

teoría del buque, con un volumen de menos a más en la estructura, para que esta permita desplazar el fluido, cumpliendo y ejerciendo mayor principio de hidrostática, favoreciendo al empuje del elemento que está en tensión con la superficie del líquido, inclusive así dando más estabilidad.

Figura 29

Mínimo de material y teoría de buque



Para establecer las dimensiones mínimas de material, aplicando la fórmula de flotabilidad, la cual se tiene en cuenta, la densidad del material, dimensiones del paciente en este caso, el peso, para aplicar el principio de Arquímedes y la ley de Newton, para que así el resultado del mínimo de material tenga la suficiente fuerza de empuje para soportar el peso aparente hallado, el volumen mínimo de material es de 23.023cm³, en cuanto a la teoría del buque se busca aplicar la similitud de la composición geométrica. Se establece conceptos cables de la teórica del buque los cuales son:

Flotabilidad: el buque como flotador debe mantener una posición definida con respecto a la superficie del agua.

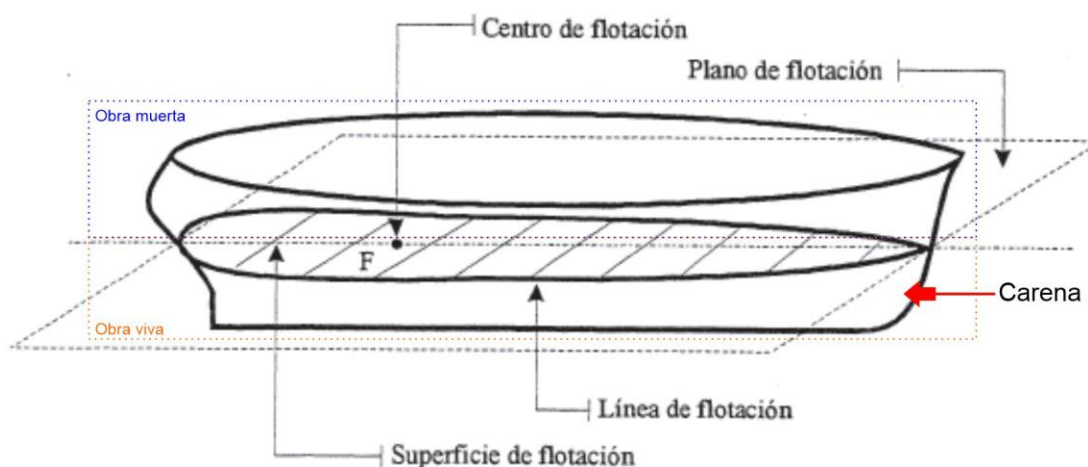
Estabilidad: conceptualmente la estabilidad del buque explica su comportamiento cuando es apartado de la posición de equilibrio por una fuerza externa o interna.

Resistencia: estudio de las resistencias que se oponen al movimiento del buque, fundamentalmente avance, y de la fuerza necesaria para vencerlas.

Estas dando como resultado la carena, lo cual consiste en el centro de gravedad del volumen sumergido o de carena. Como veremos más adelante, el centro de carena es el centro de presión del agua sobre el casco y está relacionado con el centro de empuje vertical. (Joan Puig, 1994).

Figura 30

Flotabilidad y carena



Nota. Adaptado de Teoría del buque flotabilidad y estabilidad, 1994.

Lo obra viva bajo la línea de flotación, se traduce a una parte de la superficie sumergida menor a la línea de flotación, esto para garantizar un centro de flotación claro y una estabilidad dada por la carena.

2.3.1 Elaboración de bocetos

En esta etapa se dispuso solo de los bocetos que mejor resultados tuvieron en las evaluaciones, en total se realizó un total de 16 bocetos (*ver anexo bocetos*).

Figura 31
Boceto #1

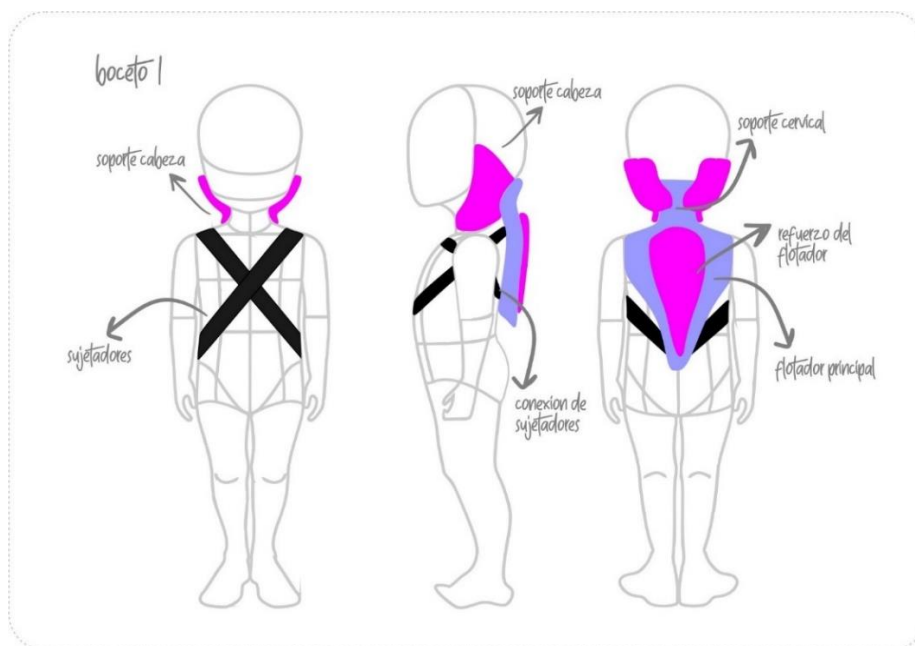


Figura 32
Boceto #5

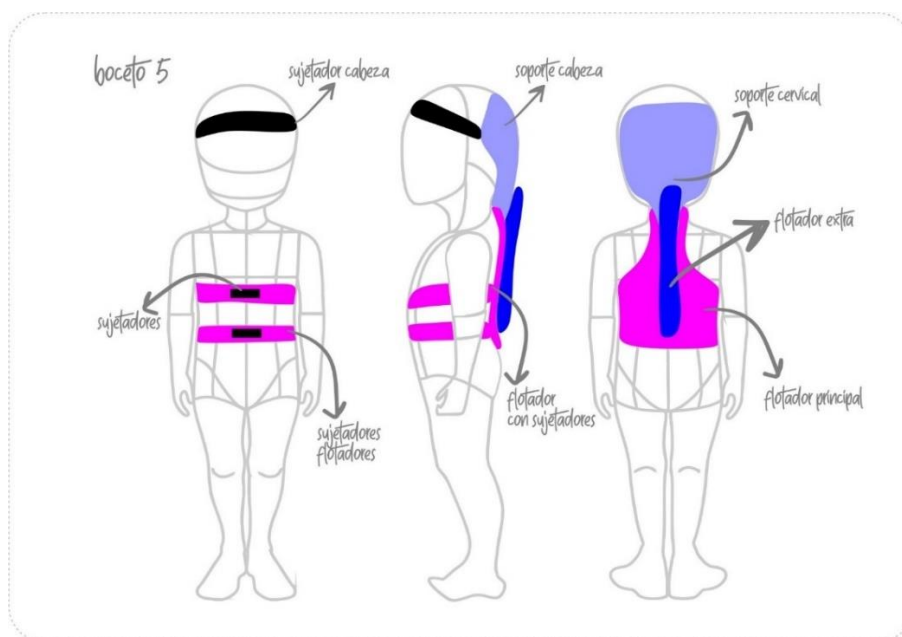


Figura 33
Boceto #11

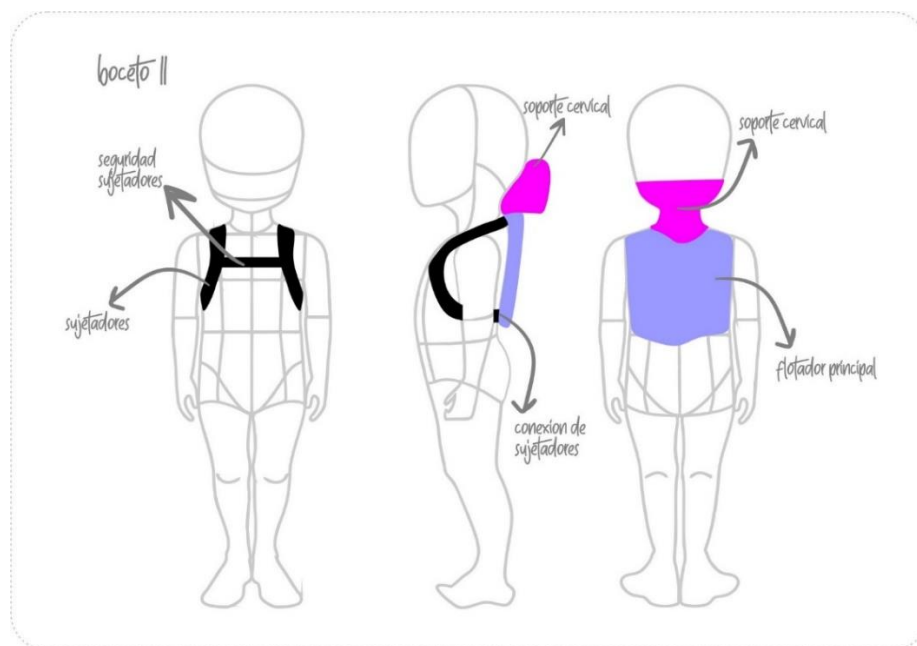


Figura 34
Boceto #12

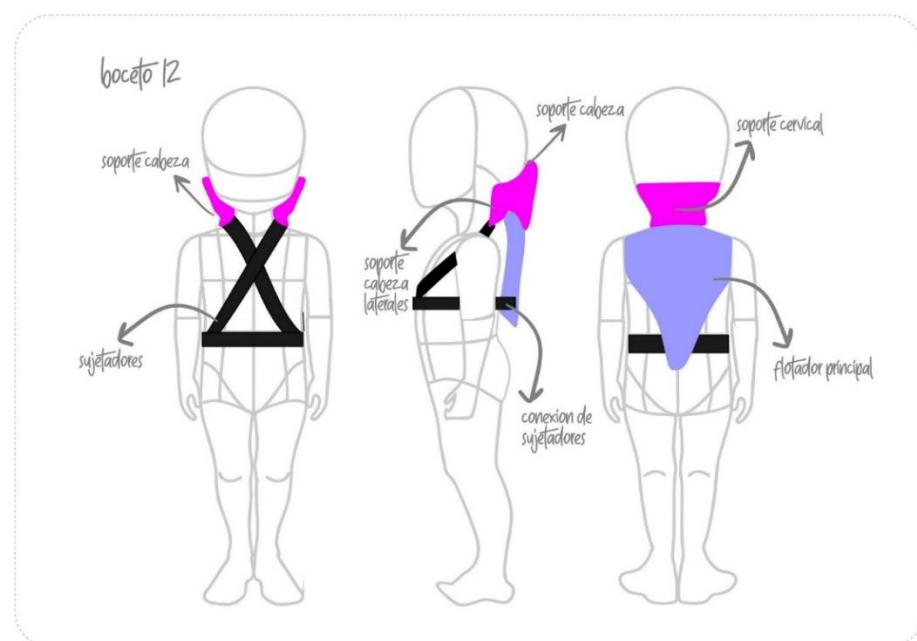


Figura 35
Boceto #13

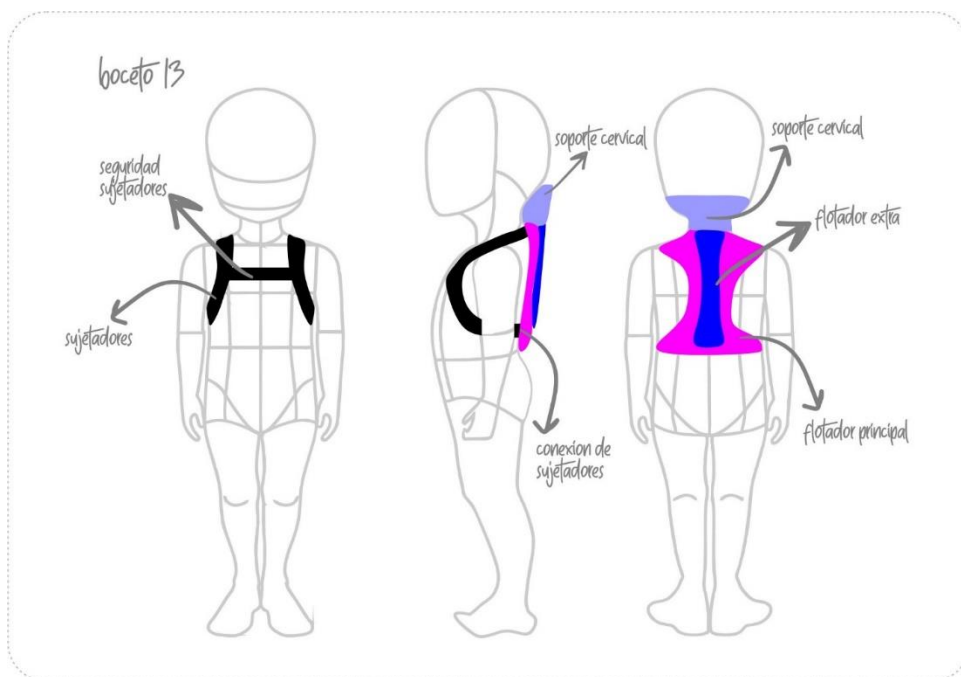
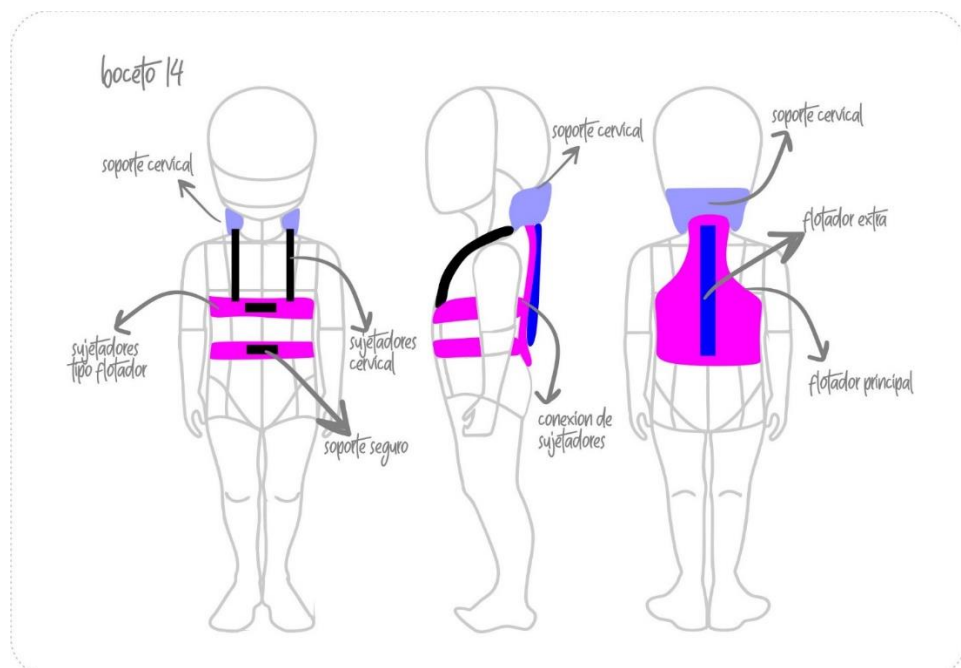


Figura 36
Boceto #14



2.3.2 Matriz de selección o Selección de alternativas

A continuación, en esta fase se seleccionan las ideas que mejor cumplen con los criterios de diseño establecidos, para ello se definen matrices particulares, como primer filtro, se establece una selección y valoración de alternativas con las métricas ya definidas, y como segunda matriz de selección se realiza por medio de los requerimientos y determinantes ya sea funcional, de uso o formal, con el fin de lograr una valoración optima

En la siguiente matriz de valoración de las ideas, se establecen como criterios la lista de métricas establecidas por medio de las necesidades del cliente, donde se califica con “1” cuando cumple parcialmente y hasta “5” cuando cumple idóneamente con la condición de diseño, en esta valoración se tuvieron en cuenta las 14 alternativas y el objetivo es depurar a 6 alternativas.

Figura 37

Matriz de selección por medio de métricas

Metricas	Alternativas													
	Evaluación alternativa Evaluación de alternativa, mediante metricas													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Flotabilidad	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4
Seguridad	3	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4
Practicidad	3	2	2	1	3	3	2	1	3	2	4	3	4	3
Conveniencia	3	2	3	1	3	3	1	2	2	2	4	3	4	4
Manipulabilidad	4	3	1	1	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3
Confiabilidad	3	3	4	4	3	3	4	3	3	3	3	4	3	4
Adaptabilidad	3	3	2	3	3	4	2	3	3	4	4	3	4	3
Impermeabilidad	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Total	30	24	23	21	27	26	22	24	26	26	29	27	29	29

Con el resultado de la anterior matriz, se seleccionan los bocetos 1, 5, 11, 12, 13 y 14, las cuales se evaluarán en la siguiente matriz, la cual los criterios de evaluación son los requerimientos, esta valoración se realiza con el fin de establecer alternativas más idóneas para la evolución, se califica con “1” cuando cumple parcialmente y hasta “5” cuando cumple idóneamente con las condiciones de diseño, en esta valoración se tuvieron en cuenta las 14 alternativas y el objetivo es depurar a 3 alternativas, para avanzar a la siguiente fase.

Figura 38

Matriz de evaluación requerimientos de uso

Requerimiento		Alternativas					
Uso		1	5	11	12	13	14
Practico	1	4	3	4	3	4	2
Conveniencia	1	3	3	4	4	4	4
Seguridad	1	4	4	3	4	4	4
Mantenimiento	1	3	3	4	4	4	3
Reparación	1	4	3	4	3	3	3
Manipulación	1	3	2	4	2	4	2
Ergonomía	1	4	4	4	4	4	4
Percepción	1	4	4	3	3	4	2
Total		28	26	30	27	31	24

Figura 39

Matriz de evaluación requerimientos de función

Requerimiento		Alternativas					
Función		1	5	11	12	13	14
Mecanismos	1	4	3	4	4	4	2
Confiabilidad	1	4	3	4	3	4	3
Resistencia	1	3	3	3	4	3	3
	2	3	3	3	3	3	3
Acabados	1	4	4	4	4	4	4
Total		18	16	18	18	18	15

Figura 40

Matriz de evaluación requerimientos estructurales

Requerimiento		Alternativas					
Estructurales		1	5	11	12	13	14
Nro de Componentes	1	4	3	4	3	4	2
Unión	1	3	2	3	3	4	3
Total		7	5	7	6	8	5

Figura 41

Matriz de evaluación requerimientos técnicos-productivos

Requerimiento		Alternativas					
Tecnicos-Prod		1	5	11	12	13	14
Mano de obra	1	3	3	3	3	3	3
Modo de producción	1	3	3	3	3	3	3
Materias primas	1	3	3	3	3	3	3
Prefabricación	1	3	3	3	3	3	3
Total		12	12	12	12	12	12

Figura 42*Matriz de evaluación requerimientos formales*

Requerimiento Formales		Alternativas					
		1	5	11	12	13	14
Estilo	1	4	4	4	4	4	4
Unión y Ritmo	1	4	2	4	3	4	2
Total		8	6	8	7	8	6

Figura 43*Matriz de evaluación requerimientos resultados*

Valores Totales Global		Alternativas					
		1	5	11	12	13	14
Total Global		73	65	75	70	77	62

De este modo concluimos la selección de las 6 alternativas valoradas con los requerimientos formales, técnicos productivos, estructurales, función, y de uso el cual dio como resultado la alternativa 1 con 73 puntos, la 11 con 75 puntos y la 13 con 77 puntos, teniendo en cuenta todas las variables establecidas del objeto.

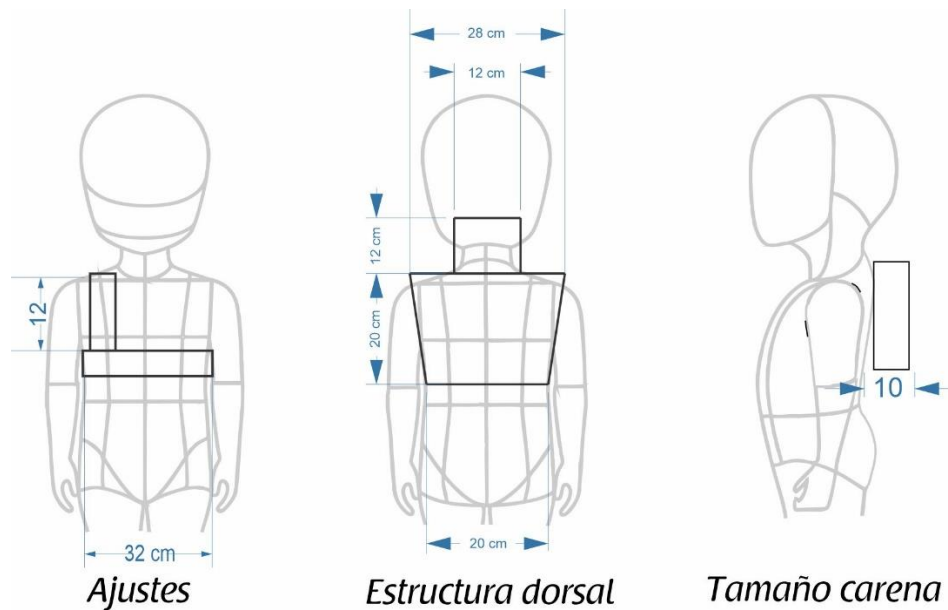
2.3.3 Desarrollo de la alternativa seleccionada

En esta fase se presentan la evolución de las alternativas 1, 11 y 13 explicando cada una de estas con más detalle, ya que estas alternativas son las que se encuentra más cercanas a cumplir los objetivos del proyecto, es por ello, que se desarrollarán estas 3 alternativas, para poder determinar y comprobar funcionabilidad, estructura y flotabilidad, generando elementos para la aproximación de materiales y procesos de producción, así junto con los usuarios establecer ventajas y desventajas de las alternativas seleccionadas.

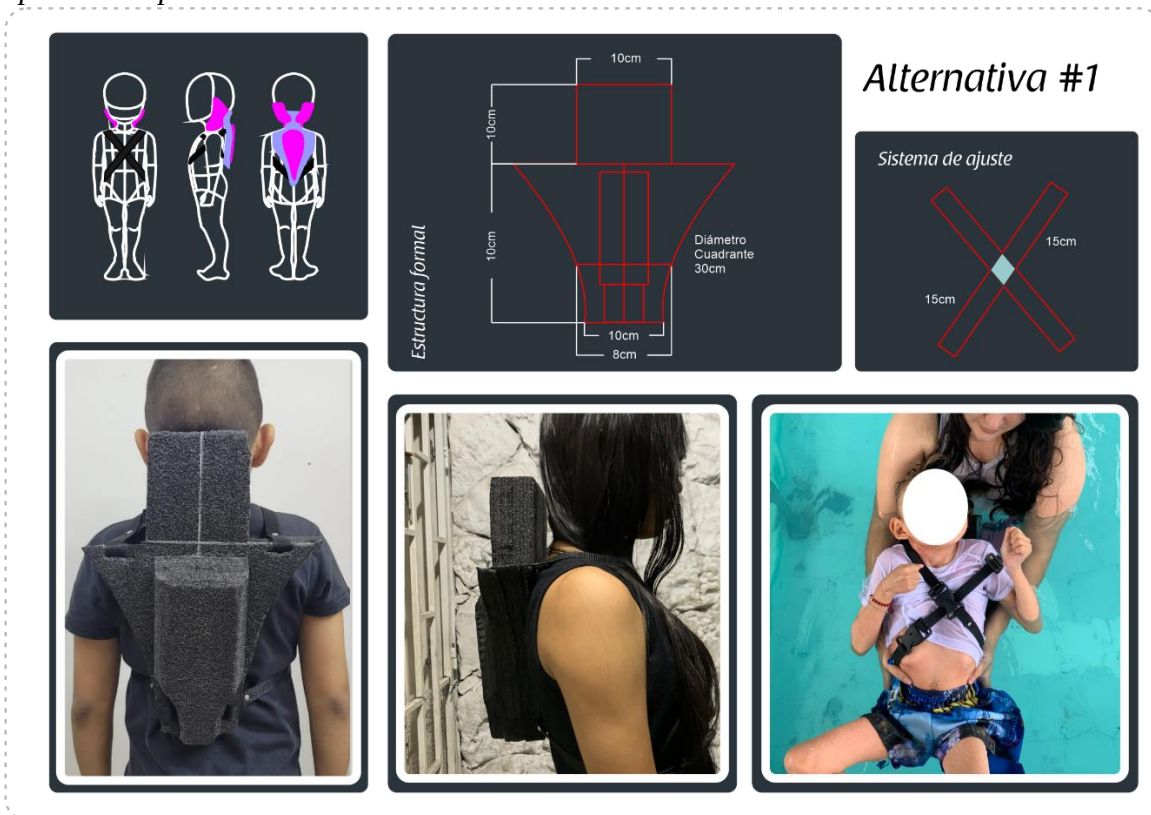
Eventualmente, teniendo las alternativas con mejor puntuación e iniciar la fabricación de los modelos, se tienen en cuenta las medidas que requiere el diseño, dimensiones mínimas de volumen de material y la tabla de medidas antropométricas generada en el análisis ergonómico, generando una plantilla con las medidas correspondientes y así generar los modelos de comprobaciones preliminares.

Figura 44

Esquema básico de medidas



Posterior al esquema, se comienza a trazar las medidas de la alternativa #1, teniendo en cuenta la estructura formal, el material será láminas de espuma de polietileno y las correas serán en reata, se utilizarán aproximadamente 3 capas de yumbolon de 3cm, para que dé un estimado de 23.023cm³ que requiere de volumen mínimo.

Figura 45*Comprobación preliminar alternativa #1*

La alternativa #1, cuenta con un espesor de 6cm, para el eje de desplazamiento según la teoría del buque cuenta con un espesor de 6cm y una altura de 2cm, con un filete en sus esquinas de 30°, el sistema de ajuste es cruzado, en sus respectivas correas en la parte superior e inferior, el sistema de ajuste permite adaptarse a un niño de hasta 4 a 10 años, el comportamiento del elemento no es preciso, debido a que se hace necesaria la falta un sistema de ajuste adicional, en cuanto a su estructura formal, cumple con las dimensiones planteadas, y dentro de la piscina cumple a cabalidad los requisitos de flotación, aunque su forma asimétrica hace que el elemento se desacomode debido a la fuerza de empuje del material.

Figura 46*Comprobación preliminar alternativa #11*

La alternativa #11 cuenta con un espesor de 9cm, la teoría del buque se ubica en la parte inferior, la estructura formal, abarca gran parte de las dimensiones máximas permitidas, sin ningún tipo de sustracción adicional, el sistema de amarre es tipo bolso, en sus laterales con un sistema de cierre central, el sistema de ajuste permite adaptarse a un niño de 4 hasta 10 años, el comportamiento del objeto no es satisfactorio, ya que las dimensiones hacen que el elemento no se mantenga en un sitio, debido a la fuerza de empuje del material, sin profundizar más aspectos analizados, esta alternativa queda descartada para la evolución, ya que ninguna característica se puede aplicar.

Figura 47*Comprobación preliminar alternativa #13*

La alternativa #13, cuenta con un espesor de 6cm, para el eje de desplazamiento según la teoría del buque cuenta con un espesor de 6cm y una altura de 3cm, con un filete en sus esquinas de 20°, el sistema de ajuste es tipo bolso, con seguro en la mitad, el sistema de ajuste permite adaptarse a un niño de 4 hasta 10 años, el comportamiento del elemento no es preciso, debido a que se hace necesaria la falta un sistema de ajuste adicional, en cuanto a su estructura formal, cumple con las dimensiones planteadas, y dentro de la piscina cumple a cabalidad los requisitos de flotación, aunque su forma simétrica hace que el cuerpo se mantenga más estable.

Luego de estas comprobaciones preliminares, el desarrollo de prototipado rápido, permitió recoger una serie de características para la evolución de la alternativa, el más importante es el

sistema de ajuste del elemento, implementando los conceptos de la idea #1 y #11, además de esto permitió corroborar que la teoría de flotabilidad del buque y las dimensiones dadas por los cálculos, son correctos para la siguiente fase.

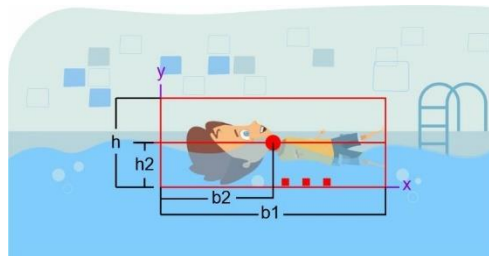
2.3.4 Evolución de la alternativa

Para la evolución de la alternativa se tiene en cuenta las comprobaciones preliminares de las alternativas #1 y #11, seleccionando las características y observaciones de lo anteriormente desarrollado, por ende, se realiza una evolución a las alternativas que mejor cumplimiento dieron, aplicándoles atributos para mejorar su estructura o su función, para así poder determinar cuál alternativa presenta mejores atributos.

Por consiguiente, uno de los atributos para añadir, es el sistema de sujeción, el cual requiere un complemento adicional, y adicional a ello, tal como lo indica la teoría del buque, con su centro de gravedad bajo, el elemento requiere adiciones de material a los lados, para poder mantener la estabilidad.

Figura 48

Centroide del paciente

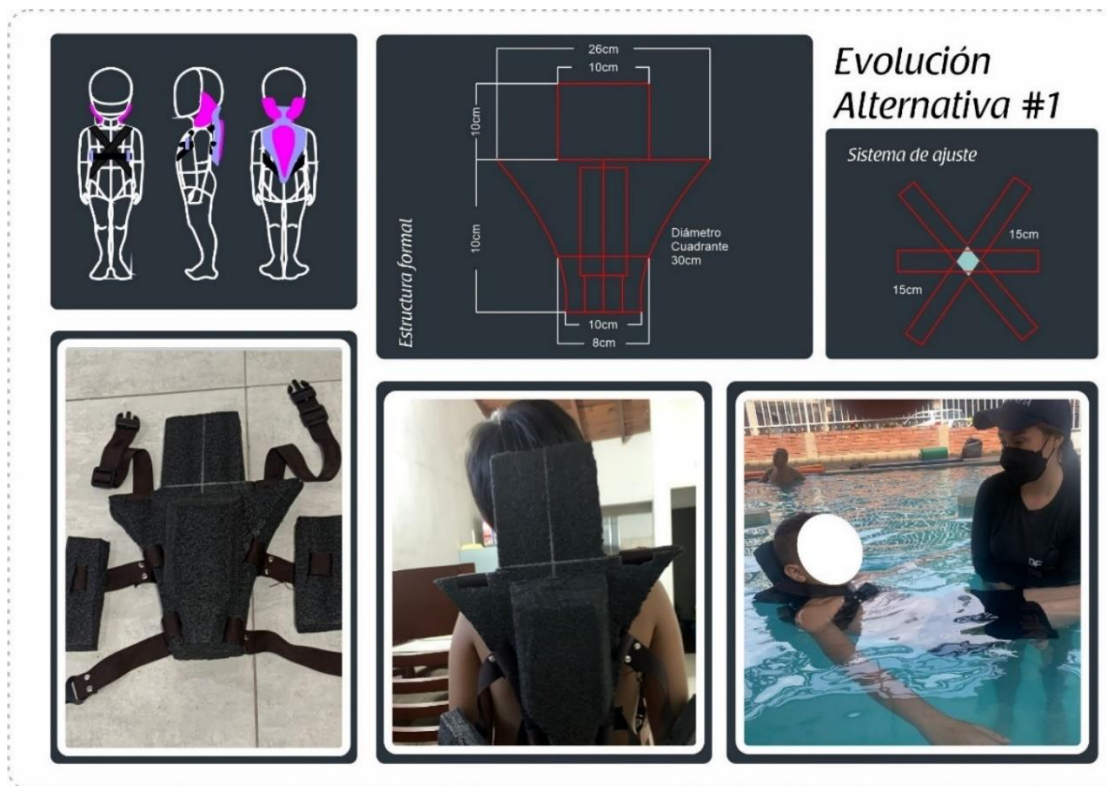


Para la evolución de la alternativa #1, se dejó la misma estructura formal, la modificación se realizó en el sistema de ajuste, el cual se añadió una sujeción más, por la mitad del elemento,

adicional a ello, se agregó material espumado en los laterales de esa nueva sujeción para que ayuden a mantener la estabilidad del elemento, tal como lo indicó el centroide hallado.

Figura 49

Evolución alternativa #1



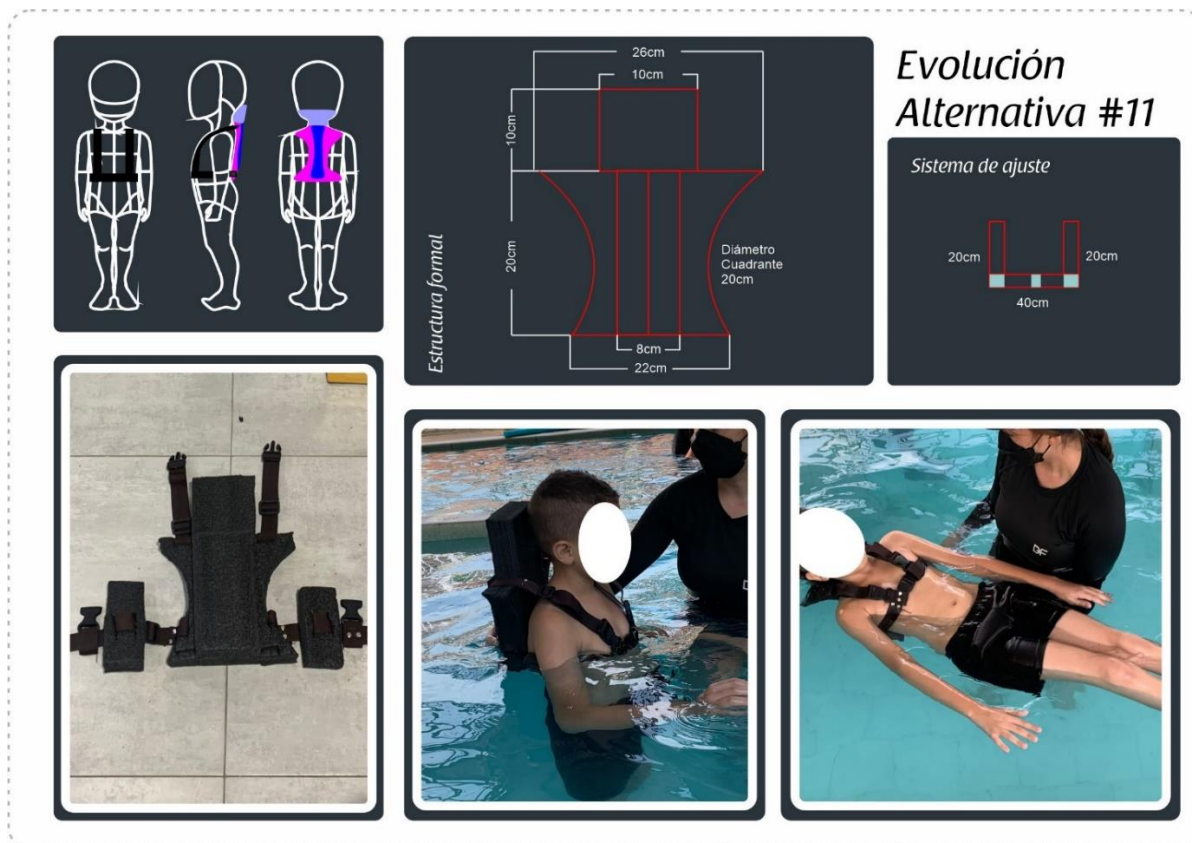
De este modo, el comportamiento e implementación de la evolución logró una mayor estabilidad y fijación del elemento, sin embargo, la fuerza de empuje del material y asimetría de la forma hace que el elemento se suba, generando presión en el cuello debido a las sujeciones en X, a pesar de que el elemento se desajuste sigue teniendo buena estabilidad y flotabilidad.

Para la evolución de la alternativa #11, se dejó la misma estructura formal, la modificación se realizó en el sistema de ajuste, se implementó sujeción tipo arnés, desde la parte superior hacia la

parte baja del elemento, se agregó material espumado en los laterales de esa nueva sujeción para que ayuden a mantener la estabilidad del elemento, tal como lo indicó el centroide hallado.

Figura 50

Evolución alternativa #11



De este modo, el comportamiento e implementación de la evolución logró una mayor estabilidad y fijación del elemento, la sujeción tipo arnés y el material espumado garantizó la postura del elemento en la posición, más sin embargo es necesario implementar la sujeción faltante del arnés que va en la parte inferior.

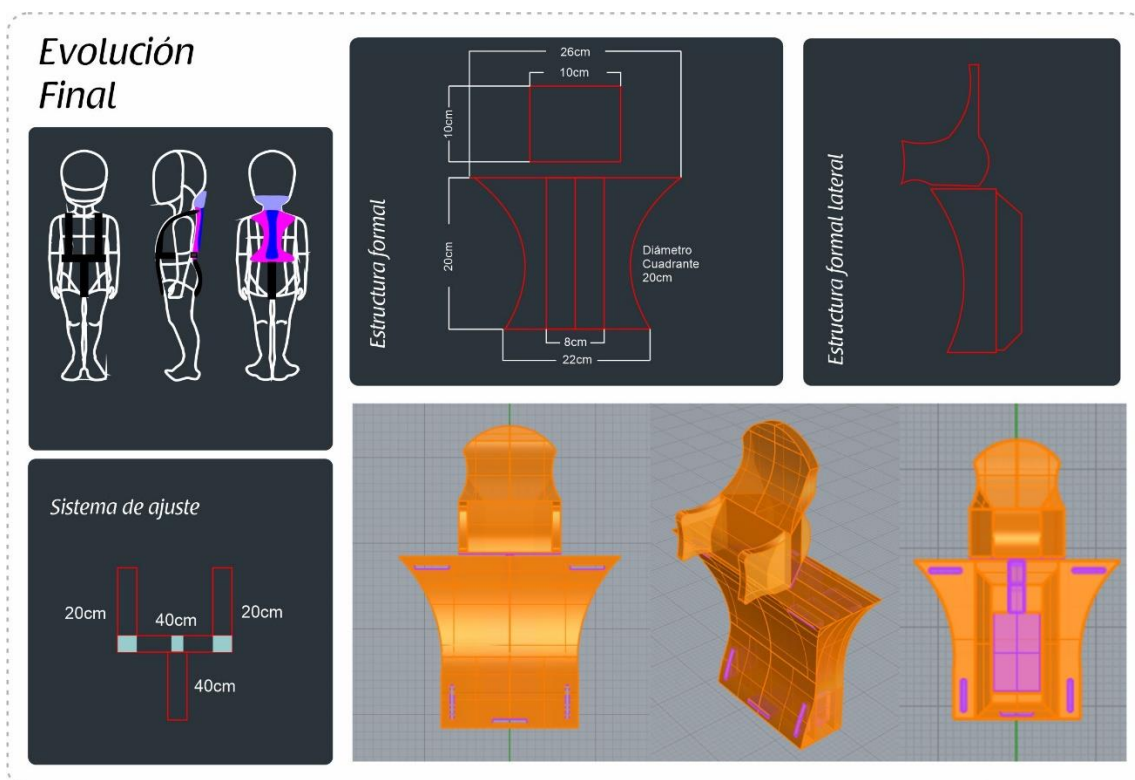
A pesar de que la evolución de las alternativas seleccionadas posee características morfológicas y funcionales que cumplen con los atributos y elementos requeridos para el diseño, existen

elementos que aún pueden ser mejorados, tal cual es el caso del sistema de ajuste, para el desarrollo de la alternativa final, se tomará en cuenta la #11 evolucionada, ya que esta fue la que cumplió con más requisitos en las pruebas preliminares la cual se le realizarán los cambios y medidas pertinentes para un desarrollo adecuado del producto.

Para la evolución final de la alternativa #11, se añadirá la sujeción inferior del arnés, además de los ángulos de la lordosis y cifosis, para lograr una mejor adaptación del producto, añadiendo la modularidad del soporte cefálico, bajo el concepto y funcionamiento de las vértebras

Figura 51

Evolución alternativa final



Una vez, determinada la estructura final del elemento, se especifican las medidas y detalles a tener en cuenta en el desarrollo del prototipo, teniendo en cuenta los elementos adicionales que

se han integrado para mejorar la estructura formal y funcional del producto a través aspectos relacionados con el diseño a nivel de subsistemas.

2.4 Fase III fabricación o producción de propuesta final

En esta etapa se determina el modelo final con los detalles constructivos, procesos y detalles de los materiales planteados para el diseño, se establece la propuesta final del elemento en render y el respectivo despiece.

2.4.1 Propuesta Final (render, despieces).

2.4.1.1 Renders de propuesta final

La evolución de la alternativa plantea la solución a los inconvenientes presentados durante las comprobaciones preliminares, esta propuesta específica y da detalles de funcionamiento en cuanto a la estructura y función.

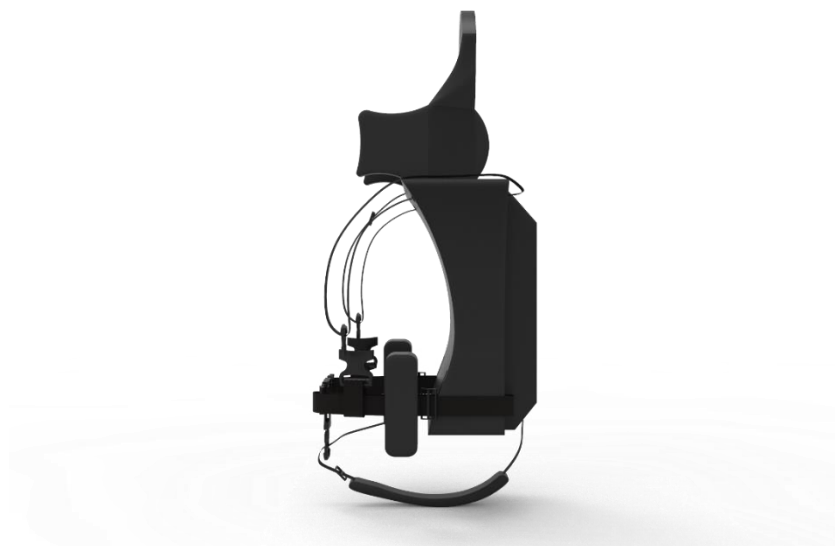
Figura 52

Vista frontal del elemento



Figura 53

Vista lateral del elemento

**Figura 54**

Vista isométrica posterior del elemento

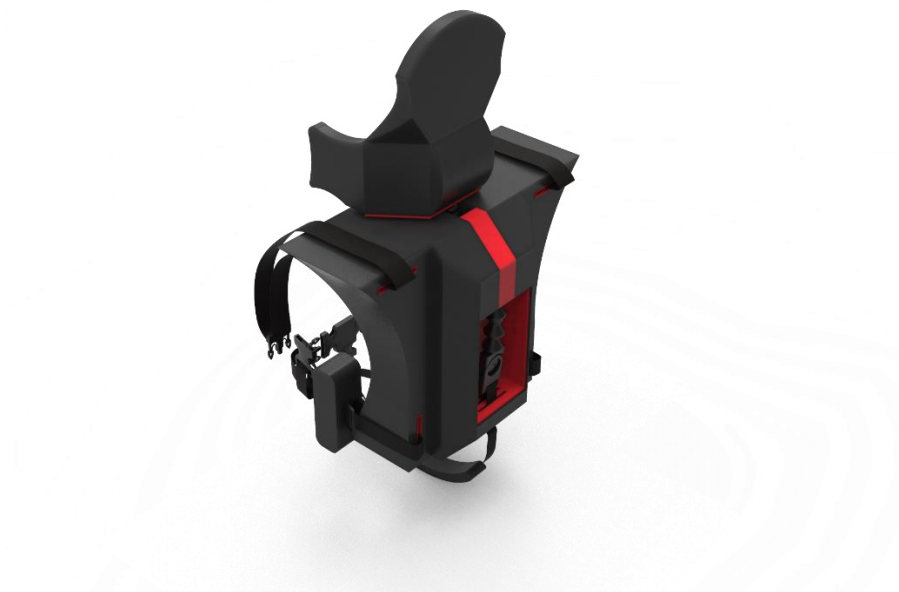


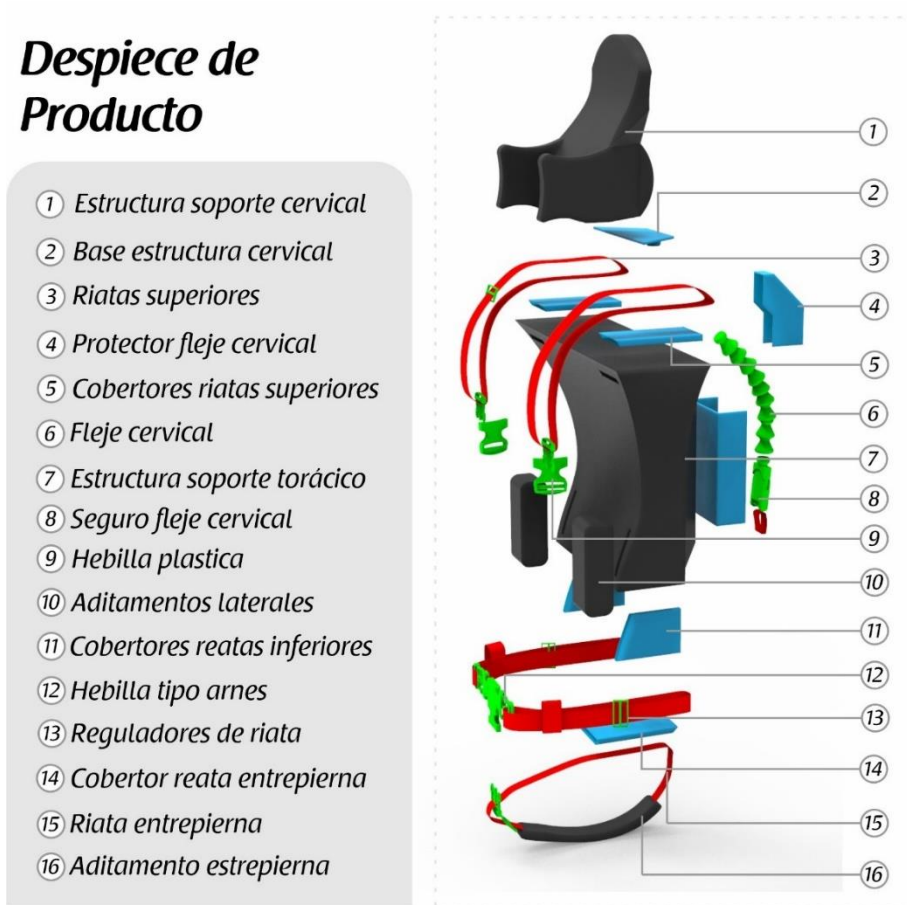
Figura 55

Vista isométrica frontal del elemento



2.4.1.2 Despiece de propuesta final

Se ejecutan los aspectos estructurales de función y formal, para realizar el desarrollo del modelo final teniendo en cuenta los materiales, con las propiedades físicas y estéticas más real a la propuesta planteada, para la fabricación inyección en el caso del material espumado, impresión 3d en material TPU y ABS para la representación, el elemento cuenta con 16 piezas, las cuales 8 son propias y 8 son insumos que se consiguen en el mercado.

Figura 56*Despiece del producto*

2.4.3 Análisis de la configuración formal

Así, para la configuración formal del concepto, se desarrolló en base a el estudio de los músculos que intervienen en la zona a trabajar, con los respectivos movimientos, ya que de tal forma fue que se obtuvo la geometrización básica para la forma del elemento, agregando detalles de función para el complemento de la actividad.

Figura 57

Configuración formal del concepto



Así mismo se realiza un desglose específico de la configuración formal del objeto, donde se describen conceptos de función práctica que es el uso que otorga el objeto, estética el significado real y simbólica lo que se siente cuando ve el elemento.

Figura 58

Configuración formal del elemento

Configuración Formal

- 1 Estructura principal
- 2 Estructura fleje cervical
- 3 Reatas de sujeción
- 4 Cobertores reatas y fleje
- 5 Hebillas/reguladores

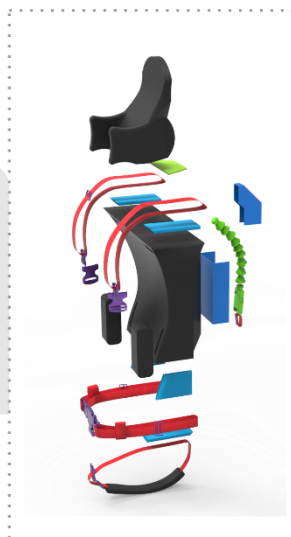


Tabla 24*Análisis de la configuración formal*

Practico	Estética	Simbólica
Estructura principal		
Apoyo, flotación, soporte	Mochila, flotador	Comodidad
Estructura fleje cervical		
Movimiento vertebral, libertad de movimiento, movimiento cefálico	Columnar, articulación	Movimiento
Reatas de sujeción		
Adaptación, agarre, aprehensión	Correas	Seguridad, ajuste
Cobertores reatas y fleje		
Protección, prevención de desgarre, protección de movimiento	Cubrir	Tapar
Hebillas y reguladores		
Usabilidad, praxis, movimiento, asegurar.	Conector, movimiento, ajuste	Encajar, ajustar

2.4.4 Planos y fichas técnicas de producción

A continuación, se detallan las fichas técnicas de producción, los planos técnicos se encuentran en los anexos (*anexo planos técnicos*) con las especificaciones, en estas fichas se detalla cada parte del elemento, lo cual contiene información de medidas, acabados, y descripción adicional de la pieza a elaborar, acompañada del plano.

Figura 59

Ficha técnica de producción pieza 1 soporte de cefálico

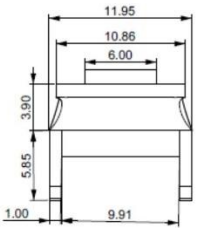
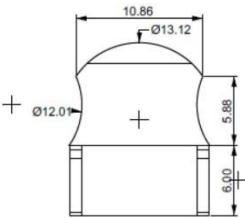
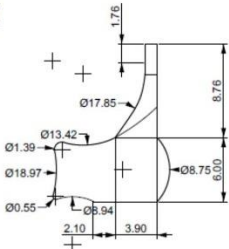
Ficha técnica de producción							
Nombre del producto:	Aquabuzz			Hoja	1	De	1
Nombre de la pieza:	Estructura Soporte Cervical						
Proceso de producción:	Inyección por insuflado de vapor						
N° de piezas a producir:	1		Empresa:	Yumbolon			
Dimensiones:	11x13x8cm						
Fecha de entrada:	DD	MM	AA	Fecha de salida	DD	MM	AA
Tipo de material:	Espuma de polietileno						
Tipo de acabado:	Bordes biselados, textura lisa						
Descripción							
Pieza elaborada con espuma de polietileno de baja densidad, conectando el soporte del fleje y el fleje cervical mediante pegamento de resina epoxi							
Planos							
							
							

Figura 60

Ficha técnica de producción pieza 2 soporte fleje

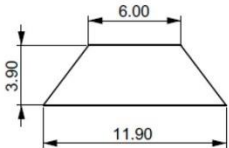
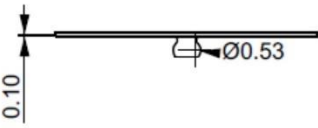
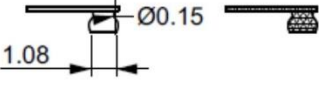
Ficha técnica de producción							
Nombre del producto:	Aquabuzz			Hoja	1	De	1
Nombre de la pieza:	Soporte fleje						
Proceso de producción:	Granja impresión 3d						
N° de piezas a producir:	1		Empresa:	4Lab			
Dimensiones:	11x3x4cm						
Fecha de entrada:	DD	MM	AA	Fecha de salida	DD	MM	AA
Tipo de material:	ABS						
Tipo de acabado:	Bordes biselados, textura lisa						
Descripción							
Pieza elaborada en impresión 3d, pegada al soporte cervical, pegada con resina epoxi.							
Planos							
VS							
							
VF				VL			
							

Figura 61

Ficha técnica de producción pieza 3 fleje cervical

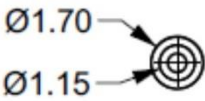
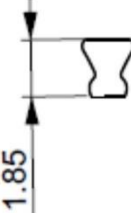
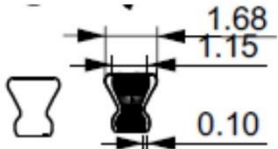
Ficha técnica de producción							
Nombre del producto:	Aquabuzz			Hoja	1	De	1
Nombre de la pieza:	Fleje cervical						
Proceso de producción:	Granja impresión 3d						
Nº de piezas a producir:	8		Empresa:		4Lab		
Dimensiones:	1x1x1.5cm						
Fecha de entrada:	DD	MM	AA	Fecha de salida	DD	MM	AA
Tipo de material:	ABS						
Tipo de acabado:	Bordes biselados, textura lisa						
Descripción							
Pieza elaborada en impresión 3d, unidas mediante presión, a al seguro de fleje							
Planos							
VS							
							
VF				VL			
							

Figura 62

Ficha técnica de producción pieza 4 soporte fleje

Ficha técnica de producción							
Nombre del producto:	Aquabuzz			Hoja	1	De	1
Nombre de la pieza:	Seguro Fleje cervical						
Proceso de producción:	Granja impresión 3d						
Nº de piezas a producir:	1		Empresa:		4Lab		
Dimensiones:	2.7x2.30x3cm						
Fecha de entrada:	DD	MM	AA	Fecha de salida	DD	MM	AA
Tipo de material:	ABS						
Tipo de acabado:	Bordes biselados, textura lisa						
Descripción							
Pieza elaborada en impresión 3d, unida mediante presión al fleje cervical, con un relleno de material al 90%							
Planos							
VS							
VF				VL			

Figura 63

Ficha técnica de producción pieza 5 caja fleje cervical

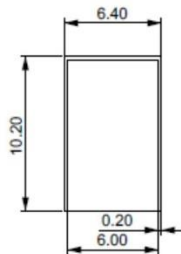
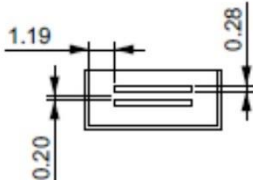
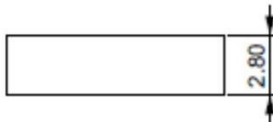
Ficha técnica de producción							
Nombre del producto:	Aquabuzz			Hoja	1	De	1
Nombre de la pieza:	Caja fleje cervical						
Proceso de producción:	Granja impresión 3d						
Nº de piezas a producir:	1		Empresa:		3Dlab		
Dimensiones:	10x6x2.80cm						
Fecha de entrada:	DD	MM	AA	Fecha de salida	DD	MM	AA
Tipo de material:	TPU						
Tipo de acabado:	Bordes biselados, textura lisa						
Descripción							
Pieza elaborada con TPU dureza Shore 60A, pegada a la estructura torácica, mediante pegamento de resina epoxi							
Planos							
				VS			
							
				VF			
				VL			

Figura 64

Ficha técnica de producción pieza 6 tapa fleje cervical

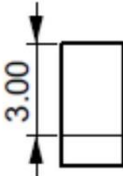
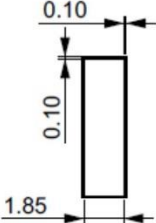
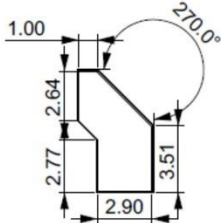
Ficha técnica de producción							
Nombre del producto:	Aquabuzz			Hoja	1	De	1
Nombre de la pieza:	Tapa fleje cervical						
Proceso de producción:	Granja impresión 3d						
Nº de piezas a producir:	1		Empresa:		3Dlab		
Dimensiones:	3x2x6cm						
Fecha de entrada:	DD	MM	AA	Fecha de salida	DD	MM	AA
Tipo de material:	TPU						
Tipo de acabado:	Bordes biselados, textura lisa						
Descripción							
Pieza elaborada con TPU dureza Shore 60A, pegada a la estructura torácica, mediante pegamento de resina epoxi							
Planos							
VS							
							
VF				VL			
							

Figura 65

Ficha técnica de producción pieza 7 cobertor reata superior

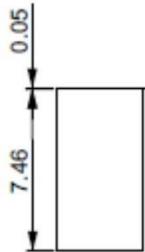
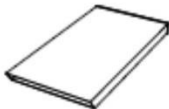
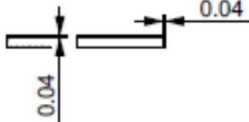
Ficha técnica de producción							
Nombre del producto:	Aquabuzz			Hoja	1	De	1
Nombre de la pieza:	Cobertor reata superior						
Proceso de producción:	Granja impresión 3d						
Nº de piezas a producir:	2		Empresa:	3Dlab			
Dimensiones:	7.5x7x2cm						
Fecha de entrada:	DD	MM	AA	Fecha de salida	DD	MM	AA
Tipo de material:	TPU						
Tipo de acabado:	Bordes biselados, textura lisa						
Descripción							
Pieza elaborada con TPU dureza Shore 60A, pegada a la estructura torácica, mediante pegamento de resina epoxi							
Planos							
 VS							
 VF				 VL			

Figura 66

Ficha técnica de producción pieza 8 cobertor reata inferior

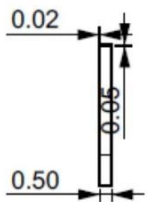
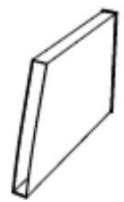
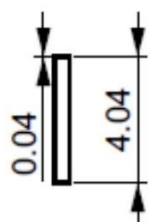
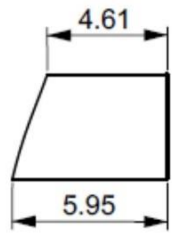
Ficha técnica de producción							
Nombre del producto:	Aquabuzz			Hoja	1	De	1
Nombre de la pieza:	Cobertor reata inferior						
Proceso de producción:	Granja impresión 3d						
Nº de piezas a producir:	2		Empresa:	3Dlab			
Dimensiones:	0.5x4x6cm						
Fecha de entrada:	DD	MM	AA	Fecha de salida	DD	MM	AA
Tipo de material:	TPU						
Tipo de acabado:	Bordes biselados, textura lisa						
Descripción							
Pieza elaborada con TPU dureza Shore 60A, pegada a la estructura torácica, mediante pegamento de resina epoxi							
Planos							
VS 							
VF 				VL 			

Figura 67

Ficha técnica de producción pieza 10 estructura soporte torácico

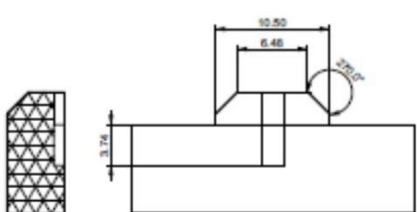
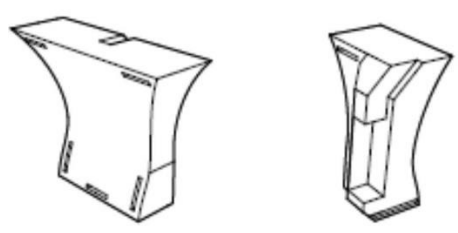
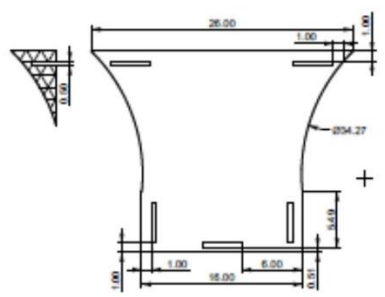
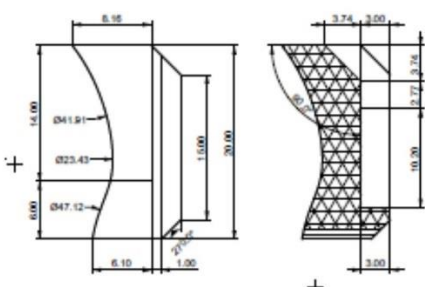
Ficha técnica de producción							
Nombre del producto:	Aquabuzz			Hoja	1	De	1
Nombre de la pieza:	Estructura Soporte torácico						
Proceso de producción:	Inyección por insuflado de vapor						
Nº de piezas a producir:	1		Empresa:		Yumbolon		
Dimensiones:	11x13x8cm						
Fecha de entrada:	DD	MM	AA	Fecha de salida	DD	MM	AA
Tipo de material:	Espuma de polietileno						
Tipo de acabado:	Bordes biselados, textura lisa						
Descripción							
Pieza elaborada con espuma de polietileno de baja densidad, conectando el caja del soporte del fleje, y los cobertores de las reatas mediante pegamento de resina epoxi, las reatas superiores disponen de una longitud de 45cm ubicada con los reguladores y broches, la reata inferior a 80cm de longitud y la reata entrepierna 1 metro con los reguladores y protector espumado							
Planos							
				VS 			
				VF VL 			

Figura 69

Ficha técnica de producción pieza 12 reatas

Ficha técnica de producción							
Nombre del producto:	Aquabuzz		Hoja	1	De	1	
Nombre de la pieza:	Ajustes reatas						
Proceso de producción:	Cortado y Costura múltiple						
N° de piezas a producir:	5	Empresa:	Satélite maquina plata				
Dimensiones:	3x2x6cm						
Fecha de entrada:	DD	MM	AA	Fecha de salida	DD	MM	AA
Tipo de material:	Reata 3.5cm						
Tipo de acabado:	Puntada doble, dobles interno.						
Descripción							
Pieza elaborada con reata tipo nylon, las reatas superiores identificas como R1, tienen una longitud de 55cm, con un dobles a 26cm, con costura de broches de 9cm, para la R2 longitud total de 78cm, con un dobles a 19cm, con costura de broches de 13cm, para R3 115cm, con un dobles de 27cm y broche de 17cm.							
Planos							
The drawing shows three rectangular pieces labeled R1, R2, and R3. R1 has a total length of 55 cm, a 9 cm broche (stitch) on the left, and a 26 cm double (fold) on the right. R2 has a total length of 78 cm, a 19 cm double on the left, and a 13 cm broche on the right. R3 has a total length of 115 cm, a 17 cm broche on the left, and a 27 cm double on the right. Each piece is shown with a vertical dashed line indicating the fold or stitch line.							

2.4.4.1 Materiales y Proceso productivo. Los materiales y proceso productivo se eligieron de forma estratégica garantizando los parámetros y características establecidas por las condiciones de diseño.

Para la estructura principal del sistema de flotación, se eligió espuma de polietileno, los polietilenos son obtenidos a alta presión por vía radical presentan una estructura ramificada, en tanto que los obtenidos a medias y bajas presiones son casi completamente lineales. Como consecuencia de esta mayor linealidad, la densidad y cristalinidad es mayor. Esta diferencia en la linealidad da lugar a los tres tipos principales de polietilenos: polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno de alta densidad (HDPE) y polietileno lineal de baja densidad (LLDPE). (Almanza Montero, 2012). La espuma de polietileno, se realizan por expansión controlada y posterior solidificación de un líquido o masa fundida, utilizando un agente de soplado, se suelen usar agentes de soplado físicos, químicos o mecánicos, el material resultante tiene una densidad muy baja, con alta rigidez y mejor resistencia que el material original, todo ello ligado a la densidad relativa en función de la fracción volumétrica de los sólidos de espuma, las espumas a base de polietileno suelen ser flexibles, pueden ser suaves y compatibles para aplicaciones como cojines acolchados, flotadores, y relleno.

Figura 70*Propiedades espuma de polietileno***Propiedades generales**

Densidad	①	70	-	115	kg/m ³
Precio	①	* 7,32e3	-	8,12e3	COP/kg
Fecha de primer uso ("-" significa AC)	①	1947			

Propiedades mecánicas

Módulo de Young	①	0,004	-	0,012	GPa
Módulo de cortante	①	0,002	-	0,005	GPa
Módulo en volumen	①	0,004	-	0,012	GPa
Coefficiente de Poisson	①	0,26	-	0,33	
Límite elástico	①	0,048	-	0,7	MPa
Resistencia a tracción	①	0,43	-	2,95	MPa
Resistencia a compresión	①	0,048	-	0,7	MPa
Elongación	①	9	-	115	% strain
Dureza-Vickers	①	0,0048	-	0,07	HV
Resistencia a fatiga para 10 ⁷ ciclos	①	* 0,34	-	2,5	MPa
Tenacidad a fractura	①	* 0,03	-	0,09	MPa.m ^{0.5}
Coefficiente de pérdida mecánica (tan delta)	①	* 0,1	-	0,5	

Nota. Adaptado de Software CES Edupack.

Para el soporte vertical, los cobertores y las cajas de la estructura del sistema de flotación se selecciona el TPU, el cual es un polímero elastomérico lineal y, por ello, termoplástico, se caracterizan por tener una estructura que otorga propiedades que no presentan otros polímeros. Los TPU se clasifican en dos grupos en función de su naturaleza: TPU basado en poliéter (generalmente politetrahidrofurano) este presenta mejor resistencia al hidrolisis, mejor resistencia microbiana y mejor flexibilidad a temperaturas bajas y TPU basado en poliéster (generalmente derivado del ácido adípico) presenta mejor resistencia a la termo oxidación y mejor resistencia a los aceites y grasas.

Figura 71*Propiedades TPU***Propiedades generales**

Densidad	(i)	38	-	70	kg/m ³
Precio	(i)	* 6,95e3	-	7,66e3	COP/kg
Fecha de primer uso ("-" significa AC)	(i)	1947			

Propiedades mecánicas

Módulo de Young	(i)	0,001	-	0,003	GPa
Módulo de cortante	(i)	4e-4	-	0,002	GPa
Módulo en volumen	(i)	0,001	-	0,003	GPa
Coefficiente de Poisson	(i)	0,23	-	0,33	
Límite elástico	(i)	0,02	-	0,3	MPa
Resistencia a tracción	(i)	0,24	-	2,35	MPa
Resistencia a compresión	(i)	0,02	-	0,3	MPa
Elongación	(i)	10	-	175	% strain
Dureza-Vickers	(i)	0,002	-	0,03	HV
Resistencia a fatiga para 10 ⁷ ciclos	(i)	* 0,2	-	2	MPa
Tenacidad a fractura	(i)	* 0,015	-	0,05	MPa.m ^{0.5}
Coefficiente de pérdida mecánica (tan delta)	(i)	* 0,1	-	0,5	

Nota. Adaptado de Software CES Edupack.

Para el fleje cervical y seguros se eligió el ABS (Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno), el cual es un copolímero que se sintetiza al polimerizar Estireno (St) y Acrilonitrilo (AN) en presencia de un hule, generalmente Polibutadieno (PB), donde las composiciones pueden variar de 15-35% Acrilonitrilo, 5-30% Polibutadieno y 40-60% de Estireno. En este polímero se encuentran partículas de hule dispersas en la matriz del copolímero de poli (Estireno-Acrilonitrilo) (SAN). Dependiendo del tipo de morfología, las dimensiones de la fase dispersa pueden variar entre 0.5-5µm. Lo importante de este hecho, consiste en que el desempeño final del ABS queda establecido fundamentalmente por el tamaño y naturaleza de la morfología. (Oscar Martínez, 2012).

Figura 72*Propiedades ABS***Propiedades generales**

Densidad	①	1,03e3	-	1,06e3	kg/m ³
Precio	①	* 7,75e3	-	9,35e3	COP/kg
Fecha de primer uso ("-" significa AC)	①	1937			

Propiedades mecánicas

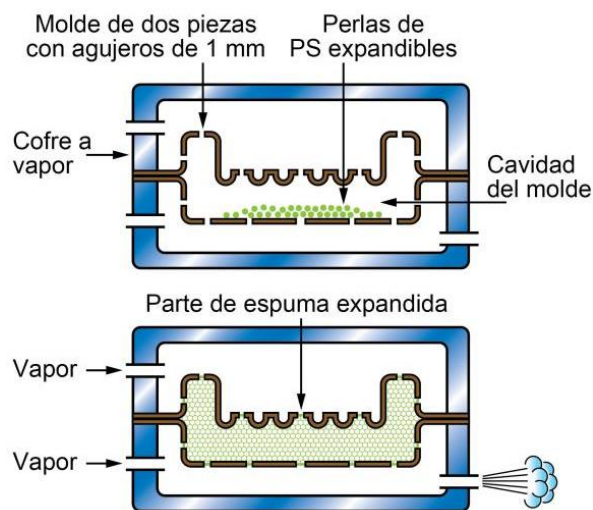
Módulo de Young	①	2,08	-	2,75	GPa
Módulo de cortante	①	* 0,743	-	0,983	GPa
Módulo en volumen	①	* 3,85	-	4,01	GPa
Coefficiente de Poisson	①	* 0,39	-	0,41	
Límite elástico	①	34,5	-	49,6	MPa
Resistencia a tracción	①	37,8	-	51,8	MPa
Resistencia a compresión	①	* 39,3	-	86	MPa
Elongación	①	5	-	60	% strain
Dureza-Vickers	①	* 10	-	14,9	HV
Resistencia a fatiga para 10 ⁷ ciclos	①	* 15,1	-	20,7	MPa
Tenacidad a fractura	①	* 1,47	-	4,29	MPa.m ^{0.5}
Coefficiente de pérdida mecánica (tan delta)	①	* 0,015	-	0,019	

Nota. Adaptado de Software CES Edupack.

El proceso productivo se realizará por medio de dos tecnologías diferentes, para el espumado se realizará el moldeo por inyección tipo insuflado por vapor, el cual es un proceso de baja temperatura y presión que utiliza moldes de bajo costo, el proceso se desglosa en dos etapas, se parte de gránulos o líquido polimérico, que contiene el agente espumante o de soplado (vapor) que emite CO₂ al calentarse, los granules o líquido conforme se calientan empiezan a ablandarse para luego expandirse a partir de la calefacción por vapor a una presión ligera, por lo general según el tipo de composición este se puede expandir hasta 20 veces de su volumen original, fundiéndose y llenando el molde hasta adoptar la forma.

Figura 73

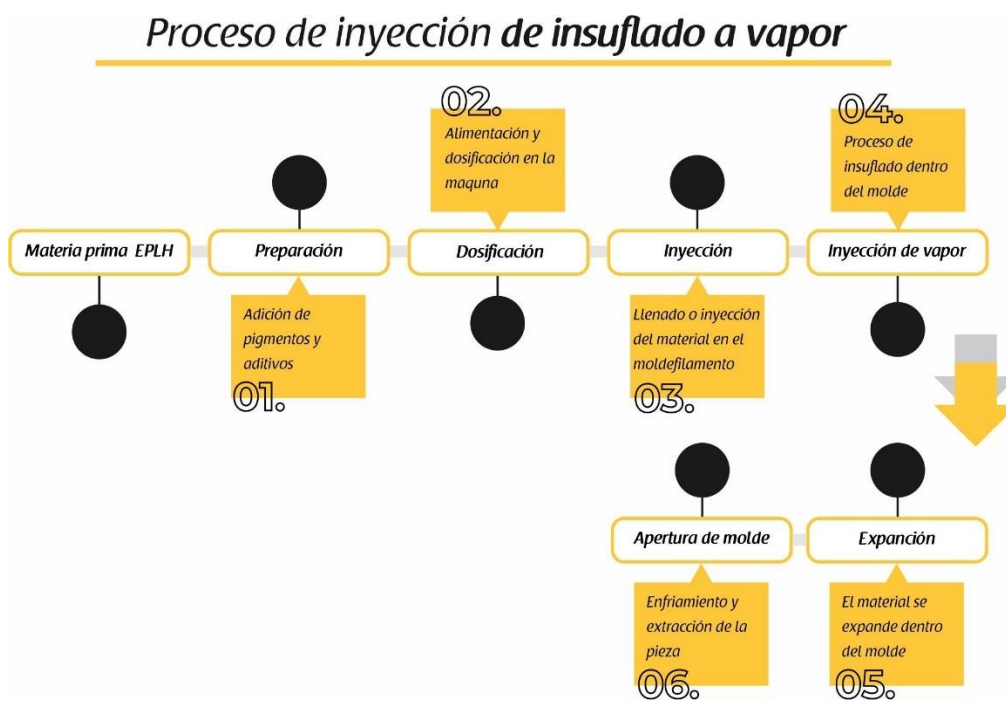
Proceso de producción mediante molde por inyección de insuflado a vapor



Nota. Adaptado de Software CES Edupack.

Figura 74

Proceso productivo mediante molde por inyección de insuflado a vapor

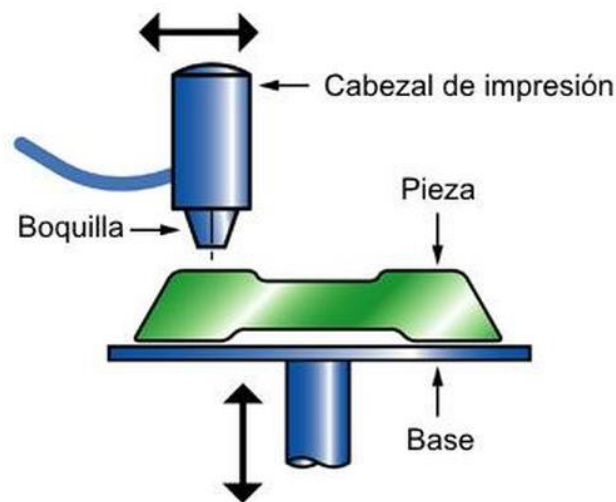


Para la producción de las piezas en ABS y TPU se implementará la impresión 3d por medio de granjas, conocida como manufactura por adición, es un proceso por el cual se crean objetos físicos colocando un material por capas en base a un modelo digital. Todos los procesos de impresión 3D requieren que el software, el hardware y los materiales trabajen en conjunto (Audesk, 2019).

El funcionamiento consiste en que un cabeza deposita material, construyendo capas sucesivas del modelo, al igual que la mayoría de los procesos, requiere un modelo CAD detallado de la pieza para generar un código de coordenadas.

Figura 75

Proceso de producción por medio de la impresión 3D

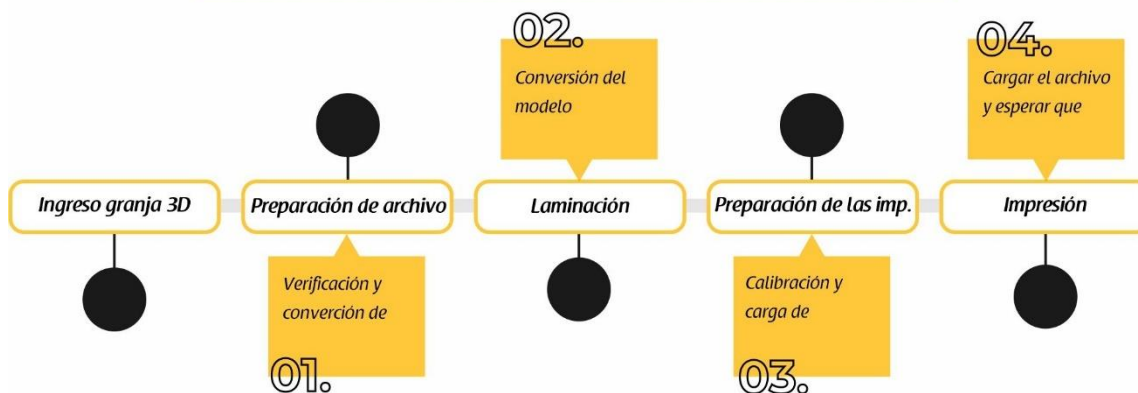


Nota. Adaptado de Software CES Edupack.

Figura 76

Proceso productivo mediante impresión 3D

Proceso de Impresión 3D

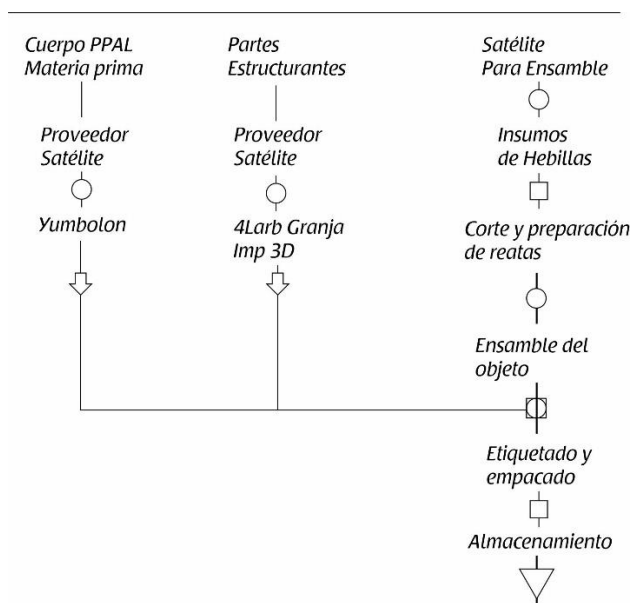


De esta forma en el proceso productivo que requiere el elemento es necesario en dos etapas, la primera se caracteriza por la elaboración de los moldes y/o modelos 3d y la segunda el ensamble del elemento.

Teniendo en cuenta que la estructura espumada y las partes en ABS y TPU se adquirirán por medio de proveedores se establece el siguiente diagrama de operación.

Figura 77

Diagrama de operación de ensamble



2.4.5 Costos.

La fabricación del elemento requiere costos fijos como variables, se establece el número de personal, los cargos, las horas laborales, el valor de trabajo por hora, valor de molde, valor de la producción por inyección y hora de impresión.

Tabla 25

Mano de obra

Nomina					
Mano de obra fija					
Cant	Descripción	Hora	Valor hora	Valor día	Valor Mensual
1	Diseñador Industrial	8	\$6.250	50.000	1.500.000
1	Operario de ensamble	8	5.418	43,344	1.300.000
Mano de obra variable					
1	Operario ventas	8	5.418	43,344	1.300.000
1	Tec Mercadeo	4	4.800	19.200	576.600
Total mano de obra					4.676.600

Se establecen 4 sueldos mensuales, aplicando descuentos de nómina 20% del sueldo para riesgos y salud.

Para la producción se tiene en cuenta materia prima implementada en el proceso de inyección, el cual incluye molde y envío, además de la impresión 3d el cual su costo es por hora, realizando tercerización. De manera externa se compran a proveedores nacionales los elementos adicionales como los son los reguladores, hebillas tipo mochila y los adaptadores.

Para el establecimiento de los costos se manejará la producción mínima de la empresa de inyección, el cual el mínimo son de 400 unidades.

Tabla 26

Costos de materia prima por unidad

Impresión para fabricación unidad					
Cant	Descripción	Horas	Precio hora	Valor total	Precio total por unidad
2	Cobertores sup TPU	.40	\$2000	\$800	
2	Cobertores inf TPU	.40	\$2000	\$800	
1	Caja cobertor TPU	1	\$2000	\$2000	
8	Fleje flexible ABS	1	\$2000	\$2000	
1	Seguro fleje ABS	.30	\$500	\$500	
Total impresión por unidad					\$6.100
Costo					
Cant	Descripción	Unidad	Precio unidad	Valor total	
1	Estructura cervical	1	\$60.000	\$60.000	
1	Estructura torácica	1	\$30.000	\$30.000	
Total inyección espuma por unidad					\$90.000

Tabla 27

Costos de insumos por unidad

Insumos para fabricación unidad					
Costo de insumos					
Cant	Descripción	Unidad	Precio por unidad	Valor Total	Total Valor und
8	Reguladores de correa	3.5cm	\$250	2.000	
5	Hebilla broche macho	4cm	\$350	1.750	
2	Hebilla broche hembra	4cm	\$350	700	
1	Hebilla tipo arnés	3 ojales	\$4500	4500	

20	Remache reata	2mm	\$50	1000
6	Reata nylon suavizada	mt	\$1300	7800
Total insumos unidad				\$17.750

Tabla 28

Costos totales de producto por unidad y total de producción mínima

Insumos para fabricación unidad	
Costos de materia prima	\$96.100
Costos de insumos	\$17.100
Costo total unidad	\$113.200
Costo total con porcentaje 30%	\$147160.00
Costo lote 400 und	\$58.864.000
Costo total sueldo	\$4.676.600
Costo total producción 400 und	\$63.540.600
Costo total producto venta und con ganancia del 30%	\$158.850

Teniendo en cuenta lo anterior se establece que estos costos de producción darían un total de 113.200 COP, más el 30% de ganancia da un precio total de venta de \$158.850 COP, esto nos da un resultado por debajo de los análisis de tipología.

2.4.6 Análisis ergonómico

De este modo, el análisis ergonómico se realiza por medio del cumplimiento de las condiciones de diseño establecidas, en donde se confronta el elemento con los usuarios, generando una correspondencia de acuerdo con lo planteado, la cual se indicará si cumple o no cumple con los parámetros establecidos.

Tabla 29*Análisis ergonómico*

Situación	Cumple	No cumple
El elemento se adapta a pacientes con un rango de edad de 5 a 9 años	X	
El elemento tiene las medidas antropométricas de adaptación del ajuste en el rango de edad de 5 a 9 años	X	
El elemento la adaptación de la curvatura cifosis	X	
El elemento tiene la adaptación de la curvatura lordosis	X	
El elemento permite el punto de contacto de la T12 del paciente por parte del fisioterapeuta	X	
El elemento cuenta con soporte cervical	X	
El elemento cuenta con la remoción cervical para los pacientes con control cefálico	X	
El elemento permite fácil ajuste del paciente	X	
El elemento puede ser manipulado fácilmente por el terapeuta	X	
La posición del elemento no interfiere con los puntos de la técnica de Halliwick	X	

El elemento cuenta con las condiciones de diseño establecidas con anterioridad, a continuación, se establece las relaciones de pacientes con el elemento, específicamente de 5 y 10 años normatipicos, además de la relación fisioterapeuta-elemento-paciente, entendiéndolo como modelo sistémico tipo 2, esto para analizar la aproximación de cómo sería la correspondencia antropométrica del objeto con el usuario.

Figura 78

Paciente de 5 años y relación con el producto



La relación del paciente normatípico de 5 años con el elemento, se puede apreciar en el señalamiento del objeto, una buena correspondencia, en las curvaturas de raquis, logrando una adaptación corporal, así mismo se establece la relación con los elementos de ajuste de las reatas, logrando correspondencia antropométrica a las medidas planteadas, de igual forma, la confirmación de valores de las zonas libres, tanto de la zona cervical, como de la zona T10.

Figura 79

Paciente de 10 años y relación con el producto



Así mismo la relación del paciente normatípico de 10 años con el elemento, se puede apreciar en el señalamiento del objeto, una buena correspondencia, en las curvaturas de raquis, logrando una adaptación corporal, así mismo se establece la relación con los elementos de ajuste de las reatas, logrando correspondencia antropométrica a las medidas planteadas, de igual forma, la confirmación de valores de las zonas libres, tanto de la zona cervical, como de la zona T10.

Figura 80

Fisioterapeuta y relación con el producto y soporte cervical



De este modo, la relación del fisioterapeuta-objeto-paciente, permite los puntos de contacto requeridos para realizar la hidroterapia, así mismo permitiendo la realización de los patrones de Halliwick sin interferencia por las dimensiones del objeto, adicional a ello el fisioterapeuta relaciona y manipula con facilidad los sistemas de ajustes del elemento, por otro lado, el soporte cervical el cual se puede remover si el paciente tiene o no control cervical, puede ser retirado con facilidad, las medidas de la caja y seguro del elemento fueron adecuadas para la manipulabilidad,

así como también, el agarre del soporte vertical, el cual fue diseñado teniendo en cuenta presa tipo cuchara, que junto con las propiedades viscoelásticas del material, permiten tener buena adherencia y agarre.

2.4.7 Relación con el usuario

Debido a las propiedades del material, el objeto desarrollado puede usarse sobre el traje de baño o ir en contacto directo con el paciente sin generar ningún problema de alergia en la piel del usuario, además de que no genera molestias debido a que el material cuenta tiene propiedades viscoelásticas, más sin embargo, el elemento debe ajustarse al cuerpo del paciente para evitar incomodidad al desarrollar la terapia y posibles accidentes debido a la fuerza de empuje del material ocasionado por la baja densidad de la estructura.

2.4.8 Secuencia de uso

La secuencia de uso del elemento se da desde el momento de la ubicación del objeto, asegurando al paciente por medio del arnés de 3 puntos, de forma posterior adaptarlo con los ajustes, inmediatamente se ajusta el elemento, se dispone a realizar el ajuste mental de la técnica de Halliwick.

Figura 81*Secuencia de uso***2.4.9 Manual de uso**

Cada producto contiene un manual de uso con sus respectivas recomendaciones, lleva la secuencia de uso para mayor claridad en su uso, ya que se hace indispensable para el uso del terapeuta encargado.

Figura 82*Manual de uso*

Soporte Acuático

Resistente al agua y cloro de piscina.

No toxico.

Niños mayores de 5 años años.

Diseñado para pacientes como parálisis cerebral espástica .

AquaBuzz es un elemento elaborado en espuma de polietileno, diseñado para el desarrollo de la terapia acuática en niños con parálisis cerebral espástica, ayudando a la seguridad del paciente

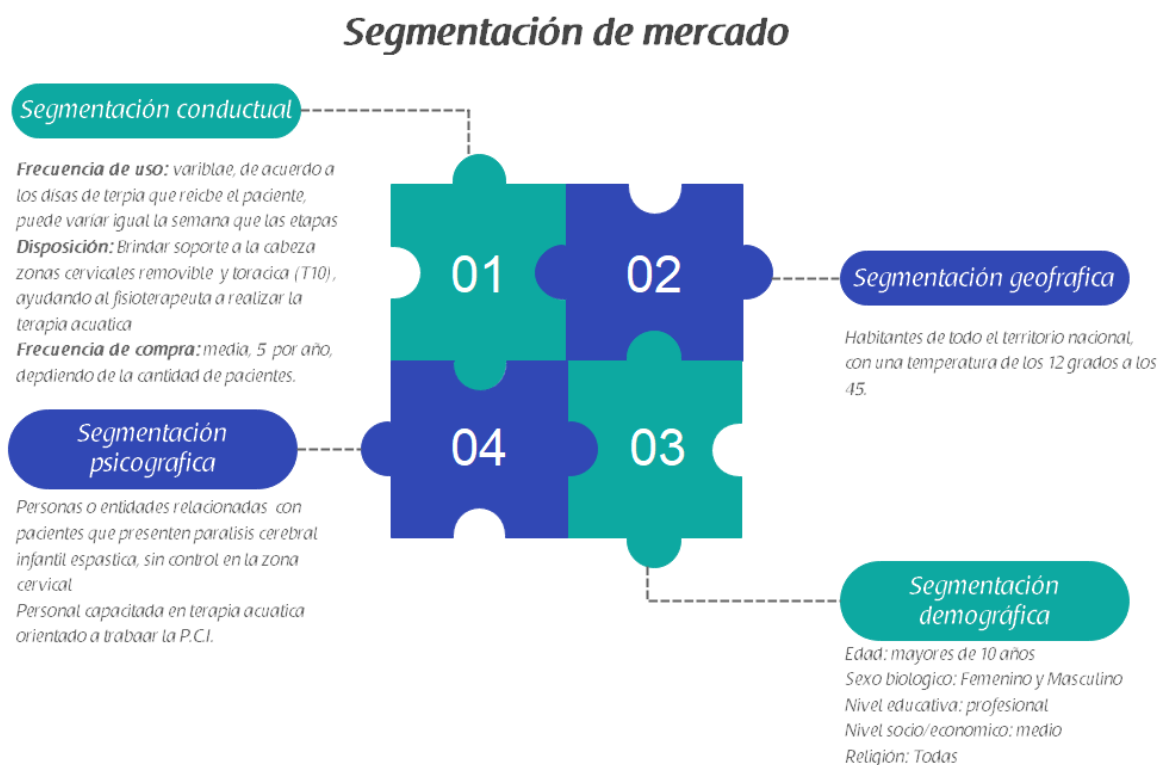
Secuencia de uso

2.4.10 Definición de mercado

La segmentación de mercado divide el mercado en grupos con características y necesidades semejantes para poder ofrecer una oferta diferenciada y adaptada a cada uno de los grupos objetivo. Esto permite optimizar recursos y utilizar eficazmente nuestros esfuerzos de marketing (Espinoza,2014).

Mercado orientado-cliente	
<i>Tipo de segmentación</i>	<i>Variables considerables</i>
Geográfica	Habitantes del territorio colombiano
Tipo de cliente	Personas o entidades relacionadas con pacientes que presentan parálisis cerebral infantil, producto especializado para uso terapéutico.
Criterios demográficos-usuario-1	
Sexo	Masculino y femenino
Edad	20 años en adelante
Ocupación	Fisioterapeuta
Criterios demográficos-usuario-2	
Sexo	Masculino y femenino
Edad	Niños de 5-9 años
Ocupación	Sin ocupación

Es importante conocer que el cliente objetivo, son los centros de rehabilitación que ofrecer servicio de hidroterapia, además de los fisioterapeutas calificados para la realización de la terapia.

Figura 83*Segmentación de mercado***2.4.11 Definición del producto**

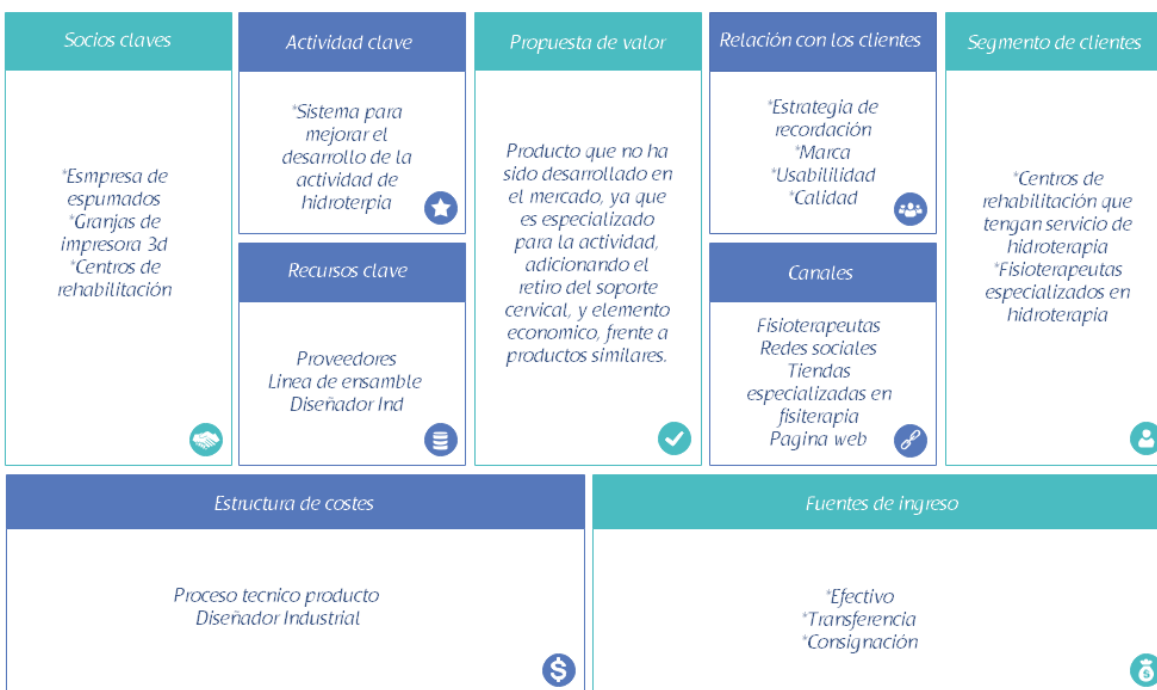
El elemento se define como un producto de consumo ya que está enfocado al consumo institucional considerado un producto especializado terapéutico debido a sus características son únicas y se enfoca hacia un grupo específico de comprador, los cuales son los centros de rehabilitación y fisioterapeutas especializados en hidroterapia con el método Halliwick, con un mercado de monopolio puro, ya que al ser un producto especializado se tiene el control total sobre las condiciones de precio y de calidad de dichos productos. en cuanto a su durabilidad y tangibilidad se clasifica como bienes de consumo duradero ya que es tangible y puede usarse

varias veces, con un mercado de tipo nacional, ya que cumple con los requisitos y normativas colombianas.

Por consiguiente, para poder establecer la estrategia de mercado a plantear y como se va a llegar al cliente se desarrolla el modelo Canvas, este fue creado con el fin de establecer una relación lógica entre cada uno de los componentes de la organización y todos los factores que influyen para que tenga o no éxito. A través de un "lienzo" se detalla desde la idea de negocios (Ferreira, 2015).

Figura 84

Modelo Canvas



2.4.11.1 Marca.

La marca es una construcción estratégicamente planificada y gestionada. Y su lenguaje, con el que dialoga con los públicos, es esencialmente emocional y simbólico. Así, la marca es un

sistema de cosas objetos y acciones, y al mismo tiempo un sistema de símbolos: relaciones, imágenes y signos (Costa, 2012).

Figura 85

Imagotipo



Figura 86

Presentación logotipo



Figura 87

Manual de marca

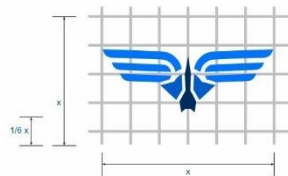
Mini-manual de identidad corporativa
Imagitipo



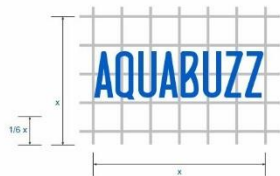
Composición versión horizontal



Composición versión Isotipo



Composición versión Logotipo



Área respetable



Tipografía

CONCURSOITALIAN BTN BOLD

VOCALES:

AA, EE, II, OO, UU

CONSONANTES:

BB, CC, DD, FF, GG, HH, JJ, KK, LL, MM, NN, ÑÑ, PP, QQ, RR, SS, TT, VV, WW, XX, YY, ZZ

DIGRAFOS:

CH, CH, LL, LL, QU, QU, GU, GU, RR, RR

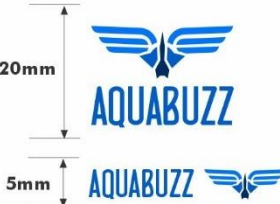
123456789

! " # \$ % & ' () = * + , - . : ;

Versión blanco y negro



máxima reducción



colores

	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía
	Cuatricromía	Cuatricromía	Cuatricromía

Nota. Ver Anexo Manual de marca

2.4.11.2 Empaque.

Se propone que el producto sea distribuido en caja de cartón corrugado, para proteger de golpes o rasgaduras del producto, en un tipo de caja rectangular que permita la apilabilidad, además de que el material del empaque permite ser reutilizado.

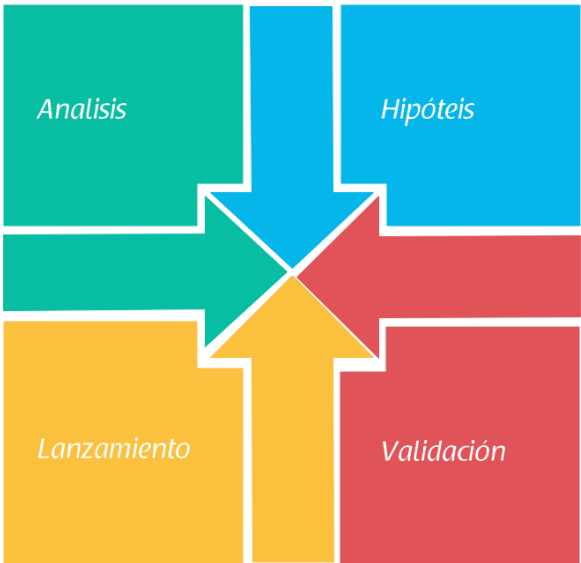
Figura 87*Propuesta empaque*

2.5.11.1 Gestión de Diseño.

La actividad del diseño industrial consiste en la definición del producto partiendo de su producción si son series largas o cortas, si sus procesos son tecnificados, mixtos o semi artesanales. También se encarga de la caracterización del producto tanto en su forma como su función teniendo en cuenta la eficiencia y eficacia tanto del producto como el proceso. Además de esto se encarga de integrar las diferentes actividades de muchas profesiones que intervienen en la definición de todas las funciones del producto: físicas, simbólicas, psicológicas, de marketing entre otras. De esta forma se concluye que el diseño proporciona el conocimiento de las nuevas necesidades generando un proceso creativo, tecnológico y multidisciplinar que da origen a nuevos productos o rediseños de ya existentes. Lecuona (s,f)

Figura 88

Gestión de diseño



Alcance	
¿Quién utilizará el producto?	Se clasifica en dos usuarios principalmente el primero niños y niñas de 5 a 9 años de edad que padezcan de parálisis cerebral infantil espástica y el segundo para personal encargado de orientar la terapia acuática
¿Qué beneficios básicos debe aportar?	Soporte en las áreas de cabeza y zonas cervical y dorsal T10, permitiendo el desarrollo de la terapia en cuanto los puntos de la técnica Halliwick
Tipo de cliente	Personas o entidades relacionadas con pacientes que presentan parálisis cerebral infantil, producto especializado para uso terapéutico.
Objetivo	
¿De qué modo se utilizará?	con un sistema de correas adaptables al cuerpo del paciente que brindan soporte al cuerpo específicamente en la zona torácica y cervical

¿En qué momento se usará?	Durante la preparación para la terapia y de forma posterior, en la terapia acuática
¿A qué nivel de precio debe situarse?	El precio de venta del producto es de \$158,000 disminuyendo considerablemente el rango de las tipologías analizadas en el proyecto oscilando un precio desde los \$350,000 hasta los \$900,000.
¿Con qué categoría genérica de productos debe identificarse?	El producto en la zona geográfica no existe y a nivel internacional no hay específicamente para la terapia con las características desarrolladas debido a que no presenta una competencia directa en el mercado, pero se puede ubicar con aditamentos para la natación específicamente con aquellos que pueden brindar un sistema de flotación como flotadores para parálisis, y flotadores en general.

2.5.12 Innovación

2.5.12.1 Propuesta de valor

Es un producto innovador que irrumpe en un mercado que actualmente no cumple con las necesidades de los pacientes con parálisis cerebral infantil, que realiza hidroterapia, el elemento mejora las condiciones de seguridad del paciente, además de facilitar los movimientos y la movilidad de los fisioterapeutas encargados de la terapia, brindándoles un grado más de independencia a los pacientes y a los fisioterapeutas de esfuerzos musculares, además se contempla un material de espuma de polietileno, el cual permite economizar los costos de producción, pero sin sacrificar flotabilidad, diseño y calidad.

2.5.13 Tipo de innovación

Según el Manual de Oslo la innovación como la creación e implementación de cambios o mejoras significativas, mediante la aplicación de nuevos conocimientos y tecnología. Se considera algo innovador las actividades que ya han tenido un resultado exitoso, aquellas que se encuentren en proceso a realizarse o las que se realizaron en un proyecto cancelado por falta de viabilidad existen cuatro tipos de innovación en producto, de procesos, organizacional, y de marketing, (OCDE, 2005).

De producto, es un producto que suple una necesidad en la cual no hay tipologías enfocadas a la solución de esta, la cual permite la realización de las terapias dando control postural y al control de movimiento. Se considera innovador ya que aparte de entrar al mercado como un producto nuevo también se enfoca a una necesidad que se presenta tanto para los pacientes con esta patología como para el encargado de realizar la terapia.

De proceso, para considerar un producto innovador en el proceso se logra mediante las técnicas, los materiales y/o programas informáticos con el fin de reducir costos mejorar la calidad o la producción.

Gracias a sus propiedades de resistencia al hidrolisis, flexibilidad, y densidad, el material puede ser manipulado de varias formas, además de la implementación de la producción por impresión 3d para reducir costos y para no fijar otro rango mínimo de producción adicional.

2.5.14 Análisis ambiental de la respuesta

Según la norma ISO 14040 “El Análisis de Ciclo de Vida es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados a un producto: compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema, evaluando los impactos ambientales potenciales

asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio”.

Este análisis se desarrollará por medio de la matriz MET, la cual es un método de análisis ambiental cualitativo o semi-cualitativo que se aplica para obtener una visión general de las entradas y salidas de cada fase del ciclo de vida del producto e identificar los principales aspectos ambientales y las posibles opciones de mejora. La priorización de los aspectos ambientales se basa en el conocimiento ambiental, aunque la matriz MET requiere datos cuantitativos.

Tabla 30

Análisis ambiental MET

	M-Uso de materiales	E -Uso de energía	T/(w) - Entradas de carácter tóxico / emisiones
Obtención y consumo de materiales y componentes	Espuma de polietileno TPU ABS	Trasporte de materiales -Mecánica, (gasolina), energía para la producción de Pellets	CO2, NOx, SO2
Producción en fabricación	Materiales auxiliares: pegamento	Energía en el proceso de inyección e impresión 3d	Residuos del proceso pegado CO2, NOx, SO2
Distribución	Cartón para el empaque, y papel para Manuel de uso	Gasolina para el transporte	Emisiones de combustible fósil, restos de cartón de embalaje

Sistema de fin de vida	Mecánica humana Energía	Cartón, papel, espuma de polietileno
---------------------------	----------------------------	---

Del análisis realizado al producto, se determina que los impactos que este genera durante todas las fases del ciclo de vida no llegan a ser impactos negativos, ya que gran porcentaje de la materia prima se puede reciclar para obtención de un nuevo tipo de materia prima, así mismo el consumo energético se reduce debido a que las granjas de impresión 3d no tienen un alto consumo energético y las emisiones de CO2 son mínimas.

2.5.15 Modelo de comprobación tridimensional o prototipo

Prototipo construido para realizar las comprobaciones en el ESE “Centro de rehabilitación cardioneuromuscular, construido en espuma de polietileno de la marca Yumbolon.

Figura 90

Prototipo vista frontal



Figura 91

Prototipo vista lateral



3. Comprobaciones

El objetivo general de este proyecto es mejorar el desarrollo de la actividad de hidroterapia en niños con parálisis cerebral en el “ESE Centro de Rehabilitación Cardioneuromuscular”

Debido a que el mercado nacional e internacional no cuenta con productos enfocados para las necesidades de los pacientes con parálisis cerebral infantil espástica, se desarrolla el producto AquaBuzz, el cual busca cumplir tanto con el objetivo general mencionado anteriormente como con los objetivos específicos

- Facilitar al fisioterapeuta el manejo del paciente durante la implementación de la actividad de hidroterapia
- Facilitar la ejecución de los movimientos de los puntos del método halliwick
- Mejorar las condiciones de seguridad de los niños con parálisis cerebral durante la hidroterapia

Para ello se elabora la comprobación del prototipo, el cual busca identificar si cumple o no con los objetivos, teniendo en cuenta la interacción con la persona que realiza la terapia y si llega a incidir en la hidroterapia, evidenciando la capacidad de flotación del elemento diseñado.

Las comprobaciones se realizaron en el centro de rehabilitación, con la fisioterapeuta y docente a cargo Marcela Orgena, estas pruebas fueron realizadas por las practicantes de la docente.

3.1. Diseño de la prueba

Tabla 31

Perfil de los participantes de la comprobación

Perfil de los participantes	
<i>Día: 31 mes: 04 año 2022</i>	
Lugar: Centro de rehabilitación cardionerumuscular, Cúcuta	Ciudad: Cúcuta Norte de Santander
Fisioterapeuta a cargo: Karen Gomez	
Especialista: Hidroterapia	
Paciente: Miller	Edad: 7 años
Tipo de parálisis: Espástica con control cefálico	

Tabla 32*Diseño de la prueba objetivo 1*

Problema: ¿Cómo mejorar el desarrollo de la actividad de hidroterapia en niños con parálisis cerebral en el “ESE Centro de Rehabilitación Cardioneuromuscular”?		
Objetivo General: Mejorar el desarrollo de la actividad de hidroterapia en niños con parálisis cerebral en el “ESE Centro de Rehabilitación Cardioneuromuscular”		
Objetivo específico	¿Qué se necesita demostrar?	¿Cómo se puede demostrar?
Facilitar al fisioterapeuta el manejo del paciente durante la implementación de la actividad de hidroterapia	El manejo del paciente durante la implementación de la actividad de hidroterapia	Evidenciando el manejo del paciente por parte del fisioterapeuta, la libertad de movimiento y la facilidad con la que se desplaza o se mueve
Plan de acción: Entrega de AquaBuzz al terapeuta		
Instrumento: Observación (recopilación de información con recursos audiovisuales)		
Modo de aplicación: Describir paso a paso.		
1. Visitar el centro de rehabilitación con previo permiso de la administración.		
2. Tomar evidencia videografía y fotográfica durante la sesión de hidroterapia.		
3. Realizar una tabla de evaluación ergonómica conjunta.		
Tiempo de aplicación: Explicito, según los movimientos o la disposición del paciente		
Tipo de resultados esperados: El resultado es consecuente con el objetivo, que el fisioterapeuta tenga un grado de libertad de cargas durante la ejecución de los patrones		

Figura 92

Manejo del paciente por parte del fisioterapeuta



Según las imágenes de muestra con el paciente y el fisioterapeuta, se permite apreciar el manejo del paciente, principalmente durante la etapa de adaptación, ya que es allí cuando por lo general el paciente esta indispuesto por el choque térmico del agua. *Ver video 1*

Tabla 33*Diseño de la prueba objetivo 2*

Problema: ¿Cómo mejorar el desarrollo de la actividad de hidroterapia en niños con parálisis cerebral en el “ESE Centro de rehabilitación Cardioneuromuscular”?		
Objetivo General: Mejorar el desarrollo de la actividad de hidroterapia en niños con parálisis cerebral en el “ESE Centro de rehabilitación Cardioneuromuscular”		
Objetivo específico	¿Qué se necesita demostrar?	¿Cómo se puede demostrar?
Facilitar la ejecución de los movimientos de los puntos del método halliwick	Ejecución de los patrones del método Halliwick, sin inherencia de otro fisioterapeuta	Evidenciando la ejecución de los patrones a realizar, sin la asistencia de un fisioterapeuta auxiliar
Plan de acción: Entrega de AquaBuzz al terapeuta		
Instrumento: Observación (recopilación de información con recursos audiovisuales)		
Modo de aplicación: Describir paso a paso.		
1. Visitar el centro de rehabilitación con previo permiso de la administración. 2. Tomar evidencia videografía y fotográfica durante la sesión de hidroterapia. 3. Realizar una tabla de evaluación ergonómica conjunta		
Tiempo de aplicación: Explicito, según los movimientos o la disposición del paciente		
Tipo de resultados esperados: El resultado es consecuente con el objetivo, que el fisioterapeuta realice los patrones del método halliwick sin interferencia de otro compañero		

Figura 93

Realización de patrones Halliwick



Según las imágenes de muestra con el paciente y el fisioterapeuta, el elemento AquaBuzz permite la realización de los movimientos Halliwick con facilidad, ya que libera gran parte de la carga al fisioterapeuta, permitiendo realizar movimientos de prono a supino de la manera más idónea. *Ver video 2*

Tabla 34*Diseño de la prueba objetivo 3*

Problema: ¿Cómo mejorar el desarrollo de la actividad de hidroterapia en niños con parálisis cerebral en el “ESE Centro de Rehabilitación Cardioneuromuscular”?		
Objetivo General: Mejorar el desarrollo de la actividad de hidroterapia en niños con parálisis cerebral en el “ESE Centro de Rehabilitación Cardioneuromuscular”		
Objetivo específico	¿Qué se necesita demostrar?	¿Cómo se puede demostrar?
Mejorar las condiciones de seguridad de los niños con parálisis cerebral durante la hidroterapia	Que el paciente se mantenga a flote y no ingiera agua	Evidenciando que el niño se mantenga sobre la superficie
Plan de acción: Entrega de AquaBuzz al terapeuta		
Instrumento: Observación (recopilación de información con recursos audiovisuales)		
Modo de aplicación: Describir paso a paso.		
1. Visitar el centro de rehabilitación con previo permiso de la administración. 2. Tomar evidencia videografía y fotográfica durante la sesión de hidroterapia. 3. Realizar una tabla de evaluación ergonómica conjunta		
Tiempo de aplicación: Explicito, según los movimientos o la disposición del paciente		
Tipo de resultados esperados: El resultado es consecuente con el objetivo, que el paciente se mantenga en la superficie del agua, por lo menos el cuerpo un 60% y la cabeza el 100%		

Figura 94

Capacidad de flotación del elemento



Debido al diseño del elemento, por su forma basada en la teoría del buque, adicional a la elección del material el cual debido a la baja densidad genera una gran fuerza de empuje, y esto permite que el paciente se mantenga seguro con 100% de porcentaje en la cabeza sobre la superficie del agua, además las dimensiones del elemento y estabilidad, permite que el paciente

tenga un grado más de libertad en la piscina, inclusive si el fisioterapeuta solo lo sostiene de las piernas. *Ver video 3*

3.2. Evaluación ergonómica

Para la evaluación se tiene en cuenta el paciente como el fisioterapeuta, para facilitar el estudio del elemento en ambos casos y la interacción con el medio. para estas medidas se analizan actividades propias de la terapia, dando una ponderación de 1 a 5 donde 1 es deficiente en cuanto a cumplimiento y 5 es que cumple satisfactoriamente.

Tabla 35

Evaluación ergonómica

Medidas ergonómicas	Ponderación				
	1	2	3	4	5
El producto permite la realización de la terapia					X
El producto posee un lenguaje claro al momento de adaptarse al cuerpo del paciente			X		
El producto permite la realización de la terapia					X
El producto reduce la fatiga en los hombros del fisioterapeuta					X
El producto no limita los movimientos del fisioterapeuta					X
El producto evita sobrecarga en el fisioterapeuta					X
El producto permite los ejercicios propios de la terapia acuática en el paciente					X
El producto se adapta al cuerpo del paciente				X	
El producto posee un lenguaje claro al momento de ensamblarse			X		

El producto brinda soporte en la zona cervical del paciente	X
El producto brinda soporte en la zona torácica	X
El producto maneja un peso apto para el paciente	X
El producto permite la flotación del paciente en la piscina	X
El producto permite las rotaciones del paciente en la piscina	X
El producto permite un grado de libertad del paciente en la piscina	X
El producto permite que el paciente tenga la cabeza sobre la superficie de la piscina	X
El producto genera que la paciente no le ingrese liquido por su boca u oídos	X

3.3. Comprobación del proyecto

Para la comprobación del proyecto se aplica la EDP/Lista de comprobación, la cual se basa en una lista, partiendo de 32 títulos, utilizando los que correspondan a los cuales se les aplica los elementos del proyecto, basado en las condiciones necesarias para el diseño, para así garantizar el cumplimiento de las especificaciones dadas con anterioridad.

Tabla 36

EDP/Lista de comprobación

EDP/Lista de comprobación	
Títulos	Elementos

Mantenimiento	El producto debe contar con insumos prefabricados tales como broches, arnés, reguladores, reatas.
Coste previsto	El producto se debe desarrollar bajo materiales de fácil acceso y de carácter nacional, espuma de polietileno y espuma de uretano
	El precio de venta al público del producto no puede ser superior a 300.000COP
Seguridad	El producto debe cumplir con la Ley 1209 de 2008 y no debe desprender ningún tipo de partícula
	El producto debe mantener la cabeza del paciente sobre la superficie del agua
	El producto debe garantizar el volumen mínimo recomendado para flotar con la densidad del material, 23.023cm ³
Embalaje	El producto debe cumplir con los principios de apilabilidad, debe ser rectangular
Facilidad de fabricación	El producto debe no debe contar con mecanismos que dificulten la fabricación
Tamaño	El elemento debe tener mínimo en el área cervical 12x12cm y en el área torácica mínimo 28x20x20cm de alto y 8cm mínimo en la carena
Peso	El elemento no debe pesar más de 600 a 800 gramos.
Materiales	El elemento se debe fabricar en material de espuma
	El material debe tener una pérdida de impermeabilidad con carga <5 kg, pero, pérdida de impermeabilidad con carga >10 kg.
	El material debe tener un peso específico de masa/ área +/- 10% kg/ m ² (g/ft ²) 4.5 (418.2)
	El material debe tener una densidad entre 15 kg/m ³ y 115 kg/m ³

	El material debe tener una resistencia a la tracción es de ≥ 5 N/mm ² y resistencia a rasgaduras está entre 8 N/mm
Estándares especificaciones	El material debe tener un fleje flexible para el área cervical
	El producto debe cumplir con la teoría del buque
Ergonomía	El elemento debe tener medidas para los sujetadores para niños de 5 a 9 años y la Medida mínima trapecio-pecho: 12cm Medida máxima trapecio-pecho: 20cm Ancho dorsal mínimo: 42cm Ancho dorsal máximo: 92cm Medida entrepierna mínima: 37cm Medida entrepierna máxima: 71cm
	El elemento debe adaptarse a los ángulos de raquis cervical y torácico
	El elemento debe adaptarse a la zona cervical con las siguientes medidas Distancia occipital – C2: 7 Distancia C2-C7: 8 Distancia T1-T8: 26 Ancho cefálico: 20 Ancho hombros: 30 Ancho torso. 32 Medidas en CM
	El elemento debe adaptarse a la mano de la fisioterapeuta metacarpial: 17.7 Largura palma de la mano: 9.2 Anchura de mano: 7.4
Cliente	El producto debe ser especializado para centros de rehabilitación y fisioterapeutas
Calidad y confiabilidad	El elemento debe mantener la flotabilidad aún con un niño de 9 años que es el rango máximo

Procesos	La materia prima del producto principal debe aplicarse con insuflado por vapor e impresión 3d por medio de granjas
----------	--

Como se puede apreciar en el listado de EDP, las condiciones de diseño establecidas con anterioridad se cumplieron a cabalidad, y se logró un desarrollo adecuado de producto.

4. Conclusiones

Para concluir, se tienen en cuenta los objetivos específicos para generar conclusiones del proyecto, determinando si los objetivos específicos cumplen de la forma más idónea o que aspectos se deben mejorar para cumplir el objetivo general.

Facilitar al fisioterapeuta el manejo del paciente durante la implementación de la actividad de hidroterapia, el elemento no genera incomodidad ni para el paciente ni para el fisioterapeuta, las dimensiones del objeto no obstruyen el desarrollo de los movimientos del fisioterapeuta, el alto grado de flotabilidad del elemento permite la reducción del peso aparente del paciente, lo que se traduce en la reducción de carga al fisioterapeuta, permitiendo realizar movimientos con un grado más de libertad, sin generar alguna preocupación extra por el paciente, añadiendo la comodidad en el punto de contacto de la zona cervical tanto para el paciente como para el fisioterapeuta.

Facilitar la ejecución de los movimientos de los puntos del método Halliwick, el elemento debido a las condiciones de diseño que se generaron no obstruye ningún tipo de movimiento, ya que los puntos de contacto del fisioterapeuta no se interrumpen, puesto que estas zonas se dejaron libres y la zona cervical se le generó un agarre palmar al fisioterapeuta, la fuerza de empuje y la teoría del buque aplicadas en el material y en el elemento, permiten que movimientos complicados como de prono a supino para este tipo de paciente, se faciliten, al

igual que los controles ascendentes, ya que el paciente puede manipular al paciente desde las extremidades y este se mantiene a flote y estable.

Mejorar las condiciones de seguridad de los niños con parálisis cerebral durante la

hidroterapia, la elección del material permite que en dado caso de algún accidente de rasgadura o rotura este se mantenga intacto, ya que para que afecte el comportamiento debe haber gran pérdida del material, la baja densidad de la espuma de polietileno genera una buena fuerza de empuje, la posición y adaptación adecuada del elemento, tanto en las curvaturas permite que el elemento se mantenga en una misma posición, lo cual otorga una flotabilidad estable y constante produciendo que la cabeza y parte del torso según la posición se mantengan sobre la superficie del agua.

De manera general el producto cumplió con los objetivos y expectativas planteadas, a modo de conclusión general, se recomienda mejorar el sistema de ajuste debido a que la adaptabilidad del elemento pierde un poco el margen, por los movimientos que le realiza el fisioterapeuta al paciente.

5. Conclusiones finales

Desde el diseño industrial se tiene la capacidad para crear o modificar objetos para hacerlos funcionales, prácticos o atractivos, es la combinación de ciencia y arte, es por ello que es importante el trabajo interdisciplinar y que este se realice, para reforzar conocimientos propios y producir artefactos bajo las necesidades, objetos útiles y no de consumo masivo, para una sociedad cada vez más consumista.

El diseño industrial debe abarcar más el ámbito social, aportar más a una sociedad adentrada en el consumismo, es por ello que este proyecto nace con la intención de crear y generar soluciones a problemas puntuales que no han sido abarcados de la mejor forma, el objeto se desarrolló mediante el estudio de caso, aplicando método y herramientas de diseño para facilitar el desglose de la información, si bien, se obtienen una serie de comprobaciones al producto, los resultados de esta arrojan que aún se puede seguir perfeccionando para lograr una solución efectiva y oportuna, es importante comprender y entender el sistema, es por ello que el proyecto se concibió bajo el modelo sistémico, para conocer cada uno de los actores e incidencias y sus repercusiones en el proyecto.

Para concluir, el producto ayuda a desarrollar la actividad de hidroterapia de forma segura e idónea, además de lograr un resultado de bajo costo, el cual fue una de las metas personales de este proyecto, aterrizando a la realidad del sistema de salud colombiano, el contexto y el nivel socioeconómico de los pacientes que padecen estos trastornos.

6. Bibliografía

- Cristina Calzada Vázquez Vela, D., Alberto Vidal Ruiz, C., & Germán Díaz Lombardo, H. (2014). *www.medigraphic.org.mx Revista Mexicana de ORTOPEDIA PEDIÁTRICA* Parálisis cerebral infantil: definición y clasificación a través de la historia. *Medigraphic.Com*, 16, 6–10. Retrieved from <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=52957%0Ahttp://www.medigraphic.com/opediatria>
- Martí-Herrero, M., & Cabrera-López, J. C. (2008). Macro- y microcefalia. Trastornos del crecimiento craneal. *Sección de Neuropediatría. Hospital Universitario Materno-Infantil de Las Palmas*, 185–193. Retrieved from <https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/25-macromicrocefalia.pdf>
- Poo Argüelles, P. (2008). Parálisis cerebral infantil: protocolos en neurología. [Internet]. *Barcelona: Asociación Española de Pediatría; 2008* [Acceso 15 de Febrero de 2014]. Disponible En <Http://Www.Aeped.Es/Sites/Default/Files/Documentos/36-Pci.Pdf>, (Tabla I).
- FISIOTERAPIA, E. LA. (2012). Fisioterapia En El Agua. Introducción Al Concepto Halliwick En Pediatría. *Libro De Las Jornadas Científicas De* Retrieved from <http://www.seri.es/Textos/jornadas 2012/2012JORNADAS CIENTIFICAS REHABILITACION INFANTIL.pdf#page=26>
- Ruíz, P. & M. (2006). *Orientaciones pedagógicas para la atención y la promoción de la inclusión de niñas y niños menores de seis años con discapacidad visual.*
- García-Navarro, M. E. (2000). Influencia de la estimulación temprana en la parálisis cerebral. *Revista de Neurologia*, 31(8), 716–719.

Grado, T. De, Docente, P., De, O., & Grado, T. De. (2018). 26732 - *Trabajo fin de Grado*.

Mora Ulloa, M. K. (2017). Universidad técnica de ambato facultad de ciencias de la salud carrera de terapia física. *Universidad Técnica De Ambato Facultad De Ciencias De La Salud Carrera De Terapia Física*, 115. Retrieved from <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8480>

Arecha, M. L. (2016). Evidencia de la hidroterapia en niños con parálisis cerebral. *Facultad de Fisioterapia de Soria*, 42.

Gimbernat, E. U. (2014). Effects of aquatic therapy based Halliwick Method. *Alba Etxebarria Rojo*, 1–38.

Solano G.W, C. V. . (2018). Revisión Sistemática. *Revista De Ciencias Del Ejercicio Y La Salud*, 16(1), 1–19.

Cano de la Cuerda, R., & Collado Vásquez, S. (2012). Neurorrehabilitación. *Neurorrehabilitación : Métodos Específicos de Valoración y Tratamiento*, 369–378.

Ariza, R., Ramírez, R., Paterson, F., Secchi, M., Siro, J., & Vigna, A. (2009). Proceso de diseño: Fases para el desarrollo de productos. *Boletín Informativo*, 1, 1–14. Retrieved from http://www.inti.gob.ar/prodiseno/pdf/n141_proceso.pdf

Burgos, Naupallante, Núñez y Roa (2013). Cambios que genera la terapia acuática en las variables espacio-temporales de la marcha, balance, capacidad física y calidad de vida en pacientes secuestrados de ACV en etapa subaguda y crónica en la ciudad de Valdivia. (Licenciatura en Kinesiología) *Universidad San Sebastián. Valdivia*

Luque, S., & María, I. (2009). Estudio de la morfología del cuerpo vertebral en una L4 humana con modelos de remodelación ósea interna y externa. *Esc. Técnica Super. Ing. Sevilla*, 30-37.

Sanz(2017)Exploración neurológica vol III. *Sección neuronal*.

Sivaraman Nair,(2014) *BMJ* 2014;349:g4737 *The management of spasticity in adults*.

Recuperado de www.bmj.com/content/349/bmj.g4737

María Lafuente (2016) Evidencia de la hidroterapia en niños con parálisis cerebral. (*tesis de pregrado*). *Universidad de Valladolid*