

# RESUMEN EJECUTIVO

---

El Hospital Nacional de Niños Dr. Carlos Sáenz atiende a toda la población infantil del país. Según datos de INCIENSA, en el año 2015 se detectaron 29 casos de espina bífida en el país. Esta patología es una malformación congénita que se desarrolla en el feto en los primeros meses de vida.

El tubo neural, encargado de proteger a la médula espinal y las meninges, sufre una fisura en cualquier punto de su estructura y existe riesgo de que el niño quede sin movilidad.

Los casos más severos se clasifican como mielomeningocele, y las características más comunes son su falta de sensibilidad y movimiento en las extremidades inferiores, así como hipotonía muscular y propensión a fracturas.

A pesar de esta condición, el médico fisiatra del HNN recomienda la bipedestación como rehabilitación. Esto le ayudará a tener una mejor calidad de vida y evitar que su condición empeore. Los dispositivos que le ayudan al niño a tomar

esta postura se llaman bipedestadores.

Actualmente los bipedestadores que prescribe el HNN son un subsidio que brinda la CCSS por medio del hospital a los pacientes que lo necesiten. Está hecho de polipropileno y es fabricado por cualquier taller ortopédico del país. Existen varios puntos críticos que demuestran una ineficiencia en el proceso de entrega y uso del bipedestador por los niños con mielo.

El presente proyecto pretende resolver esos puntos débiles por medio de un diseño adaptable al crecimiento del niño, estándar en algunas de sus piezas para favorecer la sustitución en el futuro y disminuir los costos de fabricación, atractivo tanto para el niño como para los padres o cuidadores que están en constante interacción con aparatos ortopédicos y de fácil uso para las personas que colocan e interactúan con el niño.

**Palabras clave:** espina bífida, mielomeningocele, bipedestador, parapodium, bipedestación, verticalización.

DI-266-2016  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Escuela de Diseño Industrial  
Proyecto de Graduación – Bachillerato  
Tribunal Evaluador

Estudiante: María Cristina Vargas  
Carné: 2010-10504

---

Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el Título de Ingeniero en Diseño Industrial con el grado académico de Bachillerato Universitario del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

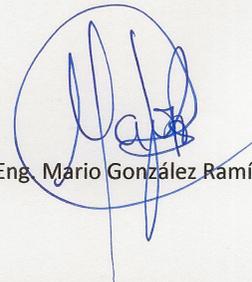
Miembros del Tribunal



MBA. Olga Sánchez Brenes



MDS. Xinia Varela Sojo



M.Eng. Mario González Ramírez

Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente Trabajo de Graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Diseño Industrial.

17 de noviembre del 2016, Cartago, Costa Rica

Tecnológico de Costa Rica  
Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial

# Diseño de un sistema de verticalización para niños de 10 meses a 2 años que sufren de meningocele o mielomeningocele

María Cristina Vargas Del Valle | 201010504

Proyecto para optar por el título de Ingeniera en Diseño Industrial  
con el grado académico de bachillerato

Profesor asesor: Olga Sánchez Brenes

Noviembre , 2016 | Cartago, Costa Rica

# DEDICATORIA

---

Para mis papás, Vicky y Ricardo, de quienes he aprendido el carácter, la dedicación, la paciencia, el amor y otras muchas cualidades que forman a una persona integral y profesional. Sin ustedes mis logros carecerían de sabor. Gracias por estar ahí para mí y para mis hermanos.

A mis hermanos: Ricardo, Francisco, Juan, Raquel, Catalina, Josemaría y Adri. Ustedes son y serán mi apoyo incondicional. Además a los que llegaron después: Carla, Helmer y la preciosa Leah.

A mis tíos y primos, Ana, Javier, Mari, Sebas y Luci. Sin ellos no sería la persona que soy, no tendría la sonrisa que tengo y no comprendería el amor de tíos y primos. A mi tía le agradezco por todo el amor que me dio y me sigue dando. Gracias.

A Diego. Gracias por la seguridad, los consejos, las regañadas, los llantos y las alegrías. Por todo el amor que me has dado y me seguirás dando. Gracias a mi mejor amigo por estar siempre apoyándome.

# AGRADECIMIENTOS

---

Un especial agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de manera directa o indirecta a la realización de este proyecto.

A mis colegas de la Escuela de Diseño: Vane, Eu, Michi, Ada, Sofi, Sebas y demás.

A mi tutora, Olga Sánchez le agradezco el esfuerzo y dedicación.

Y mis amigos, que fueron pequeñas alegrías durante el semestre. Gracias.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

---

Resumen Ejecutivo .....	1	Capítulo 3   Marco Metodológico.....	38
Dedicatoria.....	4	3.1 Fases del Proyecto.....	39
Agradecimientos .....	5	3.2 Cronograma.....	40
Índice de Figuras .....	7	3.3 Análisis de los Involucrados.....	41
Índice de Tablas.....	9	3.4. Análisis de la Necesidad.....	43
Capítulo 1   Introducción.....	10	3.5 Análisis Funcional .....	49
1.1 Descripción General del Proyecto.....	11	3.6 Análisis de lo Existente.....	54
1.2 Antecedentes.....	12	3.7 Análisis Ergonómico.....	69
1.3 Situación Actual.....	14	3.8 Análisis Tecnológico.....	74
1.4 Definición del Problema.....	16	3.9 Análisis Perceptual.....	82
1.5 Justificación.....	17	3.10. Conceptualización.....	90
1.6 Objetivos.....	18	3.11 Desarrollo de Propuestas.....	92
1.7 Alcances y Limitaciones.....	19	Capítulo 4   Resultados.....	102
Capítulo 2   Marco Teórico.....	20	4.1 Propuesta Final.....	103
2.1 Espina Bífida.....	21	4.2 Factibilidad de Manufactura.....	116
2.2 Bipedestación.....	32	Capítulo 5   Conclusiones y Recomendaciones .....	122
		Capítulo 6   Anexos.....	126
		Capítulo 7   Bibliografía.....	135

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

## Capítulo 1 | Análisis del Problema

Figura 1. 1. Línea de los sucesos actuales del problema.....	16
--	----

## Capítulo 2 | Marco Teórico

Figura 2. 1. Encéfalo y médula espinal.....	21
Figura 2. 2. Bebé con mielomeningocele.....	22
Figura 2. 3. Tipos de espina bífida.....	23
Figura 2. 4. Bebé hipotónico.....	24
Figura 2.5. Niveles de la columna vertebral.....	26
Figura 2.6. Lesiones vs capacidad ambulatoria.....	27
Figura 2.7. Mal y buen alineamiento del cuerpo humano.....	32
Figura 2.8. Línea de gravedad y base de sustentación.....	33
Figura 2.9. Comparación centros de gravedad.....	33
Figura 2.10. Bipedestador de polipropileno.....	36
Figura 2.11. Diferentes órtesis largas de aluminio.....	36

## Capítulo 3 | Marco Metodológico

Figura 3. 1. Esquema de las fases del proyecto.....	39
Figura 3. 2. Conclusiones del análisis de la necesidad.....	48
Figura 3. 3. Árbol de funciones.....	49
Figura 3. 4. Sistemas y subsistemas de bipedestador vertical.....	51
Figura 3.5. Storyboard de funcionamiento del bipedestador.....	52

Figura 3.6. Conclusiones del análisis funcional.....	53
Figura 3.7. Bipedestadores en prono.....	54
Figura 3.8. Bipedestadores en supino.....	55
Figura 3.9. Bipedestadores en vertical.....	56
Figura 3.10. Bipedestadores móviles.....	58
Figura 3.11. Sistemas de chasis.....	62
Figura 3. 12. Comparación formal entre chasis.....	63
Figura 3.13. Sistemas de ajuste.....	64
Figura 3. 14. Subsistemas de sujeción.....	66
Figura 3. 15. Subsistemas de apoyo horizontal.....	66
Figura 3.16. Subsistemas de desplazamiento.....	67
Figura 3.17. Sistemas de estabilización.....	68
Figura 3.18. Conclusiones del análisis de lo existente.....	68
Figura 3.19. Proporciones del cuerpo humano.....	70
Figura 3.20. Segmento niño de 1 año.....	70
Figura 3.21. Características físicas de un niño con E.B.....	72
Figura 3.22. Conclusiones del análisis ergonómico.....	73
Figura 3. 23. Características metales y plásticos.....	75
Figura 3. 24. Características textiles y piezas estándar.....	77
Figura 3. 25. Proceso de transformación del metal.....	78
Figura 3. 26. Proceso de transformado del plástico y textil.....	79
Figura 3.27. Alternativas para conseguir el metal en el país.....	80
Figura 3.28. Vocabulario visual.....	83
Figura 3.29. Ejes semánticos.....	84
Figura 3.30a. Cromática elementos del cuadrante.....	86
Figura 3.30b. Cromática elementos del cuadrante.....	87

Figura 3.31. Topología del cuadrante.....	88
Figura 3.32. Conclusiones del análisis peceptual.....	89
Figura 3.33. Propuesta 1.....	94
Figura 3.34. Sistema de plegado del la propuesta 1.....	95
Figura 3.35. Propuesta 2.....	96
Figura 3.36. Plegado propuesta 2.....	97
Figura 3.37. Propuesta 3.....	100

## Capítulo 4 | Resultados

Figura 4.1. Propuesta Final.....	104
Figura 4.2. Arquitectura de la propuesta final.....	105
Figura 4.3. Sistema de chasis de la propuesta final .....	106
Figura 4.4. Sistema de ajuste de la propuesta final .....	107
Figura 4.5. Sistema de apoyo propuesta final.....	108
Figura 4.6. Configuración de los sistemas de apoyo.....	109
Figura 4.7. Diferentes vistas de Bipes.....	110
Figura 4.8. Usabilidad. Transferencia.....	111
Figura 4.8. Usabilidad. Ajuste y amarre .....	112
Figura 4.9. Entorno de uso.....	113
Figura 4.10. Estética.....	115
Figura 4.11. Materiales propuestos.....	118
Figura 4.12. Procesos de manufactura.....	119
Figura 4.13. Materiales según la estrucura.....	120

## Capítulo 5 | Anexos

Figura 5.1. Estatura de niñas entre los 6 meses a 2 años.....	127
Figura 5.2. Estatura de niños entre los 6 meses a 2 años.....	128
Figura 5.3. Peso de niñas entre los 6 meses a 2 años.....	129
Figura 5.4. Peso de niños entre los 6 meses a 2 años.....	130
Figura 5.5. Medidas antropométricas de niñas de 2 y 3 años....	131
Figura 5.6. Medidas antropométricas de niñas de 2 y 3 años....	133

# ÍNDICE DE TABLAS

---

## Capítulo 2 | Marco Teórico

Figura 2. 1. Casos de espin bífida durante el 2015.....	31
Figura 2. 2. Ventajas y desventajas de bipedestadores.....	37

## Capítulo 3 | Marco Metodológico

Figura 3. 1. Cronograma del proyecto.....	40
Figura 3. 2. Análisis de los involucrados directos.....	41
Figura 3. 3. Análisis de los involucrados indirectos.....	42
Figura 3.4. Necesidad de los involucrados.....	45
Figura 3.5. Requisitos de uso y especificaciones de diseño.....	46
Figura 3.6. Comparación entre tipos de bipedestadores.....	59
Figura 3.7. Comparación entre bipedestadores verticales.....	60
Figura 3.8. Percentiles de talla y peso.....	70
Figura 3.9. Percentiles calculados.....	71
Figura 3.10. Datos de circunferencia de la cabeza y tronco.....	72
Figura 3.11. Aspectos a tomar en cuenta en el diseño.....	93
Figura 3. 12. Matriz de selección de la propuesta.....	100

# CAPÍTULO I

---

## INTRODUCCIÓN

Antes de empezar, se pone al lector en contexto de la situación y las oportunidades de mejora que se encontraron y que dieron forma a los resultados.

# 1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

---

El sistema de salud de nuestro país pretende dar cobertura integral a la persona, a su familia y a la comunidad. Esta cobertura se resume en una protección subsidiada de servicios económicos y de salud, entre otros, en respuesta a los problemas y necesidades de los costarricenses.

Los niños, como población importante, son atendidos en el Hospital Nacional de Niños Dr. Carlos Sáenz Herrera. La misión del hospital es contribuir a una mejora en la salud de los niños de Costa Rica, brindándoles servicios de salud de la mejor manera posible. (Hospital, 2016)

Este documento describe un proyecto que busca mejorar la calidad, eficiencia y oportunidad que tiene la institución para atender a una población específica de niños mediante el diseño de un sistema de verticalización para niños de 10 meses a 2 años de edad y que sufren de meningocele o mielomeningocele.

La espina bífida es un problema que afecta el tubo neural. Dependiendo del nivel de la

lesión se clasifica en varios tipos. Los más severos son los casos de meningocele o mielomeningocele.

Una de las consecuencias más graves es la incapacidad de los niños de ponerse de pie. Por lo tanto, parte de la rehabilitación que deben llevar es la bipedestación y alineación del cuerpo con el fin de mejorar su calidad de vida.

El proyecto se llevó a cabo en tres etapas importantes, en la primera fase se pretendió darle forma al problema, buscando y conectando los puntos críticos. Se hicieron entrevistas a distintos profesionales, se buscaron opiniones de familias de los niños y se investigaron documentos académicos al respecto.

Con todos los datos recolectados y el análisis de los mismos, en la segunda y tercera etapa se desarrolló un diseño que cumpliera con requisitos específicos y fuera más eficiente tanto para el paciente como para los fabricantes y el subsidiario del dispositivo.

## 1.2 ANTECEDENTES

---

### **Sistemas de bipedestación en Costa Rica para niños**

En Costa Rica no existen investigaciones en el campo del diseño industrial que respalden esta investigación. En el área de rehabilitación lo que el Hospital Nacional de Niños y Centros de Rehabilitación promueven es la participación creativa de los especialistas que, con todo el conocimiento médico y fisioterapéutico, diseñan y fabrican o mandan a fabricar los bipedestadores actuales.

### **Otras investigaciones a nivel nacional**

Algunos trabajos relacionados a la condición que sufren los niños con espina bífida se desarrollan en proyectos de tesis en las universidades públicas como en la Escuela de Enfermería, la Escuela de Orientación y Educación Especial y la Escuela de Psicología de la Universidad de Costa Rica. Estos temas abarcan propuestas para

solventar o reforzar la estimulación temprana, un análisis de la atención médica y un análisis de las repercusiones psicosociales y formas de afrontamiento al estrés en adolescentes con espina bífida.

Existen instituciones públicas que brindan información pública acerca de aspectos relacionados con malformaciones congénitas y nacimientos como el Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Nutrición y Salud (Inciensa) o la Clínica de Espina Bífida del Hospital Nacional de Niños que atiende a familias de escasos recursos que tengan niños con esta patología.

### **Entrevistas**

Además de trabajos de tipo investigativo, se realizaron entrevistas con especialistas en distintas áreas que están en constante interacción con estos niños. Es el caso de médicos, fisioterapeutas, rehabilitadores, ortesistas, profesores de educación temprana y padres de familia.

## Investigaciones externas

Se encontraron investigaciones de otros países a nivel ingenieril sobre el diseño y la fabricación de estos dispositivos. Es el caso de investigaciones mecánicas, de diseño de producto o de educación física que proponen distintos puntos de vista a la hora de diseñar un bipedestador.

Algunas marcas en el mercado internacional ponen a disposición material informativo acerca del funcionamiento y ventajas de utilizar un bipedestador.

## Factores importantes según los datos recolectados

Para el diseño de un bipedestador hay que tener presente para qué sirve y para quién debe ser diseñado. Estos dos aspectos determinan mucho las características del dispositivo pues a muchos niños con condiciones específicas les puede servir pero no a todos les sirve el mismo. En el caso de esta investigación, algunos niños con espina bífida necesitan ser ayudados para adoptar la postura de

bipedestación (cuerpo erguido y sostenido sobre sus dos pies).

Dependiendo del nivel de lesión del niño, se deben de tomar en cuenta los puntos de sujeción y las fuerzas contrarias aplicadas en el cuerpo para que este sea sostenido.

Además, los niños están en constante crecimiento y que su cuerpo cambia muy rápido por lo que sus dimensiones son variadas en un corto tiempo. Sin embargo, los niños con espina bífida no tienen el mismo desarrollo corporal que un niño sano.

También hay que tomar en cuenta el contexto en el que se desarrolla la rehabilitación de los niños para así considerar aspectos de dimensiones, elementos o estética.

## 1.3 SITUACIÓN ACTUAL

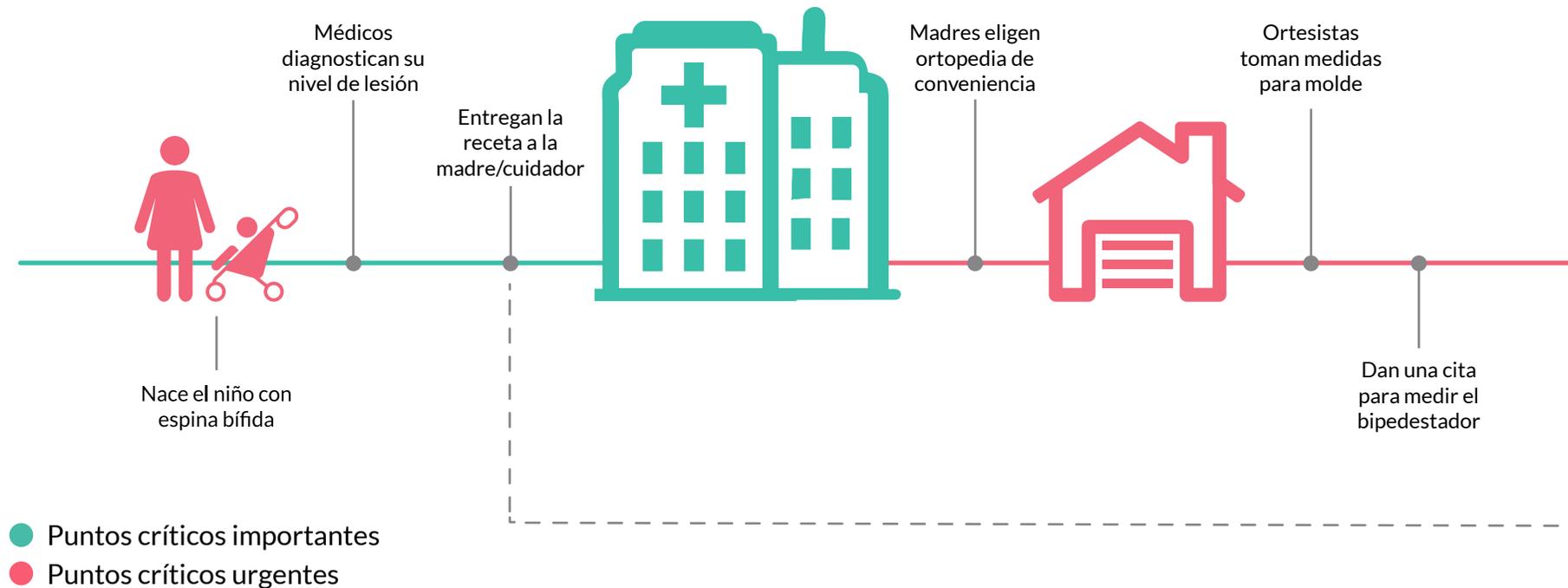
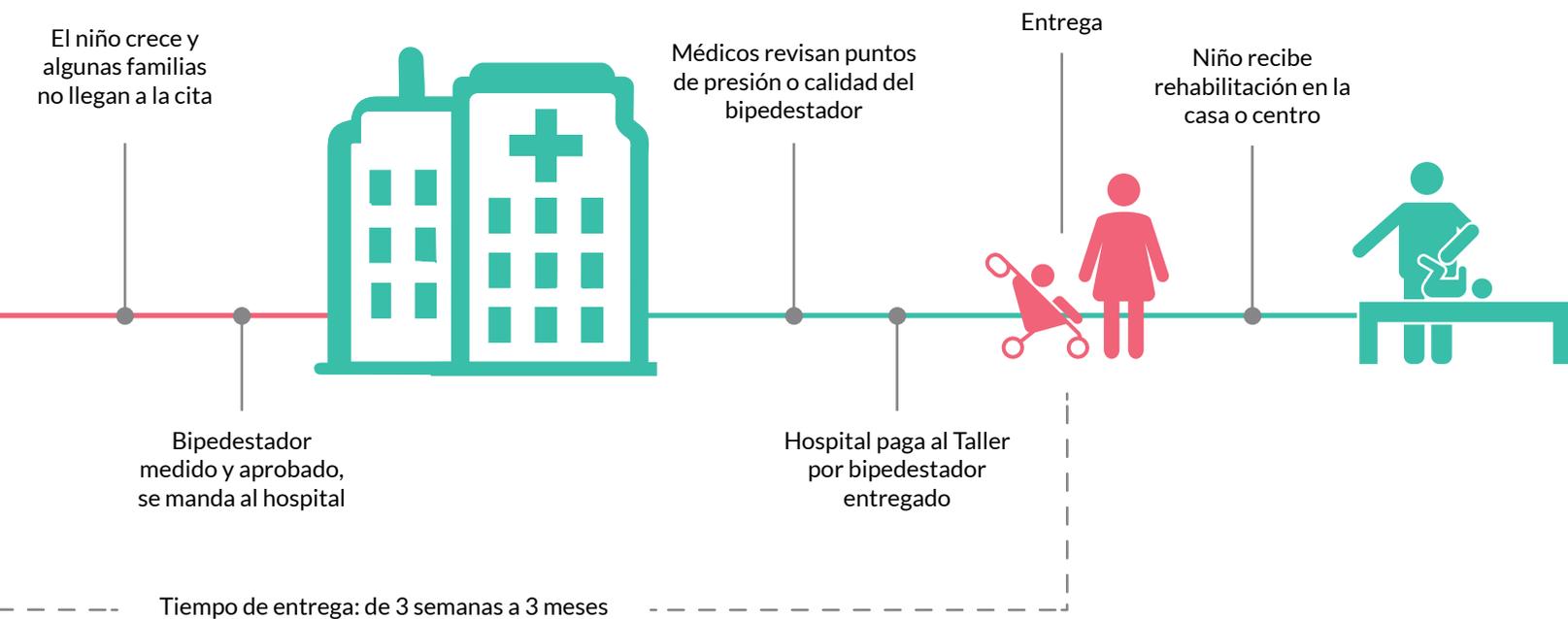


Figura 1. 1. Línea de los sucesos actuales del problema. Diseño propio

El médico especialista define qué tipo de ayuda ortopédica debe recibir y realiza una prescripción para que los fabricantes (en este caso los talleres ortopédicos) fabrique el dispositivo con las especificaciones.

A la madre o el cuidador se le da una lista de ortopedias que podrían fabricar el dispositivo y es decisión de ellos ir a una o a otra. Sin embargo, si la casa ortopédica pide más de lo que le subsidia el hospital, lo



deben cubrir ellos mismos.

Se pueden observar varios puntos críticos que definen ciertos factores:

- El proceso de fabricación y de verificación en el niño es lento.

- Negligencia de los padres al no ir a la cita de medida y ajuste.

- Se atrasa la rehabilitación en niños.

- Se atrasa el pago a los talleres.

## 1.4 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

---

Además de los factores mencionados que generan una ineficiencia de entrega en cadena, existe otros puntos críticos.

El diseño de los bipedestadores actuales no permite la adaptación en las dimensiones de los niños. Por lo que si este crece, y lo hacen rápido, deben ir de nuevo al taller para que modifiquen algunas partes.

Otro factor es la negligencia de los cuidadores. Según el técnico del taller algunos padres o encargados no llegan a las citas de medida y ajuste del bipedestador por lo que deben reprogramarlo y eso atrasa la entrega. (García, 2016)

Esto podría relacionarse también con que algunos pacientes viven lejos de San José y no cuentan con recursos económicos que les permita frecuentar el viaje, lo que se dificulta la ida al taller. (Vargas González, 2016)

El diseño también es incómodo al niño, lo que puede generar puntos de presión y

posibles úlceras. Y las alternativas en el mercado internacional tienen un costo alto. (Garita, 2016)

Si bien el problema tiene diferentes dimensiones y escenarios que dependen de los involucrados en este proyecto, el fin de resolverlo es poder brindarle un servicio y un producto final eficiente a los niños que padecen de espina bífida.

Mejorar el diseño implica resolver de manera indirecta algunos de los problemas expuestos y darle eficiencia al proceso y a la utilización del bipedestador.

La realización de este proyecto busca responder a la siguiente pregunta:

¿Cómo se puede mejorar el diseño de los bipedestadores que brindan los hospitales públicos del país actualmente a los pacientes pediátricos?

## 1.5 JUSTIFICACIÓN

---

Cuando un niño nace, el proceso de desarrollo tiene etapas de crecimiento y cambio. Ese cambio es progresivo y visible físicamente. Los niños que nacen con espina bífida tienen características muy distintas a las de un niño normal. Algunos de ellos no podrán caminar o tener la fuerza necesaria para ponerse de pie.

Sin embargo, es importante ayudarles a ponerse en posición de bipedestación (cuerpo erguido sobre sus pies) pues esto les ayudará a mejorar ciertas condiciones que pueden complicarse en el futuro.

El alineamiento del cuerpo en sus articulaciones de cadera, rodillas y tobillos ayudan a mejorar la formación de estos, además de fortalecer la densidad ósea evitando así una descalsificación.

Activa la circulación sanguínea en todo el sistema cardiovascular y periférico, facilita la respiración y por lo tanto el consumo de oxígeno favoreciendo la actividad pulmonar. Disminuye temporalmente

la carga en la zona isquiática y mejora, también, el movimiento intestinal, así como la actividad física y energía. Además, el estar de pie implica también poder desarrollarse mejor en actividades sociales y con esto un mejor estímulo emocional para el paciente. (Vargas González, 2016)

Además, la pobreza y la discapacidad. Si bien nuestro sistema de salud vela por toda la población costarricense, existe un sector al que le cuesta pagar siquiera el pasaje del bus para llegar al hospital.

Un dispositivo que sea eficiente, adaptable al crecimiento del niño, que facilite la entrega y/o sea sencillo de usar sería esencial para los hospitales al darle el servicio adecuado a los pacientes.

Es por esto, que la mejora de los dispositivos que ofrece el Hospital Nacional de Niños y otros centros de salud a sus pacientes permitiría una disminución en gastos y un aumento de la calidad de vida de las personas.

## 1.6 OBJETIVOS

---

### Objetivo General

Diseñar un sistema que permita la verticalización para niños entre los 10 meses a 2 años de edad que sufren de meningocele o mielomeningocele con el fin darle una mejor calidad de vida.

### Objetivos Específicos

1. Proponer un sistema que se adecúe a las características y necesidades del usuario a lo largo de su crecimiento.
2. Proponer métodos de fabricación que permitan la reducción en el tiempo y costo de manufactura.
3. Generar un diseño accesible, en relación con el aporte económico que subsidia la CCSS para este propósito.

## 1.7 ALCANCES Y LIMITACIONES

---

### Alcances

El primer alcance del proyecto es la investigación y análisis del contexto nacional con el fin de entender y definir los objetivos del proyecto y otros aspectos como oportunidades de mejora, requisitos de diseño y factibilidad de producción a nivel nacional.

Se hará, de igual forma, la recopilación necesaria de datos que aclaren temas de costos, materiales, y todo aquello relacionado a la fabricación nacional del sistema de bipedestación.

Además, se realizarán modelos funcionales y virtuales, así como planos de fabricación con el fin de darle al proyecto potencial para que se desarrolle en el futuro.

### Limitaciones

La primer limitante del proyecto es el tiempo. No se cuenta con suficiente tiempo para analizar a profundidad ciertos aspectos.

Para hacer un vínculo de investigación oficial con el Hospital Nacional de Niños se necesita una licencia de investigación, con la cual no se contó por razones de tiempo. Sin embargo, sí se contó con una asesoría externa de un médico fisiatra.

El prototipo no cuenta con los materiales y/o textura propuestas pues se requiere tiempo, recursos económicos y disposición de las posibles empresas seleccionadas para producir un solo prototipo. Sin embargo, se trató de producir el prototipo más parecido a la propuesta final.

## CAPÍTULO II

---

### MARCO TEÓRICO

En este apartado se mostrarán distintos temas relacionados al problema y otros a tomar en cuenta en el diseño del sistema.

## 2.1 ESPINA BÍFIDA

---

La espina bífida es un cierre incompleto del tubo neural del feto durante el primer mes de embarazo. El tubo neural es la estructura en la que se desarrolla el sistema nervioso central en el embrión.

El sistema nervioso central contempla el encéfalo (cerebro, cerebelo y tallo encefálico) y la médula espinal.

La médula espinal funciona como la única ruta de comunicación entre la casa de comandos (cerebro) y el resto del cuerpo.

Recibe información que procede del exterior, la envía hasta el cerebro y este retorna la señal hasta los músculos para producir un movimiento, por ejemplo.

Cuando existe una fisura en cualquier punto de ese camino la comunicación es interrumpida y nunca llega señal alguna, con lo que tampoco retornan órdenes de movimientos.

Esto sucede porque la médula espinal y las meninges (membranas que revisten y

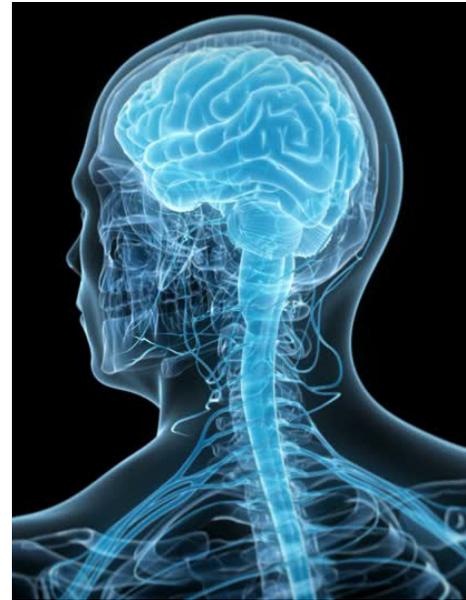


Figura 2.1. Encéfalo y médula espinal (Yodiyim, s.f.)

protegen al encéfalo y la médula) quedan descubiertas y son afectadas. Normalmente esto pasa en las zonas lumbar y sacra. Según Arias, la fisura o pequeña abertura a lo largo de la columna adquiere diferentes formas según la gravedad de la malformación.

Para efectos médicos, se pueden clasificar en dos grupos:

### 1. Espina Bífida Oculta:

En alguna parte, la columna tiene una abertura pero por ella no sale la médula o meninges.

Normalmente sólo se descubre hasta efectuarse estudios radiológicos de la columna. No se producen malformaciones neurológicas o problemas en el movimiento.

### 2. Espina Bífida Quística:

Existe una abertura en algún punto de la columna y por ella sale un líquido. Normalmente el bulto en la espalda es operado días después del nacimiento.

Se dividen en tres grupos dependiendo de la gravedad de la abertura:

#### 2.1 Meningocele:

El pequeño abultamiento que sale no tiene ningún tejido nervioso y por lo tanto no

produce secuelas neurológicas.

#### 2.2 Espina Bífida con Lipoma:

El abultamiento contiene tejido graso y tejido nervioso con lo que se producen grados variados de parálisis y trastornos de sensibilidad.

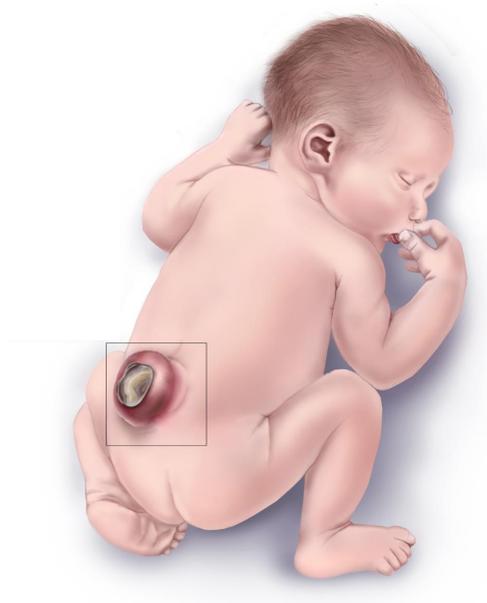


Figura 2.2. Bebé con mielomeningocele.  
(Centers for Disease Control and Prevention)

### 2.3 Mielomeningocele (MMC):

Es el tipo más común de espina bífida quística, siendo además el más severo. Esto porque dentro del abultamiento se encuentra mucho tejido nervioso (médula espinal y meninges), lo que ocasiona parálisis y otros trastornos.

El área más afectada es en la zona lumbosacra. El niño estará en constantes operaciones y rehabilitaciones y la ambulación es nula.

### Causas

Las causas específicas no se han detectado, pero se relaciona la falta de ácido fólico antes y durante los primeros meses del embarazo.

La vitamina de ácido fólico promueve la formación de tejido y ayuda al desarrollo y crecimiento de las células. Esto previene la deformación de la placenta y otros defectos de nacimiento y de la columna vertebral.

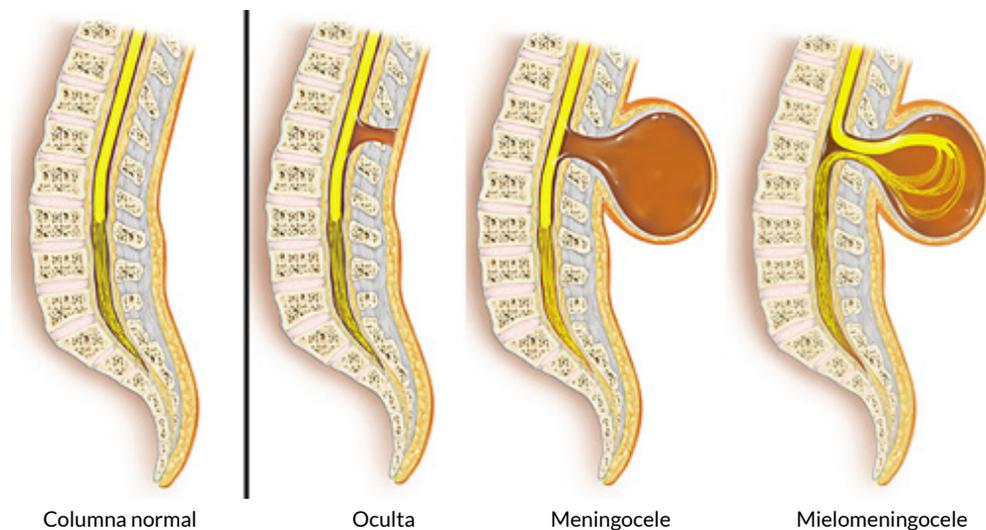


Figura 2.3. Tipos de espina bífida

Se suele mencionar la genética como otro factor externo vinculante. Sin embargo, muchos casos suelen presentarse sin tener antecedentes genéticos.

Se recomienda consultar a un especialista sobre los posibles riesgos antes de concebir un bebé si la familia tiene un historial con la patología. Existe un riesgo de que un segundo hijo nazca con la misma condición si el primero tiene espina bífida.

Además se asocia también una diabetes mal controlada en mujeres embarazadas y/o que hayan tomado anticonvulsivos durante el embarazo. (Ministerio de Salud Presidencia de la Nación, 2016)

### Características de un niño con Espina Bífida

Cada tipo de espina bífida lleva consigo una serie de complicaciones derivadas de la gravedad de la lesión. Algunos niños nacen con lesiones mixtas, otros con 1 ó 2, pero lo cierto es que cada caso es único.

Sin embargo, existen algunas características propias de la patología que son la debilidad muscular o hipotonía, falta

de sensación en la piel por debajo del nivel del defecto, falta de control de algunos órganos por debajo de la lesión, entre otros.

El primer signo de que un niño recién nacido pueda desarrollar alguna enfermedad es la falta de tono muscular.

Cuando se revisan los reflejos y las respuestas musculares del niño y este parece flojo o "un muñeco de trapo" es porque algo no está bien en su sistema nervioso central.



Figura 2.4. Bebé hipotónico ( MedlinePlus, 2015)

Mientras que los niños con tono normal tienden a poner las rodillas y los codos flexionados, los bebés hipotónicos extienden las extremidades dejándose vencer por la gravedad.

Algunos no logran controlar bien la cabeza, tronco, cadera, muslos, pantorrillas o tobillos. Esto depende de dónde se ubica la malformación en su columna.

Además de otras patologías, los niños que nacen con espina bífida padecen de hipotonía o bajo tono muscular, que es considerada alta o baja según la gravedad del daño en su columna.

Esta condición imposibilita al niño a poder tener una postura erguida, con lo que pueden llegar a estar en una silla de ruedas toda su vida.

### Nivel de lesión y consecuencias

Como ya se ha mencionado, el niño con espina bífida puede tener la fisura en cualquier punto de su columna.

De acuerdo a los expertos, las lesiones más frecuentes en nacimiento con mielomeningocele es la nivel tórico-lumbar.

La columna vertebral se compone de 33 vértebras separadas por unos discos esponjosos. Se han clasificado en distintas áreas dependiendo de las funciones que transmiten al cuerpo.

Es así como el área tórico (bajo)- lumbar está compuesta por las vertebras desde la T10 a la L2. Otros casos de espina bífida pueden tener problemas menos severos a nivel lumbosacro (L1-S3). (Garita, 2016)

Cada nivel de la columna determina qué parte del cuerpo se mueve. Para efectos del proyecto, se delimitó al usuario a un nivel de lesión T12-L2.

Esta población no tiene fuerzas desde el tronco bajo hasta las extremidades inferiores. Además, según una complicación que podría darse en el tamaño de la cabeza, podría perder también el control sobre el movimiento de ella.

A continuación se muestra dos gráficos, uno con las distintas regiones y su respectiva numeración y el otro definiendo el nivel gravedad según el nivel de lesión.

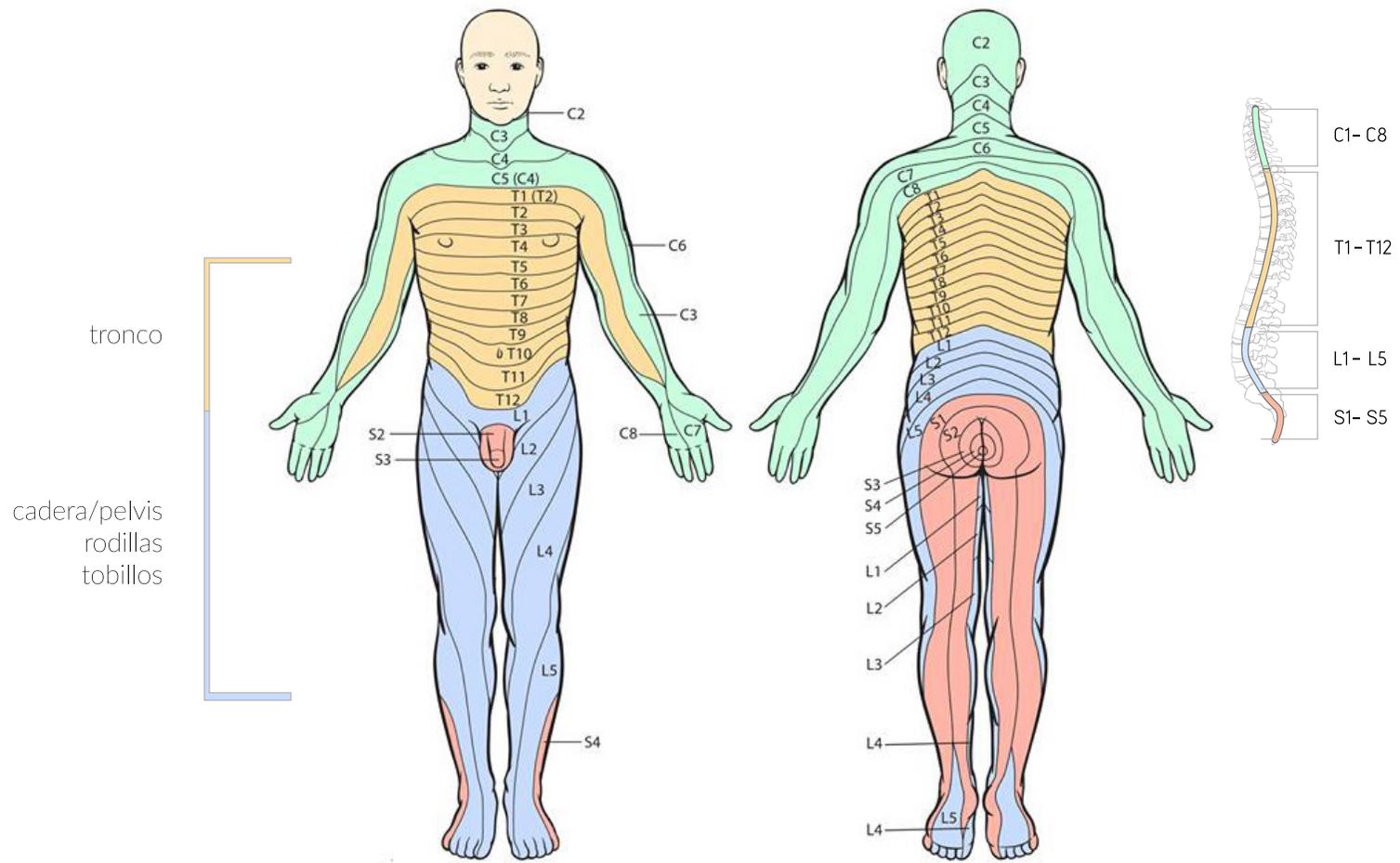


Figura 2.5. Niveles de la columna vertebral (assistivetech.net, s.f.)

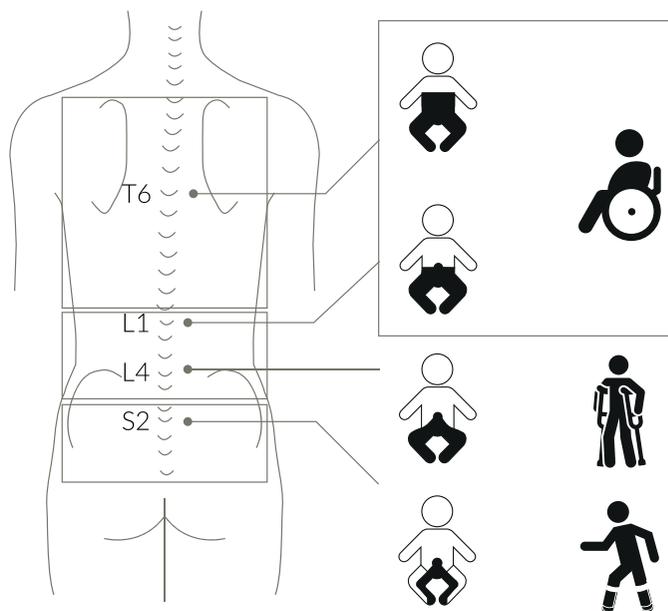


Figura 2.6. Lesiones vs capacidad ambulatoria. Diseño modificado

Como se puede ver en la figura 2.3., los niños con lesiones desde la T10 y hasta la L2 tienen comprometidas gravemente las extremidades inferiores.

La mayoría no podrá caminar en la edad adulta, y durante su infancia y adolescencia podrá ponerse de pie con órtesis bilaterales o bipedestadores. Sin embargo, la mayoría tendrá una transición gradual a la silla de ruedas.

## Complicaciones asociadas

Los niños con mielomeningocele padecen, además de complicaciones asociadas a su situación específica:

### 1. Médula Anclada

Esto significa que la médula espinal no tiene la libertad de movimiento a lo largo de la columna vertebral. Esta sujeta en parte inferior de la columna.

En el caso de un niño con mielo, esto produce que haya dolor de espalda, pérdida en la fuerza y sensación de las piernas, pérdida o cambio en el control de la vejiga, deformidad en los pies, escoliosis, aumento en la lordosis lumbar, entre otros.

El tratamiento es quirúrgico para evitar que empeore alguna de las consecuencias mencionadas.

### 2. Hidrocefalia

Es un aumento anormal de líquido cefalorraquídeo en las cavidades (ventrículos) del cerebro.

Este líquido está en nuestro cerebro con

el fin de proteger a la médula espinal y a nuestro mismo cerebro.

Funciona como un amortiguador de golpes y transportando sustancias de desecho. Circula de los ventrículos hacia un espacio entre el cerebro y las capas que lo rodean y de ahí es vaciado hacia la sangre para salir.

Al haber un aumento desmedido de volumen de líquido, se "inunda" y ejerce presión dentro de la cabeza. Esto se conoce como hidrocefalia.

Para disminuir el volumen de la cabeza, los médicos colocan una válvula que drena el exceso de líquido hacia otras partes del cuerpo como el abdomen y el corazón. (Alpizar, 2000).

### 3. Úlceras

La falta de sensibilidad en la piel en niños con mielomeningocele pueden presentar un problema grave, pues no se dan cuenta cuando algún factor externo les está generando presión o roce constante.

Esto conlleva a úlceras que pueden infectarse o generar otro tipo de lesión.

Esto se puede evitar cambiando al niño de posición con frecuencia y proporcionarle una buena higiene.

Además es importante enseñarle al niño que debe mantener una postura adecuada. (Alpizar, 2000)

### 4. Complicaciones en la vejiga

Ocurre una parálisis vesical e incontinencia urinaria en casi todos los pacientes. Por esto se debe tener una atención constante de vaciar las vías urinarias para evitar infecciones que pueden llevar a la insuficiencia renal.

### 5. Contracturas y deformidades

Las contracturas (contracción en las articulaciones) pueden producir graves deformidades por eso es importante cambiar de posición al niño.

Estas lesiones se generan principalmente en las caderas, rodillas y pies. Si la articulación se deforma al punto de fijarse para siempre, los aparatos ortopédicos son imposibles de usar. Para evitar esto, el niño

debe ser sometido a rehabilitaciones y a ejercicios en donde se fortalezca la parte débil.

Existe otra deformidad importante que se debe evitar a toda costa, esto es la luxación o displasia de la cadera.

Puede presentarse al nacer o en los primeros tres años de vida. En algunos casos no se puede corregir, pero es esencial prevenir que la articulación de la cadera quede dislocada.

Esto pasa cuando la cabeza del hueso del fémur queda desencajada del acetábulo (cavidad en la que encaja la cabeza femoral).

Algunas veces la cabeza femoral no encaja correctamente en la cavidad, otras, se puede deslizar de su posición y salir de lugar o la cavidad es tan poco profunda que la cadera se disloca con más facilidad.

A los niños con mielomeningocele se les mandan ejercicios fortalecimiento de la formación de la cadera como tomar una postura eguida por cierto tiempo.

## 6. Otras complicaciones

También se puede desarrollar meningitis, una infección en las meninges, que puede causar daño cerebral y se potencialmente mortal.

Las alergias al látex son comunes en estos niños, quienes dependiendo de la gravedad de la reacción pueden estar en peligro de muerte.

El látex tiene varias sustancias que han sido identificadas como alergénicas. Las personas alérgicas pueden entrar en contacto directo, inhalación, aspiración nasal o a través de las cavidades oculares.

Se recomienda evitar cualquier contacto con todo tipo de productos derivados del caucho (látex). Además de evitar los alimentos del grupo látex (plátano, castañas, aguacate, kiwi, melón, papaya y piña). (Nogueras, 2012)

La obesidad es frecuente en niños con espina bífida, sobretodo los que permanecen en sillas de rueda. Otros trastornos como la depresión o ansiedad pueden aparecer a lo largo del desarrollo del niño.

## Aprendizaje

No existen pruebas de que el defecto en el tubo neural implique daños neurológicos. Por lo tanto estos niños tienen la capacidad para integrarse dentro de una educación normal.

Algunos problemas frecuentes que sí se han evaluado son la dificultad para organizar información, prestar atención, memorización y resolución de problemas.

Los niños con espina bífida tienen capacidad de habla, buena articulación y pueden escribir gramaticalmente bien.

Sin embargo, muchas veces tienen dificultad para comprender en su totalidad el lenguaje, especialmente los conceptos abstractos. Tienen pocas referencias visuales.

Las diferencias en el temperamento pueden afectar la capacidad de aprendizaje. Algunos estudios han demostrado que estos altibajos evitan que el niño interactúe de la manera más óptima con otros niños dentro de su ambiente, aislándolos y alejándolos de la socialización.

Según los expertos, la integración de estos niños en las aulas debe estar acompañada de un trabajo conjunto de rehabilitación, recreación y trabajo social en la familia y comunidad escolar son esenciales para un bienestar emocional y educativo. (Children, 2014)

## Nacimientos de espina bífida en el país

El Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Nutrición y Salud (INCIENSA) realiza todos los años un sondeo de las malformaciones congénitas reportadas por los hospitales y centros de salud que reciben recién nacidos.

De acuerdo al estudio del 2015, se reportaron 29 casos de nacimientos de espina bífida. Las estadísticas no muestran con detalle el subgrupo que va a tener mayor compromiso neurológico.

Sin embargo, durante su primer año de vida aproximadamente el 90% de este total van a requerir el uso del bipeDESTADOR.

Y otros pacientes que siempre quedan rezagados de los años anteriores que son aproximadamente 9 casos. Por lo que se

puede decir que al año se mandan a fabricar 35 bipedestadores en el Hospital Nacional de Niños. (Vargas González, 2016)

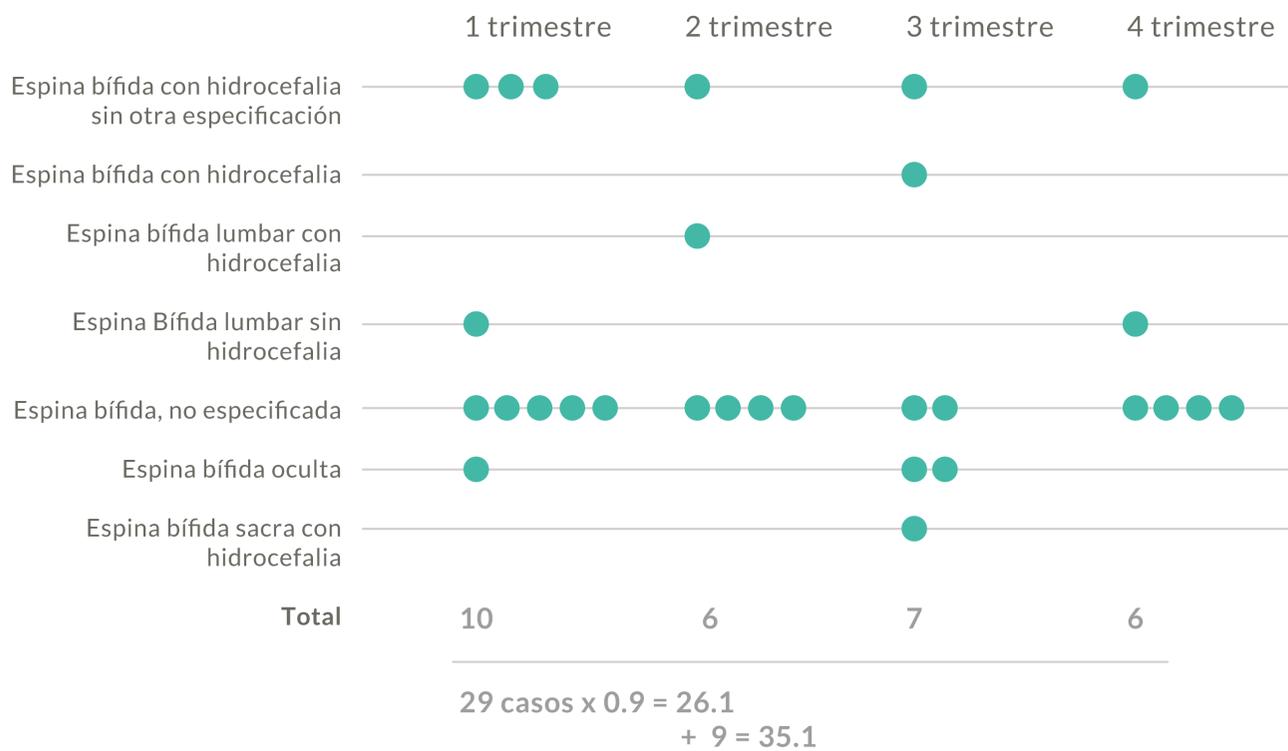


Tabla 2.1. Casos de espina bífida durante el año 2015 según reportes de INCIENSA

## 2.2 BIPEDESTACIÓN

La bipedestación es la capacidad que tienen ciertos seres vivos de mantenerse en posición erguida, sobre los dos pies.

Es la postura natural del ser humano y es correcta si el cuerpo está alineado, permitiéndolo así sostener verticalmente el esqueleto con un mínimo de esfuerzo.

El alineamiento debe estar en hombros, cadera o pelvis, rodillas y tobillos. Los pies con apoyo plantar sobre lo plano, tobillo a  $90^\circ$ , la rodilla extendida a  $0^\circ$ , la pelvis sobre las cabezas femorales.

(Vargas González, 2016)

Columna vertebral en extensión tratando de alcanzar la máxima longitud posible. Hombros dirigidos hacia atrás y brazos extendidos a lo largo del cuerpo.

### Principios físicos involucrados

El centro de gravedad en el cuerpo humano es el punto donde se supone actúa la fuerza total de la gravedad sobre él mismo.

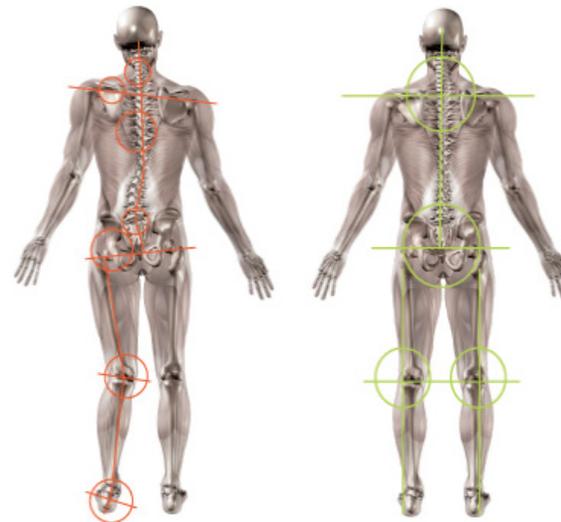


Figura 2.7. Mal y buen alineamiento del cuerpo humano.

Cuando se habla de postura, también se habla de equilibrio. Aunque el cuerpo no esté en movimiento, el centro de gravedad (cg) debe permanecer dentro de la base de sustentación para que este no colapse.

La base de sustentación es el área de apoyo que está definida por la posición de los pies. El principio de equilibrio define

que el cg esté en la línea vertical o línea de gravedad y que esta última caiga dentro de la proyección de sustentación.

El centro de gravedad de un hombre adulto en bipedestación está ubicado en la segunda vértebra sacra sobre una línea vertical que toca el suelo a unos 3 cm por delante de la articulación del tobillo. (Cromer, 2007)

Los niños tienen las proporciones del cuerpo en constante cambio, por eso, su cg está por arriba del ombligo casi es el pecho. Conforme va creciendo, su cg baja hasta posicionarse cerca de la zona sacra.

Una buena estabilidad se obtiene cuando el cg del cuerpo está lo más bajo posible y por encima de una base de sustentación grande.

En un escenario en donde una persona esté en bipedestación libre de fuerzas que lo muevan, las fuerzas que influyen directamente sobre su postura son la fuerza de la gravedad y de contacto.

El peso es una fuerza con que la Tierra atrae a un cuerpo. Es una fuerza vectorial

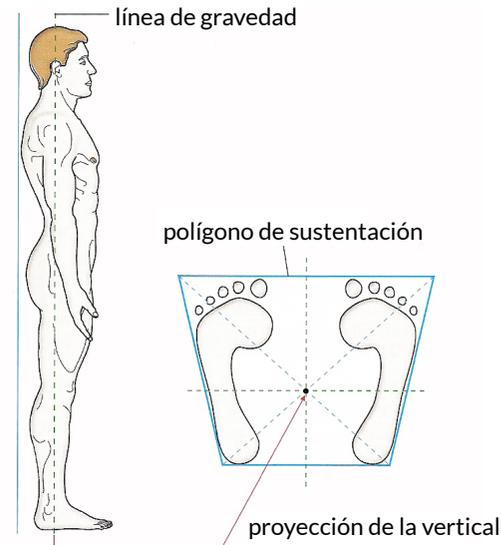


Figura 2.8. Línea de gravedad y base de sustentación. (Terapia Global, 2013)

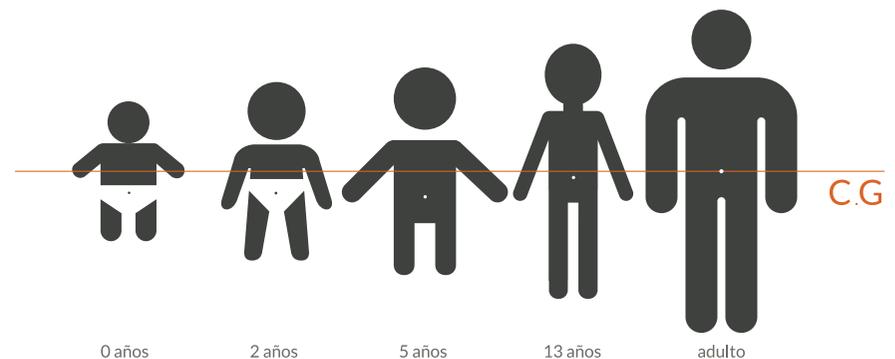


Figura 2.9. Comparación centros de gravedad. (Diseño propio)

por lo que tiene una magnitud y dirección, que están aplicados sobre el cg del objeto.

El peso depende del campo gravitatorio local, la Tierra en este caso, y de la masa del objeto:

$$P = m \cdot g$$

De acuerdo a la Ley de la Gravitación Universal, el valor de la gravedad corresponde a la aceleración de la gravedad que es  $9,80665 \text{ m/s}^2$ . (Freedman, 2009)

El peso ejerce una fuerza perpendicular al plano de apoyo. De acuerdo a la Tercera Ley de Newton, todo objeto que ejerce una fuerza con una magnitud y dirección sobre otro, recibe de vuelta la misma magnitud pero en dirección opuesta.

Es así como el cuerpo, de pie, ejerce una fuerza sobre la superficie de apoyo y esta le devuelve a misma fuerza pero en dirección contraria. Esta fuerza se llama Normal y es perpendicular a la base de sustentación.

Existen otras fuerzas que influyen en un estado de reposo en el que el cuerpo está en equilibrio. Sin embargo, en este proyecto

no se toman en cuenta porque su cálculo depende de muchas situaciones y vuelve muy complejo el análisis físico.

## Beneficios de la bipedestación

Según Vargas (2016), un niño con espina bífida, la verticalización de su cuerpo implica un mejor desarrollo en su calidad de vida.

1. Facilita la formación de la articulación en la cadera en edades de desarrollo. Esto reduce la posibilidad de luxación en la cadera.
2. Incrementa la densidad ósea, reduciendo el riesgo de fracturas.
3. Reduce puntos de presión provocados por una postura fija por largos períodos (sentarse, acostarse)
4. Estimula los músculos isquiotibiales, incrementando el rango de movimiento y disminuyendo la espasticidad. Además de estimular el sistema propioceptivo.
5. Mejora la respiración al dar más espacio al diafragma para que se expanda y se

contraiga.

6. Mejora la circulación de la sangre, ritmo cardíaco y presión arterial.

7. Mejora la digestión, la función del intestino y el drenaje de la vejiga. Gracias a la estimulación de los músculos del estómago y la fuerza de la gravedad. (Leckey, s.f.)

8. Incrementa la confianza y autoestima al tener un contacto visual a la altura del ojo con otros niños. Además de estimular la interacción social.

### Ayudas Técnicas

Las ayudas técnicas son dispositivos, adaptaciones o mecanismos físicos que sirven de apoyo a un paciente para realizar una tarea específica. Existen distintos tipos dependiendo de la condición en la que debe ayudar.

En el caso de un niño con espina bífida y de acuerdo a sus diferentes condiciones físicas, las ayudas técnicas más utilizadas son férulas para miembros inferiores de tipo DAFO (Dynaminc Ankle Foot Orthosis), AFO (Ankle Foot Orthosis),

órtesis largas bilaterales con corset de taylor o con cincho pélvico y con zapatos ortopédicos conocidas también como HKAFO (Hip-Knee-Ankle-Foot-Orthosis). Además de muletas, sillas de ruedas y bipedestadores. (Vargas González, 2016)

Las férulas están hechas de un polímero termoplástico llamado polipropileno, fibra de vidrio o yeso. Las órtesis largas son barras de acero o aluminio delgadas que pueden o no tener incorporadas una articulación del mismo material. Se sujetan con cintas de naylor o velcro.

Los bipedestadores son dispositivos que se utilizan como ayuda técnica en el proceso de rehabilitación de los niños con espina bífida.

La función principal es ayudar al niño a tomar una postura de bipedestación por un tiempo determinado por el médico fisiatra.

A nivel nacional, el Hospital Nacional de Niños "Dr. Carlos Sáenz" (HNN) atiende a la gran mayoría de niños del país. Este le da a sus pacientes las ayudas necesarias para cada condición. (Hospital, 2016)

En el área de rehabilitación, el médico

fisiatra analiza la condición de los niños con espina bífida y receta (prescribe) el tipo de ayuda técnica que necesite.

Gracias a la dinámica de servicios de salud en Costa Rica, la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS) da un subsidio a los ciudadanos y sus familias para lo que necesiten. Por lo tanto, el HNN tiene una plantilla en donde desglosa el subsidio destinado para cada ayuda técnica recetada (Vargas González, 2016)

Esto significa que la plata que brinda la Caja por medio del Hospital a los pacientes debería manejarse y destinarse con responsabilidad y eficiencia. Tomando en cuenta también que el subsidio viene de los fondos públicos.

Actualmente el HNN prescribe dos tipos de bipedestadores para niños con espina bífida. Uno es de polipropileno y se utiliza para niños menores a 3 años. Esto porque el material es más "suave" para niños que todavía tiene sus huesos blandos.

El otro tipo es de barras de aluminio con cintas de nylon y velcro. Además de que se agregan zapatos ortopédicos. Y pueden tener incorporados férulas o corset.



Figura 2.10. Bipedestador de polipropileno. (Vargas González, 2016).



Figura 2.11. Diferentes órtesis largas de aluminio.

## Comparación entre bipedestadores

\*Información facilitada por el Hospital Nacional de Niños.

### Bipedestador de polipropileno

### Órtesis largas de aluminio



- El material es más suave que el aluminio
- Es más liviano y pequeño para transportar
- Tiene un costo de: ₡214.566,84\*

- Mayor durabilidad
- Permite cierta movilidad en la cadera



- Es incómodo por ser una sola pieza
- Puede producir puntos de presión
- Material no transpirable
- Usuario debe ser sostenido mientras está en bipedestación
- No se adapta al crecimiento del niño

- Es más pesado e incómodo
- Tiene un costo de: ₡258.771,62\*
- Usuario debe ser sostenido mientras está en bipedestación
- Fabricación compleja por ajustes bloqueados
- Incluye el costo de los zapatos
- No se adapta al crecimiento del niño

Tabla 2.2. Ventajas y desventajas de bipedestadores actuales. (Elaboración propia)

## CAPÍTULO III

---

### **MARCO METODOLÓGICO**

El capítulo profundiza la metodología utilizada para el desarrollo de la propuesta de diseño, tomando en cuenta los análisis realizados

# 3.1 FASES DEL PROYECTO



Figura 3.1. Esquema de las fases del proyecto. (Elaboración propia)

## 3.2 CRONOGRAMA

actividad	25-abr	30-may	20-jun	25jul	1-ago	8-ago	15-ago	22-ago	29-ago	5-sep	12-sep	19-sep	26-sep	3-oct	10-oct	17-oct	24-oct	31-oct	7-nov	17-nov
Búsqueda de proyecto	■																			
Anteproyecto		■																		
Aprobación del proyecto			■																	
Investigación bibliográfica				■	■	■														
Vista de campo al HNN					■															
Entrevista a profesionales					■					■		■	■							
Replanteamiento problema							■													
Revisión objetivos del proyecto							■													
Análisis de datos				■	■	■	■	■	■	■										
Presentación previa									■											
Conceptualización							■	■												
Generación de alternativas										■	■	■	■							
Primer borrador del informe															■					
Revisión de alternativas												■	■	■	■	■				
Elección de la propuesta final														■						
Detallado de la propuesta															■	■	■			
Resumen ejecutivo e informe																		■		
Presentación Final																				■

Tabla 3.1. Cronograma del proyecto

### 3.3 ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS

	Niño meningo o mielo	Madre/cuidador	Hospital Nacional de Niños Dr. Carlos Sáenz
<b>Intereses</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aprender y divertirse como cualquier niño en desarrollo</li> <li>- Independencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dar tratamiento y oportunidades de desarrollo a su hijo</li> <li>- Recibir ayuda económica y apoyo de expertos y de su familia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar que el paciente empeore su situación</li> <li>- Comprar dispositivos aptos para las necesidades del paciente</li> </ul>
<b>Problemas percibidos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En algún momento tomará conciencia de su situación</li> <li>- Mucha dependencia de la madre o cuidador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inversión en tratamientos y servicios</li> <li>- Incomodidad en el diseño del bipedestador</li> <li>- Estar viajando al hospital y a otros lugares con el niño</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entrega tardía del bipedestador que se mandó a fabricar para revisar si cumple con las especificaciones para su paciente</li> <li>- Diseño que no se adapta al crecimiento del niño</li> </ul>
<b>Recursos y Alcances</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuenta con el apoyo económico y los servicios de la CCSS por medio del Hospital Nacional de Niños</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuenta con el apoyo económico y los servicios de la CCSS por medio del Hospital Nacional de Niños</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuenta con dinero para invertir en dispositivos</li> <li>- Cuenta con los médicos expertos que dan tratamiento al niño</li> </ul>
<b>Interés en estrategias</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Que la rehabilitación no contribuya a ser una molestia y un impedimento para aprender, divertirse o lograr cierta independencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poder trabajar en la rehabilitación con su hijo de una manera fácil</li> <li>- Evitarle sufrimiento que pueda provocar algún dispositivo.</li> <li>- Que la entrega del bipedestador sea rápida y que le sirva al niño</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hacer alianzas con empresas u organizaciones que ofrezcan un buen diseño y entrega rápida</li> <li>- Invertir eficientemente el subsidio destinado para estos dispositivos.</li> <li>- Bajar costos de fabricación o de inversión-vida útil del dispositivo.</li> </ul>
<b>Limitaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incapacidad para caminar o controlar extremidades inferiores</li> <li>- Alteraciones cognitivas importantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No poseen recursos suficientes para estar comprando dispositivos.</li> <li>- Falta de conocimiento de la importancia de dar tratamiento constante a su hijo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dispone de pocos proveedores con los diseños y tiempos de entrega adecuados</li> <li>- Negligencia por parte de algunos padres/cuidadores en el tratamiento de su hijo</li> </ul>

Tabla 3.2. Análisis de los involucrados directos del proyecto. (Elaboración propia)

	<b>Diseñador industrial</b>	<b>Taller Ortopédico</b>	<b>Terapeutas de rehabilitación</b>
<b>Intereses</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proponer una solución de diseño que se adapte a necesidades del usuario</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricar los bipedestadores que prescribe el HNN a los pacientes</li> <li>- Recibir remuneración</li> <li>- Disminuir el tiempo de entrega al HNN</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar que el paciente empeore su situación</li> <li>- Proporcionar al paciente una mejor calidad de vida</li> </ul>
<b>Problemas percibidos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El diseño del bipedestador actual genera varios puntos críticos que no favorecen al paciente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceso de fabricación es lento</li> <li>- Diseño no es el mejor</li> <li>- Negligencia de los padres por no ir a la cita de medida</li> <li>- Entrega tarde al HNN</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El bipedestador es incómodo para los niños porque no se adapta al crecimiento</li> <li>- Se les entrega tarde</li> <li>- Hay que sostener al niño durante el uso de los bipedestadores</li> </ul>
<b>Recursos y Alcances</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuenta con la ayuda de los expertos en el tema y asesoría en la Escuela de Diseño Industrial del TEC.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Taller de manufactura de tipo artesanal</li> <li>- Recomendación de médicos del HNN como fabricante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuenta con el apoyo del Centro de rehabilitación donde trabajan</li> <li>- Lograr que más niños se rehabiliten adecuadamente</li> </ul>
<b>Interés en estrategias</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejorar por medio de un buen diseño de producto los bipedestadores ofrecidos por HNN</li> <li>- Mostrar las habilidades y capacidades como diseñador industrial en la industria médica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pueden mejorar la tecnología de fabricación comprando equipo</li> <li>- Que el HNN los recomiende como fabricantes</li> <li>- Hacer un servicio de calidad para los clientes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtener instrumentos adecuados para una buena rehabilitación en los niños</li> </ul>
<b>Limitaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Licencias de investigador en el HNN</li> <li>- Pruebas y mediciones reales con los pacientes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No poseen tecnología que modifique o mejore el diseño</li> <li>- Los técnicos no tienen experiencia en nuevas tecnologías</li> <li>- Proceso de fabricación es artesanal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poco espacio para almacenar bipedestadores</li> <li>- Humedad, polvo en instalaciones</li> </ul>

Tabla 3.3. Análisis de los involucrados indirectos del proyecto. (Elaboración propia)

## 3.4 ANÁLISIS DE LA NECESIDAD

---

### Perfil del Usuario

Edad:	10 meses a 2 años
Sexo:	Femenino y masculino
Condición:	Espina bífida de tipo meningocele o mielomeningocele No ambulatorio, pérdida de sensibilidad por debajo de la lesión.
Nivel de lesión:	Tórico bajo-lumbar (T10-L2)
Tratamiento:	Cirugía para reparar el defecto del tubo neural Cirugía para incorporar la válvula de drenaje Antibióticos para evitar infecciones Tratamientos de rehabilitación de por vida Usará silla de ruedas de por vida
Otras características:	Atendidos por el Hospital Nacional de Niños La mayoría son de condición social baja Inteligencia normal con pequeños problemas de aprendizaje y trastornos convulsivos. (Biblioteca, 2016)

Retomando la línea de crecimiento de un niño sano, los bebés a partir de los 10 meses empiezan a desarrollar más rápido las habilidades musculares cuando se sientan, ruedan sobre sí, gatean, escalan, se ponen de pie y, en general, todo lo que les ayude a lograr caminar. (Lueder & Rice, 2007)

Luego de los 2 años de edad, se vuelven más grandes, pesados y más curiosos lo que se traduce en brincos, patadas, reflejos, colgar, caer y jugar en general.

A pesar de que el usuario no va a caminar y de acuerdo a los beneficios expuestos anteriormente sobre el por qué los niños con mielomeningocele deben ponerse de pie, se les ayuda a partir de los 10 meses a tomar la bipedestación.

El otro límite se definió en conjunto con el médico fisiatra del HNN. Las razones son el cambio en peso y volumen del niño y el asignarle un dispositivo más fuerte.

Muchos niños con mielo presentan además otras complicaciones. Entre esas pueden haber deformidades físicas en sus pies (pie bot), espalda (cifosis, escoliosis o lordosis), o luxación de cadera. Hidrocefalia y otras

condiciones derivadas como el estrabismo. Entre otras complicaciones que se pudieran derivar de estas.

Antes de poner a un niño en bipedestación, deben de corregirse ciertas malformaciones, por ejemplo, el pie debe estar en un plano horizontal y no debe de tener la bolsa de líquido en su espalda.

## Necesidades del usuario

Las necesidades del usuario se establecieron con ayuda de expertos y de padres de familia. Esto por la edad del niño y por ser un producto especializado para favorecer su condición.

Se depuraron los datos obtenidos y se definieron en grupos, clasificándolos en las necesidades más importantes que debe de cubrir el diseño así como los aspectos que hay que tomar en cuenta a nivel de producción.

Luego de definir las necesidades del usuario, se determinaron los requisitos de diseño. Para luego definir mejor y con más detalle mediante una especificación de cada requisito.

## Grupos de necesidades según los involucrados

Necesidades	Médico	Fisioterapeuta	Fabricante	Usuario	Familia
Facilidad de transporte					●
Facilidad de mantenimiento					●
Facilidad de transferencia		●			●
Facilidad de interacción		●			●
Facilidad de desplazamiento		●			●
Facilidad de montaje		●	●		●
Estandarización de piezas			●		
Usabilidad		●			●
Alineamiento del cuerpo	●				
Rapidez de entrega	●			●	
Estabilidad del sistema				●	
Comodidad				●	
Seguridad				●	
Atractivo				●	●
Adaptabilidad al crecimiento				●	

Tabla 3.4. Necesidades de los involucrados.

## Requerimientos traducidos en especificaciones

### Necesidades

Facilidad de transporte  
 Facilidad de mantenimiento  
 Facilidad de transferencia  
 Facilidad de interacción  
 Facilidad de desplazamiento  
 Facilidad de montaje  
 Estandarización de piezas  
 Usabilidad  
 Alineamiento del cuerpo  
 Rapidez de entrega  
 Estabilidad del sistema  
 Comodidad  
 Seguridad  
 Buena estética  
 Adaptabilidad al crecimiento

### Requerimientos

Estructura liviana  
 Material lavable o superficie no porosa  
 Superficies de apoyo y sujeción  
 Baja carga cognitiva  
 Sistema sobre ruedas  
 Uniones simples  
 Subsistemas estándares  
 Baja carga cognitiva  
 3 puntos mínimo de apoyo  
 Facilidad de fabricación y montaje  
 Base de sustentación  
 Fajas anchas, acolchadas  
 Freno, enganches  
 Estética de transporte para niños  
 Sistemas ajustables

### Especificaciones

Aluminio o plástico  
 Plástico, textiles de neopreno  
 Pieza de apoyo  
 Sin tantos ajustes  
 Ruedas o rodines  
 Tornillos, pasadores, perillas  
 Perfiles, tornillos, rodines, cintas, bandas, cierres  
 Sin tantos ajustes  
 Tobillos, rodillas, cadera  
 Piezas atornillables, piezas mecanizadas  
 Base entre los 60 y 80 cm de largo 30 de ancho.  
 Utilización de espumas, Fajas mínimo de 10 cm de ancho  
 Rodines con frenos en 2 puntos. Enganches en las fajas  
 Usar piezas plásticas, grandes, colores saturados y cálidos o neutros  
 Usar sistemas de bisagra, telescopio, etc

Tabla 3.5. Requisitos de uso y especificaciones de diseño.

## Entorno de uso y actividades

Una vez que los bipedestadores son entregados a la madre o cuidador, este lo utiliza en la casa o en el centro de rehabilitación.

Por la edad no participan de ningún centro infantil y tampoco es normal que los dejen a cargo de una tercera persona (como es el caso de algún jardín de niños). La madre y la familia se vuelven muy sobreprotectores con el niño. (Fernández C., 2016)

Sin embargo, sí se necesita de la ayuda de otra persona para poder ponerlo en el bipedestador. Por seguridad se recomienda que dos personas estén a la hora de transferir a un niño en el bipedestador.

Los centros de rehabilitación están asignados al niño según donde viva la madre. Normalmente utilizan aulas con piso de cerámica. Se utilizan colchonetas y todo tipo de equipo terapéutico para realizar la rehabilitación del día. (León, 2016)

Para los niños con mielo, se les realiza una terapia enfocada en fortalecer aquellos músculos que tienen más fuertes. Es el caso de la zona torácica y extremidades

superiores por lo que algunos ejercicios se realizan sobre la colchoneta. (Garita, 2016)

En el caso específico del bipedestador, cuando el niño está utilizándolo se le dan terapias enfocadas más hacia la parte de trabajo en la mesa. Y el tiempo que estén dentro del dispositivo es establecido por el médico fisiatra.

Se recomiendan lapsos de 30 minutos como mínimo para no ejercer una presión excesiva en las articulaciones. Sin embargo, dependiendo de la lesión, se puede llegar a recomendar una hora en bipedestación repartidos en lapsos cortos de tiempo. (Vargas González, 2016)

Uno de los problemas más grandes que atraviesan los padres es mantener la atención y ganas de que los niños estén dentro del bipedestador, siendo la capacidad de atención de un niño menor de dos años de 10 minutos. (Acuña Cordero, 2016)

Las actividades normales cuando están en la casa y utilizando el bipedestador son de dibujo, jugar a armar con legos, jugar con plasticina, paletas, en las horas de comida, ver televisión o hasta les ponen dispositivos

electrónicos como tablets. (Tristan, 2016)

Otra situación de uso es hacerlos parte de ambientes familiares en la sala, comedor, terraza o hasta en lugares exteriores, siempre vigilándolos (Fernández C. 2016)

### Conclusiones del análisis

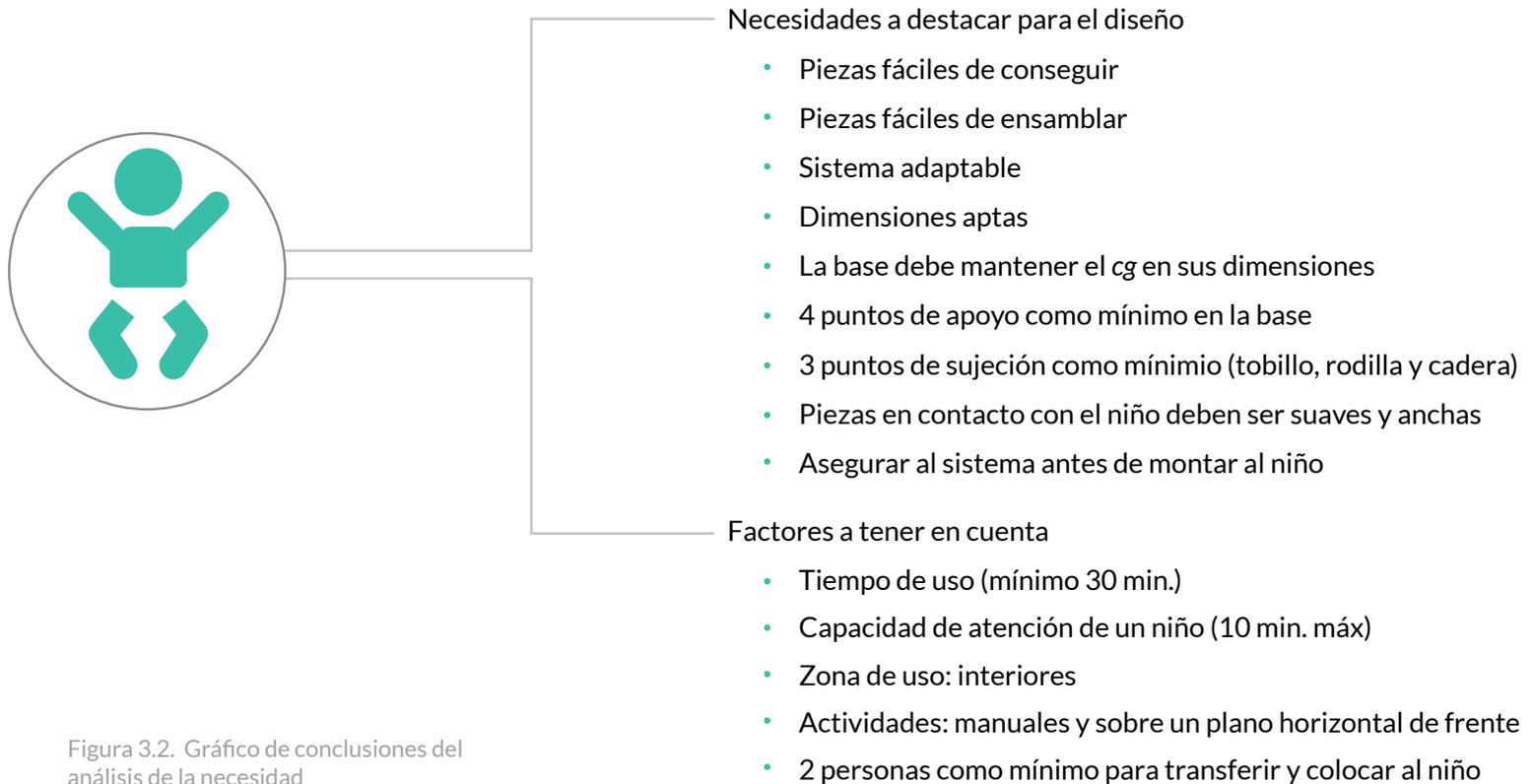


Figura 3.2. Gráfico de conclusiones del análisis de la necesidad

## 3.5 ANÁLISIS FUNCIONAL

Funciones del bipedestador:

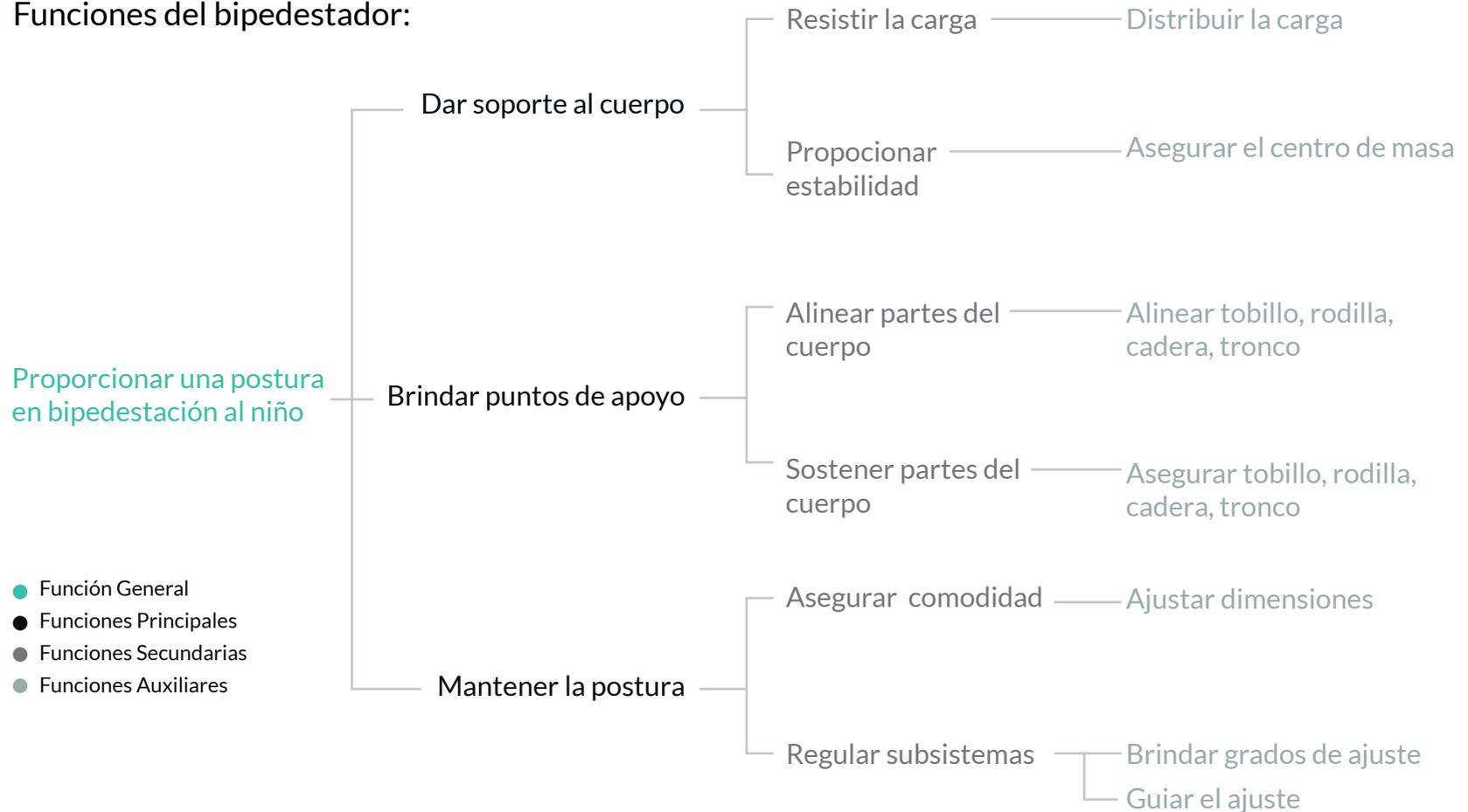


Figura 3.3. Árbol de Funciones

Relación entre partes:

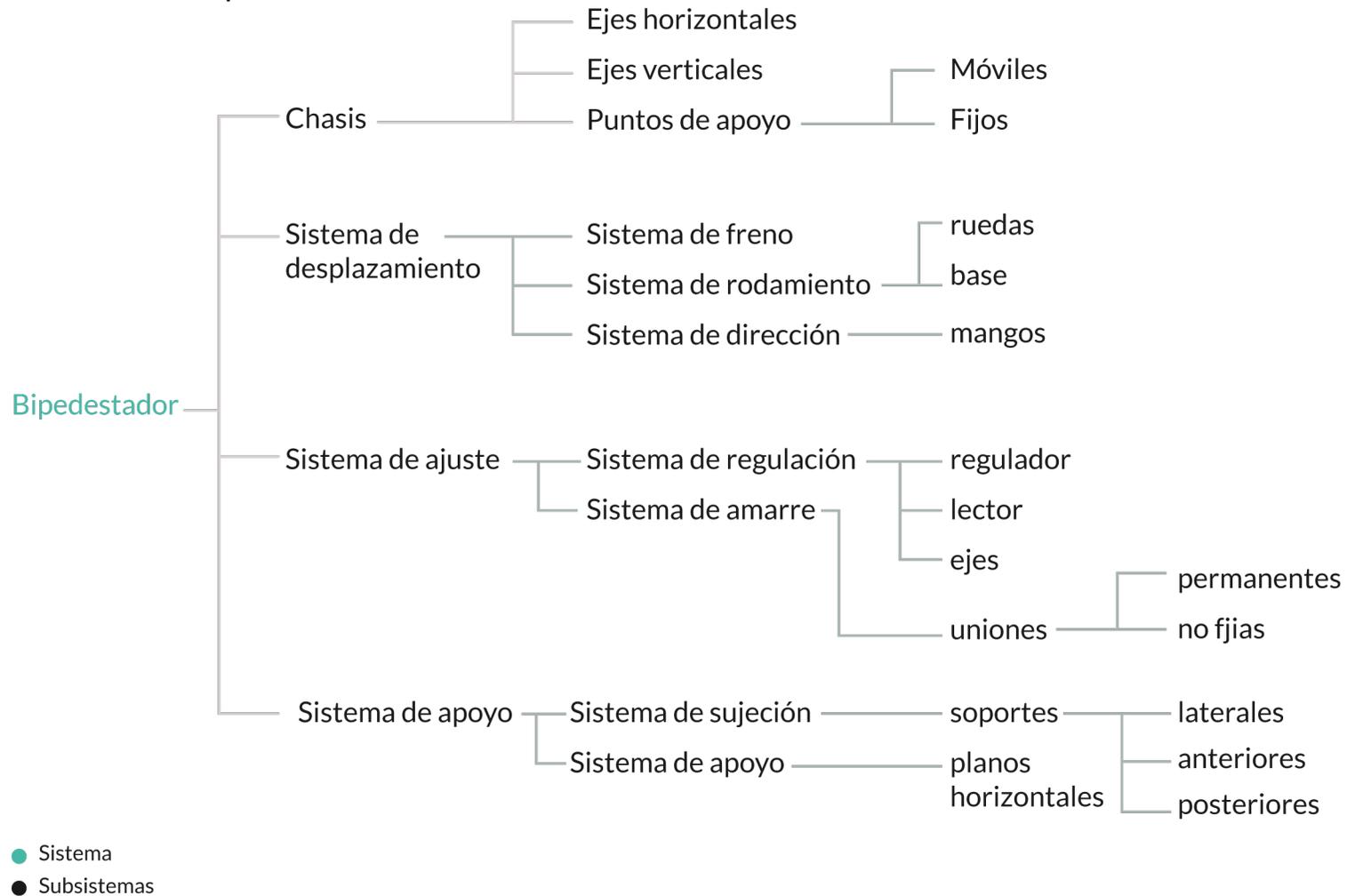


Figura 3.4. Sistemas y subsistemas de un bipedestador común vertical

El análisis funcional desglosa las tareas y funciones que hace un producto. Sirve para destacar las posibilidades de conseguir esa misma función buscando diferentes alternativas.

Al mismo tiempo un esquema del sistema en general y desglosado en sus partes permite relacionar los componentes y las funciones a las que contribuyen.

Así se puede visualizar si se puede mejorar el producto aumentando o sustituyendo los componentes individuales.

### Principio de funcionamiento

Básicamente, un bipedestador es una estructura en la cual el cuerpo del niño se apoya y sujeta para verticalizarse.

Como toda estructura, deben cumplirse ciertas condiciones de equilibrio para que esta no colapse:

1. La suma de las fuerzas externas que actúen sobre el cuerpo deben ser cero.

$$\sum F = 0$$

Esto quiere decir que está en equilibrio porque la resultante de las fuerzas que

están actuando sobre él se cancelan entre ellas.

2. El cuerpo no debe tener tendencia a girar. en ningún punto, es decir:

$$\sum T = 0$$

El equilibrio del sistema se basa en la Primera y Tercera Ley de Newton, estas mismas son explicadas en el capítulo de Marco Teórico.

Además de mantener la estructura estable, el bipedestador debe sostener el cuerpo del niño en posición. Según los expertos, deben haber como mínimo 2 fuerzas contrarias al cuerpo para que éste quede en vertical (Vargas González, 2016)

Las fuerzas pueden venir de distintas maneras siempre y cuando bloqueen las articulaciones de rodillas, caderas y tobillos. También se puede aplicar una fuerza en el tronco o pecho si es necesario.

El sistema siempre procura mantener dentro de sí el centro de gravedad del niño. Normalmente utiliza 4 puntos de apoyo.

Según la figura 3.6, las fuerzas involucradas son el peso del niño, la fuerza

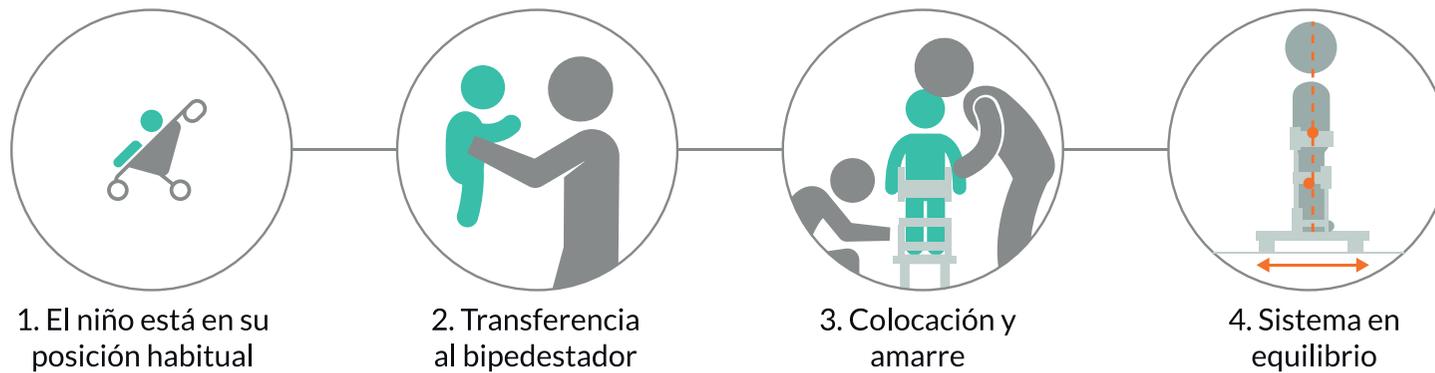
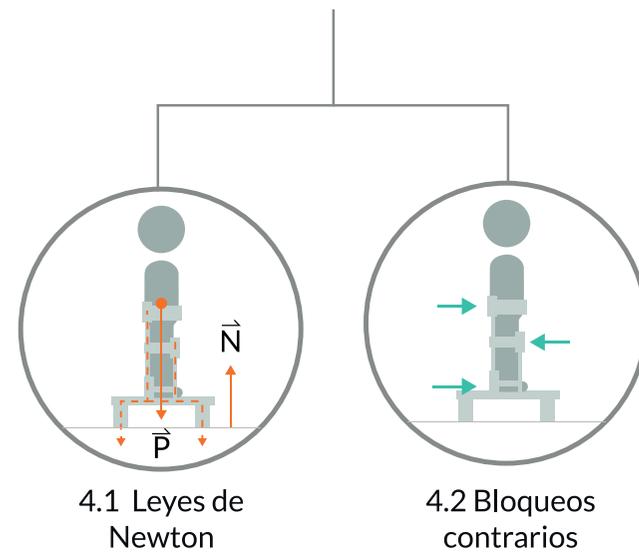
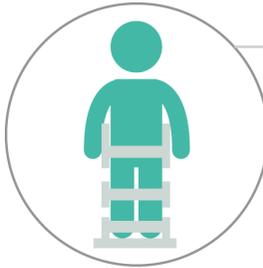


Figura 3.5. Storyboard de funcionamiento del bipeDESTADOR

Normal, y las fuerzas ejercidas sobre los puntos de contacto. Cuando el sistema está en movimiento, la fricción y la fuerza de empuje también están presentes.

Una buena distribución del peso del sistema con el usuario en los 4 puntos de apoyo es esencial para un buen equilibrio.





Un bipedestador debe:

- Proporcionar la verticalización del cuerpo
- Alinear las articulaciones de cadera-rodilla-tobillo como mínimo
- Sujetar estas articulaciones manteniendo la seguridad
- Darle comodidad en esos puntos de contacto

Lo hace, como mínimo, por medio de sistemas de:

- Chasis o estructural que dará apoyo a su cuerpo
- Sistemas de ajuste que mantendrán el cuerpo del niño en su lugar

Y deben tomar en cuenta aspectos como:

- Mantener el centro de gravedad dentro de la base estructural para evitar que el sistema gire y caiga con el niño
- Alinear el cg del niño y del sistema lo mejor posible para mantener un mejor equilibrio
- Dar 4 puntos de apoyo que podrán distribuir mejor el peso del niño y del sistema
- Proponer, como mínimo, 2 fuerzas contrarias en las articulaciones mencionadas para bloquear y lograr verticalizar el cuerpo

Figura 3.6. Conclusiones del análisis funcional

## 3.6 ANÁLISIS DE LO EXISTENTE

---

### Tipos de bipedestadores

En el mercado nacional e internacional se encuentran diferentes tipos de bipedestadores. Estos se clasifican según la posición que podría alcanzar el usuario y la independencia que le brinda. Vemos así cuatro grandes grupos:

#### 1. Bipedestadores en prono

La posición que adoptan los pacientes es la decúbito prono. Ellos tienen un buen control de extremidades superiores y los músculos que sostienen la cabeza y que deben ejercitar.

Normalmente se puede graduar el ángulo de inclinación frontal entre los 45° y 85° y tiene una base grande para que el sistema mantenga el equilibrio. La mayoría de estos



Figura 3.7. Bipedestadores en prono

dispositivos son pasivos pues el usuario no controla por sí mismo la posición. Y está apoyado hacia una mesa o plano horizontal.

## 2. Bipedestadores en supino

En este caso, el usuario se acuesta sobre la espalda o en decúbito supino. Este dispositivo está diseñado para pacientes que no tienen suficiente fuerza o control del cuerpo, incluida la cabeza.

La estructura se inclina desde los 0° hasta casi los 90°. Se puede colocar también un plano horizontal.

Estos dos tipos de bipedestador suelen fusionarse y el mercado ofrece un mismo dispositivo que tenga la opción de que el paciente adopte ambas posiciones en prono y en supino y una tercera que es la verticalización.

Esto eleva el costo del producto y la complejidad de mecanismos y añade valor agregado al ofrecer el 3 en 1.

Se ofrecen en varios tamaños que se dividen en las etapas de crecimiento de una persona: niños, adolescentes y adultos.



Figura 3.8. Bipedestadores en supino

### 3. Bipedestadores en vertical



○ Tipos de bipedestadores que se fabrican, mayoritariamente, a nivel nacional

Figura 3.9. Bipedestadores en vertical

Como se ha mencionado antes, un bipedestador en posición vertical está hecho para pacientes con un control y balance apto de tronco y cabeza.

Normalmente son más baratos y requieren de menos espacio. Están apoyados por una superficie o cuatro puntos de apoyo con desplazamiento.

En la figura 3.10 se puede observar distintas modalidades con distintas estructuras. Unas más cómodas que otras y algunas ofrecen mecanismos de ajustes.

Los materiales más utilizados son perfiles redondos o cuadrados de acero o aluminio con piezas en madera y textil.

Existe una opción que no se recomienda por los especialistas y otras que son muy incómodas, estas son el cajón de madera y los bipedestadores hechos con yeso o plástico (polipropileno). (Vargas González, 2016) (Garita Meneses, 2016)

En el caso del cajón de madera, las razones son el poco control en la alineación de las articulaciones pues las rodillas están dentro del cajón y no se puede ver la posición durante la rehabilitación.

Y en el caso de los bipedestadores de polipropileno o yeso es la falta de ajuste durante el crecimiento del niño pues su fabricación los convierte en una sola pieza.

Estos últimos son los más fabricados a nivel nacional, ya que son los más baratos y fáciles de hacer por los terapeutas y talleres ortopédicos. (León, 2016) (García, 2016)

O se utilizan órtesis bilaterales con articulaciones bloqueadas en las rodillas como alternativa de bipedestación.

Algunos especialistas fabrican bipedestadores basados en los que se ofrecen a nivel internacional. Es el caso del fisioterapeuta Geovanny Garita quien los fabrica en acero y madera y les incorpora mecanismos de ajustes e inclinación para luego venderlos a los pacientes que los encargan. (Garita Meneses, 2016)

Esta solución responde a una falta de bipedestadores cómodos y baratos a nivel nacional.

### 3. Bipedestadores móviles

Este tipo de bipedestador es una alternativa que permite más independencia al usuario pues él mismo puede moverse sin necesidad de una tercera persona.

Se recomienda su uso a niños mayores de 3 años cuando ya tiene más conciencia y manejo espacial así como una curiosidad más desarrollada.

La mayoría utiliza ruedas del tipo silla de ruedas, con llantas delgadas y un aro

externo para darle impulso a la llanta. También vienen en tallas según la edad y la contextura del usuario.

La posición que se utiliza es la de bipedestación y algunos tienen un sistema hidráulico que permite el cambio de posición de sentado hasta la bipedestación, como es el caso de la opción extrema izquierda.



Figura 3.10. Bipedestadores móviles

## Tabla de comparación entre tipos de bipedestadores

	Prono	Supino	Vertical	Móvil
<b>Postura</b>	Tendido boca abajo con la cabeza libre. Brazos libres	Tendido sobre la espalda	En bipedestación con articulaciones de cadera, rodilla y tobillo alineadas	En bipedestación
<b>Uso</b>	Interiores, pasivo	Interiores, pasivo	Interiores, pasivo	Interiores, exteriores, activo
<b>Costo</b>	Entre \$1500 y \$3800	Entre \$1500 y \$4000	Entre \$500 y \$2500	Entre \$2000 y \$5000
<b>Componentes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chasis</li> <li>-Soportes de pies, rodillas, cadera y tronco</li> <li>- Soportes laterales</li> <li>- Bandas o cinchos</li> <li>- Sistema de regulación</li> <li>- Mesa o tablero</li> <li>- Rodines</li> <li>- Otros accesorios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Soportes de pies, rodillas, cadera y tronco, brazos y cabeza</li> <li>- Soporte laterales</li> <li>- Sistema de regulación</li> <li>-Rodines</li> <li>-Chasis</li> <li>-Agarraderas, cinchos, cuñas para pies, mesa</li> <li>- Otros accesorios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Soportes de pies, rodillas, cadera y tronco</li> <li>- Chasis vertical</li> <li>- Bandas o cinchos</li> <li>- Rodines</li> <li>- Mesa o tablero</li> <li>- Sistema de regulación</li> <li>- Otros accesorios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Soportes de pies, rodillas, cadera y tronco</li> <li>- Soporte laterales</li> <li>- Sistema de regulación</li> <li>-Ruedas y rodines</li> <li>-Chasis</li> <li>-Agarraderas, cinchos, mesa</li> <li>- Otros accesorios</li> </ul>
<b>Materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plástico</li> <li>- Metal</li> <li>-Madera</li> <li>-Espuma poliuretano</li> <li>-Velcro, cinta nylon, textil</li> <li>-Uniones estándar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plástico</li> <li>- Metal</li> <li>-Madera</li> <li>-Espuma poliuretano</li> <li>-Velcro, cinta nylon, textil</li> <li>-Uniones estándar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plástico</li> <li>- Metal</li> <li>-Madera</li> <li>- Yeso</li> <li>-Espuma</li> <li>-Textil</li> <li>-Uniones estándar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plástico</li> <li>- Metal</li> <li>-Espuma</li> <li>-Textiles, cinchos</li> <li>-Uniones estándar</li> </ul>

Tabla 3.6. Comparación entre los tipos de bipedestadores

## Tabla de comparación entre bipedestadores verticales

	Yeso/Plástico	Cajón	Ejes verticales + Chasis
<b>+</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se amolda a características corporales del niño</li> <li>- Dimensiones permiten cargarlos fácilmente</li> <li>- Fabricación permite que cualquiera pueda hacerlos (yeso)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fácil de fabricar</li> <li>- Es el más barato de todos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adaptación fácil a muchas alturas y anchuras en diferentes edades</li> <li>- Los que usan rodines son fáciles de desplazar</li> <li>- Los que usan superficie como base son muy estables</li> <li>- Comodidad en los puntos de contacto pues utilizan textiles y/o espumas</li> <li>- Algunos permiten independencia gracias a las ruedas grandes</li> </ul>
<b>—</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se adaptan al crecimiento del niño</li> <li>- Pueden generar puntos de presión cuando el niño crezca</li> <li>- Deben sostenerlo cuando el niño lo está usando</li> <li>- Bandas pueden generar incomodidad por el grosor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se puede controlar bien la alineación de rodillas o tobillos</li> <li>- Es muy voluminoso</li> <li>- No se adapta al crecimiento del niño</li> <li>- No utiliza un plano de trabajo horizontal (mesa)</li> <li>- No es amigable con el usuario</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Son costosos</li> <li>- Algunos con volumen grande</li> </ul>

Tabla 3.7. Comparación entre bipedestadores verticales

Como se puede ver en la tabla 3.6 existen componentes en común entre los tipos de bipedestadores. Esto determina qué sistemas son esenciales.

Además de los materiales que se utilizan para las estructuras, siendo el metal, textil y el plástico los más comunes.

Esto responde a la capacidad del metal de soportar carga, la facilidad del plástico de adoptar formas específicas y la amabilidad del textil de interactuar con el usuario.

Otros sistemas como, por ejemplo, eléctricos ayudan a realizar las regulaciones de posición, sin embargo no son vitales para que el bipedestador cumpla su función. En el proyecto se descartan pues eleva el costo y el mantenimiento.

La tabla 3.7 evidencia las ventajas que tiene un bipedestador vertical con una configuración formal de ejes verticales y un chasis.

Esto aumenta la capacidad de adaptación al crecimiento del niño. Además de relacionar una pieza con una articulación para amarrar y soportar, lo que aumenta la seguridad del usuario.

## Sistema de chasis

El primer sistema a evaluar es el chasis. Normalmente vienen con una base amplia sobre 4 puntos de apoyo. Esto permite darle mayor estabilidad al sistema manteniendo el cg dentro de su área. Otros terminan en una superficie de apoyo.

Existe un eje vertical que permite seguir la verticalidad del cuerpo en bipedestación. Y de él se subdividen los otros sistemas de soporte y de sujeción.

La transición formal entre estos elementos es geométrica, sobretodo entre el chasis y el eje vertical, es casi perpendicular, con ciertos elementos diagonales. No predominan formas orgánicas o superficies curvas.

Se puede dividir la forma en 4 grupos. El primero es una configuración perpendicular con variaciones, el segundo son diagonales que van hacia la base, en el tercero los puntos de apoyo suben hasta un punto o línea y de aquí se soporta el eje vertical. El último grupo es más complejo pues su forma responde a soportar un sistema hidráulico para regular la inclinación del eje.



Figura 3.11. Sistemas de chasis vv

### Relación formal de la estructura

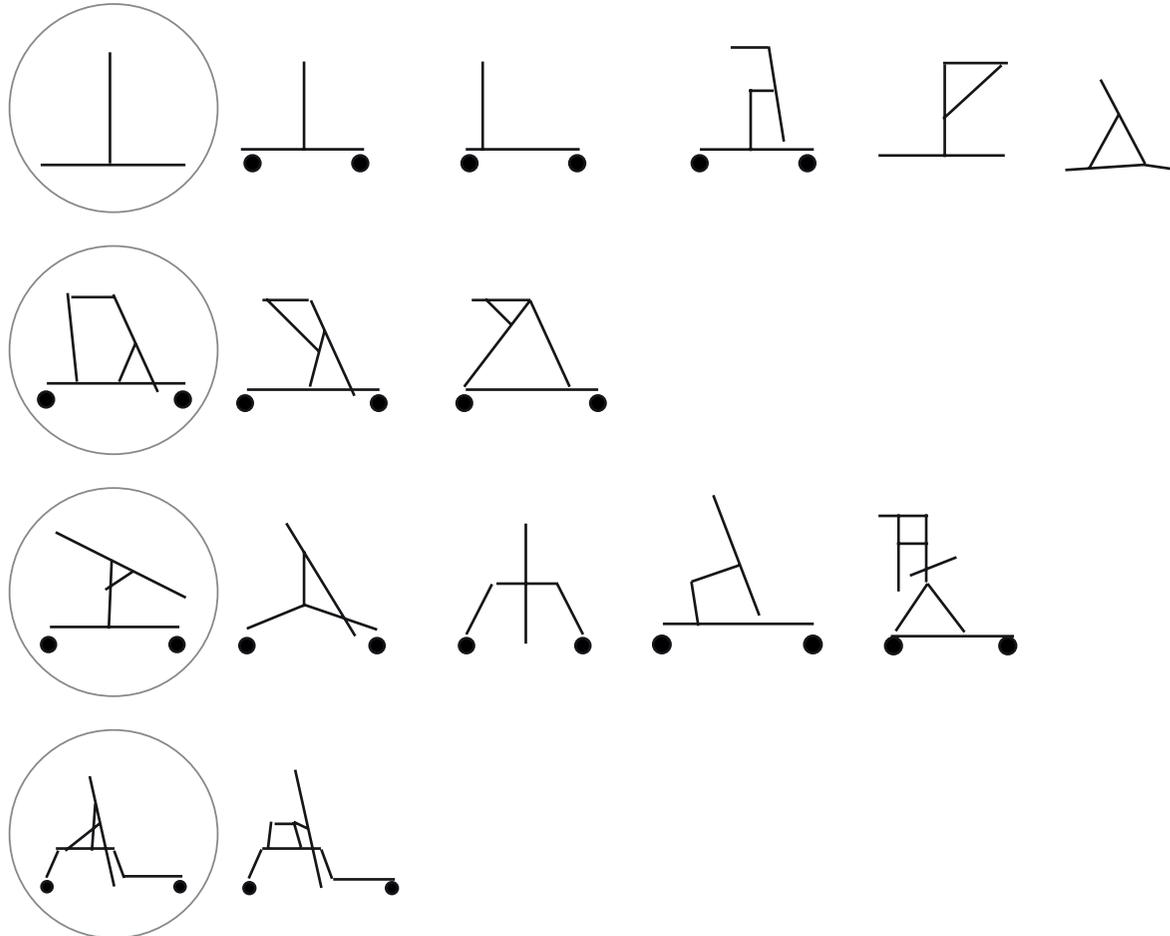
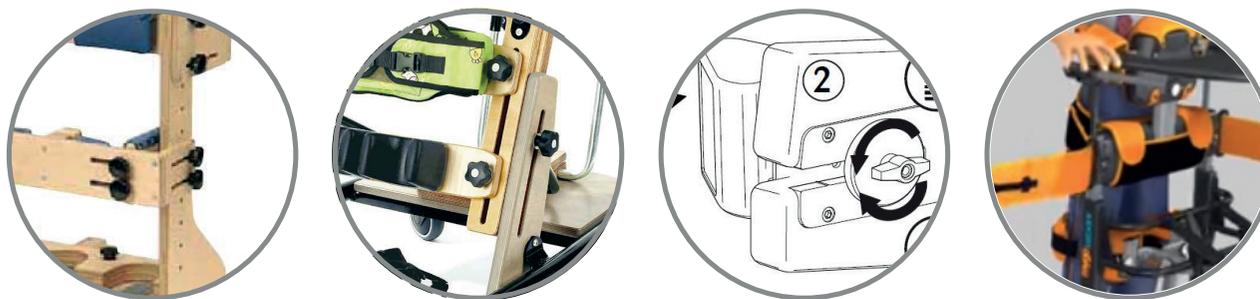


Figura 3.12. Comparación formal entre los chasis

## Sistema de ajuste

El sistema de ajuste se divide en regulación de dimensiones y regulación de inclinación.

### 1. Dimensiones



### 2. Inclinación

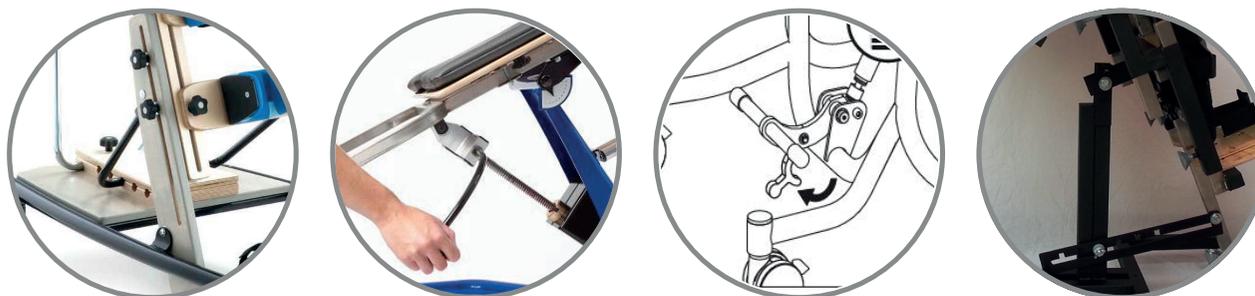


Figura 3.13. Sistemas de ajuste

Los ajustes para las dimensiones corporales del niño se refieren a la altura, el diámetro y posición de las articulaciones.

Estos se ajustan sobre un eje vertical y trabajan en conjunto con los soportes en cada parte descrita del cuerpo.

Para unirse al chasis, se utilizan tornillos que se pueden deslizar sobre el eje o encajar en el nivel deseado según el tipo de sistema que se esté utilizando.

Para el diámetro de la articulación se utilizan bandas o fajones de tela que se ajustan por medio de velcro o de cierres de correas.

Los ajustes para la inclinación se posicionan por debajo de la cadera y se utilizan en su mayoría para bipedestadores en prono y en supino.

Estos son pistones hidráulicos, sistemas de rosca o sistemas dentados con diferentes niveles de graduación y lectores de posición para mayor precisión.

## Sistemas de apoyo

El sistema de apoyo también se divide en

dos, el subsistema de sujeción y el de apoyo horizontal. Las piezas que sujetan el cuerpo se amoldan a la curvatura de la articulación como es el caso de las rodillas o son una superficie de apoyo en el caso de la pelvis.

El material más frecuente es la espuma de alta densidad para darle soporte y comodidad en el punto de contacto. Estos soportes se unen también a la faja que amarra al usuario al sistema.

El soporte en tobillos o pies sirve para mantener en 90° la articulación. La mayoría de los niños utilizan el bipedestador con zapatos entonces el soporte también sirve para sujetar los pies a una tabla horizontal.

Dependiendo de la necesidad del usuario, se pueden colocar soportes laterales que acomodan mejor el cuerpo en línea vertical.

Todos estos subsistemas se unen al chasis y al eje vertical por medio de ganchos, tornillos, placas.

En el subsistema de apoyo horizontal se pueden observar la mesa o tablero y la base de los pies que permiten descanso y apoyo al usuario.

## 1. Sujeción



Figura 3.14. Subsistemas de sujeción

## 2. Apoyo horizontal



Figura 3.15. Subsistemas de apoyo horizontal

## Sistema de desplazamiento

Los bipdestadores utilizan rodines no mayores a los 7 cm en sus puntos de apoyo. Se utilizan frenos en la parte trasera y de libre giro en la parte delantera.

El peso máximo de soporte es aproximado de hasta 75 kilos en rodines de termoplástico o goma de poluretano y para bipdestadores de niños y adolescentes.

Los rodines con espiga son frecuentes pues se unen al tubo o barra angosta del chasis de una mejor manera.

Las ruedas más anchas son para facilitar el desplazamiento independiente y necesitan de un punto de apoyo hacia el punto medio del eje vertical para mantener el equilibrio.

Además no deben de estar lejos del centro de gravedad del usuario porque sino el usuario no tendrá manera de alcanzar las ruedas.

## Otros sistemas estudiados

Además se complementó el estudio de los objetos de referencia con sistemas sencillos existentes en el mercado como bisagras, barras deslizantes, elementos de estabilización, sistemas macho hembra, sistemas de enganche, entre otros.

Mediante estos mecanismos se pueden unir piezas. Además de dar ese ajuste necesario al crecimiento del niño, opciones de giro y cierre.

Son piezas que se pueden encontrar ya listas



Figura 3.16. Subsistemas de desplazamiento

en el comercio o que su mecanismo es fácil de fabricar.

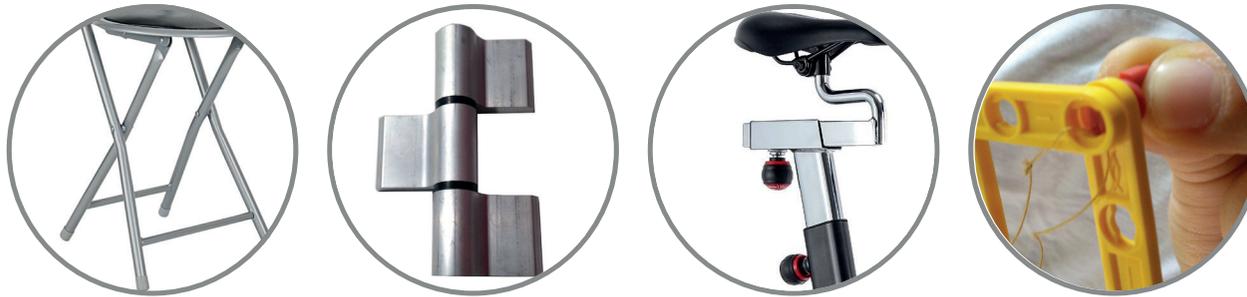


Figura 3.17. Sistemas de estabilización, bisagra, ajuste y cierre machiembrado

## Conclusiones del análisis de lo existente



- Configuración formal de chasis + ejes verticales es mejor como sistema de bipedestación
- La regulación de inclinación no es vital para el sistema, es un valor agregado y aumenta los costos
- Componentes de sujeción, bases de apoyo y amarres son esenciales
- Materiales más utilizados son plástico, metal y textil
- Otros sistemas de unión como las bisagras resuelven aspectos de unión entre partes, etc.

Figura 3.18. Conclusiones del análisis de los existente

## 3.7 ANÁLISIS ERGONÓMICO

---

### Medidas antropométricas

No se lograron encontrar estudios o tablas antropométricas de las medidas específicas de niños con espina bífida o mielomeningocele.

Para efectos del proyecto, se decidió utilizar las medidas de niños en crecimiento normal de los 10 meses a los 2 años.

Sin embargo, las tablas antropométricas existentes ofrecen las medidas de niños mayores a los cuatro años. Las razones son simples controles de salud.

Se miden por talla (estatura), diámetro cefálico y peso. Si el niño no cumple con las medidas normales, está en peligro y por lo tanto debe estar en observación. (Villalobos, 2016)

Según la enfermera, solo con estudios específicos en enfermería y nutrición se logra medir la mayoría de las partes del cuerpo del niño menor a los 2 años. Sin embargo, por razones de privacidad en

los expedientes de pacientes no se logró encontrar dichos datos.

Es así como las dimensiones en el proyecto se basan en tablas de medida de estatura y peso de la Organización Mundial de la Salud, de la teoría de proporciones del cuerpo humano y otras medidas globales a la mano como el diámetro torácico.

Según las proporciones teóricas del cuerpo humano, un niño de 12 meses tiene una proporción de 4 cabezas, mientras que uno de 3 años de 5 cabezas.

Con esta información se hizo un cálculo aproximado de las siguientes medidas en percentiles 5 y 95:

- Altura radial (a la cintura)
- Altura a la cresta ilíaca (cadera)
- Altura al hueco poplíteo

Se tomaron las estaturas y se dividieron entre las proporciones, según la edad. Esto dio como resultado la medida respectiva

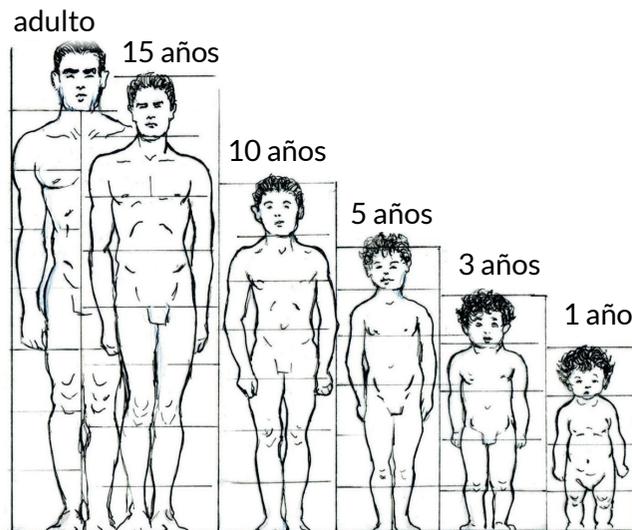


Figura 3.19. Proporciones del cuerpo humano. (Online Drawing Lessons, s.f)

		Percentiles					
		Niña			Niño		
	Dimensiones	5	50	95	5	50	95
10 meses	Talla/estatura (cm)	67	71,5	76	69	73,2	77,5
	Peso (kg)	6,8	8,5	10,7	7,4	9,2	11,2
12 meses	Talla/estatura (cm)	69,2	74	78,8	71,1	75,8	80,1
	Peso (kg)	7,1	8,9	11,3	7,8	9,6	14,6
24 meses	Talla/estatura (cm)	80,2	86,3	92,3	82	87,9	93,5
	Peso (kg)	9,2	11,5	14,6	9,8	12,1	15,1

Tabla 3.8. Percentiles de talla y peso

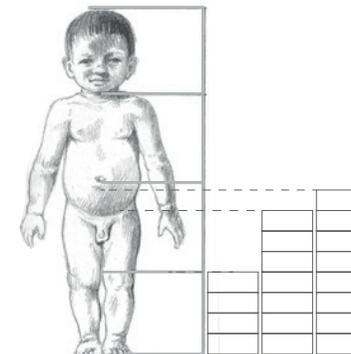


Figura 3.20. Segmentos en niño de 1 año

de cada segmento del cuerpo y se prosiguió a dividirlos en cuartos para luego sumar hasta la altura requerida.(ver figura 3.8)

Así se aproximó un rango para cada articulación. Se tomaron los extremos mínimos y máximos que corresponden al percentil 5 en niñas y 95 en niños.

Los resultados son aproximados y se debe bajar el mínimo pues estos datos se realizan con 12 meses y no 10 meses.

$$\frac{\text{Estatura}}{\text{Proporción}} = \text{Segmento del cuerpo}$$

$$\frac{\text{Segmento}}{4} = \text{fracción del segmento}$$

$$\sum \text{segmentos de interés} = \text{altura requerida}$$

		Percentiles			
		Niña		Niño	
Dimensiones		5	95	5	95
12 meses	Altura radial	34,5	39,5	35,5	40
	Altura a la cresta ilíaca	30,18	34,56	31,1	35
	Altura al hueco poplíteo	17,27	19,75	17,75	22
24 meses	Altura radial	44,5	49,8	45,5	51,9
	Altura a la cresta ilíaca	40,45	45,33	40,9	46,7
	Altura al hueco poplíteo	22,5	25,11	22,8	25,9

Tabla 3.9. Percentiles calculados

Dimensiones (cm)	12 meses	24 meses
Circunferencia torácica	47	50
Circunferencia cefálica	46,5	48

Tabla 3.10 Datos de circunferencia de la cabeza y tronco

Las medidas de las circunferencias son escasas y sólo arrojan datos únicos, no divididos en percentiles.

### Características corporales en la espina bífida

Según los especialistas, el cuerpo de un niño con espina bífida va a desarrollar menos musculatura en las extremidades inferiores por lo que van a tener menores dimensiones. (Garita, 2016)

Su caja torácica va a llegar a ser más amplia y posiblemente se hagan más gruesa a causa de la obesidad que pueden sufrir.

Los músculos de los brazos son los más fuertes y desarrollados pues son los que más actividad de fortalecimiento reciben. Y, en general, pueden llegar a medir aproximadamente unos 150 cm de

estatura. (Fernández, 2016)

Dependiendo de otras condiciones que padezca el niño, puede que su columna

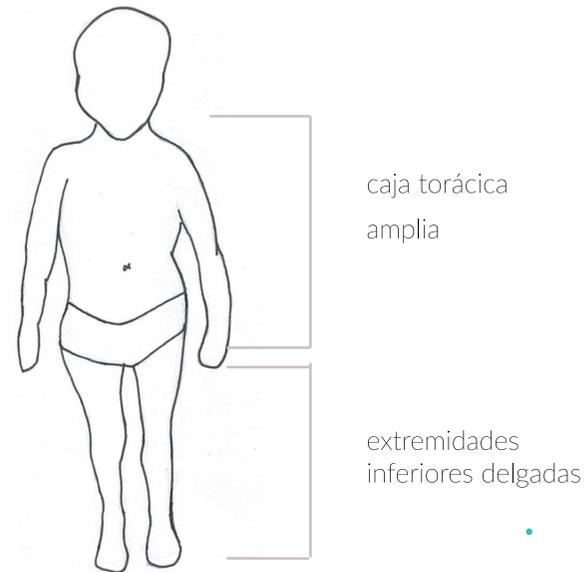


Figura 3.21. Características físicas de un niño con E.B

vertebral tenga deformidad. Sin embargo, la idea de empezar la rehabilitación desde temprana edad es para evitar precisamente que las deformidades óseas se agraven.

## Biomecánica

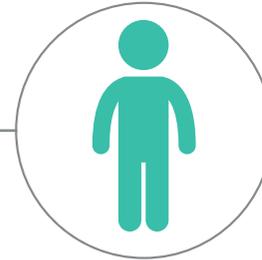
Si bien los niños no mueven las extremidades inferiores, existen movimientos en la cabeza y extremidades superiores.

Así que se deben de tomar en cuenta los diferentes movimientos de extensión, hiperextensión y flexión de brazos así como la aducción y abducción.

Flexiones laterales del tronco y los movimientos correspondientes de las muñecas y los dedos de flexión, extensión, hiperextnsión, aducción y abducción.

Además los movimientos del cuello también de extensión, flexión, hiperextensión y rotación.

## Conclusiones del análisis ergonómico



Medidas a tomar en cuenta en el diseño:

- Altura al hueso poplíteo
- Altura a la cresta ilíaca
- Altura radial o a la cintura
- Circunferencia torácica

Tomar en cuenta movimientos de extremidades superiores, cabeza y tronco en:

- Flexión, extensión , hiperextensión
- Aducción, aducción y radiales

Tomar en cuenta el crecimiento en la parte de arriba del cuerpo que puede generar que el cg se vea afectado

Figura 3.22. Conclusiones del análisis ergonómico

## 3.8 ANÁLISIS TECNOLÓGICO

---

### Materiales

De acuerdo a las necesidades del usuario y a los análisis realizados, se limitaron los materiales a plásticos, metales y textil.

Además de piezas estándar.

Esto responde a la necesidad de una estructura que se mantenga estable y que pueda mantenerse con facilidad, además de contemplar la disminución en los tiempos de fabricación y, por lo tanto, de entrega del bipedestador.

Además se debe de tomar en cuenta factores como:

- Humedad en exteriores
- Hongos
- Polvo y suciedad
- Piso en interiores
- Mantenimiento esperado

Los bipedestadores que se mantienen en los centros de rehabilitación como en la

Escuela Centeno Güell se mantienen en los pasillo exteriores bajo techo. La humedad ha maltratado a piezas de madera y algunos tienen hongos (León, 2016)

Otro factor muy importante a tener en cuenta es la alergia al látex en los niños con espina bífida, como se mencionó en el primer capítulo, el látex puede provocar reacciones inesperadas en estos niños, provocando la muerte.

Y el factor seguridad en cuanto a resistencia de cargas y tensiones en piezas que soportarán el peso del niño que es como mínimo unos 15 kilos.

### 1. Materiales Metálicos

Se eligieron dos metales para analizar, el acero y el aluminio. Las razones son la facilidad de conseguirlos en el mercado y que son aptos para estructuras como marcos de bicicletas que pueden ser fabricados fácilmente por estos dos metales.

## Características de metales y plásticos



Figura 3.23. Características metales y plásticos

## 2. Materiales plásticos

Existen muchas variedades de plásticos que pueden funcionar para el diseño del bipedestador. Sin embargo, se debe pensar primero en una estrategia de fabricación antes de poder elegir el material con el cual trabajar.

Esto porque dependiendo del tipo de fabricación que se elegirá, así se dispondrá del tipo de plástico a utilizar.

En este caso, como el lote de producción es una aproximación de 35 bipedestadores anules, las tecnologías no pueden ser de producción en masa porque no sería rentable.

Entonces se han elegido materiales plásticos que se pueden utilizar en la impresión en 3D. Estos son el ABS, PLA y Nylon.

## 3. Materiales textiles

Las telas que se pueden utilizar deben ser telas resistentes a la tensión, que permitan la transpiración y que brinden comodidad al usuario.

Es el caso de telas que se utilizan para

fabricar bultos para viajes, como la cordura o la malla de poliéster, en donde las condiciones de uso son extremas.

El neopreno es otra opción de uso. La gran resistencia a daños provocados por flexiones y torsiones y la gran facilidad de limpieza así como su impermeabilidad permiten que la tela sea apta para su uso en este proyecto.

Otros elementos a considerar son las espumas que le darán apoyo y comodidad y evitará que se puedan hacer puntos de presión. Además de otros elementos como las cintas de nylon que dan adaptabilidad a los sistemas de mochila y la venillas de tapicería que refuerzan los bordes de las telas.

## 4. Materiales estándar

También se utilizarán materiales que ya están listos en el mercado, es el caso de las uniones fijas y no fijas como tornillos y soldadura, además de los rodines que se pueden sustituir y son baratos.

## Características textiles y de piezas estándar

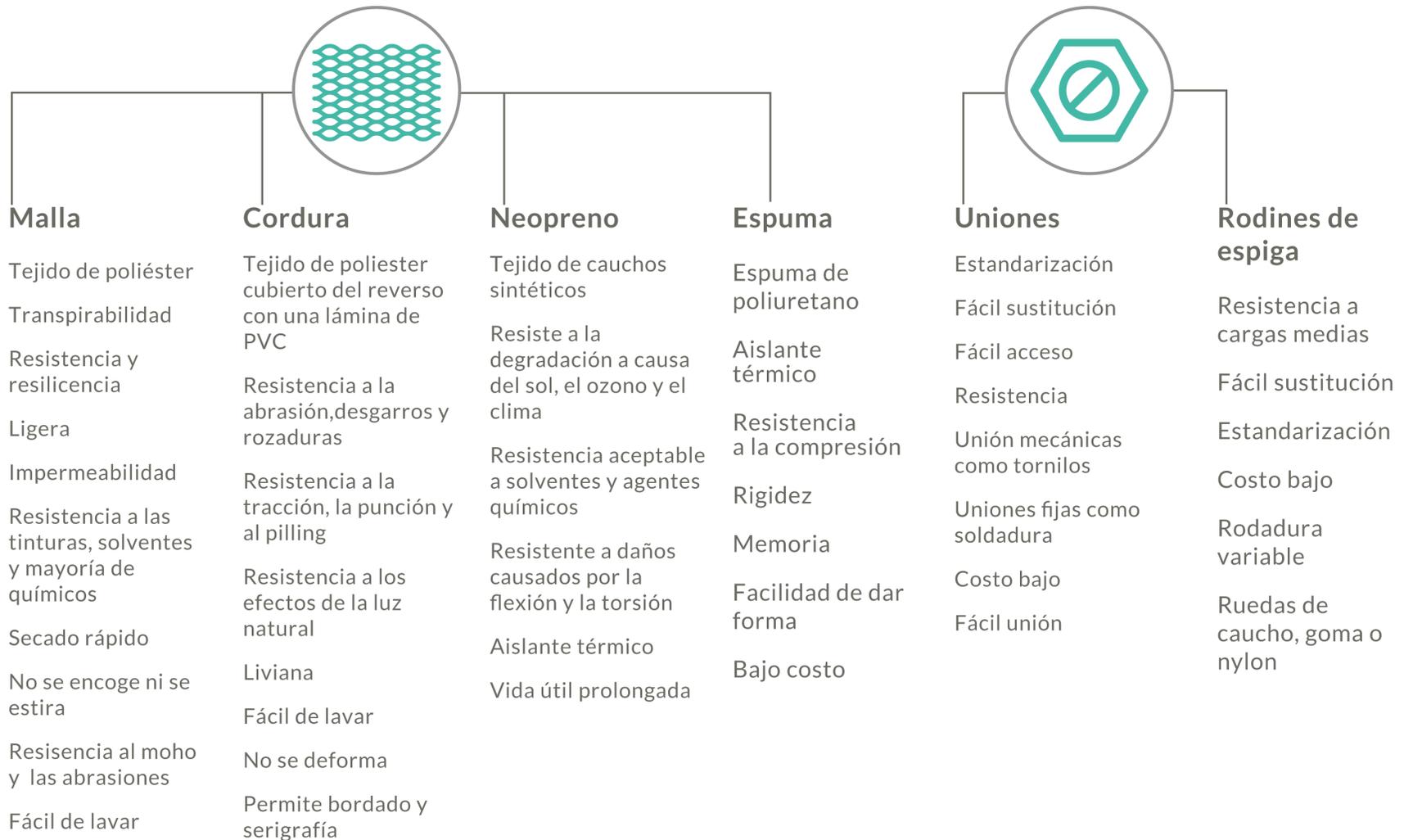


Figura 3.24. Características textiles y de piezas estándar

## Resumen procesos industriales

### 1. Metales

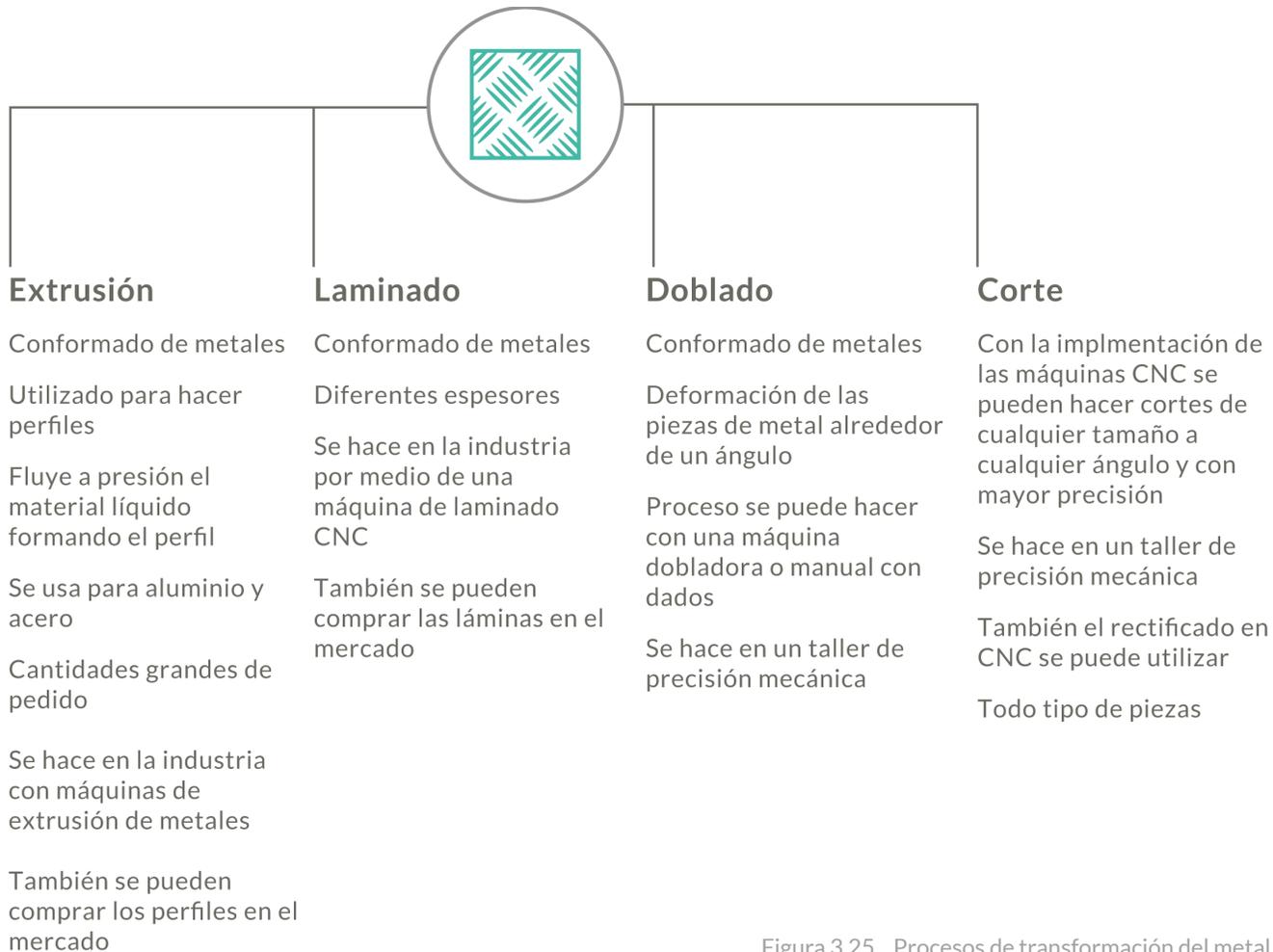


Figura 3.25 . Procesos de transformación del metal

## 2. Pástico y Textil

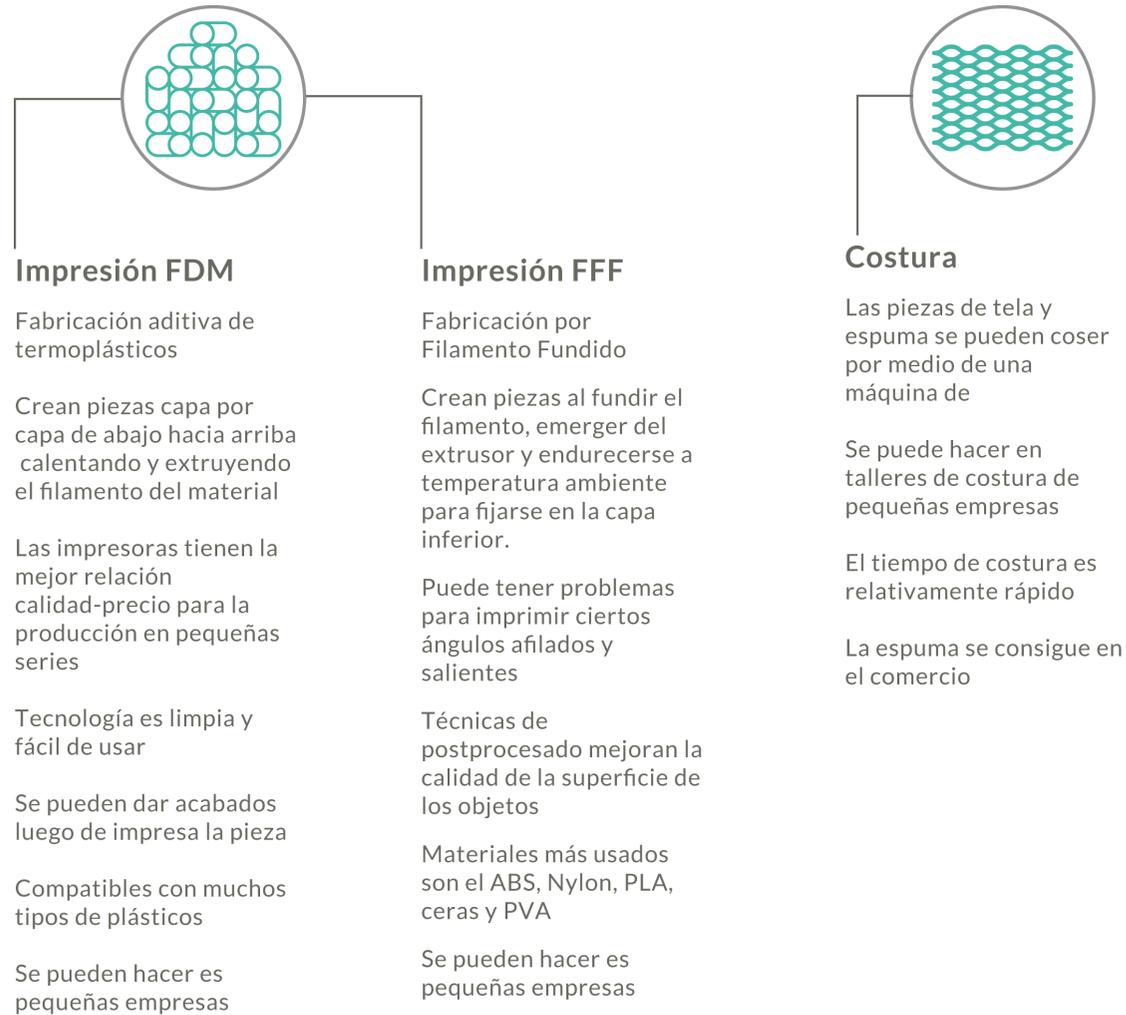


Figura 3.26. Procesos de transformación del plástico y textil

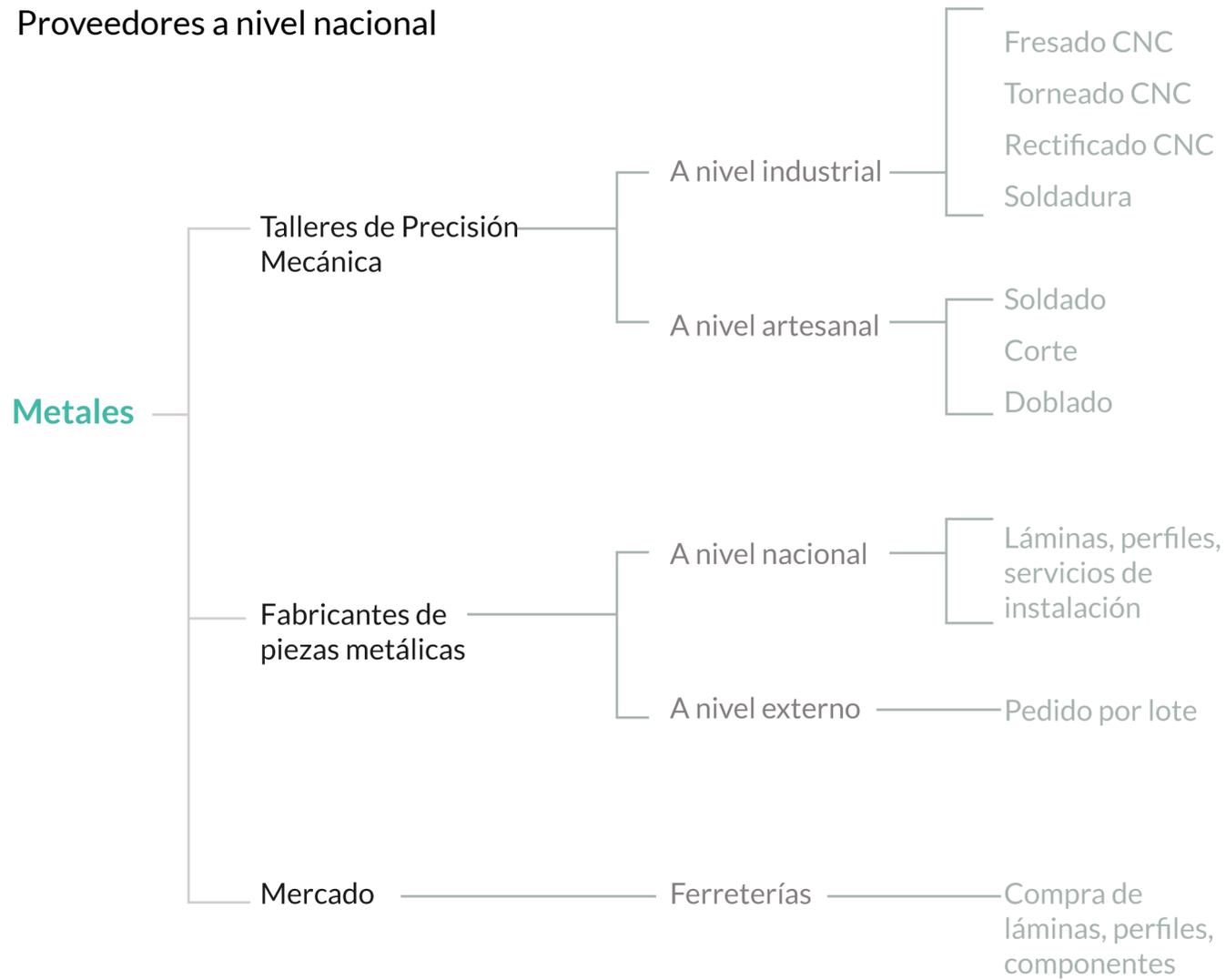


Figura 3.27. Distintas opciones para conseguir el metal en el país

A nivel nacional se pueden tener varias opciones para conseguir el metal. Se puede ir directamente a las fábricas en donde se realiza el aluminio, por ejemplo, como Extralum.

También se puede ir a una ferretería y comprar las piezas ya listas. Las opciones dependen del diseño, pues un perfil estándar se puede conseguir más fácilmente que uno diseñado específicamente para un producto.

Según la empresa Extralum, el mínimo para poder mandar a hacer perfiles a la medida es de 250 kg por pieza.

Luego se compran las piezas, se pueden modificar mediante talleres de precisión mecánica como Fema, Preinsa y Optyma en Cartago que tienen máquinas especializadas o se puede contar con un taller ortopédico que trabajan metales.

Sin embargo, el taller no cuenta con maquinaria de gran precisión sino que son los operarios los que modifican las piezas.

El cuanto al plástico, las empresas que se pueden encontrar en Costa Rica y que trabajan con impresión en 3D son muy

pocas.

Una de ellas es Elementos en 3D, el mismo Hospital Nacional de Niños o, incluso, el Tecnológico de Costa Rica que cuenta con una máquina que trabaja con muchos polímeros.

El cosido del textil se puede mandar a hacer en talleres de costuras.

## 3.9 ANÁLISIS PERCEPTUAL

---

### Frase Semántica

La frase semántica que se elige está compuesta por las siguientes palabras

1. Lúdico
2. Simple
3. Seguro
4. Moderno

La palabra lúdico hace referencia a una relación que se quiere mostrar con elementos de juego que los padres comprarían a los niños. Un triciclo, bicicleta, mesa de juegos, coches, entre otros. Que el bipedestador sea parte de esos elementos visuales en la etapa infantil.

Con la palabra simpleza se quiere lograr que el bipedestador tenga una baja carga cognitiva y que tenga una configuración formal que visualice una usabilidad. Que terceros identifiquen cómo funciona y para qué sirven las partes.

Para los padres es importante que su hijo esté seguro en primer lugar. Por eso la palabra seguridad debe mostrarse en el bipedestador. Esto se logra promoviendo formas y estructuras aptas.

Por último, la palabra moderno debe hacer referencia a la estética y configuración funcional pues en el país se viene haciendo los mismo desde hace mucho tiempo y mediante un buen diseño se puede cambiar el concepto que se tiene de los dispositivos de rehabilitación que no son de gusto para la gran mayoría.

### Vocabulario Visual

La frase semiótica da lugar a la búsqueda de la estética que se quiere lograr. Por medio de la búsqueda de un vocabulario visual se puede tener una idea de lo que se quiere lograr en la percepción del bipedestador.

Se buscan objetos de referencia seguros, modernos y simples, además que tengan un poco de lúdico en su aspecto.



Figura 3.28. Vocabulario Visual

# Ejes semánticos

Complejo



Monótono



Lúdico



Simple

Figura 3.29. Ejes semánticos

## Cromática

El cuadrante que tiene los atributos elegidos se compone de elementos sencillos en su diseño y estéticamente atractivos para jugar o montarse sobre ellos.

Una de las necesidades del usuario es que el producto final sea atractivo y que se aleje de ese aspecto ortopédico que siempre ha tenido.

Predomina un acabado opaco (no reflectantes) en los plásticos y el metal con una superficie de color o solo su tono natural.

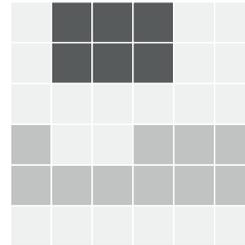
La elección de estos colores responde a la necesidad de presentar el producto agradable a la vista, que pertenezca más a otros juguetes que tiene el niño y no como un elemento metálico con plástico transparente que siempre han visto en los aparatos ortopédicos.

Los colores que siempre se han relacionado con niños son de alta saturación y tonalidades cálidas y frías y neutras.

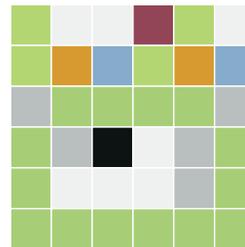
De acuerdo al análisis cromático presentado, el color verde en sus distintos tonos es el de mayor porcentaje, seguido del color más claro, que en este caso, representa el área donde no hay piezas del objeto.

Esto se puede traducir en un bajo volumen del objeto sin muchas piezas protuberantes.

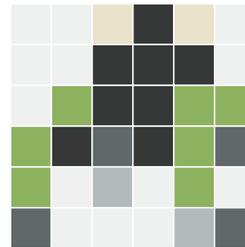
Los colores con tercer nivel de importancia son los grises o negros, seguidos de los tonos que contrastan como amarillo, azul, rosado. A excepción del objeto con el tono de rojo como segunda importancia.



16,6%  
55,6%  
27,8%



19,4%  
50%  
2,7%  
5,5%  
5,5%  
14,2%  
2,7%



36,1%  
19,4%  
22,2%  
5,5%  
5,6%  
11,2%

Figura 3.30a. Cromática de elementos del cuadrante

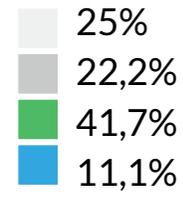
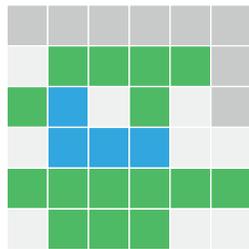
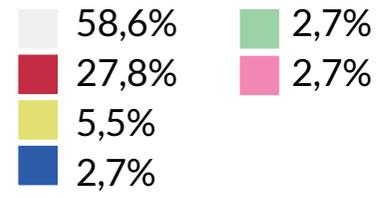
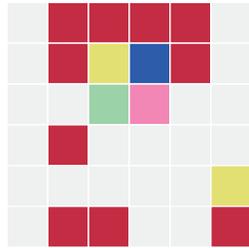


Figura 3.30b. Cromática de elementos del cuadrante

## Topología

De acuerdo a la configuración formal de los objetos en el cuadrante seleccionado y después del análisis de objetos de referencia, la mayoría de los elementos son lineales con leves piezas orgánicas de bordes redondeados.

La mayoría de objetos utilizan perfiles redondos en su estructura de chasis,

láminas semi curvas o planas como bases o tableros y piezas con volúmenes variados en sus soportes y cojines.

Esta topología le da una ventaja sobre los bipedestadores que se utilizan actualmente en el Hospital de Niños y es la variabilidad de formas y relación entre partes que lo hacen ver estéticamente más aceptado.



Figura 3.31. Topología del cuadrante

## Conclusiones del análisis perceptual

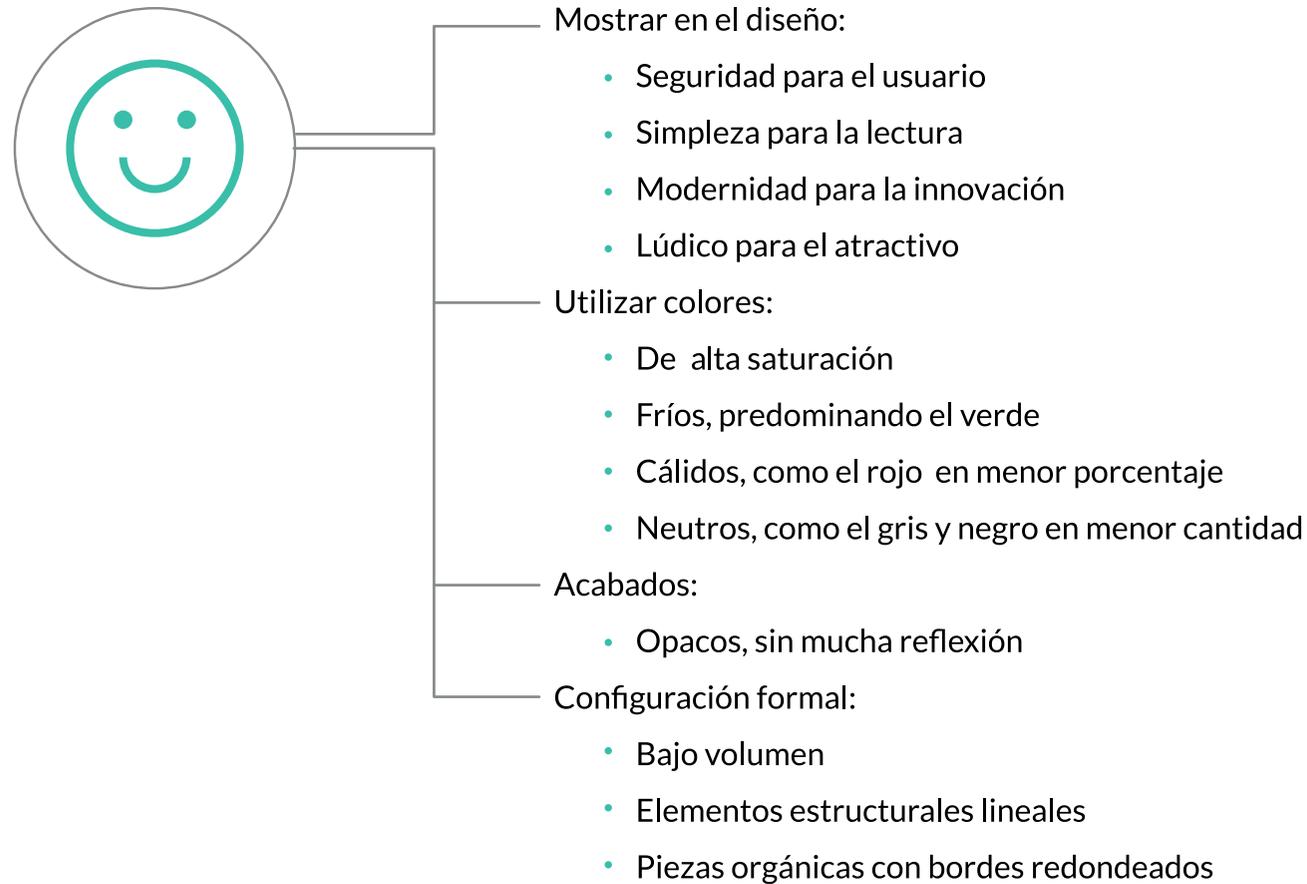


Figura 3.32. Conclusiones análisis de percepción

## 3.10 CONCEPTUALIZACIÓN

---

### ¿Qué?

El producto a desarrollar consiste en un sistema que permita la bipedestación y el alineamiento de las articulaciones en la cadera, rodillas y tobillos.

### ¿Para quién?

Niños que padecen de meningocele y mielomeningocele que están entre los 10 meses a los 2 años de edad y que son atendidos en el Hospital Nacional de Niños.

### ¿Para qué?

Para ofrecer, por medio del diseño, una mejor opción de bipedestación con en comparación de lo que existe a nivel nacional.

Además de brindar una facilidad de fabricación y un mejor costo de lo que se puede conseguir actualmente en el país.

Una vez hechas estas preguntas importantes para empezar a plantear el

diseño del bipedestador, se puede plantear el concepto de diseño.

Se establecieron cuatro palabras como concepto:

-  adaptabilidad
-  estandarización
-  emocional
-  usabilidad

La adaptabilidad corresponde a la necesidad de adaptarse del usuario. Los niños crecen muy rápido durante los primeros años de vida por lo que el diseño debe contemplar dicho ritmo. Esto se logrará sin el sistema tiene una dinámica de plegado.

La estandarización se refiere a las piezas que se pueden conseguir en el mercado. Esto abaratará costos ya que se pueden

comprar de manera individual y sin necesidad de comprar todo un lote de piezas. Además facilita la sustitución de piezas en caso de que se dañen.

La parte emocional es muy importante. Para los padres y familiares es un reto asumir la realidad en la que se encuentran. Empiezan a contemplar toda una nueva vida en torno a hospitales, aparatos, medicamentos y rehabilitaciones, entre otros.

Puede ser hasta impactante ver a su hijo utilizando una ayuda técnica, así que es importante que ese dispositivo le sugiera a los padres seguridad, comodidad y atractivo entre un lenguaje de elementos de rehabilitación.

La usabilidad debe estar en todo producto,. Sin embargo, de acuerdo a los análisis realizados, estos dispositivos deben mejorar en su carga cognitiva. Tienen muchos mecanismo y piezas que pueden confundir la utilización del mismo. Así que es importante resaltar que una lectura eficiente puede determinar el nivel de satisfacción para este producto.

## 3.11 DESARROLLO DE PROPUESTAS

---

Después de elegir los criterios de conceptualización y tomando en cuenta los análisis presentados, se desarrollaron diferentes propuestas las cuales fueron evaluadas y modificadas hasta elegir la mejor opción.

Cada propuesta fue consultada con el médico especialista del Hospital Nacional de Niños para corroborar si el diseño estaba disminuyendo la eficiencia de la rehabilitación.

El desarrollo de cada propuesta contempló aspectos de estabilidad estructural, ergonomía en las piezas de contacto directo con el niño, seguridad en los cierres, plegabilidad del sistema para el almacenamiento y transporte, adaptabilidad mediante mecanismos de plegado, estética estructural y un lenguaje común en su configuración formal, entre otros.

Los parámetros para elegir la propuesta final se basaron en:

-Adaptabilidad para todas las articulaciones

- Sujeción en el área abdomen/pelvis, rodillas y tobillos

-Comodidad del usuario

- Seguridad en el sistema

- Portabilidad

- Lenguaje formal coherente

-Usabilidad

- Manufactura viable en el país

- Estandarización de piezas

Además, de acuerdo a los análisis presentados, se tomaron en cuenta factores importantes en la realización del diseño.

Factores a tomar en cuenta:

<p style="text-align: center;"><b>Necesidad</b></p> <p>Sistema adaptable Evitar gran volumen Base amplia 4 puntos de apoyo 3 puntos de sujeción Comodidad Facilidad de ensamble Reducción tiempo de entrega Concentración de 10 min Contexto uso: interiores</p>	<p style="text-align: center;"><b>Funcionalidad</b></p> <p>Proporcionar alineamiento en articulaciones Brindar seguridad y comodidad Sistema debe tener chasis, sistema de sujeción, apoyo y desplazamiento Mantener equilibrio en el sistema Dos fuerzas contrarias en las articulaciones como mínimo</p>	<p style="text-align: center;"><b>Referencia</b></p> <p>Configuración formal lineal, ejes verticales, panos horizontales Sistema debe tener componentes de sujeción en rodillas, tobillos y pelvis. Materiales más utilizados: plásticos, metal y textil Otros sistemas resuelven unión entre partes: bisagras, machihembrado</p>
<p style="text-align: center;"><b>Ergonomía</b></p> <p>Medidas míni y máx en cm: Altura: 67- 93 Altura cadera: 30-35 Altura rodillas: 17-22 Diámetro torácico: 47-50 Peso: 6,8- 15 Tomar en cuenta que el niño se mueve del tronco para arriba</p>	<p style="text-align: center;"><b>Tecnología</b></p> <p>Materiales resistente a factores externos Materiales: plásticos: Nylon, ABS ó PLA, metálicos: aluminio ó acero, textiles: cordura, mesh, etc, estándares Procesos: impresión 3D, conformado en talleres de precisión mecánica</p>	<p style="text-align: center;"><b>Percepción</b></p> <p>Mostrar en el diseño: Seguridad, lúdico, modernidad, simpleza Colores: <b>alta</b> saturación, cálidos y fríos Acabados opacos</p>

Tabla 3.11. Aspectos a tomar en cuenta en el diseño

## Propuesta 1

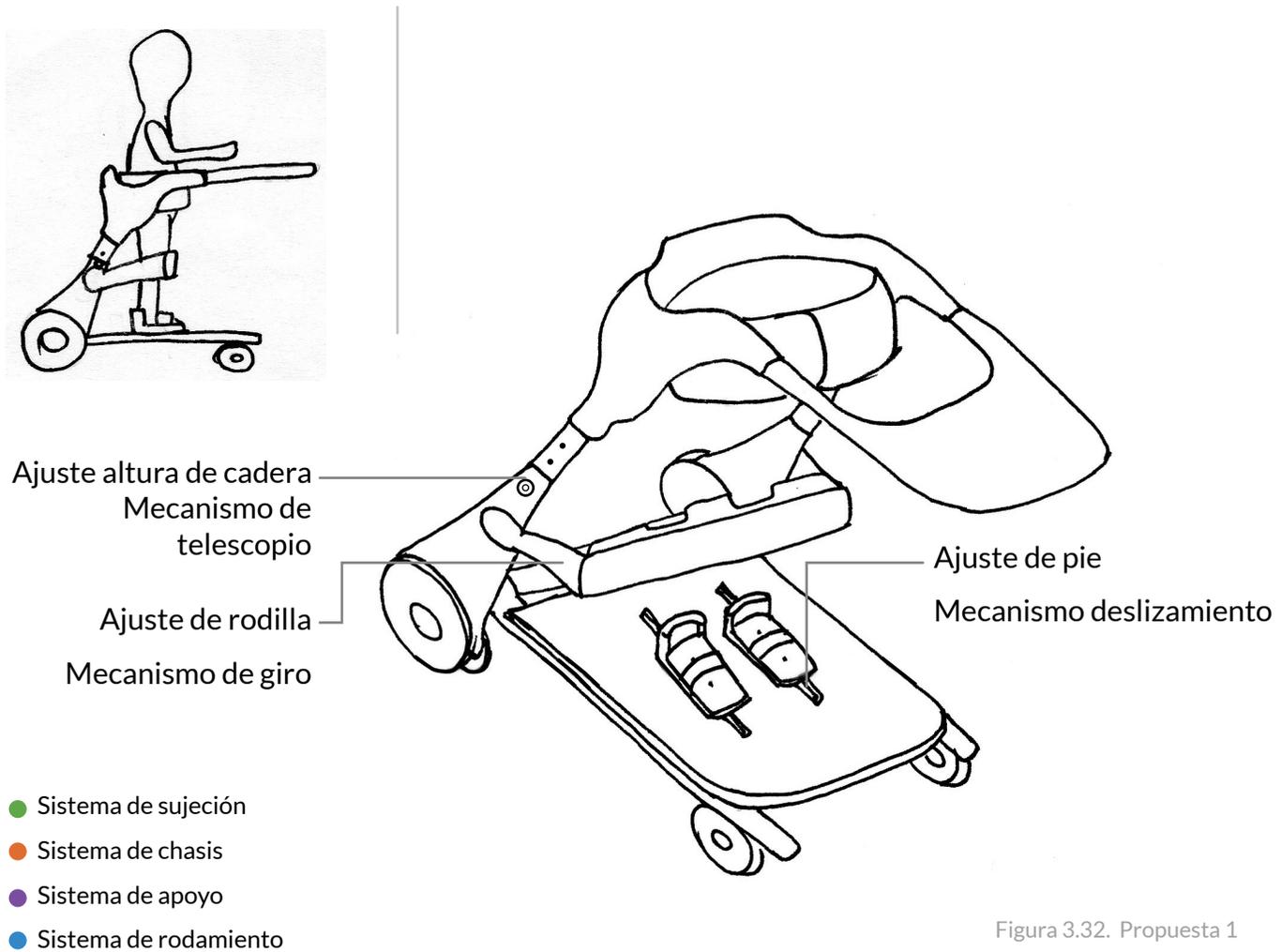


Figura 3.32. Propuesta 1

La propuesta pretende dar un chasis y sujeción desde la cadera, pues se considera que es la articulación que más soporta peso: el del tronco y la cabeza, siendo esta la parte más pesada en un niño.

Se divide en 4 sistemas los cuales tienen mecanismos de ajuste:

En la cadera la sujeción es por medio de una banda de velcro unida al soporte de la cadera. El ajuste se da en diámetro y altura. Esta altura se adapta por medio del chasis con un mecanismo de telescopio.

Las rodillas están sujetas por medio de un soporte largo de frente que se une al chasis. Este se engancha de un lado y gira del otro, permitiéndolo quitarlo para subir al niño.

Los pies se colocan en los soportes de pies que pueden deslizarse según las medidas del niño. La mesa es un plano horizontal que queda a la altura de la cadera.

Las ruedas son más pequeñas adelante y grandes atrás, esto para darle mayor estabilidad en donde el usuario pone su peso.

El sistema se puede plegar y desplegar para facilidad de transporte.



Figura 3.33. Sistema de plegado propuesta 1

Esta propuesta se enfocó en conseguir un elemento estructural diagonal que le diera estabilidad a la cadera.

Los materiales pensados fueron plásticos un 80 % y aluminio 20%.



#### Ventajas

- Estética se aleja de aparatos ortopédicos
- Sistema plegable
- Soporte de cadera ancho y cómodo
- Centro de gravedad dentro de la base estructural



#### Desventajas

- Adaptabilidad no es precisa en caderas y rodillas
- Mesa no llega a la altura de codo
- Soporte de rodilla es incómodo para ingresar al paciente
- No hay un lenguaje formal coherente en la estructura

## Propuesta 2

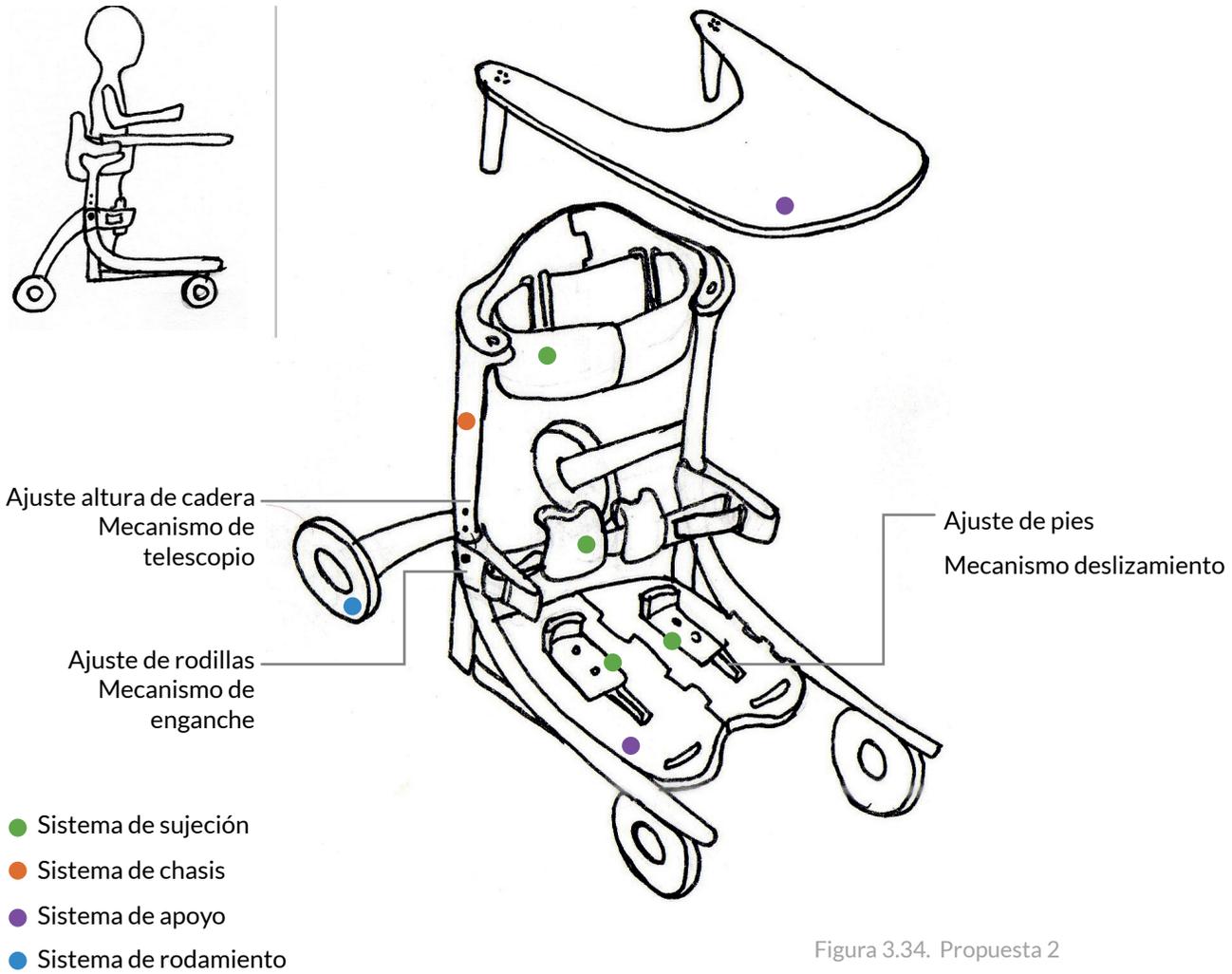


Figura 3.34. Propuesta 2

En la propuesta 2 se intentó utilizar elementos estándares como perfiles de aluminio que ya existen en el mercado.

En este caso, se utilizan perfiles de 1" que se doblan y forman la estructura frontal. Luego se le solda una pieza más gruesa para los puntos de apoyo traseros.

A esta estructura se le coloca una placa formando casi un ángulo de 90° entre la base trasera y la estructura curvada.

En este caso, el sistema se colapsa de la siguiente manera: se cierra a manera de bisagra en su base para unir las dos partes simétricas de la estructura. La pieza de arriba también debe colapsarse hacia adentro.

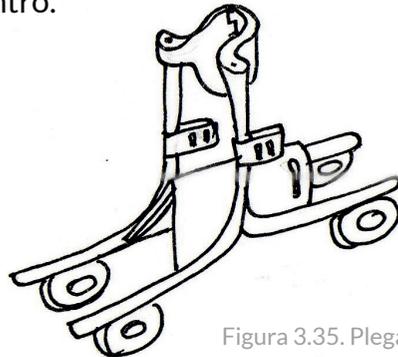


Figura 3.35. Plegado P2

La pieza que sujeta las rodillas se divide en dos. Está el soporte lateral que se ancla y

desliza a lo largo de la barra vertical y está la otra pieza que está en contacto con las rodillas. Esta está hecha con espuma de poliuretano a la cual se le adhieren cintas de nylon y que se pasan por los soportes para tensarse.

La parte del soporte en los pies el usuario busca encajar sus dimensiones a lo largo de la abertura.

El tablero también se encaja por medio de unas espigas al soporte de cadera. Este a su vez está anclado a la estructura vertical.

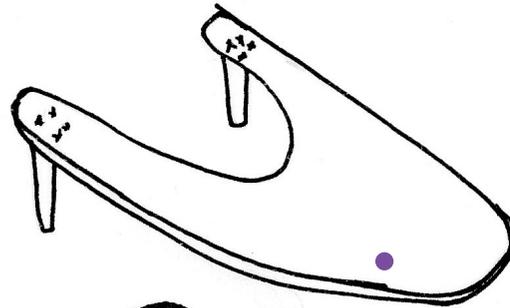
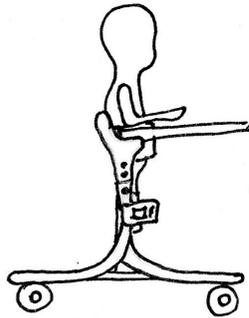
#### + Ventajas

- La adaptación es mejor por tener un eje vertical que conecta cadera, rodilla, tobillo
- Sistema plegable
- Centro de gravedad dentro de la base estructural
- Piezas estructurales son estándar

#### — Desventajas

- El sistema puede cerrarse sólo sin las piezas textiles
- Punto estructural frágil en los 90°
- La curva frontal no permite que el soporte de rodilla se deslice de manera recta.
- El usuario queda muy al borde de la parte trasera de la base

# Propuesta 3



Ajuste altura de cadera  
Mecanismo de telescopio

Ajuste de rodillas  
Mecanismo de enganche

Ajuste de pies  
Mecanismo deslizable

- Sistema de sujeción
- Sistema de chasis
- Sistema de apoyo
- Sistema de rodamiento

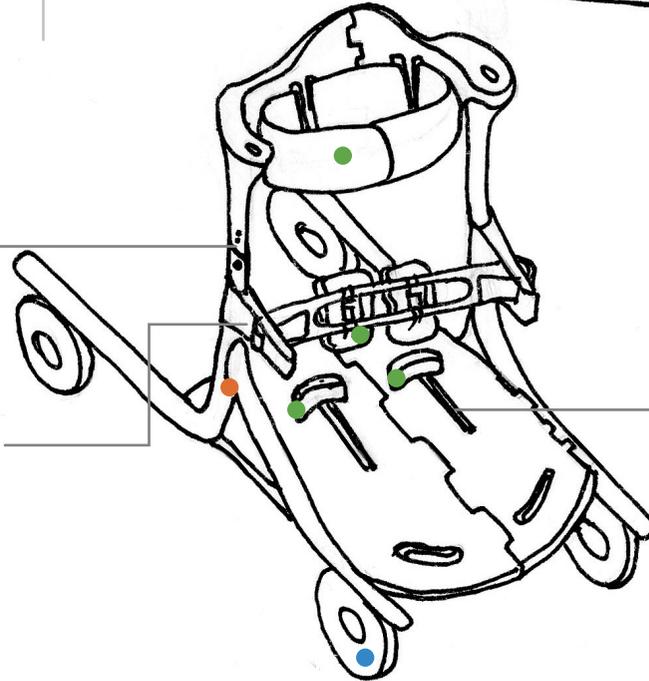


Figura 3.36. Propuesta 3

En esta propuesta se rescatan algunas configuraciones de las anteriores, sobretodo el sistema de plegado de la Propuesta 2.

El perfil que se curva es el de atrás para dejar lo más recto posible el deslizamiento del soporte de rodilla. Este sistema se ajusta en la cadera también con el mecanismo telescópico entre dos perfiles.

Se cambia el soporte de pies por uno más pequeño que solo contemple el tobillo pues el zapato del niño ya le da el ángulo de 90° al niño. Entonces sólo se asegura el zapato a la plataforma.

El centro de gravedad del usuario queda muy cerca del centro de gravedad de la estructura, lo que le da un mejor equilibrio.

La base se deja más larga por la parte de atrás para que el usuario tenga mayores posibilidades de apoyo.



#### Ventajas

- La adaptación es mejor por tener un eje vertical que conecta cadera, rodilla, tobillo
- Sistema plegable
- Configuración formal más coherente
- Base brinda más apoyo al usuario



#### Desventajas

- El sistema puede cerrarse sólo sin las piezas textiles
- Mesa debe tener un mejor estructura de soporte

## Matriz de selección de la propuesta

Parámetros		Propuestas		
		P1	P2	P3
20%	Adaptabilidad en articulaciones			X
20%	Sujeción en pelvis, rodillas y tobillos	X	X	X
10%	Comodidad del usuario		X	X
10%	Seguridad en el sistema	X	X	X
5%	Portabilidad	X	X	X
10%	Lenguaje formal coherente			X
10%	Usabilidad	X	X	X
5%	Manufactura viable en el país		X	X
10%	Estandarización de piezas		X	X
		4/9	7/9	9/9
		44,4%	77,7%	100%

Tabla 3.12. Matriz de selección de las propuestas

## Evaluación y selección de la propuesta

Este proceso llevó muchos bocetos y mucho análisis de complementación entre partes. Se eligieron como propuestas finales los diseños que mejor cumplieron con las especificaciones de los especialistas y de los análisis realizados.

La selección de la propuesta se basó en la comparación, clasificación y evaluación de cada alternativa, verificando la que mejor cumple con la mayoría de estos criterios de evaluación.

A partir de esta decisión se prosiguió a detallar mejor y rediseñar las piezas con potencial de mejora, para luego establecer el sistema propuesto en el siguiente capítulo.

Es así como se define la Propuesta 3 como la que mejor se adapta al concepto de diseño y a los objetivos de diseño propuestos.

# CAPÍTULO IV

---

## **RESULTADOS**

A partir de este capítulo se mostrará el diseño propuesto en el proyecto, basado en los análisis previos y teniendo en cuenta los objetivos y el concepto del diseño

## 4.1 PROPUESTA FINAL

---

### Descripción

El diseño de un sistema de bipedestación para niños con meningocele y mielomeningocele debe satisfacer necesidades tanto del especialista como del usuario y los cuidadores o terapeutas.

El diseño propuesto busca facilitar y agilizar el proceso de fabricación a nivel nacional con el fin de entregar de una manera más eficiente el bipedestador a la familia del niño.

Además de evitarle a la familia el volver al taller de fabricación para modificar las dimensiones sólo porque el niño creció.

Por medio de un diseño adaptable, estándar, atractivo y con usabilidad se supera el diseño actual de los bipedestadores fabricados a nivel nacional.

Esto lo logra mediante varios sistemas de ajuste, apoyo, chasis y desplazamiento que permiten ajustar los soportes de las articulaciones de cadera, rodilla, y tobillos

a lo largo de ejes verticales paralelos a las mismas articulaciones para facilitar el acceso.

El chasis está diseñado de tal manera que mantenga el centro de gravedad del niño dentro de la base de sustentación y los puntos de apoyo tiene una pequeña desviación lateral para darle mayor estabilidad al sistema.

El sistema se pliega y se despliega para mayor facilidad de transporte en carro o bus que son los transportes más utilizados por los usuarios.

Además se puede ajustar en la pieza de la mesa hacia arriba y hacia afuera para darle mayor comodidad al usuario.

El usuario puede elegir el color de los soportes de plástico, dándole oportunidad de personalizar algunos componentes.



Figura 4.1. Propuesta Final

## Arquitectura del producto

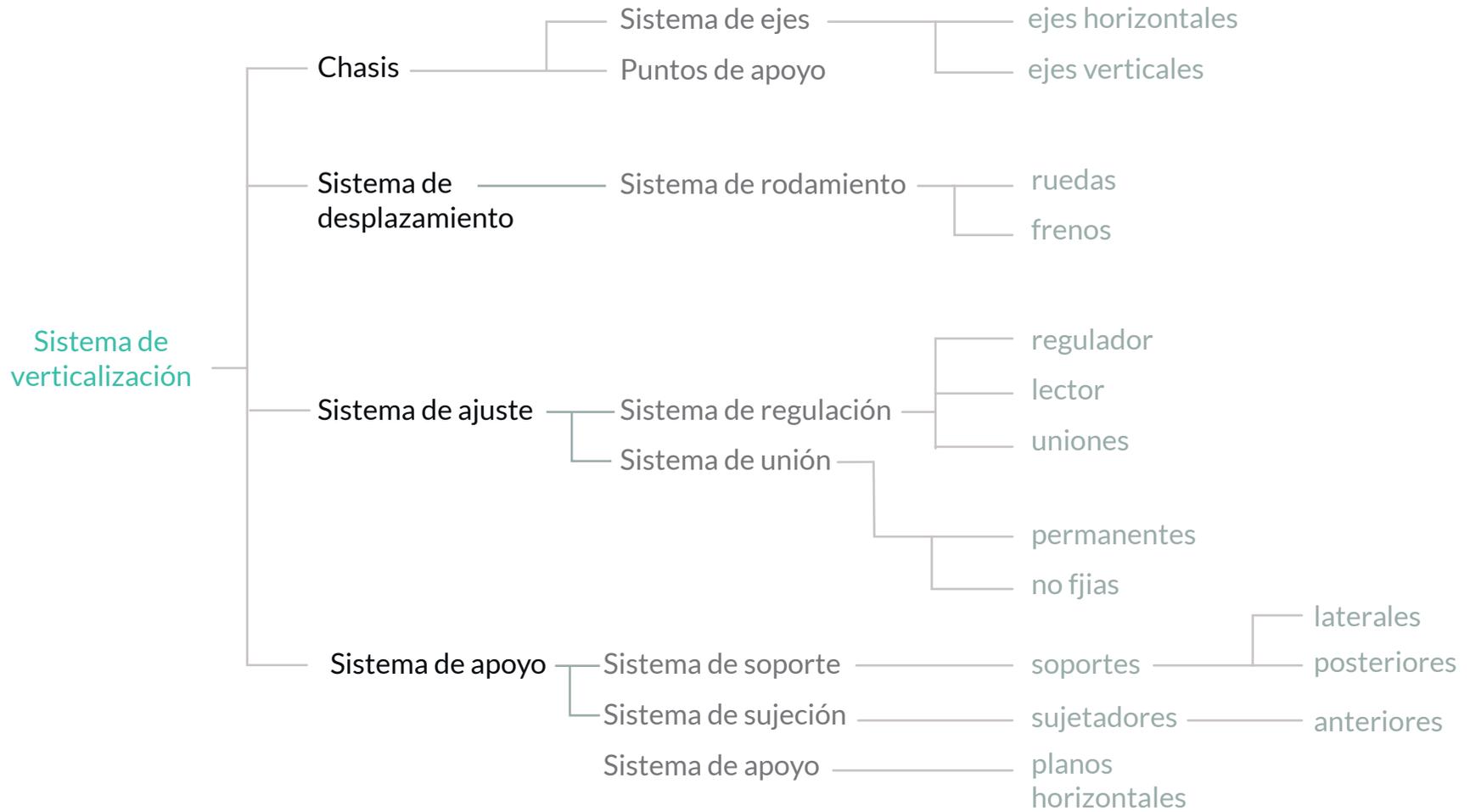


Figura 4.2 Arquitectura de la propuesta final

# Componentes

## Sistema de chasis

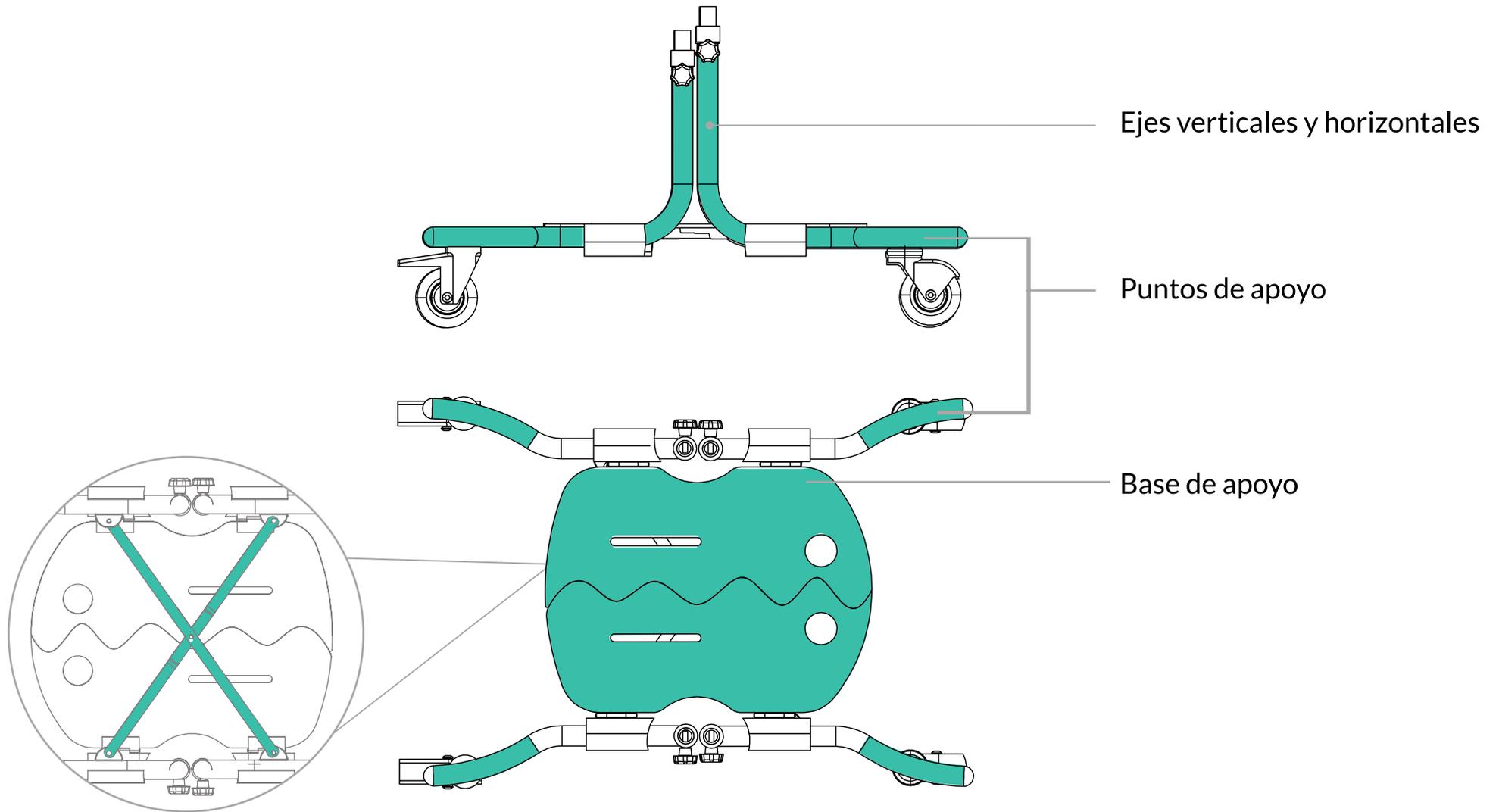


Figura 4.3. Sistema de chasis propuesta final

# Componentes

## Sistema de ajuste

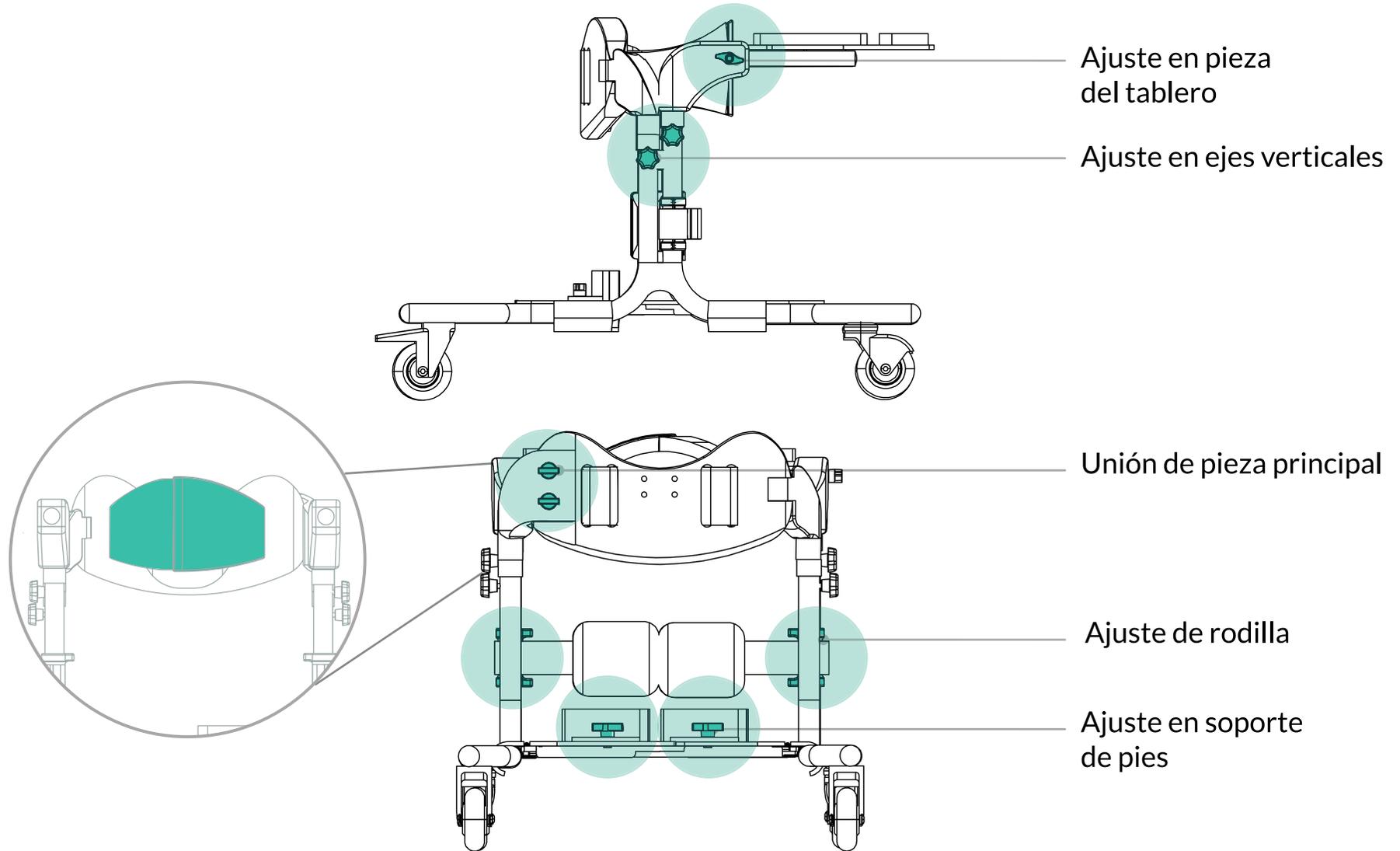


Figura 4.4. Sistema de ajuste propuesta final

# Componentes

## Sistema de apoyo

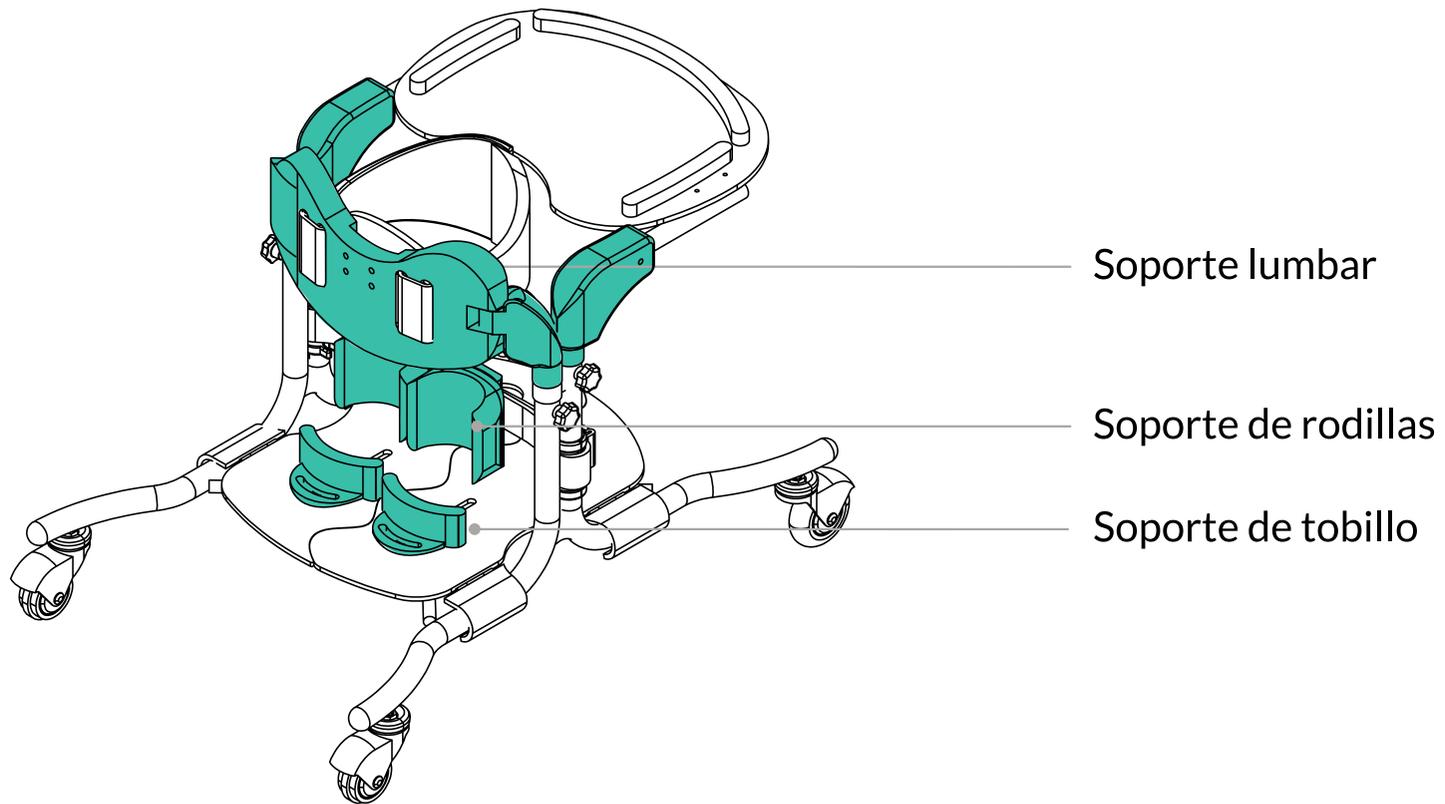


Figura 4.5. Sistema de apoyo



Figura 4.6. Configuración de sistemas de apoyo



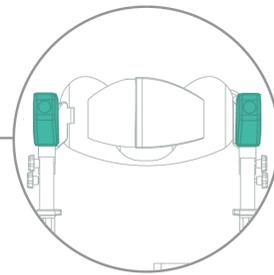
Figura 4.7. Diferentes vistas de Bipes

## Usabilidad

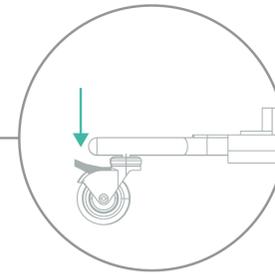
### 1. Transferencia



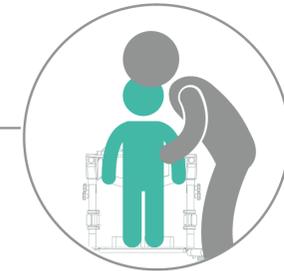
1. Alzar al niño con cuidados especiales



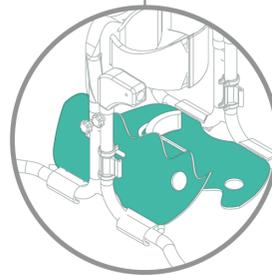
2. Asegurar que la mesa no esté colocada



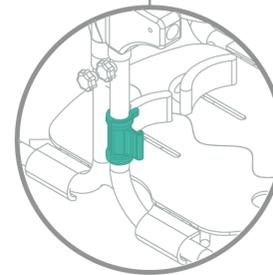
3. Estabilizar el sistema



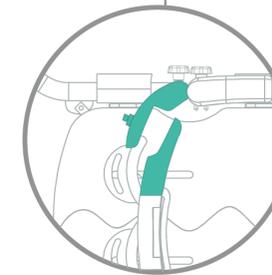
4. Colocar y posicionar al niño en la base



3.1. Bajar las piezas de la base



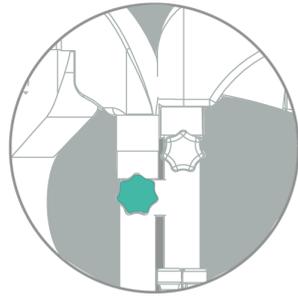
3.2. Apartar la pieza de las rodillas



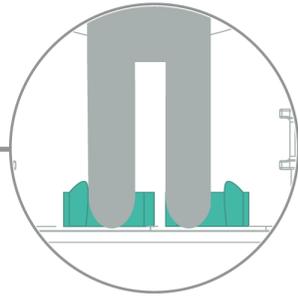
3.3 Asegurarse de que la pieza tenga enganche seguro

Figura 4.8a. Usabilidad

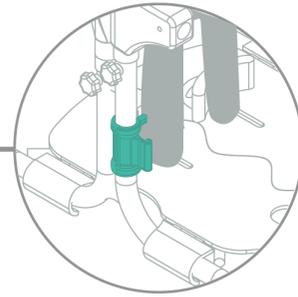
## 2. Ajuste y Sujeción



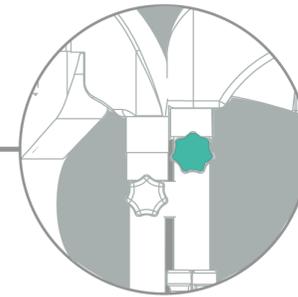
1. Ajustar la pieza principal al nivel de la zona lumbar



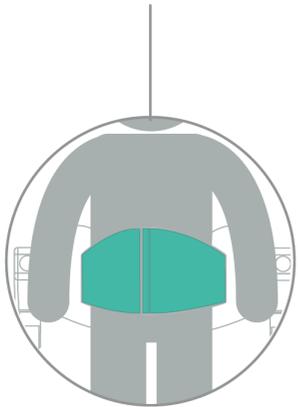
2. Ajustar y Colocar los pies en posición adecuada



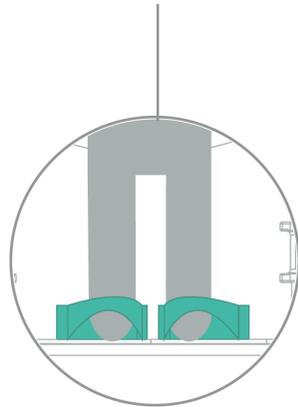
3. Ajustar el nivel de la pieza que asegura las rodillas al chasis



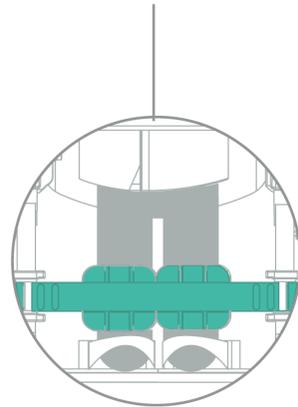
4. Ajustar los ejes verticales que soportan la mesa



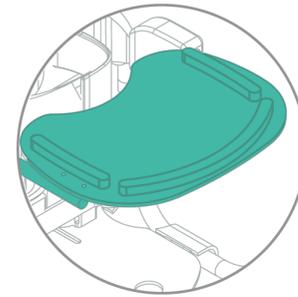
1.1. Asegurar zona lumbar a la pieza



2.1 Asegurar la pieza a los pies



3.1 Colocar rodilleras y sujetarlas al chasis



5. Colocar la mesa

Figura 4.8b. Usabilidad

## Entorno de uso

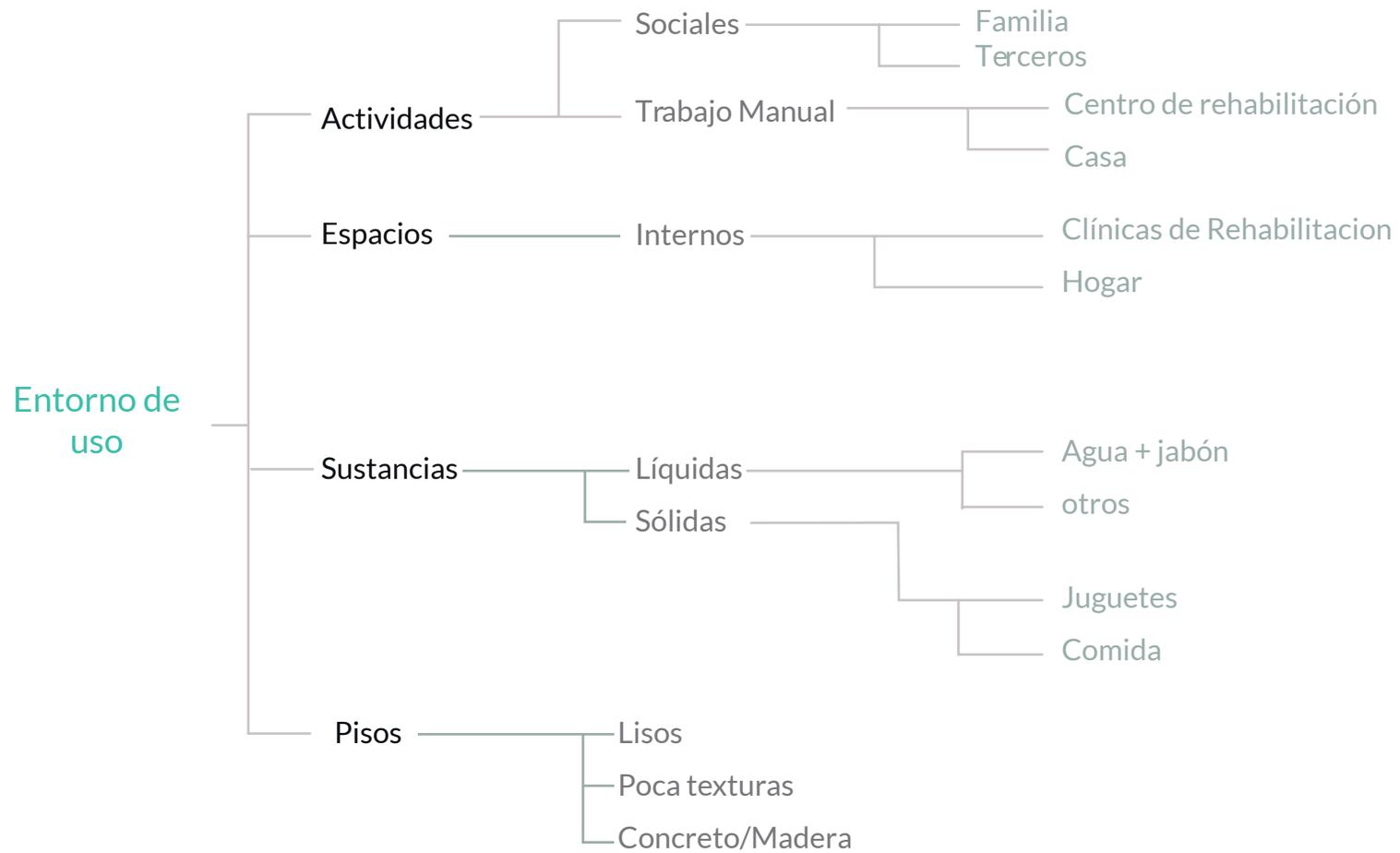


Figura 4.9. Entorno de uso



Entorno de uso

# Diseño Emocional



Seguridad  
Simpleza  
Modernidad  
Lúdico

Propiocepción

Colores:  
Alta saturación  
Fríos y cálidos.  
Propios del material  
Opacos

Elementos lineales orgánicos  
Bordes redondeados

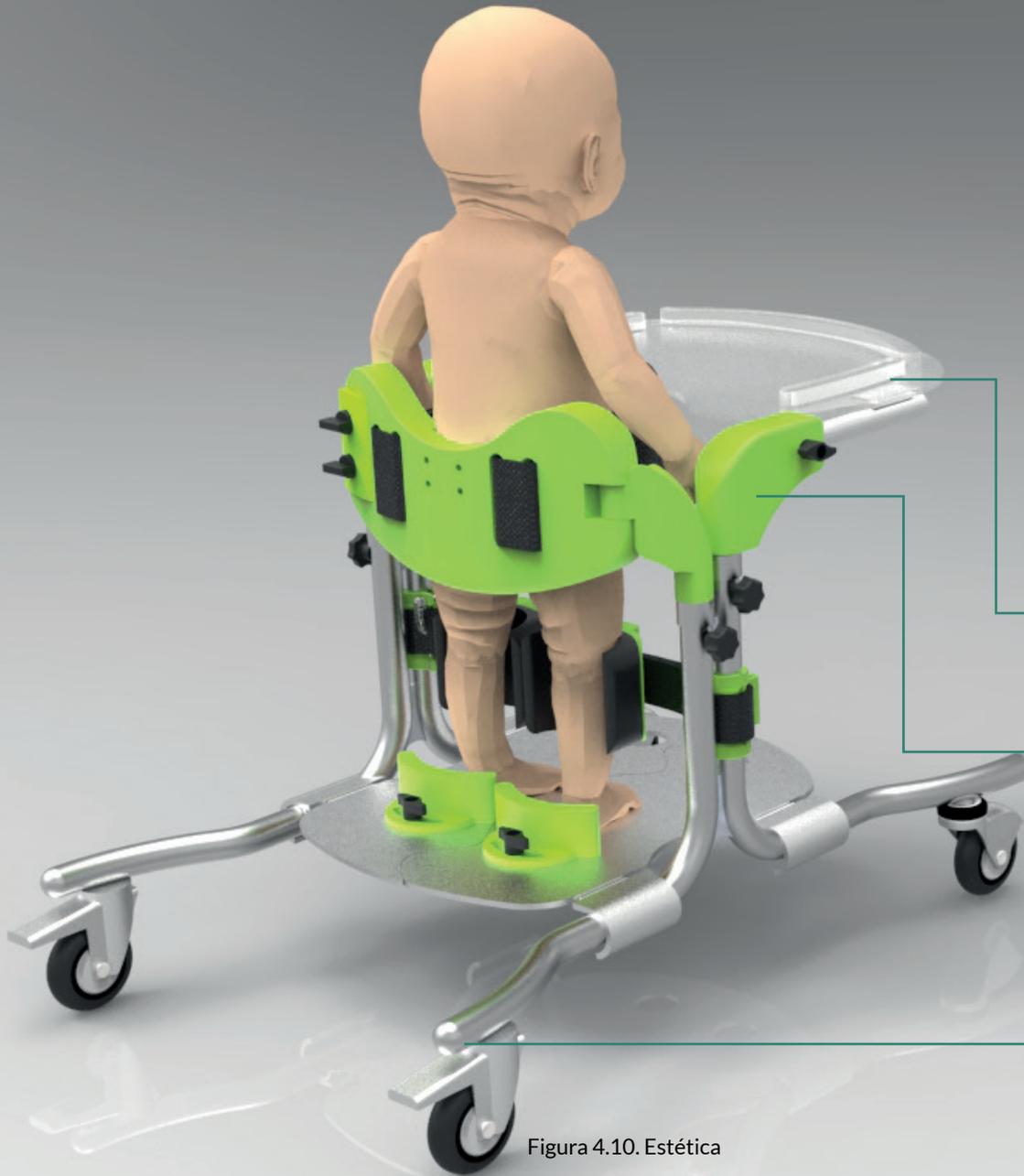


Figura 4.10. Estética

## 4.2 FACTIBILIDAD DE MANUFACTURA

---

### Estrategia de fabricación

El entorno de uso y la demanda del mercado que tiene la propuesta de diseño son muy específicos. De acuerdo al médico del Hospital, se pueden fabricar aproximadamente 35 bipedestadores al año. (Vargas González, 2016)

Esto define una estrategia de manufactura que se orienta a la personalización en masa. La necesidad de satisfacer a usuarios que varían sus demandas dependiendo de cada condición en específico, exige que la empresa productora varíe algunos componentes o los mejore constantemente. (Vilana Arto, 2006)

La idea del proyecto es brindarle al Hospital herramientas para que se puedan utilizar servicios propios de la institución para la fabricación de piezas-

Así, el Hospital mantiene una producción estándar, con componentes estándares y varía algunos de sus componentes dependiendo de lo que el usuario necesita,

fabricándolos con la misma estrategia de producción.

Tres preguntas son importantes para elegir la estrategia de fabricación:

1. ¿Qué fabricar?
2. ¿Qué comprar?
3. ¿Qué insumos se necesitan?

En este caso, el diseño propone una estandarización de componentes, una personalización en dimensiones, un ensamble sencillo.

La tecnología que se propone para fabricar las piezas en plástico puede conseguirse en pequeños pymes que se contrataría el servicio o que el mismo Hospital adquiriera la tecnología. El Hospital cuenta con una impresora Dimention 1200 que imprime en ABS.

Las piezas en aluminio que se modifican se pueden hacer en un taller de precisión, contratando el servicio. Incluso el Hospital

cuenta con un taller de fabricación que se puede acondicionar tecnológicamente para conformar las piezas.

El diseño permite un ensamble sencillo. De tal manera que el Taller también puede hacerse cargo.

2. Los componentes que se comprarían son las uniones, los rodines, los tubos de aluminio, la lámina de aluminio, las bisagras, las cintas nylon y cierres, la espuma de densidad media, entre otros.

### Materiales y Procesos

La propuesta se divide en varias líneas de procesos: estandarización, fabricación de piezas, modificación de piezas y ensamblaje son las más importantes.

En el mercado se pueden adquirir piezas del chasis, uniones y textiles. Así como algunas piezas de unión como la soldadura o tornillos entre otros.

El proceso más complejo es el de impresión con tecnologías 3D o modelado por deposición fundida o, por sus siglas en inglés, FDM. Este permite la adición y deposición de material en capas, para

conformar la pieza.

El diseñador debe realizar el modelado de la pieza en un software compatible con la tecnología y luego se realizan todas las aprobaciones para que se empiece a imprimir. A la pieza se le pueden hacer acabados.

Paralelamente se puede hacer un trabajo de conformado de piezas compradas como es el caso de los perfiles de aluminio o las láminas de aluminio que deben doblarse.

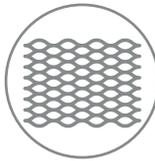
Se propone adquirir el servicio en un taller de mecánica de precisión, que tienen tecnología de CNC para poder cortar y doblar. También se puede hacer un convenio con los talleres ortopédicos y el Taller Nacional de Órtesis y Prótesis para que ellos se encarguen de hacerlo manualmente.

Para la parte de las piezas de textil, el Hospital cuenta con los servicios de costura que se utilizarían para realizar estas partes.

Como el textil propuesto es tejido más rígido y duro, las máquinas que se deben utilizar sonde Overlock que utilizan agujas especializadas en la tela.

## Materiales

### ¿Qué comprar?



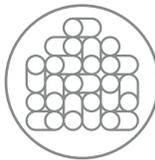
#### Textil:

Cordura, malla, cinta nylon, cordón de tapicería, velcro, hebillas, cierres y deslizadores



#### Metal:

Perfiles de aluminio, lámina de aluminio, placas de aluminio



#### Plástico

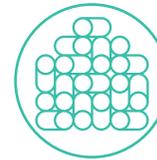
Espuma de poliuretano de alta y baja densidad, acrílico transparente



#### Piezas estándar:

Rodines de goma, bisagras, tapones, tornillos para metal, tornillos con incerto, tornillos tipo mariposa,

### ¿Qué fabricar?



#### Plástico:

7 piezas con diferentes volúmenes

Figura 4.11. Materiales propuestos

## Procesos

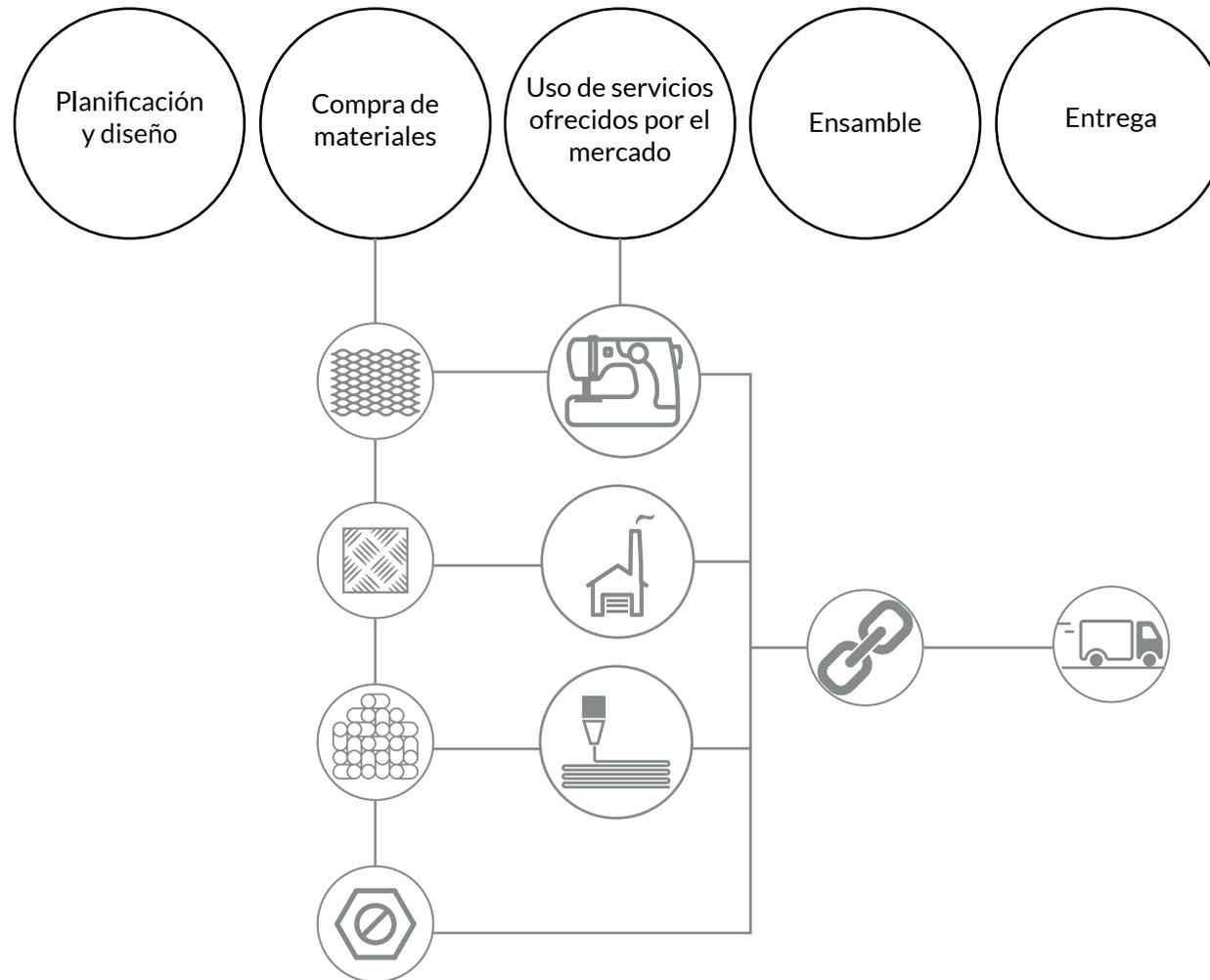


Figura 4.12. Procesos de manufactura propuestos



MDF



Overlock

Corte

Maquinado

Doblado

Corte CNC

Soldado



Figura 4.13. Materiales según la estructura

El ensamble está diseñado para que se pueda hacer en cualquier lugar una vez obtenidas las piezas finales de los otros procesos.

Mediante uniones sencillas de tornillos o soldadura en aluminio se termina con el ensamble completo del producto.

Se le dan acabados de lijado de las partes ásperas y un se pintan y sellan con pinturas sin aceite.

# CAPÍTULO V

---

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Después de presentar la propuesta, se concluyen y recomiendan aspectos importantes para poder dar seguimiento al proyecto en un futuro.

## Gradientes de mejoramiento

La propuesta de diseño del sistema tiene los siguientes gradientes de mejoramiento:

- Permite una adaptabilidad para el crecimiento del niño.
  - Permite una comodidad y disminución de posibles puntos de presión en el niño.
  - Brinda un plano de trabajo o mesa para que el niño pueda realizar actividades mientras está en rehabilitación.
  - Este mismo se puede quitar para dejar sólo el bipedestador y que el niño esté cerca de una mesa en común.
  - Utiliza materiales y tecnologías que permiten que el bipedestador tenga mayor vida útil.
  - Se puede transportar de un lado a otro con mayor facilidad con respecto a otros que existen en el mercado.
  - Los materiales permiten que la estructura pueda ser fabricada a nivel nacional
- La topología y cromática se basan en elementos propios de niños que alejan la estética típica de un dispositivo médico de rehabilitación.
  - El diseño permite que algunas partes se puedan sustituir fácilmente, comprándolas en el mercado.
  - El proceso de manufactura permite que el ensamblaje se realice en cualquier lugar. De conveniencia del Hospital.

## Conclusiones y recomendaciones

### Conclusiones

Se presentó en este proyecto una propuesta del diseño de un sistema para la bipedestación que resuelve y mejora el diseño de los bipedestadores que ofrece el Hospital de Niños a sus actuales pacientes con mielo.

Dicha propuesta pretende adaptarse al crecimiento del niño con mielomeningocele, utilizar piezas estandarizadas, promover el atractivo emocional para dichos dispositivos y facilitar la usabilidad.

El sistema permite la adaptabilidad del usuario por medio de mecanismos propuestos de regulación vertical y horizontal, de giro axial, deslizamientos y amarres.

Así mismo, se analizaron opciones de unión entre partes con los mismos mecanismos o con uniones estandarizadas como tornillos, soldadura, etc.

Los métodos propuestos de fabricación

permiten facilitar y mejorar la entrega, además de eliminar los procesos de modificación que debían realizarse con el actual bipedestador por causa del crecimiento del niño.

Estos métodos permiten la estandarización de piezas, la innovación por medio de tecnologías relativamente nuevas y un ensamblaje en cualquier lugar de conveniencia.

## Recomendaciones

Dentro de las cosas que se pueden mejorar en el sistema de verticalización están:

- Darle mayor independencia al niño por medio de la adición de ruedas de tipo silla de ruedas. Esto permitirá que el niño pueda tener más independencia en los años en donde la curiosidad es mayor. (Acuña, 2016)
- Se recomienda en la etapa de evaluación de prototipado coseguir un permiso especial avalado por el comité de ética del Hospital Nacional de Niños.
- Se propone que existan colaboraciones y convenios entre el Hospital Nacional de Niños y el Tecnológico de Costa Rica pues se cuenta con una impresora de tecnologías FDM para la impresión de las piezas de plástico.
- Se podría ampliar el rangos de edades para la utilización del bipedestador y considerar alternativas estructurales que soporten más peso como la regulación por medio de pistones hidráulicos.
- Se recomienda dar una segunda etapa del proyecto para evaluar la funcionalidad

de la estructura así como aspectos de usabilidad y configuración formal.

- En caso de que exista una necesidad de aumentar la producción a un nivel mayor, se recomienda explorar alternativas de fabricación en plástico como la inyección de plástico o termoforado.

# CAPÍTULO VI

---

## **ANEXOS**

# 6.1 TABLAS DE LA OMS

## Longitud para la edad Niñas



Percentiles (6 meses a 2 años)

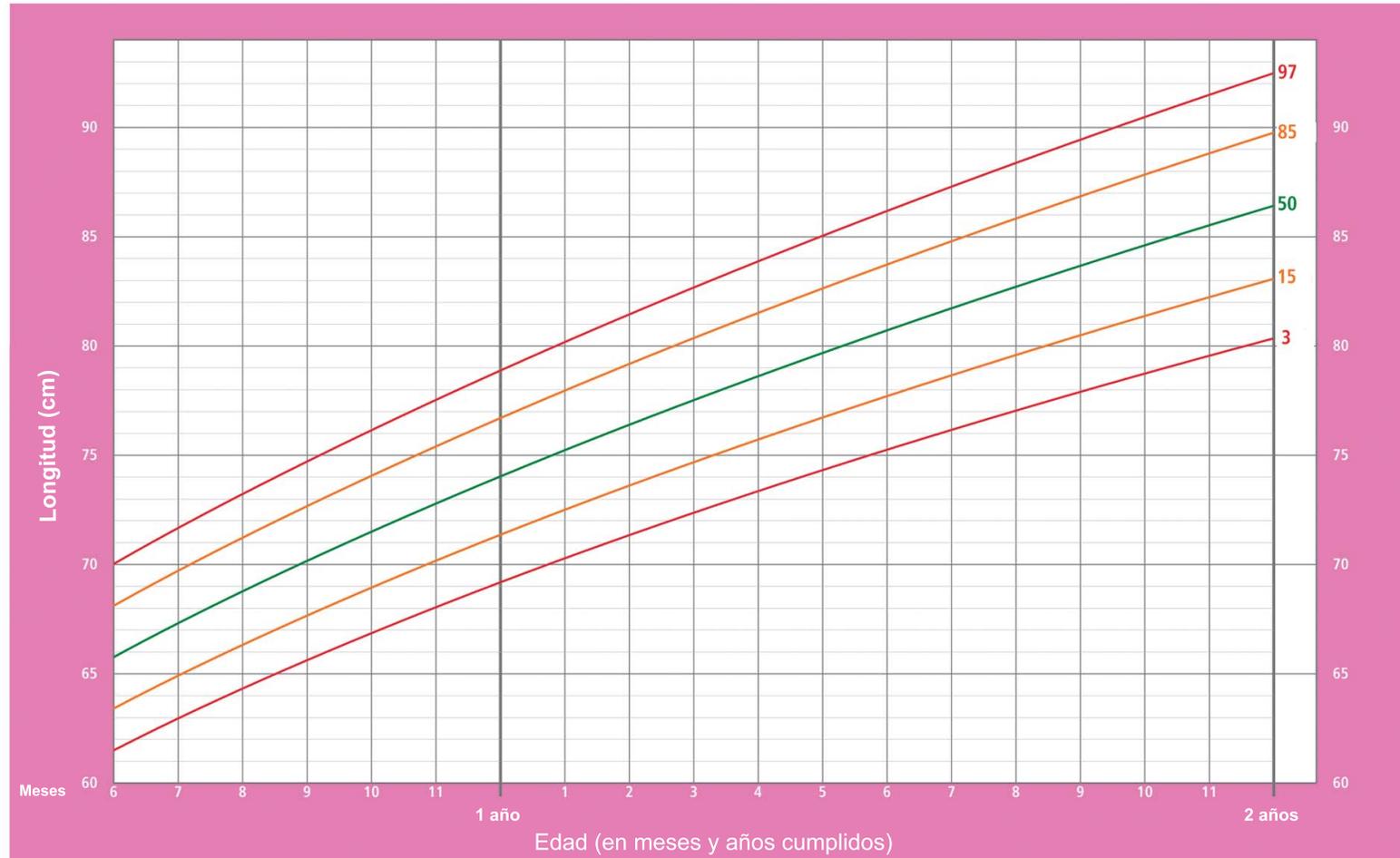


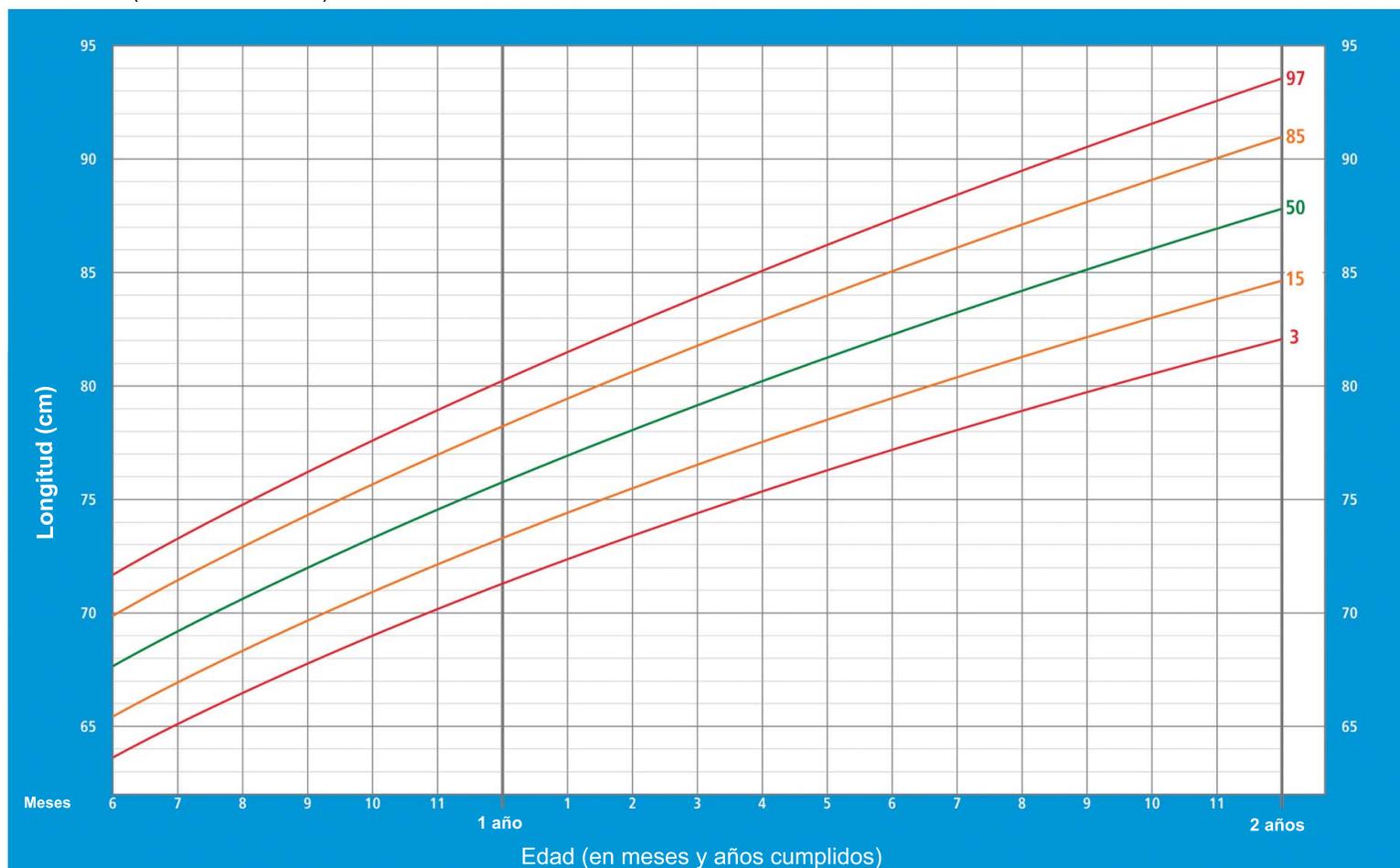
Figura 5.1 Estatura de niñas entre los 6 meses a 2 años

Patrones de crecimiento infantil de la OMS

# Longitud para la edad Niños



Percentiles (6 meses a 2 años)



Patrones del crecimiento infantil de la OMS

Figura 5.2 Estatura de niños entre los 6 meses a 2 años

# Peso para la edad Niñas

Percentiles (6 meses a 2 años)



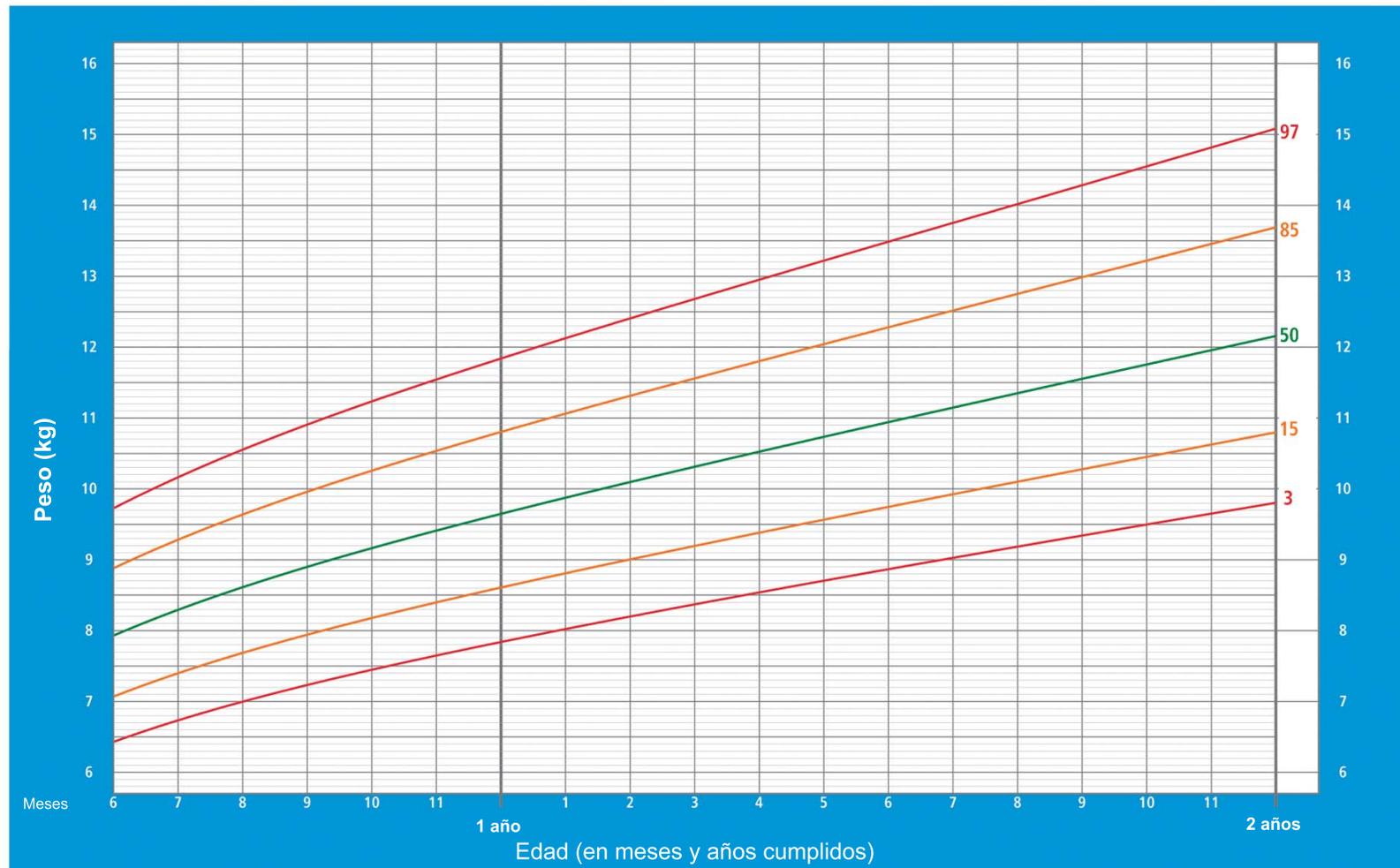
Figura 5.3. Peso de niñas entre los 6 meses a 2 años

Patrones de crecimiento infantil de la OMS

# Peso para la edad Niños



Percentiles (6 meses a 2 años)

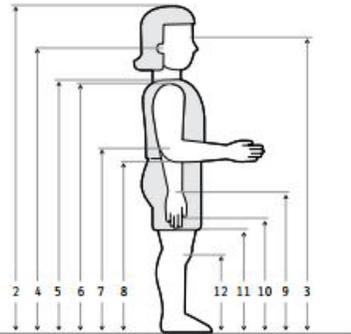


Patrones de crecimiento infantil de la OMS

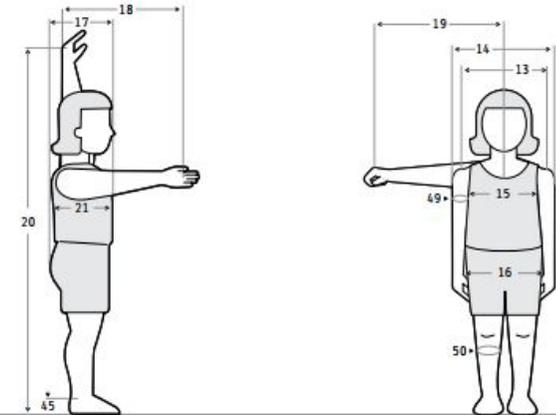
Figura 5.4. Peso de niños entre los 6 meses a 2 años

## 6.2 TABLAS ANTROPOMÉTRICAS

En posición de pie  
Preescolares  
Sexo femenino  
2 y 3 años



En posición de pie  
Preescolares  
Sexo femenino  
2 y 3 años



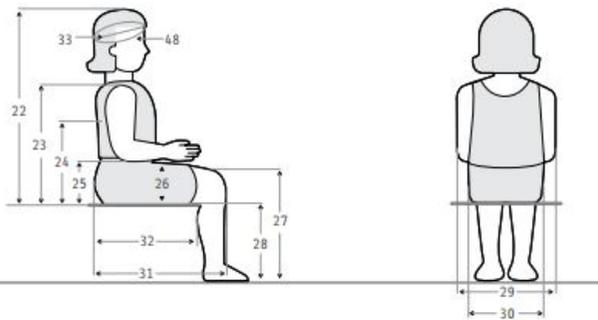
Dimensiones	2 años (n=85)					3 años (n=56)				
	$\bar{x}$	D.E.	Percentiles			$\bar{x}$	D.E.	Percentiles		
1 Peso (Kg)	13.2	1.54	10.7	13.2	16.2	15.3	1.69	12.0	15.0	18.6
2 Estatura	897	40	818	898	954	970	46	892	969	1044
3 Altura ojo	798	39	734	803	862	865	42	792	868	938
4 Altura oído	780	39	716	788	844	847	43	760	846	928
5 Altura vertiente humeral	695	36	636	700	754	756	38	693	757	819
6 Altura hombro	671	39	607	675	735	735	37	674	736	796
7 Altura codo	531	31	480	534	582	575	40	509	575	641
8 Altura codo flexionado	511	34	455	511	567	559	30	510	559	609
9 Altura muñeca	414	29	366	413	462	448	27	403	447	493
10 Altura nudillo	366	29	318	370	414	395	27	351	395	440
11 Altura dedo medio	308	27	263	310	353	333	24	298	331	373
12 Altura rodilla	227	21	192	222	271	252	20	219	250	285

Dimensiones	2 años (n=85)					3 años (n=56)				
	$\bar{x}$	D.E.	Percentiles			$\bar{x}$	D.E.	Percentiles		
13 Diámetro máx. bideltoides	259	17	231	257	287	264	19	233	264	295
14 Anchura máx. cuerpo	289	23	251	288	326	295	24	260	295	330
15 Diámetro transversal tórax	176	18	146	176	206	189	18	159	186	219
16 Diámetro bitrocantérico	173	19	142	177	206	179	21	144	179	219
17 Profundidad máx. cuerpo	166	16	140	165	192	172	17	144	172	200
18 Alcance brazo frontal	319	21	284	320	354	351	25	310	351	392
19 Alcance brazo lateral	385	25	344	385	426	417	25	376	417	458
20 Alcance máx. vertical	996	53	901	1000	1083	1083	76	958	1090	1208
21 Profundidad tórax	134	9	119	134	149	137	10	121	136	154
45 Altura tobillo	39	7	30	39	51	42	6	32	43	52
49 Perímetro brazo	160	15	135	160	185	164	14	140	162	187
50 Perímetro pantorrilla	199	15	174	200	224	206	15	181	209	231

Tablas antropométricas tomadas del libro Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana de Chaurand, Prado y González.

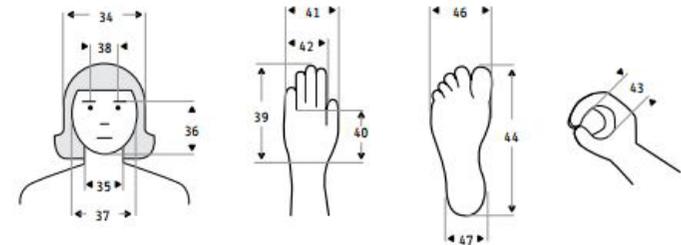
Figura 5.5. Medidas antropométricas de niñas entre los 2 y 3 años

**En posición sentado**  
**Preescolares**  
**Sexo femenino**  
**2 y 3 años**



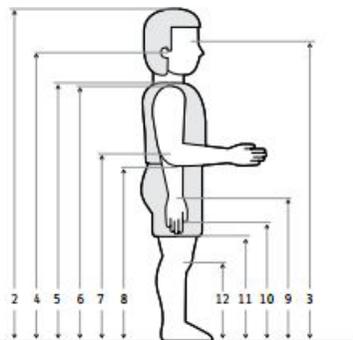
Dimensiones	2 años (n=85)					3 años (n=56)					
	$\bar{x}$	D.E.	Percentiles			$\bar{x}$	D.E.	Percentiles			
			5	50	95			5	50	95	
22	Altura normal sentado	519	25	478	522	560	544	31	493	550	595
23	Altura hombro sentado	303	23	265	304	341	321	26	278	321	364
24	Altura omoplato sentado	241	17	213	242	269	255	18	225	254	285
25	Altura codo sentado	*	*	*	*	*	147	22	111	145	183
26	Altura máx. muslo	75	7	64	74	87	79	8	66	79	92
27	Altura rodilla sentado	251	17	223	252	279	275	21	240	275	310
28	Altura poplítea	210	17	182	210	238	236	19	205	234	267
29	Anchura codos	283	29	248	292	329	292	27	247	291	338
30	Anchura cadera sentado	193	17	165	193	221	205	17	179	206	233
31	Longitud nalga-rodilla	278	22	242	280	313	309	19	278	310	340
32	Longitud nalga-poplítea	234	22	198	237	270	256	19	225	255	287
33	Diámetro a-p cabeza	166	7	154	166	178	170	6	160	170	180
48	Perímetro cabeza	480	12	455	480	500	488	15	463	490	513

**Cabeza, pie, mano**  
**Preescolares**  
**Sexo femenino**  
**2 y 3 años**

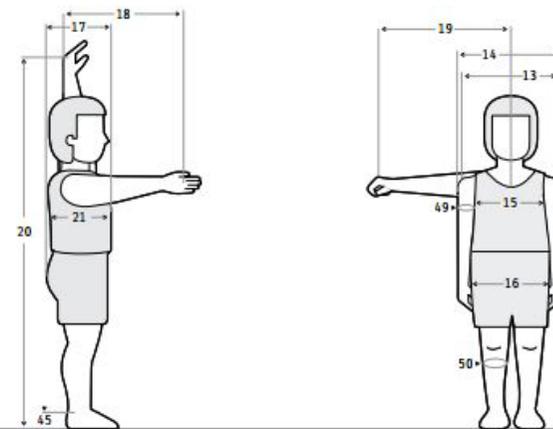


Dimensiones	2 años (n=85)					3 años (n=56)					
	$\bar{x}$	D.E.	Percentiles			$\bar{x}$	D.E.	Percentiles			
			5	50	95			5	50	95	
34	Anchura cabeza	133	6	123	134	143	137	6	127	137	147
35	Anchura cuello	73	6	63	72	83	74	6	64	73	84
36	Altura cara	94	7	83	95	106	98	8	85	97	111
37	Anchura cara	104	7	92	104	116	107	7	95	108	119
38	Diámetro interpupilar	40	6	30	41	49	41	5	33	41	49
39	Longitud de la mano	101	6	91	101	111	108	7	97	109	120
40	Longitud palma mano	58	5	50	59	66	62	5	54	62	70
41	Anchura de la mano	61	4	54	61	68	63	6	53	62	72
42	Anchura palma mano	49	4	42	49	56	51	4	44	50	58
43	Diámetro empuñadura	22	1	20	22	25	23	2	20	23	26
44	Longitud del pie	143	8	130	143	156	153	9	138	153	168
46	Anchura del pie	61	3	56	61	66	63	5	55	63	71
47	Anchura talón	45	5	37	45	53	47	5	39	46	55

En posición de pie  
Preescolares  
Sexo masculino  
2 y 3 años



En posición de pie  
Preescolares  
Sexo masculino  
2 y 3 años

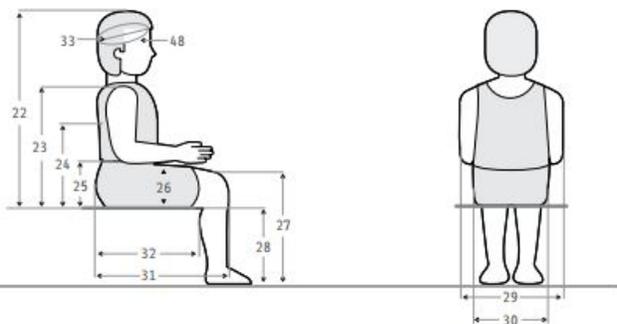


Dimensiones	2 años (n=118)					3 años (n=106)				
	$\bar{x}$	D.E.	Percentiles			$\bar{x}$	D.E.	Percentiles		
			5	50	95			5	50	95
1 Peso (Kg)	13.7	1.5	10.4	13.6	17.0	16.6	13.4	12.1	15.1	18.6
2 Estatura	898	38	832	897	958	970	44	905	965	1043
3 Altura ojo	792	35	735	789	851	860	42	791	858	929
4 Altura oído	775	36	716	769	834	842	43	783	847	911
5 Altura vertiente humeral	694	34	638	694	740	755	39	686	753	819
6 Altura hombro	673	38	610	674	736	733	41	665	734	801
7 Altura codo	526	32	473	525	579	575	31	524	574	626
8 Altura codo flexionado	509	29	461	510	557	557	35	499	557	615
9 Altura muñeca	407	27	362	406	452	447	25	406	445	488
10 Altura nudillo	360	25	319	356	401	393	24	353	394	433
11 Altura dedo medio	297	26	254	297	340	328	23	290	329	366
12 Altura rodilla	222	16	196	222	248	249	21	214	245	284

Dimensiones	2 años (n=118)					3 años (n=106)				
	$\bar{x}$	D.E.	Percentiles			$\bar{x}$	D.E.	Percentiles		
			5	50	95			5	50	95
13 Diámetro máx. bideltoides	260	16	234	259	286	265	17	237	262	293
14 Anchura máx. cuerpo	296	25	255	297	337	300	26	257	304	343
15 Diámetro transversal tórax	178	14	155	176	201	186	18	156	185	216
16 Diámetro bitrocantérico	174	20	141	176	201	179	20	146	183	216
17 Profundidad máx. cuerpo	170	13	149	170	191	174	14	151	174	197
18 Alcance brazo frontal	320	22	284	320	356	351	24	311	351	391
19 Alcance brazo lateral	389	21	354	390	424	419	27	374	419	464
20 Alcance máx. vertical	973	60	874	975	1072	1078	80	946	1082	1210
21 Profundidad tórax	138	7	126	137	150	141	8	128	141	154
45 Altura tobillo	38	5	30	39	46	42	6	32	41	52
49 Perímetro brazo	163	15	138	163	188	165	14	142	164	189
50 Perímetro pantorrilla	202	16	176	202	228	206	15	181	205	231

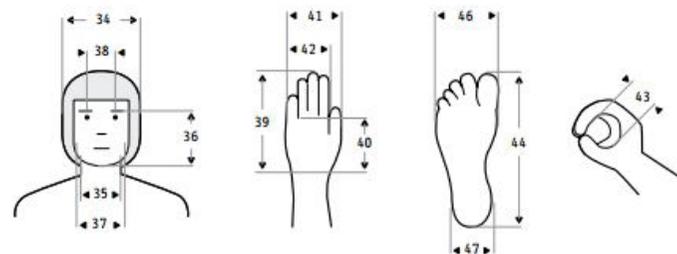
Figura 5.6. Medidas antropométricas de niños entre los 2 y 3 años

**En posición sentado**  
**Preescolares**  
**Sexo masculino**  
**2 y 3 años**



Dimensiones	2 años (n=118)					3 años (n=106)					
	$\bar{x}$	D.E.	Percentiles			$\bar{x}$	D.E.	Percentiles			
			5	50	95			5	50	95	
22	Altura normal sentado	527	20	494	526	560	550	24	510	551	590
23	Altura hombro sentado	313	18	283	315	343	326	21	291	327	361
24	Altura omóplato	244	17	216	245	272	256	16	230	255	282
25	Altura codo sentado	*	*	*	*	*	146	18	116	148	178
26	Altura máx. muslo	74	7	62	73	86	77	7	66	75	89
27	Altura rodilla sentado	253	19	222	253	284	276	22	240	279	312
28	Altura poplítea	212	18	182	213	242	239	22	203	239	275
29	Anchura codos	288	26	245	292	331	304	25	263	301	345
30	Anchura cadera sentado	197	16	171	197	223	205	17	177	205	233
31	Longitud nalga-rodilla	277	20	244	276	310	305	20	272	306	338
32	Longitud nalga-poplíteo	231	24	191	232	271	252	22	216	252	288
33	Diámetro a-p cabeza	169	7	157	169	181	171	6	161	172	181
48	Perímetro de la cabeza	491	15	466	490	516	498	13	477	499	519

**Cabeza, pie, mano**  
**Preescolares**  
**Sexo masculino**  
**2 y 3 años**



Dimensiones	2 años (n=118)					3 años (n=106)					
	$\bar{x}$	D.E.	Percentiles			$\bar{x}$	D.E.	Percentiles			
			5	50	95			5	50	95	
34	Anchura cabeza	136	6	126	136	146	138	6	128	139	148
35	Anchura cuello	73	5	65	73	81	75	5	67	74	83
36	Altura cara	96	7	85	95	107	99	6	89	98	109
37	Anchura cara	106	7	95	106	118	107	7	96	106	119
38	Diámetro interpupilar	42	5	34	42	50	43	4	35	43	50
39	Longitud de la mano	102	6	92	102	112	109	7	98	110	121
40	Longitud palma mano	59	5	51	60	67	63	5	55	63	71
41	Anchura de la mano	61	4	54	61	68	63	5	55	63	73
42	Anchura palma mano	50	3	44	50	55	51	4	45	51	58
43	Diámetro empuñadura	22	2	19	22	25	23	2	20	23	26
44	Longitud del pie	144	8	131	144	157	154	8	141	154	167
46	Anchura del pie	61	5	53	61	69	64	5	56	64	72
47	Anchura talón	47	5	39	46	55	48	5	40	47	56

# CAPÍTULO VII

---

## **BIBLIOGRAFÍA**

Acuña Cordero, E. (22 de Setiembre de 2016). Entrevista a la directora del Montessori Learning Center de Curridabat. (M. C. Vargas Del Valle, Entrevistador)

Alpizar Paniagua, M. I., Campos Elizondo, M., & Loría Leandro, N. (2000). Propuesta de un programa de estimulación temprana para ser aplicado por los padres de seis niños de 0 a 3 años con mielomeningocele que reciben los servicios de la Clínica de Espina Bífida del Hospital Nacional de Niños. San José, Costa Rica : ráctica dirigida (licenciatura en educación especial con énfasis en retos múltiples)--Universidad de Costa Rica. Facultad de Educación. Escuela de Orientación Especial.

Arias Fonseca, D., & Ordóñez Montero, J. (2013). Análisis de la atención brindada por el profesional de enfermería a la familia del y la lactante con mielomeningocele, en la Clínica de Espina Bífida del Hospital Nacional de Niños Dr. Carlos Sáenz Herrera diciembre 2011 - diciembre 2012. San José: Tesis (licenciatura en enfermería)--Universidad de Costa Rica. Facultad de Medicina, Escuela de Enfermería.

assistivetech.net. (s.f.). Dermatomes describe spinal levels corresponding to sensory areas on the body [imagen]. Obtenido de assistivetech.net: [http://atwiki.assistivetech.net/index.php/Spinal\\_Cord\\_Injury#\\_note-10](http://atwiki.assistivetech.net/index.php/Spinal_Cord_Injury#_note-10)

Bergamo, P., Puigdevall, M., & Lamprópulos, M. (s.f.). Mielomeningocele. Obtenido de INSTRUCCIÓN ORTOPÉDICA DE POSGRADO, Hospital Italiano de Buenos Aires: [http://www.aaot.org.ar/revista/2005/n3\\_vol70/art13.pdf](http://www.aaot.org.ar/revista/2005/n3_vol70/art13.pdf)

Biblioteca Nacional de Medicina de los EE. UU. (Julio de 2016). Mielomeningocele. Obtenido de MedlinePlus Información de salud para usted: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/001558.htm>

Castro Lizano, S. M. (1995). Repercusiones psicosociales y formas de afrontamiento al estrés en adolescentes con espina bífida y con distrofia muscular progresiva de la consulta externa del Centro Nacional de Rehabilitación. San José, Costa Rica : Tesis (licenciatura en psicología)--Universidad de Costa Rica. Facultad de Ciencias Sociales. Escuela de Psicología.

Centers for Disease Control and Prevention. (s.f.). An illustration of an infant with Spina Bífida [imagen]. Obtenido de <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spina-bifida.jpg>

Centro Avanzado de Fabricación Fabrikazioaren zentro aurreratua . (s.f). Doblado y curvado [imagen]. Obtenido de Conformado por deformación y/o corte: <http://www.imh.eus/es/comunicacion/dokumentazio-irekia/manuales/introduccion-a-los-procesos-de-fabricacion/conformado-por-deformacion-y-o-corte/deformacion-en-frio>

Cromer, A. H. (2007). Física para las ciencias médicas. España: Editorial Reverté S.A .

Eloygb. (Marzo de 2011). Laminado plano [imagen]. Obtenido de Creative Commons Attribution: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:V2.gif>

EXTRALUM Vidrio y Aluminio. (2016). Generalidades del Aluminio. Obtenido de <http://www.extralum.com/es-es/Productos/Aluminio>

Fernández C., C. (1 de Octubre de 2016). Entrevista a una madre de niño con mielomeningocele. (M. C. Vargas Del Valle, Entrevistador)

Ferrer, J. (15 de Octubre de 2014). ABS vs PLA: ¿Qué diferencia existe entre estos dos filamentos para impresora 3D? Obtenido de <http://makershopbcn.com/abs-vs-pla-que-diferencia-existe-entre-estos-dos-filamentos-para-impresora-3d>

Freedman, R. A. (2009). Física Universitaria, 12ED. Volumen I. Pearson Educación.

García, M. (2 de Setiembre de 2016). Entrevista Ortopédica Chupis Costa Rica, la Uruca. (M. Vargas Del Valle, Entrevistador)

Garita Meneses, G. (11 de Agosto de 2016). Entrevista al director de la Escuela de Fisioterapia de la UCIMED. (M. Vargas Del Valle, Entrevistador)

Guido, D., Vásquez, S., & Vargas, C. (2014). Trabajo de investigación Proceso de transformación de los materiales. Cartago, Costa Rica.

Hospital Nacional de Niños Carlos Sáenz Herrera. (Setiembre de 2016). Misión y Visión. Obtenido de Hospital Nacional de Niños Carlos Sáenz Herrera, Centro de Ciencias Médicas de la CCSS: [http://www.hnn.sa.cr/Paginas/Organizacion/Org\\_VisionMision.aspx](http://www.hnn.sa.cr/Paginas/Organizacion/Org_VisionMision.aspx)

Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Nutrición y Salud INCIENSA. (2015). Unidad Especializada de Malformaciones Congénitas (CREC). Obtenido de Informes Epidemiológicos: [http://www.inciensa.sa.cr/actualidad/Informes%20de%20vigilancia.aspx#HERMES\\_TABS\\_1\\_5](http://www.inciensa.sa.cr/actualidad/Informes%20de%20vigilancia.aspx#HERMES_TABS_1_5)

KILO3D. (28 de Noviembre de 2015). A prueba de impacto: Impresión 3D con Nylon. Obtenido de <http://kilo3d.com/2015/11/28/a-prueba-de-impacto-impresion-3d-con-nylon/>

Leckey. (s.f.). Why Stand? Obtenido de Squiggles Stander Manual: <http://www.leckey.com/products/squiggles-stander/>

León, K. (7 de Setiembre de 2016). Entrevista a terapeuta ocupacional del Centro de Enseñanza Centeno Güell. (M. C. Vargas Del Valle, Entrevistador)

Lueder, R., & Rice, V. B. (2007). Ergonomics for children. Designing products and places for toddlers to teens. Florida: Taylor & Francis Group.

MedlinePlus Trusted Health Information for You. (27 de 10 de 2015). Hypotonia [imagen]. Obtenido de <https://medlineplus.gov/ency/imagepages/17229.htm>

Ministerio de Salud Presidencia de la Nación. (Setiembre de 2016). Espina bífida. Obtenido de Programas y Planes : <http://www.msal.gob.ar/index.php/programas-y-planes/138-espina-bifida>

Model Proportion at different ages [imagen]. (s.f.). Obtenido de Online Drawing Lessons: <http://online-drawinglessons.com/human-anatomy-drawing>

NEURAL TUBE DEFECTS [imagen]. (s.f.). Obtenido de We All Have Unique Brains: [http://www.weallhaveuniquebrains.com/brain\\_pathology/neural\\_tube\\_defects/](http://www.weallhaveuniquebrains.com/brain_pathology/neural_tube_defects/)

Nogueras O., E., Sarrasqueta S., P., & Díaz de Cerio M., B. (Septiembre de 2012). Alergia al látex y medidas de prevención . Obtenido de medicina general y de familia edición digital : [http://www.mgyf.org/revistas/V1N5/V1N5\\_254\\_257.pdf](http://www.mgyf.org/revistas/V1N5/V1N5_254_257.pdf)

Organización Mundial de la Salud. (2016). Patrones de crecimiento infantil. Obtenido de <http://www.who.int/childgrowth/standards/es/>

Orlich Orlich, E. (2011). Plan estratégico para el diseño y el desarrollo de prótesis de rodilla y cadera en Costa Rica. Cartago, Costa Rica: Tesis de grado del Tecnológico de Costa Rica.

Tamayo, J. C. (2003). "Experiencia grupal con padres y familiares de niños y niñas portadores de Espina Bífida". Obtenido de <http://www.binasss.sa.cr/revistas/ts/v31n70/art2.pdf>

Terapia Global. (Febrero de 2013). Principios de la danza clásica: El equilibrio (I) [imagen]. Obtenido de <http://www.terapiaglobal.net/2013/02/17/principios-de-la-danza-clasica-el-equilibrio-i/>

Texas Scottish Rite Hospital for Children . (publicado en 2014). Successful Bridges -- Growing Up with Spina Bífida (46 minutes) [video].

Tristan. (3 de Junio de 2016). Vacuuming, Stander Time, and Snack Time. Obtenido de Mason's Spina Bífida Journal: <http://masonsbjournal.blogspot.com/>

Vargas González, R. (29 de Julio de 2016). Entrevista al médico fisiatra del Hospital Nacional de Niños Dr. Carlos Sáenz. (M. C. Vargas Del Valle, Entrevistador)

Venteo, L. (2000). Materiales de uso técnico. Metales. Obtenido de <http://roble.pntic.mec.es/~lventeo/Temas/Metales/Metales.html>

Villalobos, B. (14 de Octubre de 2016). Entrevista a la enfermera de la Universidad de Costa Rica. (M. C. Vargas Del Valle, Entrevistador)

Yodiyim. (s.f.). 3d Illustration Of Spine, Medical Concept [imagen]. Obtenido de freedigitalphotos.net: <http://www.freedigitalphotos.net/images/agree-terms.php>