

Desarrollo de un prototipo de corsé personalizado para el tratamiento de Escoliosis Idiopática en forma de “S”

Kathleen Jyseth Bilbao Suárez

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Ciudad, Colombia

2021

Desarrollo de un prototipo de corsé personalizado para el tratamiento de Escoliosis Idiopática en forma de “s”

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniera Biomédica

Director (a):

Ing. Sebastián Jaramillo Izasa, PhD.

Codirector (a):

Ing. José Rodrigo Muñoz, PhD.

Línea de Investigación:

Rehabilitación, Biomecánica, Biomateriales

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Bogotá, Colombia

2021

Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios: Porque desde la pérdida de mis padres, ha sido el mejor padre que haya podido tener, me regaló esta enorme oportunidad de estudiar esta hermosa carrera Ingeniería Biomédica. Gracias a los conocimientos adquiridos en ella sé que tendré la posibilidad de ayudar a otros.

Agradezco a mis asesores: Sebastián Jaramillo Isaza y José Rodrigo Muñoz, excelentes en su campo, gracias por su dedicación y grandes aportes en este proceso, gracias por sacar de su valioso tiempo para orientarme de la mejor manera, que Dios los bendiga y les prospere en todo lo que hagan.

Agradezco a mi esposo e hijos: A mi esposo por el apoyo, gracias por ser el patrocinador de este sueño, gracias por ser paciente y ayudarme en todo lo que podías, gracias por tus críticas constructivas, a mis hijos por ser uno de los motivos más grandes para alcanzar mis sueños.

(Se firme en tus actitudes, y perseverante en tu ideal. Pero sé paciente, no pretendiendo que todo te llegue de inmediato. Haz tiempo para todo, y todo lo que es tuyo, vendrá a tus manos en el momento oportuno.

Mahatma Gandhi)

Resumen

Introducción: la escoliosis es un estado anómalo del raquis vertebral distinguido por una irregularidad espinal establecida en las tres dimensiones espaciales es decir (en sentido sagital, coronal y axial). Se encuentra definida más comúnmente en pacientes adolescentes, reincidiendo principalmente en el sexo femenino (70%). El objetivo de esta tesis es mostrar la efectividad del tratamiento rehabilitador a través del uso del corsé, y ofreciendo una alternativa en cuanto a diseño y funcionalidad para lograr una mejor adherencia al tratamiento.

Metodología: Se realiza un diseño en 3D utilizando el software blender y así obtener un prototipo con especificaciones que permitan conseguir un dispositivo que sea estético y biofuncional. Se obtiene la información requerida a través de simulaciones usando elementos finitos para establecer la funcionalidad del sistema y se seleccionan los materiales que se usaran para la construcción del prototipo, una vez esto se define, para una adolescente de 10 años.

Conclusión: No se puede asegurara ni negar el funcionamiento del dispositivo, debido a que es necesario ser usado en paciente en el que se pueda hacer un seguimiento del progreso de su tratamiento con ortesis, si bien las simulaciones no reemplazan a un paciente real podrían permitir un acercamiento para resolver esta situación, porque no permiten comprobar si se están usando los parámetros adecuados para obtener los resultados cercanos a los reales.

Palabras clave: Órtesis, Escoliosis idiopática, Curvatura, Biofuncional.

Abstract

Introduction: scoliosis is an abnormal state of the vertebral spine distinguished by a spinal irregularity established in the three spatial dimensions, that is (in the sagittal, coronal and axial directions). It is more commonly defined in adolescent patients, relapsing mainly in the female sex (70%). The objective of this thesis is to show the effectiveness of the rehabilitative treatment through the use of the corset, and offering an alternative in terms of design and functionality to achieve better adherence to treatment.

Methodology: The information required to establish the materials that will be used for the construction of the prototype is obtained, once this is defined, a 3D design is made using the blender software and thus obtain a prototype with specifications that allow obtaining a device that is aesthetic and biofunctional for a teenager.

Conclusion: The operation of the device cannot be guaranteed or denied, because it is necessary to be used in a patient in which the progress of their treatment with orthoses can be monitored, although the simulations do not replace a real patient, they could allow a approach to solve this situation, because they do not allow to check if they are using the appropriate parameters to obtain the results close to the real ones.

Keywords: Orthosis, Idiopathic Scoliosis, Curvature, Biofunctional.

Contenido

	<u>Pág.</u>
Resumen	IX
Abstract	X
Lista de figuras	XIII
Lista de tablas	XVI
Capítulo 1	1
Introducción	1
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Justificación	3
1.3 Objetivos.....	5
1.4 Alcances	6
1.5 Ubicación dentro de las líneas de trabajo del programa	6
1.6 Usuarios directos y formas de utilización de los resultados del proyecto.....	6
Capítulo 2	7
Marco teórico	7
2.1 Generalidades de la Columna.....	7
2.1.1 Posición del cuerpo y cargas en la columna vertebral.....	8
2.1.2 Principales deformaciones de la columna	8
2.2 Escoliosis Idiopática del adolescente (EIA)	9
2.3 Propiedades mecánicas.....	10
2.4 Métodos de fabricación	10
2.4.1 Proceso de Termo-conformado.....	14
2.4.2 Acabado y prueba	14
2.5 Método a través del sistema CAD/CAM	15
2.6 Software utilizado para el diseño del prototipo.	16
2.7 Software de simulación por elementos finitos	17
2.7.1 Software de simulación por elementos finitos ANSYS.....	18
2.8 Software CAD Solidworks	19
Estado del Arte	21
2.9 Tratamiento de la escoliosis.....	21
2.9.1 Tratamiento de la escoliosis utilizando ortesis.....	21

2.9.2 Principales modelos de corsé que se utilizan actualmente en el tratamiento de la escoliosis.	22
2.9.3 Materiales utilizados en técnicas ortopédicas de la columna (corsés).....	25
Capítulo 3.....	27
Metodología.....	27
3.1 Fases del proyecto.....	28
3.2 Diseño conceptual:	30
3.3 Modelización del dispositivo utilizando SolidWorks:	32
3.4 Simulación por elementos finitos.....	35
3.5 Selección de materiales.	38
Capítulo 4.....	41
Resultados y Discusión.....	41
4.1 Tipo de curvatura a corregir.	41
4.2 Evaluación del diseño por expertos.....	47
4.2.1 Análisis de las encuestas realizadas a las profesionales en fisioterapia.....	52
4.2.2 Discusión	53
4.3 Análisis de resultados comparados con tesis “Diseño y Análisis de Modelo Matemático y Prueba Experimental para Determinar Deflexión en la Curvatura de la Columna Vertebral de Paciente con Condición de Escoliosis”	53
4.3.1 Discusión	54
4.4 Simulación del dispositivo utilizando el método de elementos finitos en Ansys.	54
4.5 Construcción de prototipo	61
Capítulo 5 Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros.....	65
5.1 Conclusiones	65
5.2 Recomendaciones	66
5.3 Trabajos Futuros.....	66
Bibliografía	68
Anexos.....	71

Lista de figuras

Pág.

Figura 2-1: Imagen de la Columna Vertebral y sus diferentes secciones (izquierda). Patologías asociadas a la columna (derecha) Fuente [16]. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2-2: Imagen representativa de la escoliosis del adolescente en donde se observan los patrones típicos para reconocer si alguien la padece Fuente [2]. 33

Figura 2-3: Obtención del molde negativo de yeso [7]. 41

Figura 2-4: Visualización de la obtención de estructuras usando el sistema CAD/CAM [29]..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2-5: Interfaz gráfica de software blender [26]. 46

Figura 2-6: Pieza simulada econ elementos finitos [27]. 47

Figura 2-7: Simulación de una turbina utilizando uno de los programas de Ansys [28].....48

Figura 2-8: Estructura en SolidWorks[30]..... 49

Figura 3-1: Diagrama de bloques[propia]..... 59

Figura 3-2: Dibujo en 3D Blender vista anterior [propia]..... 62

Figura 3-3: Dibujo en 3D Blender vista anerolateral[propia]. 63

Figura 3-4: Prototipo estirado [propia]. 63

Figura 3-5: 2do dibujo del prototipo, vista anterolateral [propia]. **¡Error! Marcador no definido.4**

Figura 3-6: 2do bibujo del prototipo, vista posterior [propia]..... 64

Figura 3-7: 2do bibujo del prototipo, vista anterior [propia]..... 64

Figura 4-1: Toma demuestras de forma manual a paciente [propia]. 42

Figura 4-2: Hacen referencia a la toma de medidas del los contornos (1,2,3)respectivamente,utilizando cinta métrica sobre un model positivo de yeso[propia]..... 43

Figura 4-3: Hacen referencia a la toma de medidas del los contornos (4,5,6)respectivamente,utilizando cinta métrica sobre un model positivo de yeso[propia]..... 43

Figura 4-4: Hacen referencia a la toma de medidas del los contornos (1,2,3)respectivamente,utilizando pie de rey sobre un model positivo de yeso[propia]..... 44

Figura 4-5: Hacen referencia a la toma de medidas del los contornos (4,5,6)respectivamente,utilizando pie de rey sobre un model positivo de yeso[propia]..... 44

Figura 4-6:	Hacen referencia a la toma de medidas con cinta métrica [propia].	45
Figura 4-7:	Desarrollo del sólido Cad en diferentes ángulos [propia].	55
Figura 4-8:	Sistema deformado y estendido[propia].	56
Figura 4-9:	Prototipo de corsé con medidas obtenidas de la empresa ORTHOTECH colombia para una curva de 30°[propia].	56
Figura 4-10:	Análisis de la dirección de las fuerzas y donde hay mayor presión, se muestra una fuerza de compresión distribuida por toda la zona azul[propia].	58
Figura 4-11:	Se colocan propiedades del material y se muestra el mallado y al ejecutar el estudio, se observan las tensiones, las zonas verdes es donde más se estira el dispositivo[propia].	60
Figura 4-12:	Se observa el desplazamiento del dispositivo al ser ajustado, se muestra su desplazamiento vectorial y factor de seguridad. Los puntos verdes son los anclajes o puntos fijos, los puntos en los cuales se a conectar con otro material, en este caso en un velcro [propia].	62
Figura 4-13:	Mallado de 1765844 elemntos y 2676277 nodos [propia].	62
Figura 4-14:	Análisis estructura del corsé, se selcciona la geometría para luego establecer parámetros [propia].	63
Figura 4-15:	Análisis estructural, agrgando una zona de presión y soportes fijos, en la presión se selecciona que sea normal a cada superficie, ya que cada punto es perperndiculara hacia su base [propia].	63
Figura 4-16:	Deformación total, es decir como se defoma el sistema en general, teniendo en cuenta la magnitud de las deformaciones [propia].	64
Figura 4-17:	Deformacion direccional, es decir como se deforma el sistema al lado de la curvatura, que tanto se desplaza hacia el lado de la curvatura para empujarla [propia].	64
Figuea 4-18:	Gráfica de la presión ejercida en el dispositivo [propia].	60

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1-1:	<i>Madurez ósea según el signo de Risser fuente [6].</i>	23
Tabla 1-2:	<i>Especificaciones del corsé tipo Kallabis [6].</i>	23
Tabla 1-3:	<i>Especificaciones del corsé tipo Boston [6].</i>	23
Tabla 1-4:	<i>Especificaciones del corsé tipo Cheneau [6].</i>	23
Tabla 1-5:	<i>Especificaciones del corsé tipo Providence [6].</i>	23
Tabla 1-6:	<i>Especificaciones del corsé tipo Stagnara o Lyones [6].</i>	24
Tabla 1-7:	<i>Especificaciones del corsé tipo Málaga [6].</i>	24
Tabla 1-8:	<i>Especificaciones del corsé tipo Charleston [6].</i>	24
Tabla 1-9:	<i>Especificaciones del corsé tipo Michel [6].</i>	24
Tabla 1-10:	<i>Especificaciones del corsé Con Impresión 3D[7].</i>	25
Tabla 1-11:	<i>Estructura estática, en cuanto a presión ,tabla obtenida de la simulación en Ansys [propia].</i>	59
Tabla 1-12:	<i>Estructura estática, en cuanto a deformación, tabla obtenida de la simulación en Ansys[propia].</i>	59
Tabla 1-13:	<i>Deformación total,tabla obtenida de la simulación de Ansys[propia].</i>	60
Tabla 1-14:	<i>Especificaciones del material polipropileno [propia].</i>	60
Tabla 1-15:	<i>Módulo de elasticidad, tabla obtenida de la simulación en Ansys [propia].</i>	60
Tabla 1-16:	<i>Poisson, tabla obtenida de la simulación en Ansys[propia].</i>	61

Lista de abreviaturas

Abreviaturas

Abreviatura Término

1. *E.I* Escoliosis Idiopática

2. *TBT* Termoplástico de Baja Temperatura

3. *AIS* Adolescent Idiopathic Scoliosis (Escoliosis Idiopática del Adolescente)
4. *SEPEAP* Sociedad Española de Pediatría Extrahospitalaria y Atención Primaria
5. *SRS* Scoliosis Research Society (Sociedad de Investigación de la Escoliosis)
6. *AAOS* American Academic of Orthopaedic Surgeons (Académica americana de cirujanos ortopédicos)
7. *PEAD* Polietileno de Alta Densidad.

Capítulo 1.

Introducción

En el presente proyecto se pretende proponer una alternativa en cuanto a diseño se refiere para tratar la Escoliosis Idiopática del Adolescente que es aquella desviación lateral de la columna en la que no se encuentra una razón aparente a quienes la padecen, se desarrollará un prototipo de ortesis, en este caso un corsé que presente un concepto moderno, que sea visiblemente atractivo y que además sea funcional.

Se generan varios diseños en un software llamado blender en donde se empiezan a definir algunos aspectos que hagan la diferencia frente a otros modelos existentes, se realiza la selección de materiales para la fabricación del mismo y cabe mencionar que inicialmente se pretendía utilizar materiales biodegradables, sin embargo por motivos de la actual situación en donde nos enfrentamos a una pandemia por causa del COVID-19, no se lograrían realizar diversas pruebas que solo se podían desarrollar en un laboratorio especializado, por lo tanto solo se apunta a presentar el diseño del prototipo y una simulación en donde se ubiquen las fuerzas que ayudarán a corregir la curvatura y así comprobar su funcionalidad. Se escoge un polipropileno que es un termoplástico rígido por lo que durará el tiempo que dure el tratamiento. Se desea con este prototipo conseguir una mejor adherencia al tratamiento ya que esta es una de las causas que motivo al desarrollo de este proyecto.

A continuación, se encontrarán 5 capítulos como lo son la introducción el capítulo 1, Capítulo 2 en donde se mencionarán todos los elementos teóricos encontrados en la literatura que harán parte de este documento, incluyendo un estado del arte en donde se mencionan algunos estudios relacionados con el tema escogido. El capítulo 3 dedicado a la metodología en donde se evidencia la forma en cómo se irá desarrollando el prototipo desde la concepción del diseño hasta su obtención final. En el capítulo 4 se incluyen los

resultados en donde se alcanzan los objetivos propuestos, se mencionan los datos obtenidos durante todo el proceso desde el diseño hasta la construcción del prototipo y se sugieren algunas recomendaciones para futuras mejoras. En el capítulo 5 y no menos importantes se encuentran las conclusiones se resume todo lo aprendido durante este proceso. Finalizando se ubican los anexos en donde se podrán encontrar las encuestas realizadas a profesionales de fisioterapia, evaluando el diseño y sus recomendaciones.

1.1 Planteamiento del problema

La Sociedad Española de Pediatría Extrahospitalaria y Atención Primaria (SEPEAP) ofrece algunos datos sobre la incidencia de la Escoliosis idiopática del adolescente:

- La prevalencia estimada de escoliosis es de un 6% en varones y de un 10-14 % en mujeres.

- El 80 por ciento de las escoliosis son idiopáticas, siendo la más grave la escoliosis infantil, ya que si es progresiva puede afectar a la función pulmonar [1]. La escoliosis idiopática del adolescente, su forma más común, tiene una incidencia estimada de alrededor de 4x1000 habitantes. De esta población, aproximadamente un 1% será portador de una curva severa. En Chile se estima una prevalencia aproximada de 740 a 1100 pacientes que cumplen con criterio de severidad que justifique una cirugía [1]. La prevalencia en Colombia según la organización mundial de la salud (OMS) 3 de cada 100 niños sufren de escoliosis en etapa de crecimiento [2] y en Colombia el 3% de los niños tienen escoliosis según el DANE, afectando más a las niñas que a los niños [3]. Algunos de estos niños o niñas pueden tener baja autoestima, lo que les causa dificultades para relacionarse socialmente, sobre todo en aquellos casos de niños que se ven obligados a llevar una ortesis (corsé).

Globalmente, las niñas pequeñas presentan un riesgo mayor que los niños en una proporción de 3,6 por 1[4]. Sin embargo, como, “H. Dorfmann” [4]: precisa que, en las E.I. del adolescente de más de 30°, el 80% de los pacientes son niñas pequeñas.

Otra de las consecuencias de la escoliosis es que puede llegar a causar compresión de los órganos y músculos adyacentes a la curvatura. Si la escoliosis se presenta en niños que se encuentran en edad de crecimiento y desarrollo óseo, el especialista puede

recomendar el uso de un corsé, que permitirá mantener fija la espalda y evitará que la columna se desvíe más. Debido a lo anterior se hace necesario el uso de las ortesis.

Una ortesis, según definición de la ISO (Organización Internacional de Normalización), es un apoyo o dispositivo externo aplicado al cuerpo para modificar los aspectos funcionales o estructurales del sistema neuromusculoesquelético [5]. Una curva severa en un niño pequeño casi siempre avanza y en los siguientes 10 años puede llegar a ser muy grave y conducir a problemas pulmonares que amenazan la vida en la edad adulta. Tratamientos tales como aparatos ortopédicos, yeso, o cirugía pueden ser necesarios para prevenir la progresión de la curva, pero esto puede ser difícil para los niños. Algunos niños pueden no ser capaces de respirar tan profundamente cuando llevan puesto el corsé por ser tan rígido, O el corsé les puede apretar demasiado después de comer, pero, el mayor problema con los corsés ortopédicos es que algunos niños no los quieren llevar puestos. [6]. Según la Scoliosis Research Society (SRS) no existe evidencia científica que demuestre que los métodos de tratamiento kinésicos o manuales, tales como la manipulación, la estimulación eléctrica y el ejercicio corrector, detengan o mejoren la evolución de la escoliosis [7].

Existen soluciones basadas en órtesis tipo corsé. Este dispositivo actúa de manera efectiva en el tratamiento de esta patología, sin embargo, el considerable alto costo de su manufactura, la incomodidad y la estigmatización social inherente a su uso se traducen en una pobre adherencia al tratamiento, en especial en preadolescentes y adolescentes. Esto es particularmente importante debido a que la efectividad de un corsé está determinada por su tiempo de uso, además del ajuste y diseño apropiados.[8]

Teniendo en cuenta esta situación, la pregunta que surge del problema presentado es: **¿Cuáles son las especificaciones de diseño y de fabricación para elaborar un corsé asequible, atractivo, biofuncional y que incentive a pacientes adolescente a usarla de manera frecuente?**

1.2 Justificación

Una vez identificada la escoliosis idiopática del adolescente y al conocer porqué algunos niños no usan regularmente el corsé se debe a la falta de adherencia al tratamiento del paciente por de imagen psicosocial y corporal. Se considera imperioso sensibilizar a los

padres, niños y sociedad sobre los riesgos del no uso de las órtesis(corsé), porque su uso garantiza un aspecto importante en cuanto a la reducción de la curvatura.

Teniendo en cuenta que las causas que desencadenan que los niños no usen las ortesis de escoliosis como lo son: enrojecimiento de la piel por largas horas de uso, sensación de calor e incomodidad, pueden ocasionar problemas aún más graves como: aumento del grado de curvatura, e inconvenientes pulmonares, porque impiden el correcto desarrollo de la caja torácica y por lo tanto en el desarrollo de una capacidad pulmonar correcta. El crecimiento de las estructuras óseas, en este caso de la columna de los niños, es otra causante que puede producir la escoliosis.

En este trabajo se propone ofrecer una mejora en cuanto a diseño y se sugiere para trabajos futuros emplear el uso de materiales diferentes a los utilizados comúnmente para la elaboración de órtesis, Las ortesis pueden fabricarse con diferentes tipos de materiales, siendo actualmente los más utilizados por su propiedades físico-mecánicas los termoplásticos de baja temperatura (TBT), los cuales, son polímeros con diferentes propiedades y que se moldean con calor. Estos materiales usados comúnmente para la fabricación de ortesis no aportan un veneficio a nivel ambiental puesto que utilizan derivados del petróleo y que demoran 100 años en degradarse. Existen muchos materiales orgánicos que se pueden usar para la fabricación de estos aparatos(corsé)y que aporten beneficios al medio ambiente, como lo son la cascarilla de cacao. Inicialmente se esperaba usar un material biodegradable para la fabricación del dispositivo, sin embargo por falta de tiempo suficiente para la realización de caracterización y pruebas del nuevo material se decide solo a modo de referencia utilizar un termoplástico para la elaboración del prototipo. Por tales razones el presente proyecto intenta contribuir dando una alternativa la cual se basa en la diseño y construcción de un prototipo que los adolescentes quieran usar. Se propone una estrategia de acción que al materializarla se resolverá el problema planteado favoreciendo a los niños, ya que al usar la órtesis de una manera adecuada se conseguirán cambios no solo a nivel físico, sino también psicológico, económico y social. Se aportará la información pertinente a los padres y niños para que se concienticen sobre la importancia de este tratamiento con órtesis y puedan llegar a una buena vida en su edad adulta. Por último y en el ámbito profesional se comprobarán los conocimientos alcanzados durante la carrera y que puedan sentar un precedente para futuros estudios que puedan ser teniendo en cuenta el problema especificado en el presente trabajo.

1.3 Objetivos

Objetivo General

El objetivo de esta tesis es diseñar y simular un prototipo biofuncional de órtesis tipo corsé para el tratamiento de la escoliosis idiopática en forma de “S” en población adolescentes implementándolo de tal manera que incorpore todos elementos necesarios para su uso, y que esto permita una mejor adherencia al tratamiento.

Objetivos específicos

1. Identificar las especificaciones técnicas y modo de fabricación para la construcción de un prototipo personalizado.
2. Diseñar un prototipo de corsé en un software CAD en el cual su geometría, dimensiones y diseño permitan frenar y corregir la E.I en forma de "S" a partir de los 10 años.
3. Simular a través de elementos finitos si este sistema cumple con especificaciones como, presión del lado de la curvatura escoliótica, las fuerzas de compresión adecuadas para lograr mover la curva hacia el lado contralateral.
4. Seleccionar un material rígido termoplásticos termoformable y método de fabricación para el corsé.
5. Fabricar el prototipo usando las medidas proporcionadas por la empresa de ortopedia ORTHOTEHC Colombia para un paciente adolescente, en el momento en que este asista en busca de un dispositivo, se le ofrecerá usar el diseño del presente documento.

1.4 Alcances

Diseñar y simular un prototipo de órtesis tipo corsé para personas adolescentes con escoliosis, fabricado con un material con propiedades mecánicas adecuadas. El diseño pretende dar a la niña una mejor afluencia de aire al interior de su cuerpo manteniéndola fresca, adicional a esto se procurará que sea más liviano. También se busca tener un impacto positivo no solo a nivel de su sistema motor sino también en el aspecto psicológico del paciente, por lo tanto, se implementará un diseño biofuncional y con aspecto estético acorde a su edad. El dispositivo propuesto será evaluado por profesionales de la salud en el área de fisioterapia y rehabilitación para confirmar y respaldar su usabilidad, también contará con la asesoría de un ortesista, quien ofrecerá sus conocimientos, en cuanto a las medidas y puntos de presión y descargue. El trabajo futuro será orientado a mejorar el dispositivo incluyendo para su fabricación la utilización de biomateriales no convencionales que se puedan biodegradar después de terminado el tratamiento.

1.5 Ubicación dentro de las líneas de trabajo del programa

Se establecerá dentro de las siguientes líneas de trabajo del programa de ingeniería biomédica.

- Rehabilitación,
- Biomecánica,
- Biomateriales.

1.6 Usuarios directos y formas de utilización de los resultados del proyecto

Los usuarios potenciales directos serán población adolescente entre 10 y 12 años, sin embargo, antes de ser materializado el diseño deberá ser evaluado y sometido a una evaluación para determinar si cumple con lo requerido en el aspecto biofuncional establecidos para estos aparatos ortésicos.

Capítulo 2

Marco teórico

2.1 Generalidades de la Columna

La columna vertebral es un sistema dinámico que ofrece la rigidez necesaria para resistir las cargas axiales que recibe el cuerpo, protege las estructuras del sistema nervioso, como la médula espinal, las meninges y las raíces nerviosas, y concede movilidad y flexibilidad al tronco. Para mantener una postura en bipedestación de manera prolongada, la columna vertebral de los humanos presenta cuatro curvaturas, dos con convexidad posterior, es decir concavidad hacia adelante, nombrada cifosis normal, y dos con convexidad anterior, es decir, convexidad hacia adelante, denominada lordosis. Las zonas cervical y lumbar presentan lordosis mientras que las torácica y sacra presentan cifosis [9]. En la Figura 2-1 se ilustra anatomía de la columna vertebral.

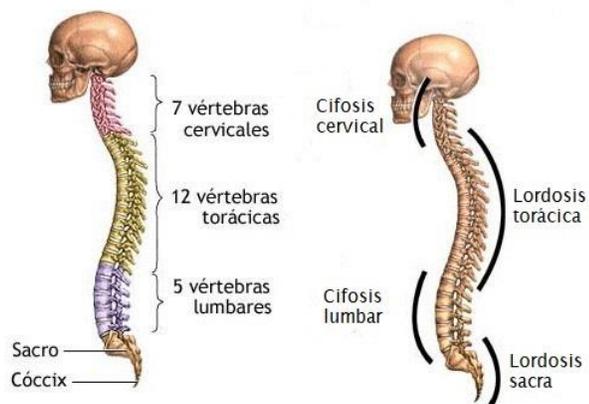


Figura 2-1: Imagen de la Columna Vertebral y sus diferentes secciones (izquierda).

Patologías asociadas a la columna (derecha) Fuente [10].

Cuando el niño nace y se va desarrollando su columna cervical adquiere su lordosis definitiva es decir cuando éste es capaz de erguir su cabeza y la columna lumbar hace lo

propio cuando el niño es capaz de caminar. De manera que la columna torácica y sacra preservan la cifosis original, por lo que son llamadas curvaturas primarias, mientras que la cervical y lumbar, por su adaptación son llamadas secundarias.

Cualquier tipo de curvatura lateral es patológica y es llamada escoliosis. Está acompañada de rotación de las vértebras, donde las apófisis espinosas (son las estructuras más posteriores de una vértebra) giran hacia la concavidad de la curvatura anormal, con una mayor incidencia en mujeres.[10]

2.1.1 Posición del cuerpo y cargas en la columna vertebral.

La columna lumbar es la principal área de sollicitación de la columna vertebral por lo que las cargas se han calculado en esa área principalmente. La presión del disco in vivo en la posición bipodal, relajada y erecta, esto debido a la función de la presión intrínseca del disco vertebral, también depende de la medición de la musculatura que actúa sobre el segmento del movimiento y de sus cargas externas que puedan aplicarse. (Nachemson y Elfström, 1970)

Este tipo de análisis en cuanto a la parte biomecánica permite analizar el movimiento de la columna y permite cuantificar las fuerzas complejas a las que está siendo sometido el raquis y las estructuras que soportan el raquis. El análisis biomecánico aporta datos prácticos y de valor incalculable para el tratamiento utilizando órtesis en las alteraciones de columna. El trabajo en conjunto de los cirujanos ortopédicos, técnicos ortopédicos y Bioingenieros aseguran la eficacia de los datos biomecánicos. (V.H Frankel, MNordin 2016)

2.1.2 Principales deformaciones de la columna

Dentro de las principales deformaciones de la columna está la escoliosis. Las deformidades de la columna en niños son importantes de reconocer debido a dos hechos principales: primero, tienden a agravarse con el crecimiento y segundo, cuando alcanzan un grado severo, su tratamiento suele ser complejo [11]. Las deformidades que podemos observar pueden ser: en la cifosis, como en el caso de la enfermedad de Scheuermann; en la lordosis, en la flexión lateral; en rotación o cuando se combinan estas. La asociación

más frecuente es la escoliosis, que combina desviación lateral y rotación [11]. En la figura 1.2 se muestran los patrones típicos de una escoliosis.



Figura 2-2: Imagen representativa de la escoliosis del adolescente en donde se observan los patrones típicos para reconocer si alguien la padece. Fuente [12]

2.2 Escoliosis Idiopática del adolescente (EIA)

La adolescencia es un período de la vida que se encuentra comprendido entre la pubertad que prácticamente marca el final de la infancia, y por lo tanto da paso al inicio de la edad adulta. Los adolescentes se empiezan a adaptar en su nuevo cuerpo que está aún en proceso de desarrollo y en el que pueden estar vulnerables ante la aparición en algunos casos de desviaciones en la columna. La escoliosis idiopática del adolescente (Adolescent Idiopathic Scoliosis, AIS por su nombre y sigla en inglés), es una de las escoliosis más comunes con una alta prevalencia en niños de 10 años y en adolescentes [13]. Idiopática quiere decir que no se encuentra o se desconoce una razón aparente que pueda causarla. La curvatura que se crea con la escoliosis le da a la columna una forma ya sea de “s” o de “c” esto causa que la columna rote, lo cual provoca que la cintura y los hombros estén desviados, por tal razón es importante buscar signos notables antes de visitar un especialista.

La prevalencia de la E.I. se aproxima al 2% de la población, con una frecuencia cinco veces mayor en niñas que en niños [13]. Un correcto conocimiento de la enfermedad no solo reduce los costos económicos del diagnóstico y del tratamiento sino también, y lo más importante, la sobreexposición radiológica, en muchos casos innecesaria y que se ha relacionado con un aumento de la incidencia de cáncer de mama en niñas con escoliosis. Una vez identificada la escoliosis idiopática del adolescente y al conocer porqué algunos

niños no usan regularmente el corsé se debe a la falta de adherencia al tratamiento del paciente por de imagen psicosocial y corporal. Se considera imperioso sensibilizar a los padres, niños y sociedad sobre los riesgos del no uso de las órtesis(corsé), porque su uso garantiza un aspecto importante en cuanto a la reducción de la curvatura.

2.3 Propiedades mecánicas

Hace referencia al efecto que produce un esfuerzo o carga sobre algún material, esto dependerá de la estructura del material. Los materiales usados para las órtesis deben suficientes en cuanto a sus sollicitaciones, debe ser resistente y estable a la corrosión y al deterioro, deben ser ligeros y maleable, y que sean estéticamente aceptables.[14]

Dentro de las propiedades mecánicas encontramos, la deformación elástica (expresada por la ley de Hooke) Puede ser representada $\sigma = E\varepsilon$ donde E es una constante del material llamado el módulo elástico o módulo de Young un módulo de Young alto indica mayor rigidez, es decir que, a mayor esfuerzo, menor deformidad.

2.4 Métodos de fabricación

Existen varios métodos para fabricar los corsés, el temo conformado es uno de ellos, para este proceso se requieren los siguientes materiales.

- Agua
- Media de nylon
- Yeso calcinado
- Venda de yeso a-
- Cedazo
- Lija
- Tubo galvanizado de ½ "
- Pega de contacto
- Pelite de 5mm. de alta densidad
- ½ de lámina de polietileno de 4mm

- Pliego de teflón
- Vaselina
- Talco

Herramientas y equipo

- Tejera para yeso
- Cuchilla de cartón
- Calibrador
- Cinta métrica
- Cinta de sastre
- Plomada
- Cubeta platica
- Prensa para tubo
- Taza plástica
- Escofina redonda
- Escofina media caña
- Bomba de succión
- Tijera
- Martillo de bola
- Martillo de goma
- Fresadora y juego de fresado
- Caja de alineación
- Tubo galvanizado
- Sierra eléctrica oscilante

Toma de medidas: Es importante tener una buena comunicación con el usuario, para detallarle paso a paso lo que se realizará en su cuerpo desde la toma de medidas hasta la toma del molde negativo. Se deben tomar las medidas necesarias:

- Circunferencias.
- Alturas del tronco.
- Medidas de disimetrías de miembros inferiores.
- Tomar en cuenta, la alineación del cuerpo antes del enyesado.
- Marcar zonas de referencia.

Toma del molde negativo: Esta se toma con el usuario en posición decúbito supino de esta manera se elimina la gravedad, se recuesta sobre una superficie firme y rígida para tener un mejor control del tronco. El usuario ya estando en decúbito supino se ubicará de tal forma que el cuerpo este bien alineado en una posición anatómica, se debe hacer las presiones ya establecidas con relación al análisis radiográfico. Se marcan con un lápiz indeleble las zonas de referencia.



Figura 2-3: Imagen del Molde negativo de yeso.

- **Anterior :**
- Apéndices xifoides del esternón.
- Escotadura esternal.
- Bordes costales.
- Borde de las axilas.
- Crestas ilíacas.
- Espinas ilíacas antero-superior.
- Sínfisis del pubis.
- Luego se realiza el vendaje.

- **Posterior:**
- Angulo inferior de los omoplatos.
- Líneas de referencia caudal.

-
- Agujeros del sacro.
 - Bordes de los glúteos.
 - Hendidura glútea.
 - Surco medio posterior.
 - Cabeza del trocánter mayor.
 - Luego se realiza el vendaje.

Se debe tener en cuenta de aplicar en la parte posterior(espalda) vaselina o algún mecanismo de aislante para que el yeso no se pegue, redondear los bordes de los costados, de la parte posterior y hacer las marcas para cuando se retire el molde del usuario se tengan líneas de referencia las cuales indicarán la posición correcta del molde.

Elaboración del molde positivo: una vez obtenido el molde negativo el siguiente paso es unir las dos partes anterior y posterior tomando en cuenta las líneas de referencia para evitar rotaciones o malas ubicaciones de las dos partes. Se coloca en la caja de alineación.

- **Anterior:**
 - Al centro de la escotadura esternal.
 - Sífnisis del pubis.
 - Sagital.
 - Centro de la axila.
 - Cabeza del trocánter mayor.

- **Posterior:**
 - fuerzas efectuadas en el molde
 - Dorsal izquierda: contención
 - Lumbar izquierda: contención
 - Dorso lumbar derecha: traslación.

las correcciones del molde se darán en el borde inferior, con ayuda de un gramil se trazarán las líneas horizontales, luego llevarlo hasta el punto de que es necesario para que las líneas de plomada pasen por las zonas indicadas. Posteriormente lo que sigue es humedecer el interior del molde negativo con agua y jabón para que esto sirva como aislante para que no se pegue el molde positivo con el negativo. Se coloca un tubo al centro, se sellará sus costados con unas vendas de yeso para evitar que se derrame el yeso calcinado con el cual se vaciará el negativo. Se espera 30 minutos aproximadamente para que el yeso fragüe por completo y así continuar con el siguiente paso que es retirar el molde negativo, después de haber retirado el molde negativo se remarcaran las líneas que se tendrán de referencia que están marcadas en el molde negativo y que han sido transferidas al molde positivo, se verifican nuevamente las medidas. Se vuelven a verificar las líneas de plomada en el molde positivo [14].

2.4.1 Proceso de Termo-conformado

Una vez terminado los cambios en el molde positivo se continúa colocando el molde en un sistema de succión ubicándolo con la cara anterior hacia abajo para que la costura quede en la cara anterior en donde estará la abertura para colocar el corsé. Se toma las medidas de largo de molde y circunferencias caudal y craneal y se transfieren al plástico (polipropileno de 4mm). Se coloca el plástico al horno y se esperan unos 20 minutos dentro del horno y cuando el plástico ya está en su transparencia total se retira, se pone en el piso con ayuda de dos personas más se procura que el plástico quede bien alienado y que la costura en la parte anterior quede lo más vertical posible para su mejor funcionamiento, luego se cierran todas las fugas de aire y se abre la bomba de succión que ayudará a conformar el plástico.[14]

2.4.2 Acabado y prueba

Para el acabado se marcan las líneas de corte del aparato, se corta el termo conformado, se pulen los bordes y se hace la primera prueba para verificar cortes o si es necesario algún tipo de cambio en el aparato. En las pruebas al aparato se debe tener mucho cuidado y se debe observar detalladamente cada parte del corsé, ya que se tendrá que

revisar la adaptación para el usuario, se verifica el balance, se revisaran los límites de cortes del aparato y que se adapte bien.[14]

2.5 Método a través del sistema CAD/CAM

La tecnología CAD-CAM que utiliza consta de 3 elementos principalmente: El escáner 3D O&P, el software de rectificado Rodin 4d y la fresadora numérica.

El escáner 3D posibilita el tomar medidas de corsés, prótesis, y ortesis de marcha mediante digitalización, consiguiendo una imagen de la forma del paciente limpia, rápida y sin contacto. Puede realizarse en todo tipo de personas, desde un recién nacido hasta pacientes encamados, aportando una precisión de +/- 1 mm. De esta forma se reemplazan los sistemas tradicionales de moldes con vendas de yeso.

El software de rectificado aporta radiografías y fotografías digitalizada del paciente, para hacer las modificaciones que sean pertinentes y esto permite contar con un historial personalizado. De este modo facilita la valoración en la evolución del tratamiento.[15]

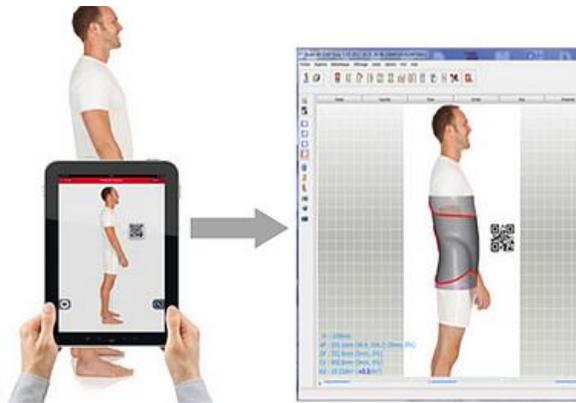


Figura 2- 4: visualización de la obtención de estructuras en CAD/CAM. Fuente [16]

Con la fresadora numérica se realiza la conversión de todos estos datos para ser dirigidos a un molde positivo de poliuretano, y de esta manera poder elaborar las prótesis u ortesis de los usuarios. Para esta tecnología se tiene en cuenta la experticia del profesional encargado porque se agiliza el proceso y mejora la experiencia, muchas entidades encargadas de la fabricación de ortesis para escoliosis se han unido a esta nueva

tecnología. Una de las herramientas más potentes es el Rodin 4D, que es una que permite obtener unos resultados óptimos de adaptación y corrección en los productos finales.

2.6 Software utilizado para el diseño del prototipo.

Es un programa de código abierto creado por la compañía Blender Foundation especializado en animación 3D. Entre los softwares de animación este es un programa multiplataforma que funciona sin problemas en Linux, Windows y Macintosh. En este artículo te mostraremos cuál es su funcionamiento.

Antes de que Blender Foundation lanzara su suite de creación animada en 3D, fue desarrollado originalmente por las compañías NaN y NeoGeo. Actualmente es un proyecto público en el que participan usuarios de todo el mundo. Su “rediseño” es realizado por estudios y artistas individuales, animadores profesionales y amateur, ingenieros, aprendices, expertos de VFX, gamers, modders, y otros más.

Se trata de un software de animación, renderizado y modelado en 3D. Blender software se ha ganado un lugar en el mundo de los gráficos por computadora gracias a la gran cantidad de características que posee. Su capacidad para realizar animaciones complejas sin mucho esfuerzo lo ha convertido en una aplicación imprescindible para los estudios de animación y los desarrolladores de videojuegos [17].



Figura 2-5: Interfaz gráfica de software Blender. Fuente [17]

Este programa es capaz de animar los objetos de una escena en 3D de varias maneras. Admite el desplazamiento completo al cambiar la posición, el tamaño y la orientación. El software también admite animación por deformación y animación usando un esqueleto o

una armadura. Como usuario, puede mover los diferentes objetos usando fotogramas clave, definiendo una curva de movimiento o indicando una ruta. Una sola herramienta llamada Ipo se usa para gestionar desplazamientos de fotogramas clave y desplazamientos de curvas de movimiento ¹[17].

2.7 Software de simulación por elementos finitos

Se le llaman “elementos finitos” (MEF) porque la geometría de la estructura se divide en partes más pequeñas. Gracias a estas divisiones, el problema se vuelve específico y se logra que la computadora lo resuelva con más exactitud. Así, lo que se pretende lograr con este método es analizar un elemento estructural a una escala menor a lo convencional para así identificar áreas de posibles concentraciones de esfuerzos, deformaciones o fatiga que permite la discretización de elementos finitos con comportamientos y propiedades definidas.[18] Los elementos finitos están conectados entre sí por nodos; mientras que el conjunto de todos los nodos se conoce como malla. La precisión de este método de análisis depende de la cantidad de nodos y elementos, del tamaño y los tipos de elementos por malla. Por esto mismo, entre más divisiones tenga, más precisos serán los resultados.[18]

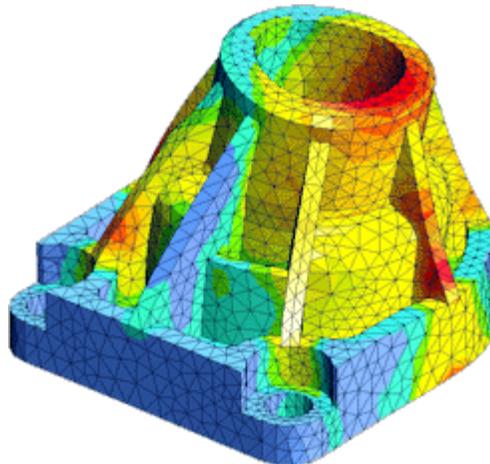


Figura 2-6: Pieza simulada con elementos finitos. Fuente [18]

Análisis por elementos finitos (FEA): El método de análisis por elementos finitos ha sido el elegido para la simulación de las fuerzas a las que se verá sometida la ortesis ya que este facilita el acercamiento a problemas frecuentes, este método se basa en tomar un elemento y dividirlo en fracciones finitas. Cada una de estas fracciones exhibe unas propiedades físicas y van relacionadas entre sí, estos puntos característicos son nombrados como “nodos”. Gracias a los nodos se puede realizar la coalición de cada elemento con su adyacente y que se pueda evidenciar el comportamiento de cada una de estas fracciones [19].

2.7.1 Software de simulación por elementos finitos ANSYS

Ansyes es un ecosistema de programas CAE para diseño, análisis y simulación de partes por elementos finitos FEA, incluye las fases de preparación de meshing ó malleo, ejecución y post proceso, el programa ejecuta análisis de piezas sometidas a fenómenos físicos usadas en ingeniería y diseño mecánico, puede resolver problemas físicos sometidos a esfuerzos térmicos, fluidos, vibración y aplicaciones específicas, brevemente se describen sus módulos principales por disciplina.

ANSYS Workbench es una plataforma de software desde donde se crean los proyectos de análisis CAE en diferentes disciplinas, Workbench despliega gráficamente el intento de la simulación en ingeniería y se establecen las relaciones entre fenómenos físicos y sus módulos incluyendo multi física. La plataforma ANSYS Workbench incluye software y componentes para diferentes fenómenos. Por ejemplo, el análisis estructural mecánico, Con los programas ANSYS Mechanical, Structural, Professional. [20]

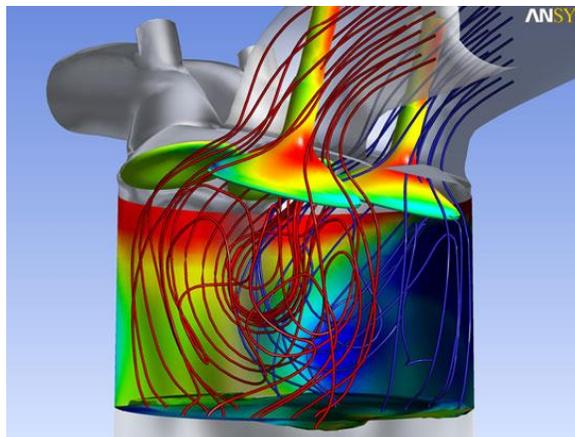


Figura 2-7: Simulación en Ansys. Fuente [20]

Ansys Mechanical Es una herramienta de Ansys para resolver situaciones muy particulares en diseño mecánico como elementos estructurales lineares, no lineares y análisis dinámico. Con este módulo puedes evaluar el comportamiento, asignar materiales y resolver ecuaciones. Puedes resolver análisis térmicos, acoplamientos físicos que involucren acústica, elementos piezoeléctricos e interacción térmica con eléctrica. Ansys Mechanical es una solución puntual de análisis de alto desempeño que se puede usar como plataforma de solución[20].

2.8 Software CAD Solidworks

SolidWorks es un software CAD (diseño asistido por computadora) para modelado mecánico en 2D y 3D, desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corp., una filial de Dassault Systèmes (Suresnes, Francia), para el sistema operativo Microsoft Windows. Su primera versión fue lanzada al mercado en 1995 con el propósito de hacer la tecnología CAD más accesible.



Figura 2-8: Estructura solidworks. Fuente [21]

El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en traspasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada. La labor de SOLIDWORKS en el proceso

de desarrollo del producto es muy específica, las soluciones ayudan a acelerar el proceso ahorrando tiempo y dinero dando paso a la innovación de los productos [21].

Cuando en la mayoría de las empresas la cadena de valor es un proceso secuencial en el que necesitan terminar las fases anteriores para iniciar las nuevas, las soluciones de SOLIDWORKS permiten llevar el proceso en paralelo en lugar de secuencialmente, con el fin de ganar tiempo y poder tomar mejores decisiones empresariales creando mejores diseños [21].

SolidWorks ofrece soluciones intuitivas para cada fase de diseño. Cuenta con un completo conjunto de herramientas que le ayudan a ser más eficaz y productivo en el desarrollo de sus productos en todos los pasos del proceso de diseño. La sencillez que es parte de su propuesta de valor es decisiva para lograr el éxito de muchos clientes.

La solución de SolidWorks incluye cinco líneas de productos diferentes:

1. Herramientas de diseño para crear modelos y ensamblajes
2. Herramientas de diseño para la fabricación mecánica, que automatiza documentos de inspección y genera documentación sin planos 2D.
3. Herramientas de simulación para evaluar el diseño y garantizar que es el mejor posible
4. Herramientas que evalúan el impacto medioambiental del diseño durante su ciclo de vida.
5. Herramientas que reutilizan los datos de CAD en 3D para simplificar el modo en que las empresas crean, conservan y utilizan contenidos para la comunicación técnica.
6. Finalmente, todas estas herramientas están respaldadas por SolidWorks PDM para gestionar y controlar de forma segura los datos mediante una única fuente de datos reales de sus diseños y SolidWorks manage, una herramienta que gestiona los procesos y proyectos implicados en todo el desarrollo del producto y está conectado al proceso de diseño. Todas estas soluciones funcionan de forma conjunta para permitir que las empresas mejoren la fabricación de sus productos y los elaboren de forma más rápida y económica[21].

Estado del Arte

2.9 Tratamiento de la escoliosis

2.9.1 Tratamiento de la escoliosis utilizando ortesis

Existen diferentes tipos de corsés, cuya indicación varía en virtud del ápex de la curva, las condiciones del paciente y la duración del tratamiento durante el día que corresponde a (23 horas o nocturnos) [22][23]. El uso de corsé se prescribe cuando la curva supera el valor de 25°. Se utiliza principalmente para detener su progresión, minoritariamente se emplean para su corrección. Se puede aplicar una jornada diaria completa (20-22 horas por día) o parcial (16-18 horas por día) durante el crecimiento en la fase de adolescencia. Concluida la madurez esquelética, se descartará el uso de corsé nocturno hasta su exclusión total. Un 20% de los casos no mejora con la órtesis debido a la falta de adherencia al tratamiento.[24]. El tratamiento ortopédico y la rehabilitación han demostrado su eficacia y efectividad a la hora de enlentecer la progresión de la curva idiopática durante el crecimiento puberal. El uso de órtesis combinado con ejercicios fisioterapéuticos, ergonómicos/posturales, aumenta la eficacia del tratamiento en escoliosis de carácter leve o moderado.[24] La progresión de las curvas escolióticas siempre tendrá un énfasis en los siguientes aspectos:

- **Edad:** mientras exista la posibilidad del crecimiento corporal existe la posibilidad que la escoliosis sea progresiva.
- **Sexo:** mayor potencial de progresión en el sexo femenino. Con una frecuencia es 10 veces mayor que en los varones.
- **Menarquia:** el crecimiento durante la adolescencia suele coincidir con la aparición de los caracteres sexuales secundarios según la escala de Tanner.
- **Risser:** Se debe contar con datos de la evolución de la curva teniendo en cuenta la relación con la maduración esquelética de la columna la cual es valorada por el signo radiológico.

El método de Risser es usado para establecer la madurez ósea teniendo como referencia la apófisis de hueso ilíaco el cual es de cartílago cuando el esqueleto es inmaduro y esto no se puede detectar en las radiografías, cuando empieza a madurar, se empieza a clasificar desde la parte anterior a la posterior. De acuerdo al grado de calcificación de la cresta ilíaca se clasifica en 4 estados:

Tabla 1-1: Madurez ósea según el signo de Risser fuente [propia]

Estado de clasificación	Descripción
Risser 0	no aparición; antes que comience la osificación de las apófisis
Risser1	25% la parte anterior de la cresta ilíaca está osificada.
Risser 2	50% la mitad está osificada.
Risser 3	75% los 3/4 anteriores de la cresta ilíaca están osificados.
Risser 4	100% toda la apófisis esta calcificada pero separada del hueso ilíaco por tejido cartilaginoso.
Risser 5	la osificación esta completa, es decir la apófisis se ha unido al hueso ilíaco.

Es importante tener encuesta estos resultados puesto que determinaran si el usuario está apto o no para el tratamiento ortesico.

2.9.2 Principales modelos de corsé que se utilizan actualmente en el tratamiento de la escoliosis.

En el tratamiento de la escoliosis idiopática del adolescente se pueden identificar diferentes dispositivos ortesicos que cuentan con diferentes puntos de apoyo marcando la diferencia entre una órtesis y otras.

Dependiendo del tipo de curvatura y grado concavidad y convexidad, es decir el tipo de corsé dependerá la ubicación exacta de la escoliosis, a continuación, se muestran algunos de estos dispositivos. El corsé es el aparato ortopédico encargado de aplicar fuerzas correctivas de forma externa sobre la columna vertebral y el tronco. Las funciones del corsé

se resumen principalmente en reducir la carga antinatural y la fuerza gravitatoria sobre el cuerpo, también en mejorar el control neuromuscular. Se clasifican según su rigidez y composición en: rígidos (policarbonato), semirrígidos (polietileno) y flexibles (elásticos). El corsé de Sibilla es conocido por estar directamente correlacionado con niveles de IMC y rigidez bajos. Junto con el Corsé de Sibilla se encuentra el SpineCor para curvas inferiores a 30°. Cuando los niveles de IMC y rigidez esquelética de la curva son superiores (y el ángulo de Cobb supera los 35°) se utiliza corsés de Lyon Tabla1-4 o Sforzesco [25].

Tabla 1-2: Especificaciones del corsé tipo Kallabis. Fuente [26].

	Tipo	Características Técnicas	Material de fabricación	Método de fabricación	Tipo de sujeción
	<p>CORSÉ DE KALLABIS</p>	<p>Para contrarrestar la convexidad de la curva y su mecanismo es un sistema simple de 3 puntos. • Provoca una hipercorrección. • Para escoliosis infantil (del lactante)</p>	<p>Hecho de cuero, se encuentra forrado en su parte exterior de material blando.</p>	<p>puede estar confeccionado en diferentes materiales, como con tejido de pana, rizo, velour y velcros de microgancho. Son hechos con costuras.</p>	<p>Arnés de cuero con fijación tipo correas en el hombro y la cadera ipsilaterales, correas de velour</p>

Tabla 1-3: Especificaciones del corsé tipo Boston. Fuente [26].

	Tipo	Características Técnicas	Material de fabricación	Método de fabricación	Tipo de sujeción
	<p>CORSÉ BOSTON</p>	<p>Corrige curvas hasta T5. Se utiliza también como inmovilizador postquirúrgico.</p>	<p>Los módulos están constituidos por una cáscara exterior en polipropileno copolímero y un tapizado interno de espuma de polietileno</p>	<p>Fabricada a medida con sistema CAD/CAM en un copolímero.</p>	<p>Correas con velcro</p>

Tabla 1-4: Especificaciones del corsé tipo Cheneau. Fuente [26].

	Tipo	Características Técnicas	Material de fabricación	Método de fabricación	Tipo de sujeción
	<p>CORSÉ CHENEAU</p>	<p>Es un corsé para la corrección de la escoliosis idiopática infantil. La realización de este tipo de corsé es muy compleja debido a la cantidad de puntos de presión y expansión que deben ser considerados en el diseño en función de diferentes factores de la curva escoliótica, como son el número de curvas.</p>	<p>Plástico rígido (polipropileno o polietileno de alta densidad) de 5 mm de espesor, con un forro interno de espuma (airfoam)</p>	<p>Fabricada a medida con sistema CAD/CAM en un copolímero.</p>	<p>Correas con velcro</p>

Tabla 1-5: Especificaciones del corsé tipo Providence. Fuente [26].

	Tipo	Características Técnicas	Material de fabricación	Método de fabricación	Tipo de sujeción
	<p>CORSÉ PROVIDENCE</p>	<p>Corregir escoliosis dorsolumbares. • Válido para escoliosis de 3, 4 curvas.</p>	<p>Termoplástico o cuero</p>	<p>Se diseña tomando las Coordenadas con el paciente tumbado aplicando fuerzas correctoras al paciente sobre una tabla específica del fabricante. Posteriormente se implementan en un sistema CAD-CAM</p>	<p>Cierre anterior de cuero sintético en la parte exterior y en la parte interior velcro</p>

Tabla 1-6: Especificaciones del corsé tipo Stagnara o Lyones. Fuente [28].

	Tipo	Características Técnicas	Material de fabricación	Método de fabricación	Tipo de sujeción
	<p>CORSÉ STAGNARA O LYONES</p>	<p>• Válido para escoliosis de 3, 4 curvas</p>	<p>Duroplex</p>	<p>. Está formado por dos barras de acero o duraluminio, anterior y posterior, que se unen a la cesta pélvica, los apoyos axilares y las placas dorsal y lumbar.</p>	<p>Correas de cuero posteriores o laterales</p>

Tabla 1-7: Especificaciones del corsé tipo Milwaukee Fuente [26].

	Tipo	Características Técnicas	Material de fabricación	Método de fabricación	Tipo de sujeción
	<p>CORSÉ MILWAUKEE</p>	<p>Corsé para el tratamiento de la escoliosis o cifosis, compuesto de una cesta pélvica en termoplástico semirrígido, forrada o no; una superestructura metálica unida a un anillo cervical con dos apoyos occipitales y molde glótico, con todas las placas y aditamentos que se prescriban.</p>	<p>Termoplástico o cuero, con barras y supraestructura. La anterior suele ser de aluminio y las posteriores de acero.</p>	<p>Se debe confeccionar a medida, en polietileno HD, previo molde de escayola o escaneo 3D</p>	<p>Cierre con correas de cuero en la parte anterior y posterior</p>

Tabla 1-8: Especificaciones del corsé tipo Málaga. Fuente [26].

	Tipo	Características Técnicas	Material de fabricación	Método de fabricación	Tipo de sujeción
	<p>CORSÉ MÁLAGA</p>	<p>Es un corsé TLSO (toraco- lumbar- sacro) confeccionado en termoplástico • Se utiliza para escoliosis de 3, 4 curvas. Corrige curvas a D5, no superiores</p>	<p>Confeccionado en termoplástico y de tipo body-jackett o de contacto total con placas adaptadas a la curva.</p>	<p>Fabricada a medida con sistema CAD/CAM en un copolímero.</p>	<p>Cierre poaterior mediante herrajes (Chapas en T)</p>

Tabla 1-9: Especificaciones del corsé tipo Charleston. Fuente [26].

	Tipo	Características Técnicas	Material de fabricación	Método de fabricación	Tipo de sujeción
	<p>CORSÉ CHARLESTON</p>	<p>El primer corsé diseñado para el tratamiento nocturno de la escoliosis,</p>	<p>Es un corsé de cierre solapado anterior, construido en material termoplástico</p>	<p>Fabricada a medida con sistema CAD/CAM en un copolímero.</p>	<p>Correas con velcro</p>

Tabla 1-10: Especificaciones del corsé tipo Michel fuente [26].

	Tipo	Características Técnicas	Material de fabricación	Método de fabricación	Tipo de sujeción
	<p>CORSÉ DE MICHEL</p>	<p>Indicado en curvas bajas, corrige hasta VT8, válido para escoliosis 2 ,3 curvas.</p>	<p>Duroplex(Color transparente)</p>	<p>. Está formado por dos barras de acero o duraluminio, anterior y posterior, que se unen a la cesta pélvica, los apoyos axilares y las placas dorsal y lumbar.</p>	<p>Cierre poaterior mediante herrajes</p>

Tabla 1-11: Especificaciones del corsé con impresión 3D fuente [27]

	Tipo	Características Técnicas	Material de fabricación	Método de fabricación	Tipo de sujeción
	<p>CORSÉ CON IMPRESIÓN EN 3D</p>	<p>Hechos sobre medida y corrige 2 curvas</p>	<p>Materiales microperforables</p>	<p>impresión 3D</p>	<p>No cuenta con sitema de sujecion</p>

2.9.3 Materiales utilizados en técnicas ortopédicas de la columna (corsés).

Los materiales son diversos y se utilizaran uno u otros dependiendo de la función específica, es decir si es a nivel estructural o si deben servir de apoyo, también si son de contacto o es algún tipo de recubrimiento.

Es de suma importancia saber que selección es la adecuada ya que la selección de los materiales obedece a criterios relacionado al diseño y éste a su vez se verá afectados por diversos factores, dichos factores se deben tener en cuenta al momento del diseño puesto que deben cumplir el objetivo que han considerado el médico y técnico ortopédico y este objetivo es de carácter mecánico sobre el paciente, por este motivo la ortesis debe cumplir requisitos de índole física y/ o mecánica en lo que tiene que ver a fuerzas a las que debe ser sometida y transmitida al paciente. Por otra parte, el dispositivo deberá adaptarse a una geometría que debe estar determinada por la geometría del cuerpo ya que esta varía con cada paciente en particular, entonces los materiales utilizados deben cumplir con

requisitos físicos y mecánicos. (L.L. García, A. Martínez Benasat, J.A. Planell Estany 2017) [28]

Dentro de los materiales más utilizados se destacan:

- los aluminios, el aluminio debe ser de baja densidad, resistente a la corrosión, conductividad térmica y dúctil. aleaciones de aluminio, estas aleaciones son más resistentes a la corrosión y posee mayor dureza y el acero.
- Polímeros que son compuestos moleculares que poseen una o varias moléculas que se repiten, estos pueden ser naturales o sintéticos, termoestables o termoplásticos.

Los termoplásticos son plásticos que varían en cuanto a rigidez, y flexibilidad, en este grupo encontramos:

- Polipropileno y polietileno, los polipropilenos son plásticos muy rígidos y dan mayor soporte, los polietilenos son plásticos más blandos y flexibles como por ejemplo el silicón, son de bajo costo, posee gran resistencia química, baja permeabilidad al vapor de agua, ausencia de toxicidad y flexibilidad.
- Polímeros acrílicos (poli metacrilato de metilo), son plásticos rígidos, resistentes y con una alta resistencia al impacto. [28]

Capítulo 3

Metodología

Para desarrollar el presente proyecto primero se hará uso de la metodología de la investigación aplicada. La investigación tiene como componente de estudio encontrar mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto es decir la creación de un dispositivo(corsé), como curar una enfermedad (Escoliosis) o conseguir un elemento o bien que pueda ser de utilidad, un diseño atractivo y funcional. A continuación, se muestra la descripción del desarrollo del prototipo a través de un diagrama.

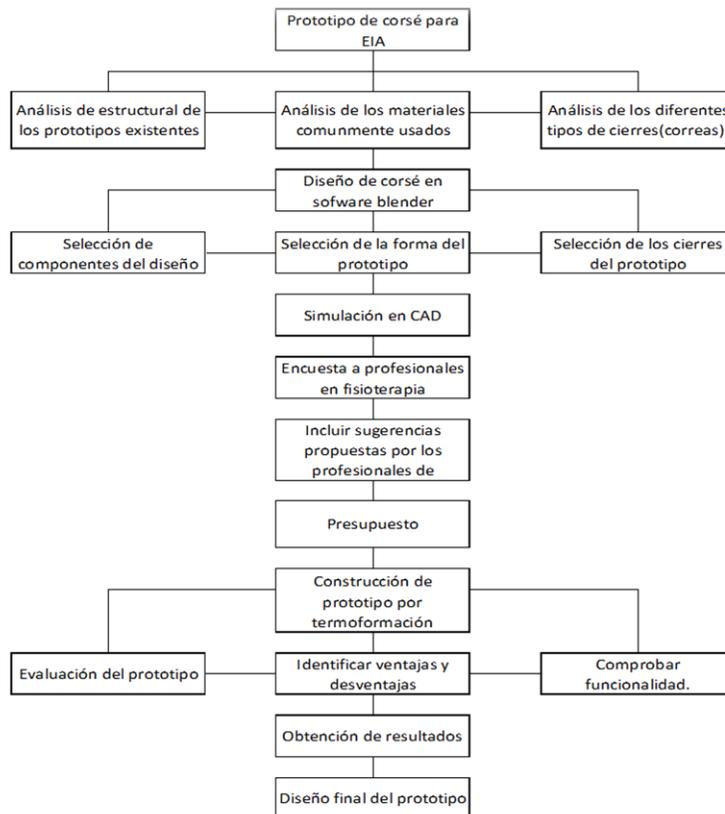


Figura 3-1: Diagrama de bloque. Fuente [propia]

3.1 Fases del proyecto

Fase I. Revisión bibliográfica y vigilancia tecnológica

Esta fase está relacionada con el objetivo específico 1, el cual requiere un levantamiento de información para el diseño del prototipo. Se proponen las siguientes actividades para esta fase:

- Realizar una vigilancia tecnológica en el mercado de este tipo de dispositivos para conocer las principales características que poseen estos dispositivos. Esta información puede ser obtenida de fabricantes de este tipo de sistemas.
- Hacer una revisión sistemática de la literatura relacionada con el tratamiento de la patología, cifras de tratamiento y adherencia a este tipo de tratamientos. Esta información puede ser obtenida usando las bases de datos de la biblioteca de la UAN, de centros de rehabilitación, de bases de datos médicos y de estudios realizados al respecto en nuestro país.

Fase II. Selección de parámetros de diseño y simulación del prototipo

Esta fase está relacionada con los objetivos específicos 2 y 3. En esta fase se busca encontrar todas las especificaciones técnicas para el diseño del prototipo y que garanticen la mejor biofuncionalidad del mismo. Esta fase está compuesta por las siguientes actividades:

- Diseñar en el programa Blender un modelo digital simulando una curvatura de 30° lateral. Este avatar se construye a partir de datos antropométricos para la población que se quiere impactar.
- Rediseñar un sólido del dispositivo en haciendo uso de SolidWorks y simular en el software ANSYS a través de elementos finitos para determinar si la geometría es adecuada para corregir la curvatura.
- Construir un molde para el diseño del corsé con curvatura de 30°. Esto se puede hacer por moldes de yeso y permitirá tener un primer modelo del sistema a implementar.

-
- Escoger el sistema de sujeción. Para esta actividad se analizarán diferentes sistemas de correas las cuáles garanticen una buena funcionalidad, seguridad y que se adapten eficientemente (ergonómica y estéticamente) al diseño que se quiere implementar.

Fase III. Diseño aplicado y fabricación.

Esta etapa está relacionada con el objetivo específico 4. Aquí se busca aplicar toda la información recopilada al diseño del prototipo. Para ello se proponen las siguientes actividades:

- Selección del diseño estético y práctico. Dentro de los principales objetivos es buscar mejorar la adherencia los pacientes a este tipo de dispositivos, es por ello es necesario buscar diseños que inviten al paciente a usar el sistema constantemente. Dependiendo del perfil del paciente, se hará un diseño en forma de mariposa para la población femenina debido a que en el sexo femenino es más prevalente.
- Crear un diseño digital aplicado del sistema que se quiere construir. Esto se hará a partir de la definición del perfil de los pacientes a intervenir y de las especificaciones técnicas identificadas en la etapa anterior.
- Fabricar el dispositivo utilizando el método más eficiente y que mejor se adapte al modelo de yeso construido en la etapa anterior. Dentro de los métodos de fabricación se encuentra el termoconformado, la sujeción de enganche y los sistemas de cierres. La selección del método de fabricación dependerá de la información recopilada en la fase I y II. Al final de esta actividad se busca obtener un prototipo funcional.

Fase IV. Validación del prototipo

Esta fase está relacionada con el objetivo específico 5 y busca evaluar la validez del sistema construido. Las actividades que hacen parte de esta fase son:

- Invitar a 2 profesionales de la salud en el área de la fisioterapia y en Rehabilitación, para que realicen de manera detallada una evaluación del prototipo. Para ello será enviado el prototipo de forma física y se construirá una encuesta buscando evaluar

temas específicos como el diseño, la funcionabilidad, la ergonomía, los materiales, oportunidades de mejora y una nota final entre 1 y 5 donde para conocer su evaluación sobre el comportamiento global del prototipo.

- Adaptación de las recomendaciones al prototipo. Para la versión final se pueden integrar las recomendaciones de los expertos y en caso de contar con aprobación del grupo de expertos y de la universidad, proceder a donar el sistema a un paciente que lo requiera.

3.2 Diseño conceptual:

En esta etapa se da cumplimiento a los objetivos específicos número 1.

En el programa blender se empezó a diseñar diferentes dibujos que pudieran irse consolidando hasta llegar al prototipo final. Este es un diseño inspirado en la mariposa, teniendo en cuenta el proceso de metamorfosis (del griego meta-morfé "Más allá de la forma anterior"), los adolescentes que son diagnosticados con Escoliosis Idiopática deberán experimentar un proceso de transformación en donde su cuerpo pasará de tener una posición incorrecta (a causa de la curvatura escoliótica) a revertir esa condición y así puedan mejorar su calidad de vida y su desarrollo psicosocial. Por lo que se ha pensado en diseñar un modelo de corsé que les ayude no solo en su aspecto estético (lo que podría ayudar en su autoimagen) si no también en el aspecto funcional.

- **Primera idea de diseño.** Las alas de la mariposa envuelven la cintura del paciente, sin embargo, no ofrece un mayor soporte a los músculos contralaterales a la curvatura escoliótica., se utilizan unas pequeñas correas de silicona, que terminan de cerrar el sistema.



Figura 3-2: Dibujo en 3D Blender vista anterior. Funete[Propia]



Figura 3-3: Dibujo en 3D Blender vista anterolateral. Funete[Propia]

- **Segunda idea de diseño.** Se ampliaron las alas de la mariposa para que haya un mejor ajuste es la musculatura contralateral. Se incluyen unas almohadillas internas que permitirán ayudar a empujar hacia el lado opuesto a la curvatura. Se ubicaron perforaciones con un diseño en forma de hojas para mayor ventilación.



Figura 3-4: Prototipo estirado. Fuente [propia]

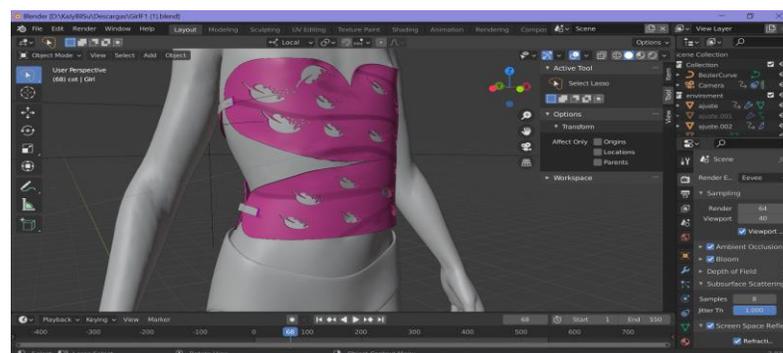


Figura 3-5: 2do dibujo de prototipo, vista anterolateral. Fuente [propia]

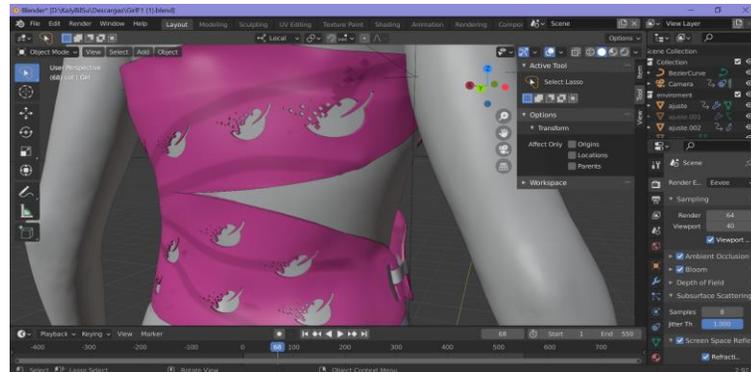


Figura 3-6: 2do dibujo de prototipo, posterior. Fuente [propia]

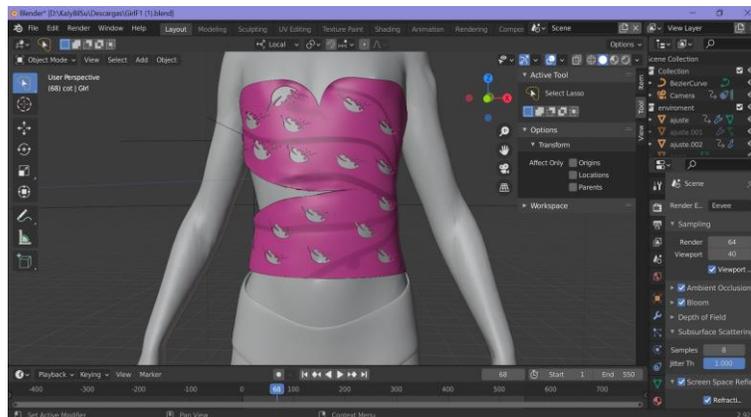


Figura 3-7: 2do dibujo de prototipo, anterior. Fuente [propia]

3.3 Modelización del dispositivo utilizando SolidWorks:

Para lograr el 2do objetivo específico se desarrollaron las siguientes actividades:

Se reconstruye el dispositivo en SolidWorks para convertir en sólido y poder realizar las pruebas pertinentes.

Se adapta el sistema con las especificaciones dadas por el técnico ortesista. Lo que se pretende conseguir con este dibujo es simularlo en el mismo SolidWorks y luego poderlo exportar a Ansys y comparar los datos para observar que tanta diferencia existe entre estos.

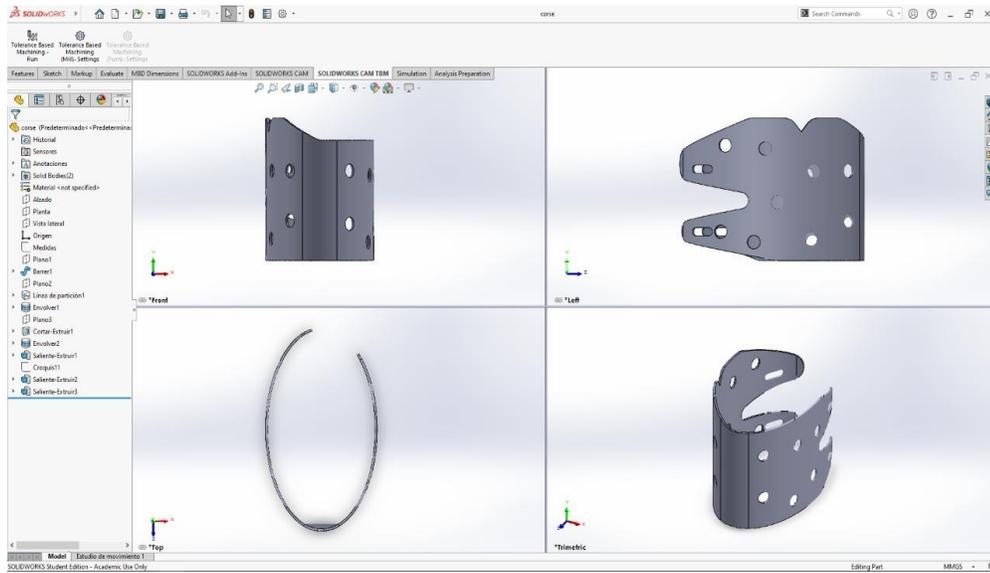


Figura 3-8: Desarrollo del solido CAD en diferentes ángulos. Fuente [propia]

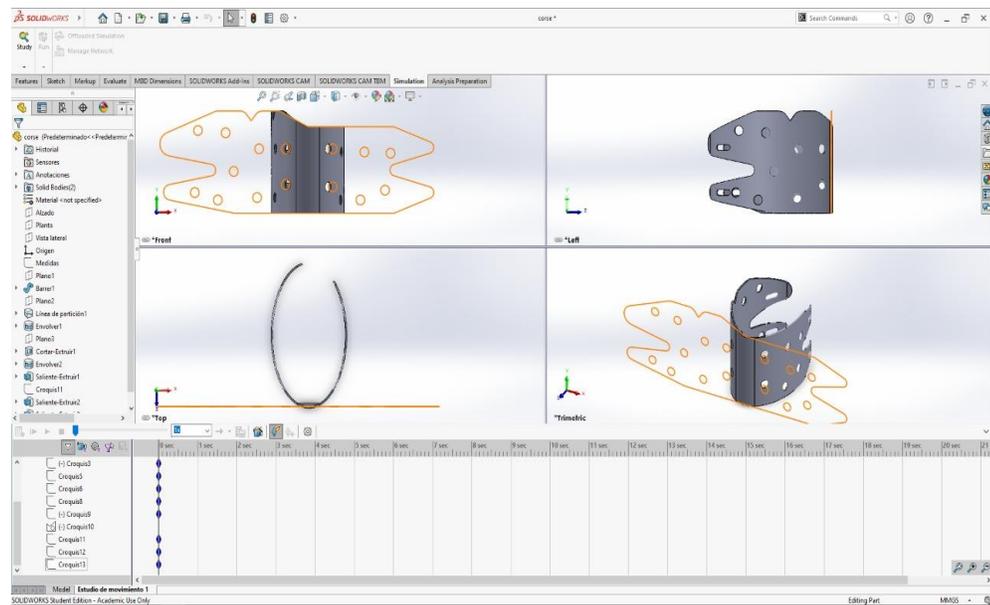


Figura 3-9 sistema en vista deformado y extendido. Fuente [propia]

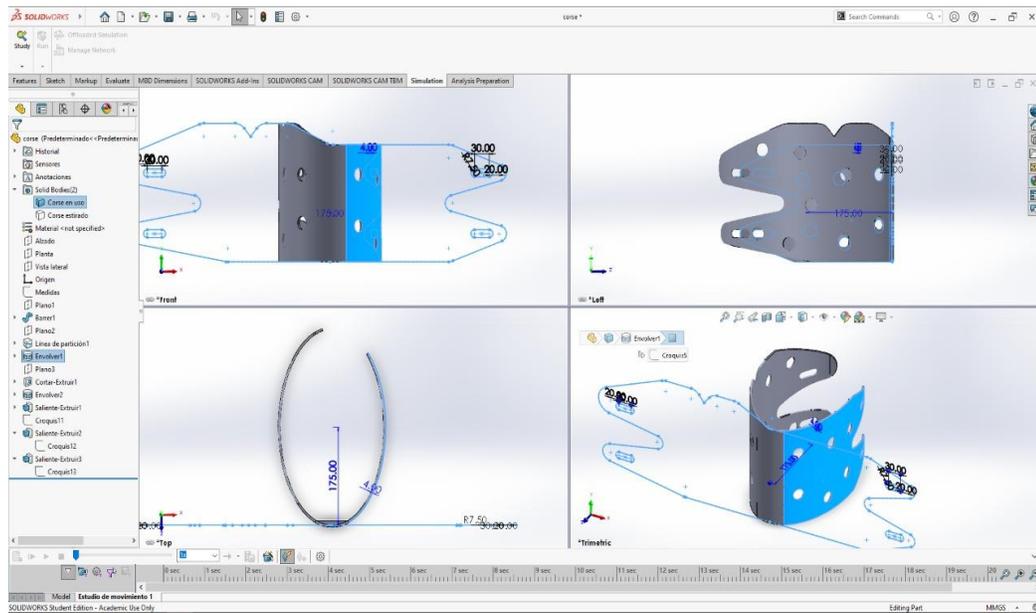


Figura 3-10: Prototipo de corsé con medidas obtenidas de la empresa ORTHOTECH Colombia para una curva de 30°. Fuente [Propia]

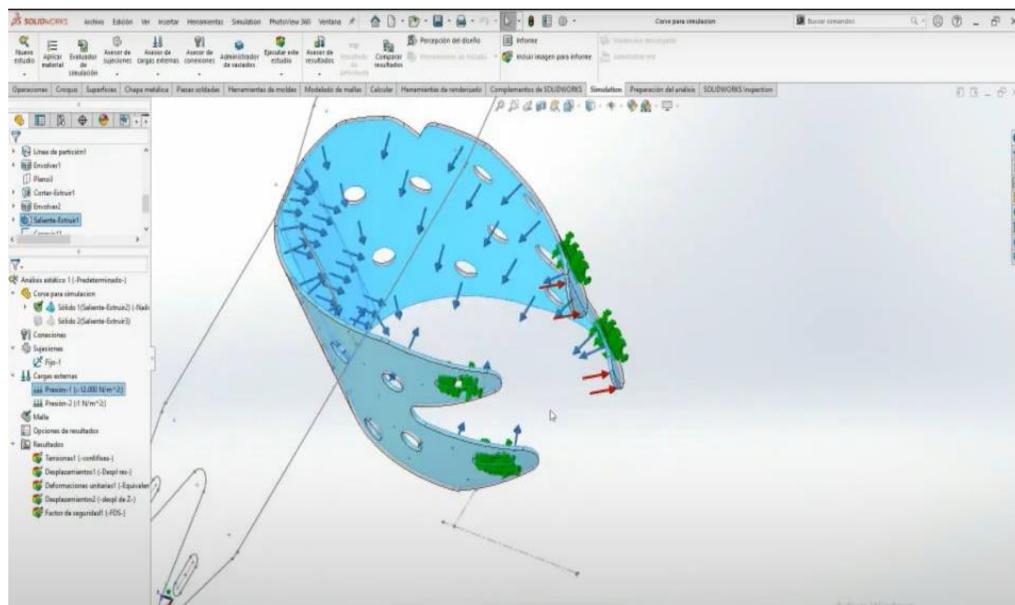


Figura 3-11: Análisis de la dirección de las fuerzas y donde hay mayor presión, se muestra una fuerza de compresión distribuida por toda la zona azul. Fuente [propia]

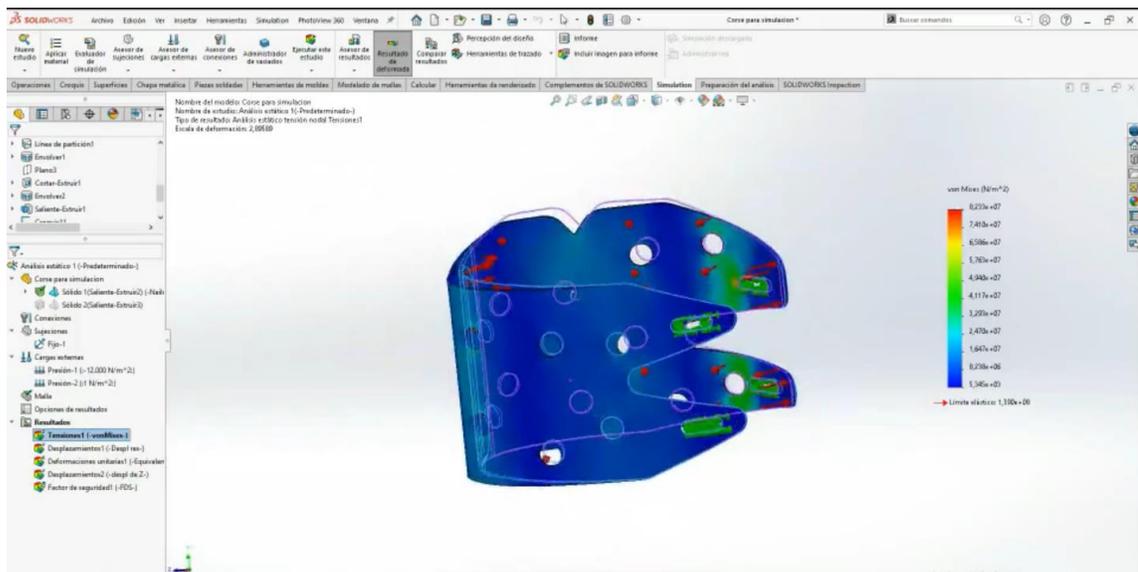


Figura 3-12: Se le colocan las propiedades del material, y se muestra el mallado y al ejecutar el estudio se muestran las tensiones, las zonas verdes. Fuente [propia]

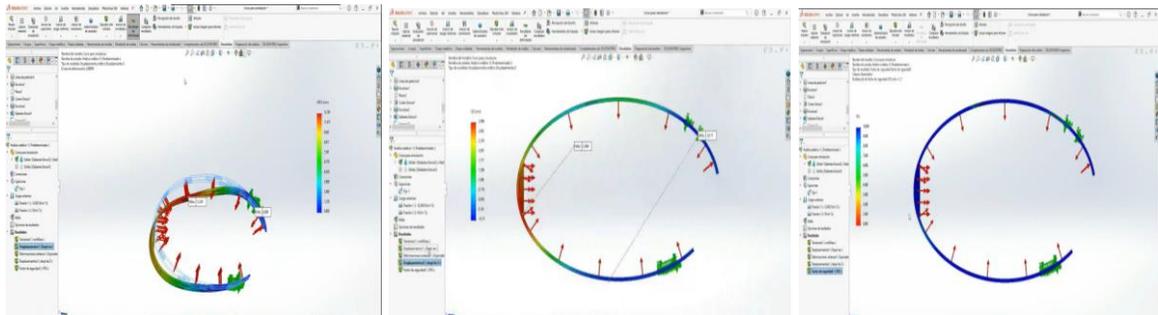


Figura 3:13: Se observa el desplazamiento del dispositivo al ser ajustado, el desplazamiento vectorial y factor de seguridad. Los puntos verdes son los anclajes o puntos fijos, los puntos en los cuales se van a conectar con otro material, en este caso es un velcro. Fuente [propia]

3.4 Simulación por elementos finitos

Para el desarrollo del objetivo número 3 se realizó lo siguiente.

Una vez implementado el sólido del dibujo se exporta al software ANSYS para simular por elementos finitos el dispositivo, aquí se le aplicará una presión mayor del lado de la curvatura escoliótica.

Se tiene en cuenta el mallado y realizará un análisis más preciso de lo que se desea investigar, la malla posee un factor de asimetría de 0.23, esto quiere decir que tan deformado está un elemento con respecto a la otro, en Ansys entre menor sea este valor quiere decir que la malla queda mejor distribuida. En cuanto al calidad ortogonal tiene valores 0.85, es decir entre más se acerque a 1 quiere decir que está muy bien.

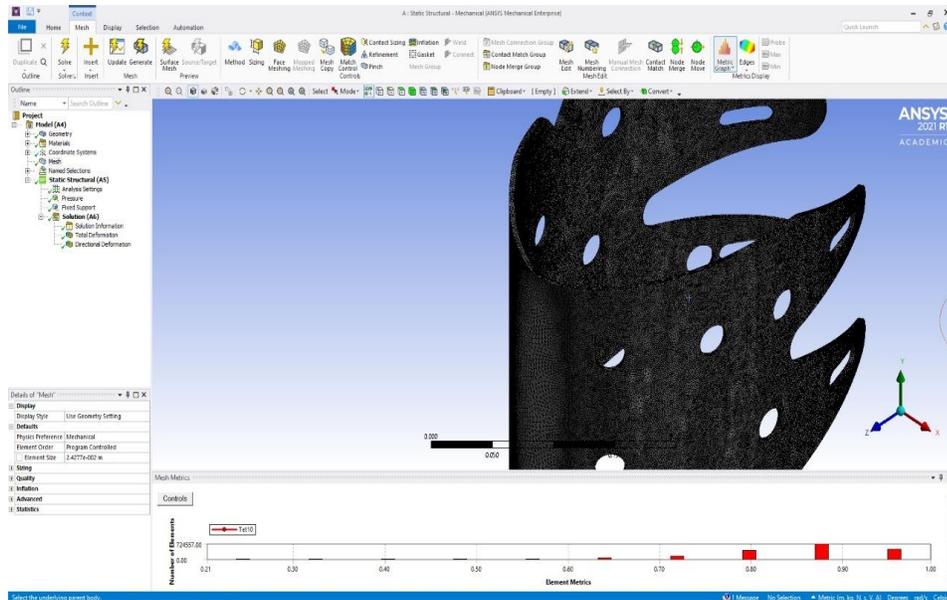


Figura 3-14: Mallado de 1765844 elementos y 2676277 nodos. Fuente [propia]

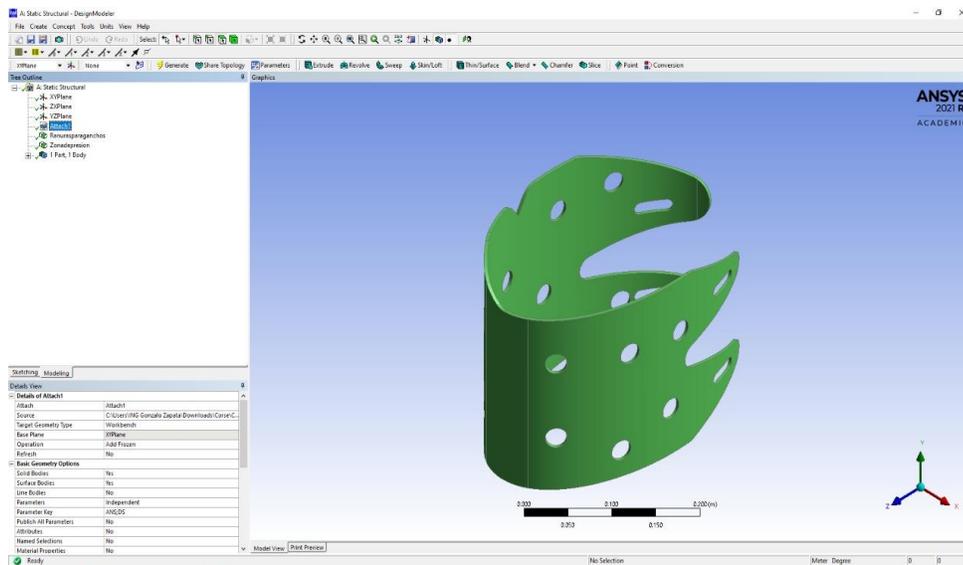


Figura 3-15: Análisis estructural del corsé, se selecciona toda la geometría para luego establecer parámetro.

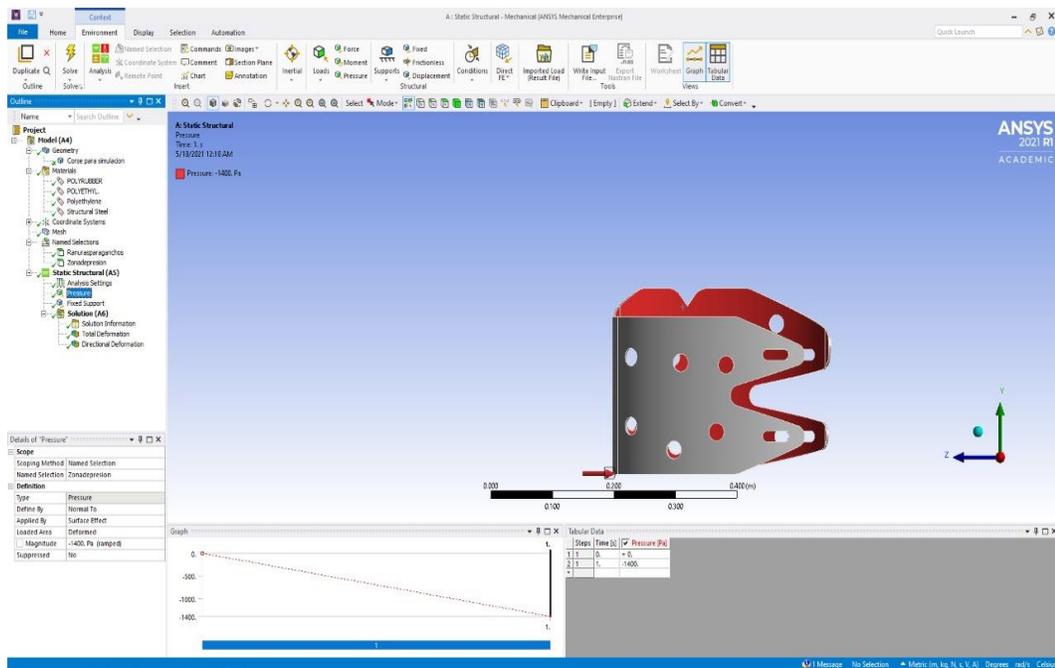


Figura 3-16: Análisis estructural, agregando una zona de presión y soportes fijos, en la presión se selecciona que sea normal a cada superficie ya que cada punto es perpendicular hacia su base. Fuente. [propia]

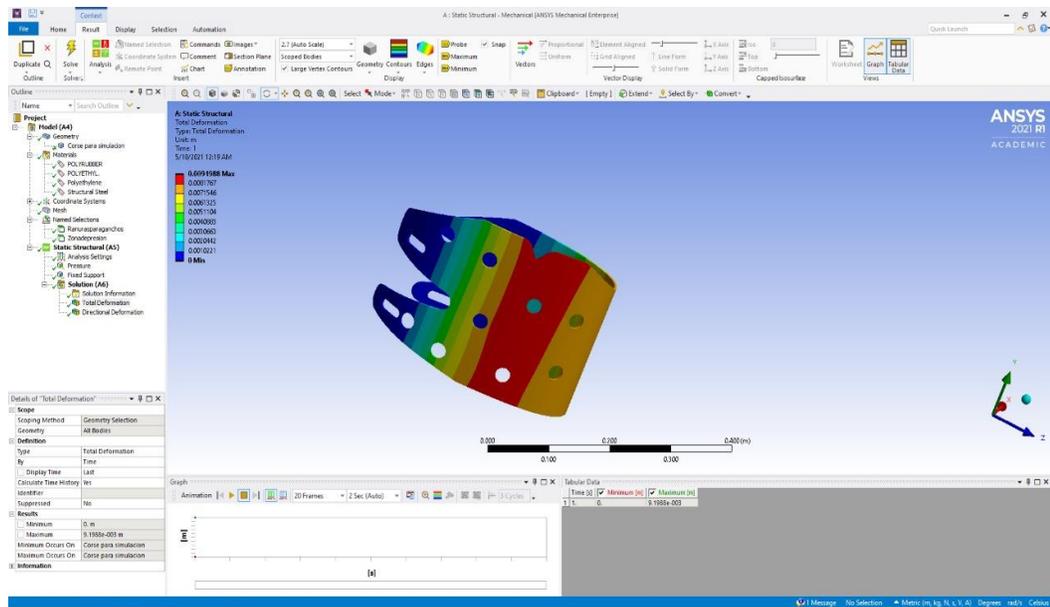


Figura 3-17: Deformación total, es decir cómo se deforma el sistema en general, teniendo en cuenta la magnitud de las deformaciones. Fuente [propia]

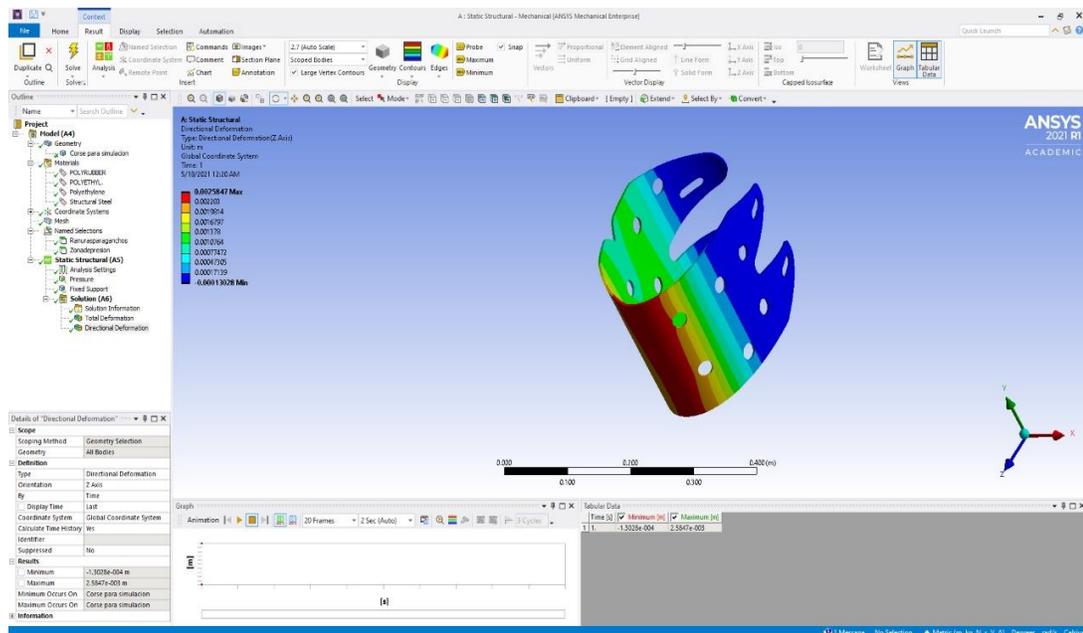


Figura 3-18: Deformación direccional, es decir cómo se deforma el sistema del lado de la curvatura, que tanto se desplaza hacia a dentro. Fuente [propia]

3.5 Selección de materiales.

Para cumplir el objetivo específico 4 se desarrollan las siguientes actividades.

Una vez identificados y estudiados los métodos de fabricación y los materiales que se utilizarán para el presente proyecto se proceden a escoger los materiales apropiados, es decir que cumplan con los requerimientos de resistencia, rigidez, que sea liviano y estéticamente aceptable y que sea termoplástico.

- Entre estos se selecciona el polipropileno de 4 mm de espesor, siendo resistente y liviano este ha sido recomendado por el técnico ortesista asegurando que el material es mejor para curvas flexibles, es decir para adolescentes que a penas inician su tratamiento en edades de 10 a 12 años, si se tratara de jóvenes entre 16 a 18 años, se recomienda el uso del polietileno para curvas más rígidas.
- También se elige el velcro porque es el material más utilizado, por su precio y resistencia y es muy fácil de conseguir.

-
- Para la parte interna se realiza un refuerzo con una almohadilla airfoam adhesiva transpirables que cumplirán las funciones de ayudar a empujar en sentido opuesto la curvatura y también para que produzca mayor confort.
 - Al tener el dispositivo ya listo se harán unas perforaciones con corte láser para obtener los agujeros en forma de hojas.
 - El método de fabricación que se eligió fue el termoconformado, es decir, calentar el plástico en un horno industrial a 200° c y empezar colocarlo sobre el molde positivo de yeso y empezar a darle la forma de la geometría del cuerpo y la geometría de la mariposa, luego con remaches se ubicarán las correas de velcro.
 - Se pulen los bordes con una pulidora y se ubican las almohadillas donde corresponde.

Capítulo 4

Resultados y Discusión

4.1 Tipo de curvatura a corregir.

En la escoliosis existen diferentes tipos de curvaturas derivadas de esta, como lo son en forma de “S” y en forma de “C”, estas afectan principalmente desde las vértebras T6(vertebras torácicas 6 hasta la L9 es decir la vértebra lumbar 9). Es importante tener en cuenta ese aspecto debido a que de esto dependerá qué diseño, geometría y materiales son los correctos para ayudar a frenar su progresión.

Se elige entonces intentar corregir la curvatura en forma de “S” debido a que es la más frecuente y que esté dentro de los 30° o menor. Para poder saber con mayor detalle acerca de cómo se debe desarrollar un dispositivo ortésico para este tipo de curvatura se cuenta con la participación del señor Jaime Quique, quien es ortoprotesista egresado del Servicio Nacional De Aprendizaje SENA, y quién es representante legal de la empresa ORTHOTECH Colombia ubicada en el barrio Chapinero de la ciudad e Bogotá.

La empresa ORTHOTECH Colombia, quienes son una empresa dedicada a la fabricación de ortesis y prótesis personalizadas, cuentan con más de 25 años de experiencia, y ofrecen productos como lo son:

- Prótesis para amputaciones
- Ortesis de columna, MMII, MMSS
- Fajas
- Férulas
- Calzado ortopédico a medida
- Ayudas para la movilidad
- Rodilleras, muñequeras

Se obtiene información pertinente por medio de una entrevista informal, El señor James aportó información correspondiente a las medidas de uno de sus usuarios, sólo se tomarán como referencia las medidas aportadas por él para personalizar el dispositivo a esa curvatura a través de una simulación y comprobar si es posible obtener buenos resultados.

En el momento de la entrevista el señor James otorgó información y medidas tomadas de una paciente femenina de 10 años la cual tiene comprometidas las vértebras T8 (vértebra torácica 8) hasta la L2 (vértebra lumbar 2) y en forma de "S".

Entrevista: se realizó de forma verbal y se iba consignando la información en un documento de Word.

Pregunta 1. ¿Cuáles son los pasos para seguir luego de que el ortopedista recomienda el uso de ortesis?

▪ **Primer paso, toma de medidas con cinta métrica:**

Una vez el paciente ha sido diagnosticado con escoliosis y se establece que en su tratamiento que incluya la utilización de ortesis, el paciente debe acudir en busca de un lugar en donde puedan diseñarle y adaptarle una ortesis que cumpla con sus necesidades.

Se procede a la toma de medidas, luego estas medidas son debidamente colocadas sobre un molde positivo de yeso. Al usuario se le tomaron 6 medidas (circunferencias) con cinta métrica alrededor del cuerpo las cuales se muestran a continuación.

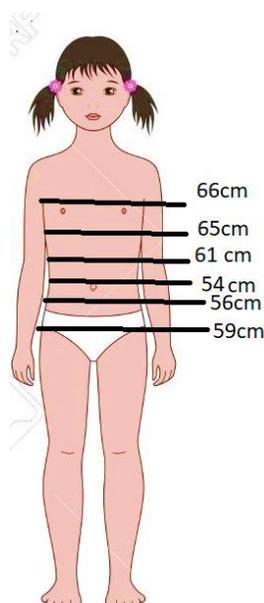


Figura 4-1: Toma de medidas de forma manual a paciente. Fuente [propia]

- El primer contorno se toma a nivel submaxilar.
 - El segundo contorno a nivel de la apófisis xifoidea.
 - La tercera circunferencia a nivel de la última costilla.
 - La cuarta circunferencia a nivel de la cintura.
 - La quinta circunferencia nivel de las crestas ilíacas.
 - La sexta circunferencia o contorno trocantéreo.
- **Segundo paso, se envuelve al paciente con cinta de yeso para obtener un negativo y luego molde positivo:**

Ya se había realizado previamente un molde para uno de sus usuarios, y compartió la forma en como de deben obtener las medidas y se muestran e las siguientes imágenes.



Figura 4-2: Hacen referencia toma de medidas de contornos (1,2,3) respectivamente, utilizando cinta métrica sobre un molde positivo de yeso. Fuente[propia]



Figura 4-3: Hacen referencia toma de medidas de contornos (4,5,6) respectivamente, utilizando cinta métrica sobre un molde positivo de yeso. Fuente [Propia]

- **Tercer paso, toma de medidas medio laterales:**

Luego con la ayuda de un instrumento de medición llamado pie de rey se obtienen las medidas medio laterales de cada circunferencia.



Figura 4-4: Hacen referencia toma de medidas de contornos (1,2,3) respectivamente, utilizando pie de rey sobre un molde positivo de yeso. Fuente [propia]



Figura 4-5: Hacen referencia toma de medidas de contornos (4,5,6) respectivamente, utilizando pie de rey sobre un molde positivo de yeso. Fuente [propia]

- **Cuarto paso, toma de la altura y anclaje de la ortesis:**

Después se toma una última medida y hace referencia a la altura, esta es tomada desde la escotadura traqueal hasta la sínfisis púbica.



Figura 4-6: Hacen referencia toma de medidas con cinta métrica, un molde positivo de yeso. Fuente [propia]

- **Quinto paso, termoconformado:**

Este paso no fue posible observar, porque es un proceso en donde se debe contar con un equipo de bioseguridad y debe ser planeado, ya que se hace necesario el uso de un horno industrial y en ese momento no estaba dentro del cronograma de actividades la realización de ese proceso.

Pregunta 2. ¿Qué otras recomendaciones pueden sugerir que se deban tener en cuenta?

Se debe tener en cuenta que se debe fijar el dispositivo en las crestas ilíacas y la fuerza de corrección se da desde la caja torácica, ya que cuándo existe escoliosis una curva intenta ser compensada con la otra, lo que quiere decir que si se corrige una curva automáticamente se corrige la otra curva.

También se debe tener en cuenta que el dispositivo debe ir desde la axila hasta la cadera para mayor soporte y anclaje y se debe dejar una parte en el dispositivo para el descargue es decir que la piel quede al descubierto.

Pregunta 3. ¿Qué termoplástico recomienda para la fabricación del dispositivo?

Se recomienda la utilización del polipropileno puesto que para un paciente con sus de 10 años con sus estructuras óseas aún no maduras, tienen una curva flexible y este material es apropiado para este tipo de curvas, y en un espesor de 4 o 5 mm para que sea liviana.

Pregunta 4. ¿Una vez colocado el dispositivo sobre el paciente, en su experiencia, cuántos centímetros(cm) de desplazamiento hacia la curvatura contralateral son favorables?

Lo que se desea es frenar la progresión de la curvatura, entonces el mismo día que el paciente use el dispositivo, se podrían hacer unas mediciones en donde se van a dibujar punto de referencia sobre la columna ´sin dispositivo y luego con el dispositivo y visualmente se puede ver por ejemplo el hombro que está del lado de la curvatura escoliótica que estaba más abajo, se observará más nivelado con respecto al hombro opuesto, sin embargo este tratamiento es progresivo y el primer corsé se debe usar durante los primeros 8 meses y mensualmente se deben hacer seguimientos y mediciones para saber cómo ha evolucionado el paciente. Entonces si por lo menos se corrige 1cm, siendo la primera vez que usa el corsé entonces es ganancia.

Una vez terminada las preguntas se acordó, que él sería un asesor externo en cuanto a la adaptación y fabricación del corsé, además propone ofrecerle a uno de sus usuarios participar en el proyecto. Por motivos de tiempo no se puedo contar con una paciente de la edad requerida y en cambio hay la posibilidad con una paciente con una curvatura de 18 grados. Se iniciará el proceso de toma de medidas y demás, el día de 10 de junio del presente año, la carta de intención se encuentra en anexos.

4.2 Evaluación del diseño por expertos

Encuesta por parte de 2 Fisioterapeutas

Datos de la primera encuestada:

Nombre: Vanesa Jurado Castro

Contacto: 3013472534

Profesión: Fisioterapeuta/Universidad Metropolitana, MCS Neurorrehabilitación/U. Autónoma de Manizales

Empresa para la que trabaja: Universidad Metropolitana de Barranquilla.

Cargo: Docente/Universidad metropolitana.

Datos de la segunda encuestada:

Nombre: Joyce Katherine Ruiz Torres

Contacto: 3006252521

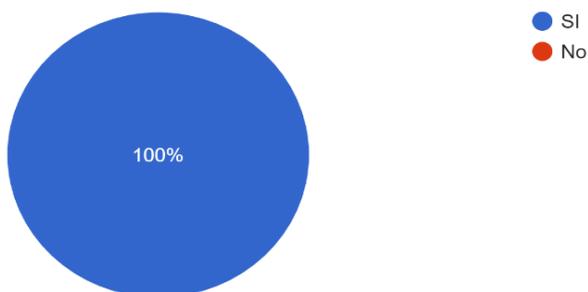
Profesión: Fisioterapeuta/Universidad Metropolitana, Especialista en salud ocupacional/universidad Libre

Empresa para la que trabaja: Suramericana

Cargo: Consultor /Consultoría en gestión del riesgo.

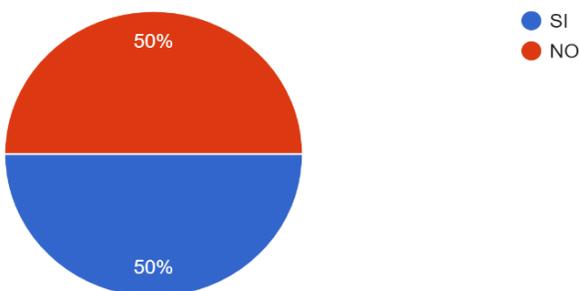
Los resultados arrojados fueron los siguientes:

3. ¿Considera que el diseño es visualmente atractivo?
2 respuestas



4. ¿Considera que el sistema pueda ayudar a corregir esta enfermedad?

2 respuestas



5. ¿Si su respuesta anterior fue si, por favor escriba acá cuál es su opinión?

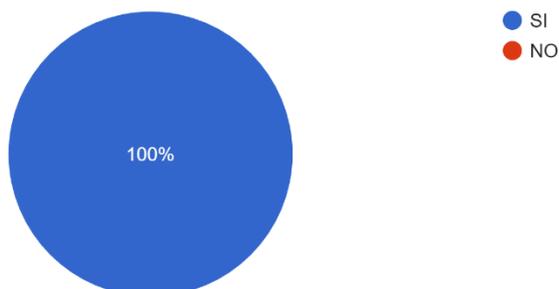
2 respuestas

La escotadura de parte de un lado le quita soporte al tronco pudiéndose derivar por ahí inestabilidad de la musculatura contralateral.

Mantiene la postura adecuada en el paciente.

6. ¿Si el dispositivo pudiera ser distribuido usted, recomendaría su uso?

2 respuestas



7. ¿Qué ventajas observa en el diseño frente a lo que existen en la actualidad en cuanto a diseño? mencione 2

2 respuestas

un diseño atractivo visualmente se ve liviano.

Es atractivo visualmente y es novedoso.

8. ¿Qué desventajas observa en el diseño frente a lo que existen en la actualidad en cuanto a diseño? mencione 2

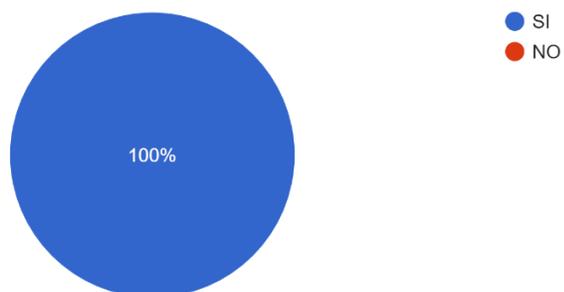
2 respuestas

una escotadura muy pronunciada que no entiendo su función.

El sistema de ajusté y la antropometría de cada persona que lo requiera.

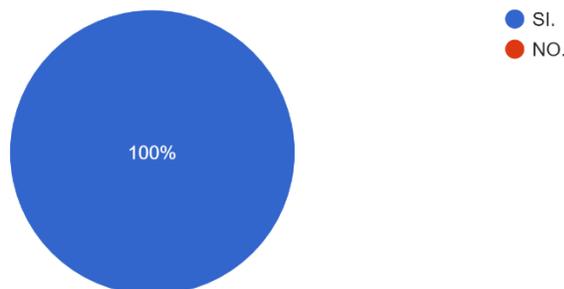
8. ¿Cree usted que el diseño es apropiado para usuarios de 10 años de edad?

2 respuestas

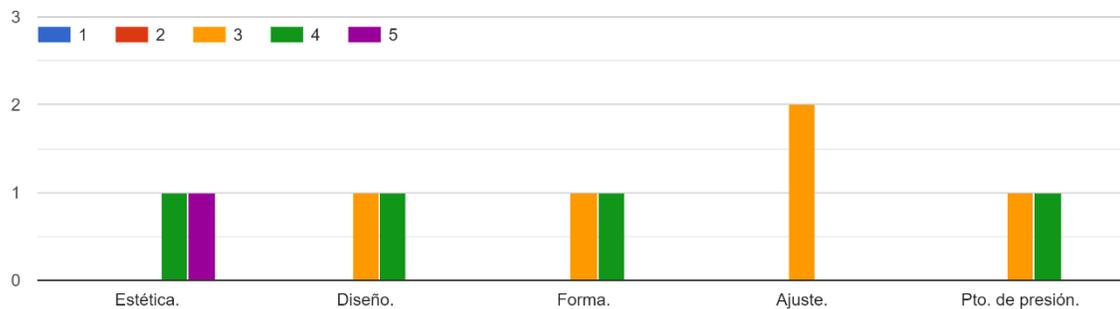


9. ¿Considera usted que el diseño podría motivar a las adolescentes a usarlo?

2 respuestas



10. Si la respuesta anterior fue SI, califique de 1 a 5, donde 5 es el nivel mas alto y tiene mayor importancia, para los siguientes temas.



¿De la anterior pregunta cuáles de estos temas se deberían mejorar?

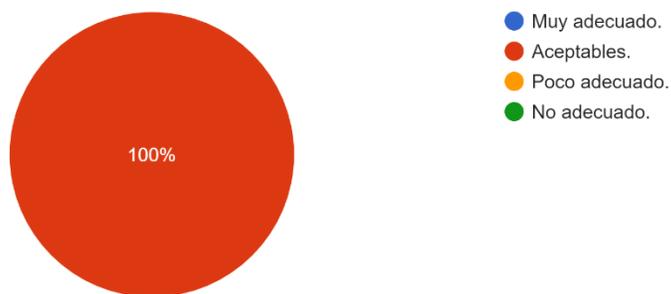
2 respuestas

Diseño y soporte.

Ajuste.

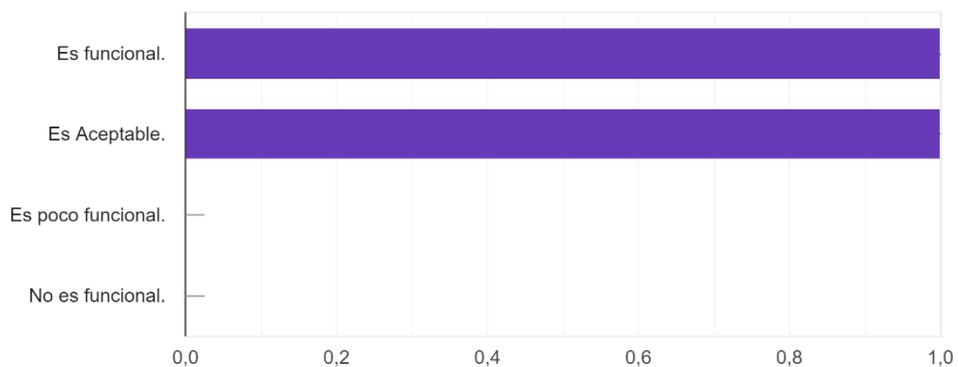
11. ¿Qué opina del sistemas de sujeción que cierra el dispositivo, es el indicado para el diseño ?

2 respuestas



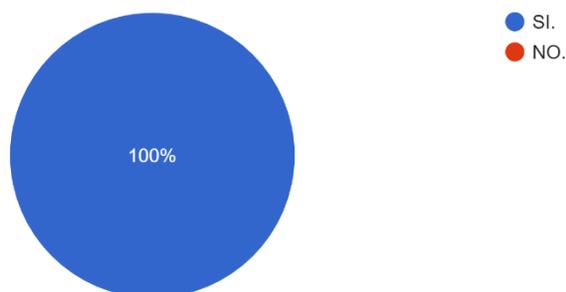
12. ¿Cree que el concepto de diseño podría ser funcional?

2 respuestas



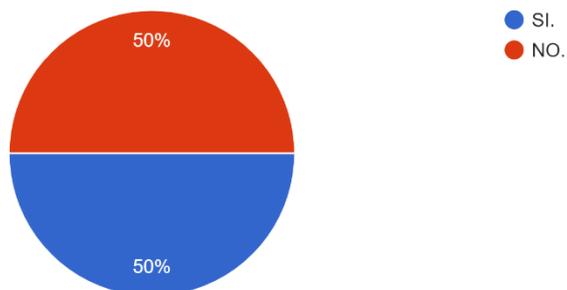
13. ¿Cree usted que se pueda lograr una mejor adherencia al tratamiento?

2 respuestas



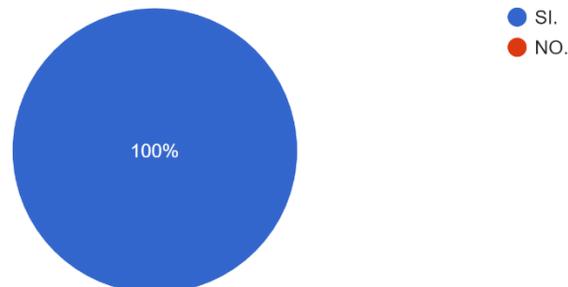
14. ¿Este prototipo fue diseñado para corregir una curvatura escoliótica a partir de la vertebra T8, ¿Cree que este diseño lo consiga?

2 respuestas



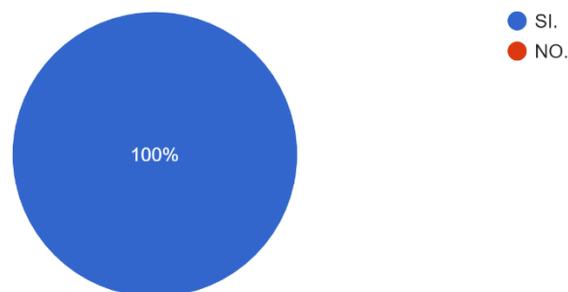
15. En el diseño se incluyeron 2 almohadillas (una para empujar en sentido opuesto la curvatura escoliótica y la otra para empujar hacia adentro... dar a desrotar la columna. ¿Cree que esto ayudará?

2 respuestas



16. ¿Considera que las perforaciones (agujeros en forma de hojas) podrían mejorar la ventilación para que el usuario se sienta más fresco mientras la lleve puesto el dispositivo?

2 respuestas



4.2.1 Análisis de las encuestas realizadas a las profesionales en fisioterapia.

En cuanto a los resultados obtenidos en las encuestas, se puede evidenciar que las opiniones en algunos aspectos del diseño se encuentran divididas en especial en el aspecto del ajuste y los puntos de presión. En cuanto a los demás aspectos se evidencia una igualdad de opinión, lo que demuestra que el dispositivo podría ser funcional, realizando los respectivos ajustes.

4.2.2 Discusión

Se analizarán las recomendaciones y se tendrán en cuenta para aplicar a modo de mejoras y se presentará el prototipo final. Sin embargo, en la entrevista realizada al técnico ortesista (se hace mención en el capítulo 2), se reforzaron conceptos en cuanto a los ajustes específicos para cada paciente y se tomaron en cuenta todas las sugerencias de su parte porque el técnico está muy cerca a este tipo de casos de manera frecuente y tiene la experticia necesaria para que su opinión sea totalmente válida.

4.3 Análisis de resultados comparados con tesis “Diseño y Análisis de Modelo Matemático y Prueba Experimental para Determinar Deflexión en la Curvatura de la Columna Vertebral de Paciente con Condición de Escoliosis”

En esta tesis desarrollaron un algoritmo en donde pretendían analizar y determinar cuáles eran los valores de deflexión del ápice de la curvatura de la columna vertebral, tomaron los datos de una paciente de 23 años que presenta una escoliosis idiopática con ángulo de Cobb de 28°, a la cual le diseñaron un dibujo CAD de su columna vertebral con su respectiva escoliosis, desarrollaron un corsé tipo callabis, el cual es un tipo de corsé blando, en donde se usan arneses y ajustados con velcros, el cual permitía 3 puntos de presión.

Utilizando Arduino y sensores de fuerza querían someter la curva a cargas correctoras y puntos de apoyo obtenidos por los sensores, utilizando Labview de National Instruments para procesar sus datos.

Tuvieron inconvenientes al momento de obtener los datos de la fuerza debido al movimiento de la paciente, por lo que optaron por realizar un molde positivo de yeso y de ahí empezar a tomar las medidas, una vez estabilizaron y calibraron los sensores con los valores necesario, volvieron a colocar el corsé en la paciente.

Después de realizar 10 mediciones obtuvieron que la fuerza promedio que permitía un efecto en la curvatura para empezar a corregir era de 21.40N fuerza el mayor error porcentual que se obtuvo fue de 118% (deflexión teórica de 0.92 mm y deflexión experimental de 2 mm), seguido por el de 110% (deflexión teórica de 3.81 mm y deflexión experimental de 8 mm). Ellos sugieren mejorar el modelo matemático y la prueba experimental. Concluyeron que hay una gran diferencia porcentual entre el modelo matemático y los datos obtenidos en el experimento.

4.3.1 Discusión

Lo que genera curiosidad es que se cumple lo dicho por la literatura en cuanto a la importancia de seleccionar los materiales apropiados para cada caso, la joven del anterior experimento con 23 años debió probar según la literatura una ortesis más rígida para poder ayudar a presiona mayormente

Se tienen en cuenta los procedimientos y se intenta desarrollar el proyecto empezando a usar de referencia los datos de fuerzas aplicadas y la ubicación de los puntos presión, llegando a probar con 17 kg distribuidas sobre la parte interna de corsé y la mayor presión es ejercida sobre el lado de la curvatura a corregir.

Se analizó que para que el corsé funcionara debía hacer fuerza hacia adentro es decir está comprimiendo que es lo que se requiere para corregir la curvatura

4.4 Simulación del dispositivo utilizando el método de elementos finitos en Ansys.

Se seleccionan para la geometría datos como lo son alto, ancho, largo, tipo de material entre otros parámetros con el fin de determinar si esta geometría cumplirá con el objetivo de ser funcional. Se seleccionan solo parámetros que tienen que directamente con la deformación.

Se tienen en cuenta 4 resultado principales como lo son:

- La deformación total
- Deformación direccional es decir el lugar del dispositivo que hace mayor deformación.
- El punto de mayor presión.
- Si el material polipropileno tiene buenas propiedades mecánicas, en especial la resistencia a la deformación.

- **Deformación total**

Para poder obtener lo datos de esta deformación, se tenían en cuenta el peso máximo que puede soportar un cuerpo de una niña de 10 años, las fuerzas que se iba a ejercer sobre el aparato, los resultados obtenidos, hacen referencia a la deformación que se produce al ejercer unas tensiones sobre el corsé, en donde se aplicaron 3 N fuerza es decir 0.305915

kilogramos, que es la fuerza que puede soportar una niña de 10 años, con una masa que en promedio es de 30 kg. Siendo la deformación total de 0.00919888 la mayor deformación ubicada en la parte de color rojo en la figura 4-7, queriendo decir esto que es apropiada para esta aplicación.

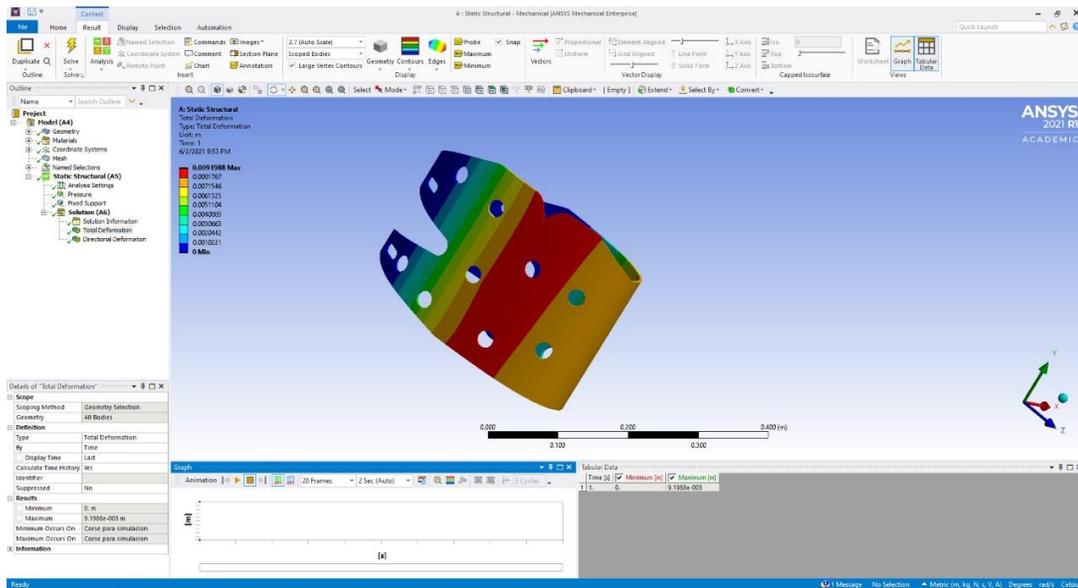


Figura 4-7:- Muestra la deformación total, sometida a unas tensiones. Fuente[propia]

- **Deformación direccional es decir el lugar del dispositivo que hace mayor deformación.**

Es la deformación que se obtiene en un punto específico del corsé, en este caso se ubica en el centro del aparato en donde quedaría la curva escoliótica, en la figura 4-8 se encuentra en color rojo, esta sería la deformación de interés, debido a que se evidencia que al aplicar las fuerzas necesarias sobre el dispositivo, se observa un desplazamiento hacia a dentro del sistema 2,58 o redondeando 2,6 cm, lo que podría significar que si un paciente utiliza este dispositivo le podría representar un mejoría en su curvatura.

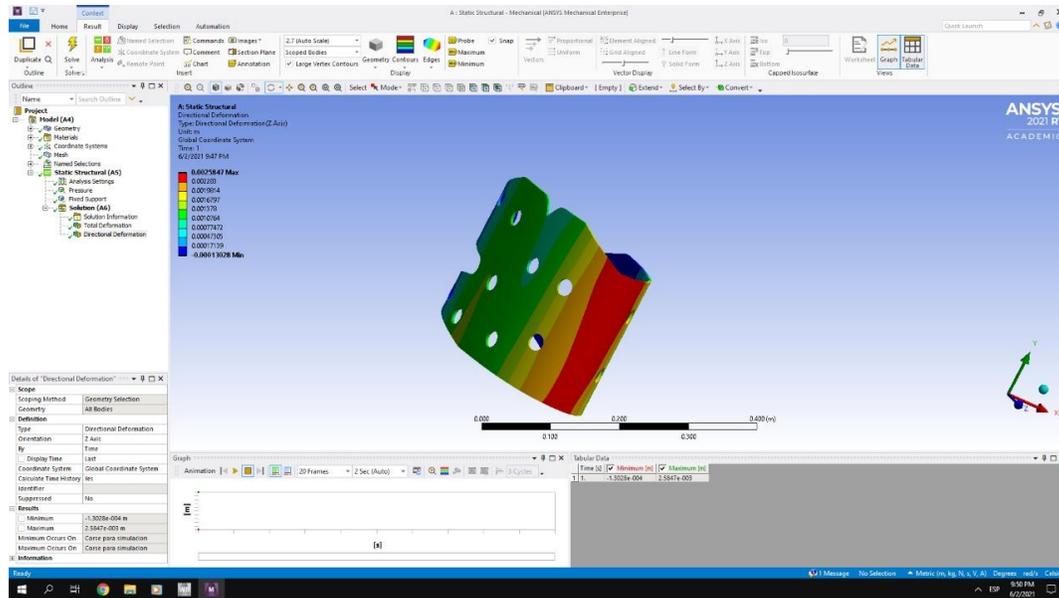


Figura 4-8: Se muestra la deformación direccional y por lo tanto el desplazamiento hacia a dentro del dispositivo. Fuente[propia]

- **El punto de mayor presión.**

En esta etapa de la simulación el dispositivo soporta hasta -1440 Pa(pascales), es decir para un espesor de 4mm el aparato es apto para ejercer la mayor presión sobre el centro del aparato que es el mismo lado en donde podría quedar la curva escoliótica.

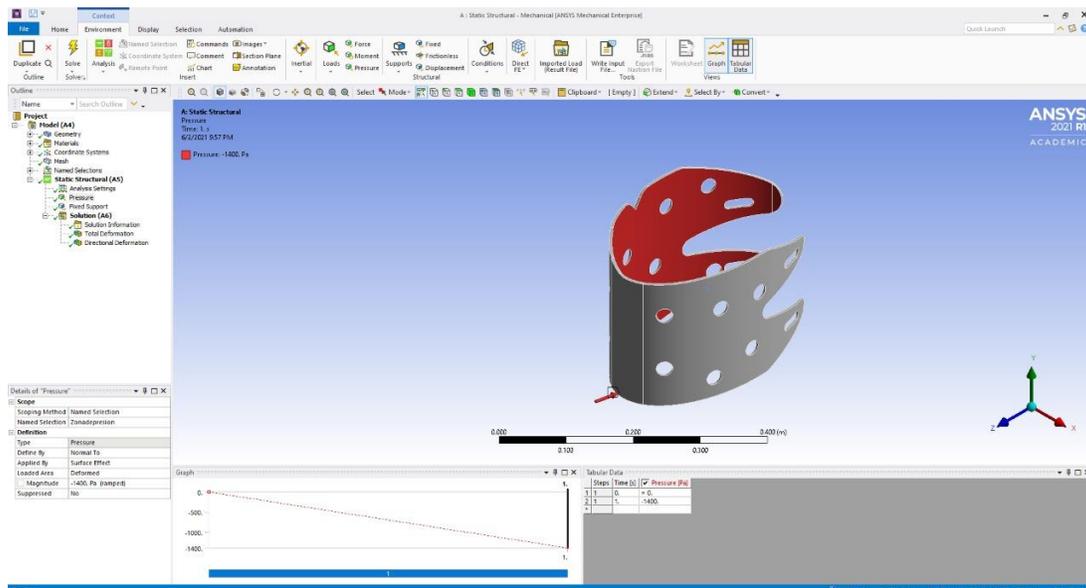


Figura 4-9 : Se observa que la flecha roja señala el mayor punto de presión que se da sobre el dispositivo. Fuente[propia]

- **Si el material polipropileno tiene buenas propiedades mecánicas, en especial la resistencia a la deformación.**

El polipropileno es un termoplástico que posee una serie de propiedades que no son fáciles de encontrar en otro material estas propiedades:

También es resistente al agua hirviendo pudiendo esterilizarse a temperaturas de hasta 140°C sin temor a la deformación

Su alta estabilidad térmica le da la facilidad de trabajar durante un tiempo prolongado a una temperatura de 100°C en el aire.[30]

Sus ventajas:

Ligero

- Alta resistencia a la tensión y a la compresión
- Excelentes propiedades dieléctricas
- Resistencia a la mayoría de los ácidos y álcalis
- Bajo coeficiente de absorción de humedad

Sus aplicaciones típicas son:

- Tanque y depósitos para químicos
- Mobiliario de laboratorio
- Placas de presión para filtros
- Componentes para bombas
- Prótesis, ortesis etc.

Características adicionales:

- No es tóxico
- No mancha

Por lo tanto, se escogió usar este material para el desarrollo de este dispositivo, entre otras cosas porque es uno de los termoplásticos usados para este tipo de aplicación, también fue recomendado por el ortoprotesista.

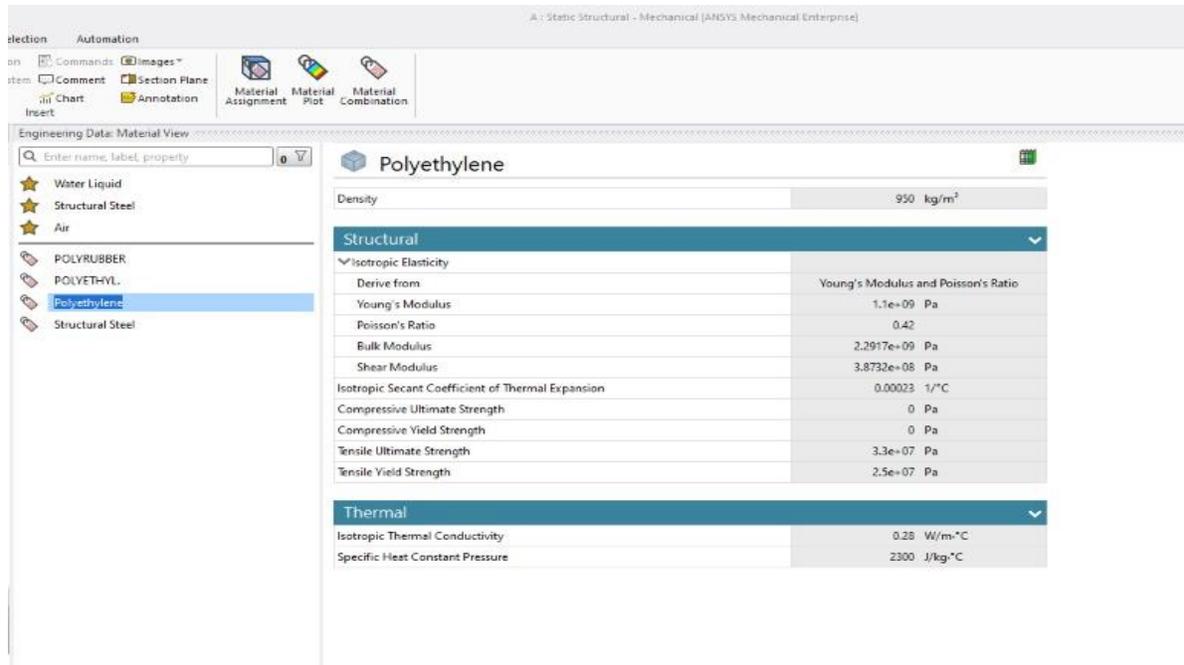


Figura 4-10: Imagen con la tabla de propiedades del Polietileno utilizadas para la simulación. Fuente: [propia]

La simulación muestra la resistencia del material para este tipo de aplicaciones, ya que uno de los aspectos que ayuda a frenar la curvatura escoliótica es sin duda lo rígido del material.

Se toman algunas tablas de los resultados obtenidos de la simulación como complemento y verificación de los datos obtenidos. La tabla 10 y la gráfica 1 se pueden encontrar en anexos, en donde se observa la deformación que genera esta geometría. Se muestra a continuación.

Object Name	<i>Solution (A6)</i>
State	Solved
Adaptive Mesh Refinement	
Max Refinement Loops	1.
Refinement Depth	2.
Information	
Status	Done
MAPDL Elapsed Time	4 m 51 s
MAPDL Memory Used	9.9658 GB
MAPDL Result File Size	1.3361 GB
Post Processing	
Beam Section Results	No

On Demand Stress/Strain	No
-------------------------	----

Tabla 1 -11: Estructura estática, en cuanto a presión ,tabla obtenida de la simulación en Ansys [propia]

Object Name	Total Deformation	Directional Deformation
State	Solved	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	All Bodies	
Definition		
Type	Total Deformation	Directional Deformation
By	Time	
Display Time	Last	
Calculate Time History	Yes	
Identifier		
Suppressed	No	
Orientation		Z Axis
Coordinate System		Global Coordinate System
Results		
Minimum	0. m	-1.3028e-004 m
Maximum	9.1988e-003 m	2.5847e-003 m
Minimum Occurs On	Corse para simulación	
Maximum Occurs On	Corse para simulación	
Information		
Time	1. s	
Load Step	1	
Substep	1	
Iteration Number	1	

Tabla 1 -12: Estructura estática, en cuanto a presión ,tabla obtenida de la simulación en Ansys [propia]

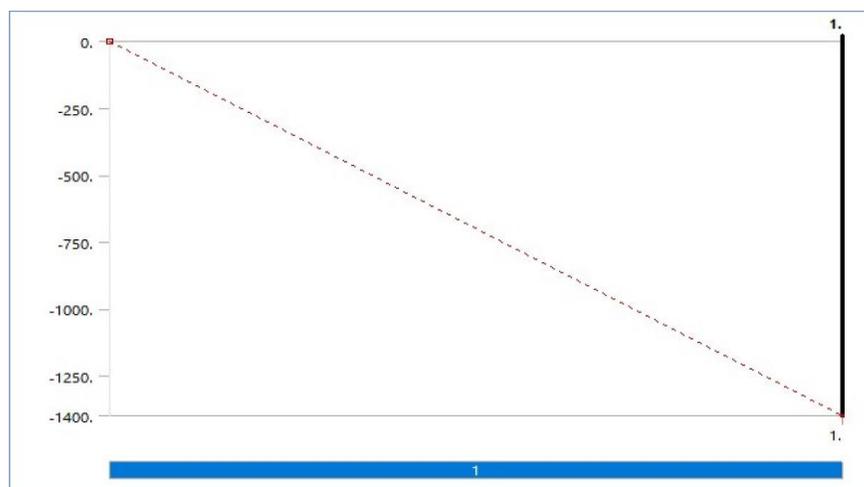


Figura 4-11: Gráfica de la presión ejercida en el dispositivo [propia]

Tomando la tabla 13 y tabla 14 ubicada en los anexos se observan los datos de la deformación direccional, es decir la presión específica al interior del dispositivo y distribuida de manera uniforme.

Tabla 1-13: Estructura estática, en cuanto a deformación, tabla obtenida de la simulación en Ansys[propia].

Time [s]	Minimum [m]	Maximum [m]
1.	0.	9.1988e-003

Tabla 1-14: Deformación total, tabla obtenida de la simulación de Ansys [propia].

Time [s]	Minimum [m]	Maximum [m]
1.	-1.3028e-004	2.5847e-003

Tabla 1-15: Especificaciones del material polipropileno [propia]

Density	950 kg m ⁻³
Coefficient of Thermal Expansion	2.3e-004 C ⁻¹
Specific Heat	2300 J kg ⁻¹ C ⁻¹
Thermal Conductivity	0.28 W m ⁻¹ C ⁻¹

Tabla 1-16: Módulo de elasticidad, tabla obtenida de la simulación en Ansys [ptopia]

Young's Modulus Pa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus Pa	Shear Modulus Pa	Temperature C
1.1e+009	0.42	2.2917e+009	3.8732e+008	

Utilizando los datos obtenidos en las simulaciones podemos afirmar que el material polipropileno, es escogido en este proyecto, presenta unas especificaciones apropiadas para cumplir con los requerimientos en cuanto a resistencia para un espesor de 4 mm .

4.3.1 Discusión:

Al no poderse probar sobre un paciente el dispositivo no se puede asegurar que el dispositivo pueda ser 100% funcional, sin embargo, se está proponiendo el diseño que sea atractivo, liviano y que pueda ser visualmente elegido por las niñas que padezcan de esta enfermedad, las simulaciones muestran que esta geometría en teoría podría funcionar para curvas flexibles y que estén dentro del rango de 30° de deformación.

4.5 Construcción de prototipo

Es importante mencionar que las pruebas con el paciente serán realizadas a mitad de año con el acompañamiento de la empresa ORTHOTECH Colombia. Se ha establecido un principio de cooperación, donde la empresa aportará una paciente quien aceptó de forma voluntaria probar el dispositivo con las especificaciones necesarias para que se le adapte el diseño a sus necesidades. La empresa aportó una carta de intención en donde manifiesta que se compromete a construir el dispositivo propuesto en este proyecto sobre una paciente durante el mes de junio (la carta se encuentra en anexos).

Para probar el diseño propuesto, se decide construir un prototipo a manera de referencia, en donde se utilizaron materiales distintos a los propuestos con el fin de minimizar los costos de fabricación, ya que estos serán utilizados en la construcción del dispositivo para la paciente. Este diseño cuenta con correas de velcro, con agujeros en formas de hojas, estos agujeros ayudan a que el sistema tenga una mejor ventilación la forma de una mariposa, con diseño llamativo para los pacientes pediátricos, y una almohadilla que sirve como

protección y elemento de confort, para que el cuerpo no esté en contacto directo con el plástico y a demás para ayudar a dar mayor presión sobre la curvatura de la escoliosis.

Una vez se pueda tener el encuentro con el paciente se obsequiará el dispositivo al paciente que se ofrecerá para poder determinar si este dispositivo le puede ayudar a prevenir el incremento de la curvatura escoliótica.

A continuación, se presenta el prototipo construido en la presente propuesta.



Figura 4-12: Prototipo de referencia vista interna



Figura 4-13: Prototipo de referencia vista externa.



Figura 4-14 : Prototipo de referencia vista posterior.



Figura 4-15 : Prototipo de referencia vista anterior. Fuente [propia]



Figura 4-16 : Prototipo de referencia vista lateral derecha, donde se ubican las sujeciones en velcro se colocaron en setidos contrarios para un mejor ajuste.Fuente[propia]



Figura 4-17: Prototipo de referencia, se observan las perforaciones en forma de hojas, para una mejor ventilación. Fuente[Propia]

Capítulo 5 Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

5.1 Conclusiones

- En el presente proyecto se consolidaron conceptos, de biomecánica, de biomateriales, se pudieron entrelazar los conocimientos adquiridos durante este proceso académico, y se demostró que al ser ingenieros biomédicos se debe procurar el bien común, se pretende dejar una pequeña semilla sembrada, referente a nuevas maneras de cómo resolver un problema como la escoliosis idiopática que afecta a tantos jóvenes y que les puede causar malestar a nivel social.
- Se desea ofrecer otra alternativa a la hora de diseñar, desarrollar e implementar dispositivos ortésicos.
 - Se concluye que al desarrollar la simulación en ANSYS y SolidWorks la diferencia en cuanto a los cm que puede mover hacía el lado contralateral, es de 2,56significando esto un buen Factor de Seguridad, es decir que el material bajo fuerzas de compresión de 3 N podría llegar a comprimir hasta 8 cm, sin embargo, no se recomienda porque este dispositivo es para uso de niños en etapa de crecimiento y podrían sentir molestias con el corsé tan apretado.
 - Se requiere de una fuerza de 17 kg para poder mover el dispositivo 2.56cm hacía adentro, lo cual indicaría en teoría que podría funcionar, sin embargo, como no ha podido ser probado sobre un paciente, esto no nos asegura que realmente funcione debido a que cada paciente es particular y presentará necesidades distintas.
 - Según el técnico ortésista asesor en este proyecto, asegura que así mueva 1 cm la curvatura ya es funcional, teniendo en cuenta que el tratamiento es progresivo y los resultados se verán aumentados mientras más tiempo se use el dispositivo.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar el prototipo con un paciente real, puesto que se presentan dificultades a la hora de simular esta condición, y pueda que el sistema no quede con medidas exactas a como las requiera el usuario.
- Se recomienda el uso de materiales diferentes a los convencionales, debido a que estos materiales usados son plásticos que durarán muchos años para degradarse.
- Si no se puede conseguir sustituir el plástico por otro material amigable con el medio ambiente, se recomienda entonces la reutilización de estos materiales.
- Se recomienda realizar nuevas mediciones al paciente que esté utilizando el dispositivo para comprobar si realmente le ha generado alguna mejora a su curvatura.

5.3 Trabajos Futuros

- **Construcción física del prototipo:** Se espera que este proyecto pueda servir como referente para mejorar esos procesos e incentivar a ideas creativas que aporten una nueva visión y que se puedan encontrar nuevas formas construir dispositivos tipo ortesis que sean igual de funcionales, pero que requieran menos etapas para llegar al dispositivo final.
- **Validación con pacientes:** si se hace necesario incluir un caso de un paciente real, puesto que se puede llevar un control de las mejoras que éste vaya teniendo o en el caso contrario si se requiere reestructurar para que se potencialicen este tipo de procesos.
- **Métodos de análisis biomecánico robusto:** es de suma importancia y gran apoyo estas nuevas formas de conseguir una información predictiva, que permita

Capítulo 5 Conclusiones

establecer si es viable o no continuar. Es necesario asegurarse de tener la forma de conseguir cálculos lo más cercanos a la realidad para que puedan ser experimentado de forma segura.

- **Utilización de nuevos biomateriales:** sin duda alguna sería un gran avance en cuanto al cuidado del medio ambiente se refiere, se debe intentar unir esfuerzos de tal manera que se logra si es posible reemplazar este plástico bastante usado para estos dispositivos, por unos materiales igual de eficientes pero que contribuyan a la conservación del medio ambiente.

Bibliografía

- [1] Tratamiento Quirúrgico de Escoliosis en Menores de 25 años. Ministerio de Salud de Chile, serie Guías Clínicas MINSAL, 2015.
- [2] M. Doody, J Lonstein, J. Stovall y M Hacker. “Breast Cancer Mortality After Diagnóstico Radiography”. Spine, vol 25, pp.2052-63. 2017
- [3] DANE, Departamento Administrativo Nacional de Estadística, consultado el 20 de noviembre del 2020.
- [4] J. Clin, C. Aubin, S. Parent , H. Labelle . “A Biomechanical Study of the Charleston Brace for the Treatment of Scoliosis”. Spine. Vol. 35, pp.940-947. 2018.
- [5] H. Dorfmann “Scoliose idiopathique de l’enfant et de l’adulte” Elsevier Masson, Paris .2017
- [6] Grabowski G, Gelb D. “Classification and treatment of adolescent idiopathic scoliosis”. Curr Opin Orthop. Vol 16, pp.158-62.2016.
- [7] Gacitúa MV, González MC, Mulli V, Goddard P, Rolón ED. “Consenso de escoliosis idiopática del adolescente”. Arch Argent Pediatr. Vol.6, pp. 585-594.
- [8] S. Weinstein, L.Dolan y J. Wright, Dobbs “MB:Effects of Bracing in Adolescents with Idiopathic Scoliosis”. N Engl J Med, vol,369 , pp. 1512-1521,2013. Signos de Escoliosis.:
<https://amitahealth.adam.com/content.aspx?productid=118&pid=6&gid=19466>.
Consultado el 5 de diciembre de 2020.
- [9] L. Gerardo “Tratamiento escoliosis: Corsés (II)”: <https://www.gelci.es/de-corses-estamos-hablando-laescoliosis-y-sus-formas-de-tratamiento-en-ortopedia-parte-ii/>
- [10] Jing Han QX.(2015) Evaluation of quality of life and risk factors affecting quality of life in adolescent idiopathic scoliosis. Intractable & Rare Diseases Research.;Vol.. 4: p.p.12-6, 2015
- [11] ISO 8549-1: Prosthetics and orthotics – Vocabulary – Part 1: “General terms for external limb prostheses and external orthoses. Geneva: International Organization for Standardization 1989” <https://www.iso.org/standard/15800.html>.
- [12] Grabowski G, Gelb D. “Classification and treatment of adolescent idiopathic scoliosis”. Curr Opin Orthop. Vol 16, pp.160-68.2016.

- [13]OMS <https://www.who.int/gho/es/Organización Mundial de la Salud>. 12 de octubre de 2020.
- [14] Viladot , R. Oriol; Clavell P” Ortesis y prótesis del aparato locomotor Tomo 1: columna vertebral” ISBN / ISSN: 84-458-0417-0 Vol.1.,pp.311.1985
- [15]“Centro de Investigación y Desarrollo Ortesico Protésico. <https://www.cidoportopedia.com/centraldefabricacion>
- [16] Imagen tomada de: <https://i.ytimg.com/vi/I0F5gtSyvxQ/hqdefault.jpg>
- [17] Roosendaal, T. (2002): Software Blender (2.7) [Software de computador]. Fundación Blender, Open source.
- [18] Zienkiewicz O. C., Taylor R. L. (1994): El Método de los Elementos Finitos, volúmenes 1 y 2.. (2002). Software de elementos finitos (2.8) [Software de computador].
- [19] Oñate E. “Cálculo de Estructuras por el Método de los Elementos Finitos”, CIMNE, Barcelona, 1995.
- [20] Benito Muñoz J. J., Álvarez Cabal R., Ureña Prieto F, Saleté Casino E., Aranda Ortega E. : “Introducción al Método de los Elementos Finitos”, UNED, Madrid, 2014.9
- [21]Hirschtick M.S.J.(1993):Software SolidWorks(2020) [Software de computador]. Dassault System. <https://www.solidworks.com/es/how-to-buy>
- [22]Gammon S, Mehlman C, Chan W, Heifetz J, Durrett G, Wall E. “A Comparison of thoracolumbosacral Orthoses and SpineCor Treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis Patients Using the Scoliosis Research Society Standardized Criteria”. J Pediatr Orthop. Vol.30,pp,:531-8. 2010; https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-76322011000100014
- [23] Grabowski G, Gelb D. “Classification and treatment of adolescent idiopathic scoliosis. Curr Opin Orthop”Vol, 16,pp:170-72. https://journals.lww.com/co-ortho/Abstract/2005/06000/Classification_and_treatment_of_adolescent.7.aspx
- [24]A, Cristian.” Eficacia del tratamiento ortopédico y rehabilitación de la escoliosis idiopática durante el crecimiento”. Revisión bibliográfica. Universidad de Valladolid. Facultad de Fisioterapia, Trabajos Fin de Grado. UVa [18047]
- [25] Gacitúa MV, González MC, Mulli V, Goddard P, Rolón “ED. Consenso de escoliosis idiopática del adolescente”. Arch Argent Pediatr. Vol.6,pp: 585-94. 2016

- [26] Sabirin J, Bakri R, Buang SN, Abdullah AJ, Shapie A. School scoliosis screening programme. A systematic review. Med J Malaysia. Vol. 7, pp. 65:261- 2026
- [27] ORTOPEDIA TÉCNICA LÓPEZ. <https://www.ortopedialopez.com/quienes-somos/>
- [28] Viladot , R. Oriol; Clavell P” Ortesis y prótesis del aparato locomotor Tomo 1: columna vertebral” ISBN / ISSN: 84-458-0417-0 Vol.1.,pp.56.1985.
- [29] Quintero, Peralta. M. A.” Diseño y análisis de modelo matemático y prueba experimental para determinar deflexión en la curvatura de la columna vertebral de paciente con condición de escoliosis” (2019). <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/45563/u827692.pdf?sequence>
- [30] Tecnología de los Plásticos. <https://www.textoscientificos.com>

Anexos

Encuestas

27/4/2021 ENCUESTA: Desarrollo de un prototipo para el tratamiento de la escoliosis Idiopática en forma de "s".

ENCUESTA: Desarrollo de un prototipo para el tratamiento de la escoliosis idiopática en forma de "s".

Este es un diseño inspirado en la mariposa, teniendo en cuenta el proceso de metamorfosis (del griego meta-morfé "Más allá de la forma anterior"), los adolescentes que son diagnosticados con Escoliosis Idiopática deberán experimentar un proceso de transformación en donde su cuerpo pasará de tener una posición incorrecta (a causa de la curvatura escoliótica) a revertir esa condición y así puedan mejorar su calidad de vida y su desarrollo psicosocial. Por lo que se ha pensado en diseñar un modelo de corsé que les ayude no solo en su aspecto estético (lo que podría ayudar en su autoimagen) si no también en el aspecto funcional.
Gracias por su opinión es muy importante para nosotros.

Dirección de correo electrónico *

jkruiztorres@gmail.com

Datos:

1. Nombre completo: *

Joyce Katherine Ruiz Torres

Número de contacto: *

3006252521

https://docs.google.com/forms/d/1d03Y5_bC9D3lualCnmd6ZBoc0890A8GyzgY_HX5Xco0/edit#response=ACYDBNhmUEgBRMbxRFrJZkICK_8IUx8... 1/6

27/4/2021

ENCUESTA: Desarrollo de un prototipo para el tratamiento de la escoliosis Idiopática en forma de "s".

2. Título profesional/Egresado de: *

Fisioterapeuta / Universidad Metropolitana

3. Postgrados/Egresado de: *

Especialista en salud ocupacional/universidad Libre

4. Cargo actual/Lugar de trabajo: *

Consultor /Consultoría en gestión del riesgo Suramericana

A continuación encontrará preguntas sobre el diseño del prototipo.

3. ¿Considera que el diseño es visualmente atractivo?

 SI No

4. ¿Considera que el sistema pueda ayudar a corregir esta enfermedad?

 SI NO

27/4/2021

ENCUESTA: Desarrollo de un prototipo para el tratamiento de la escoliosis Idiopática en forma de "s".

5. Si su respuesta anterior fue si, por favor escriba acá cuál es su opinión?

Mantiene la postura adecuada en el paciente

.....

6. ¿Si el dispositivo pudiera ser distribuido usted, recomendaría su uso?

SI

NO

7. ¿Qué ventajas observa en el diseño frente a lo que existen en la actualidad en cuanto a diseño? mencione 2 *

Es atractivo visualmente y es novedoso

.....

8. ¿Qué desventajas observa en el diseño frente a lo que existen en la actualidad en cuanto a diseño? mencione 2 *

El sistema de ajusté y la antropometría de cada persona que lo requiera

.....

8. ¿Cree usted que el diseño es apropiado para usuarios de 10 años de edad?

SI

NO

27/4/2021

ENCUESTA: Desarrollo de un prototipo para el tratamiento de la escoliosis Idiopática en forma de "s".

9. ¿Considera usted que el diseño podría motivar a las adolescentes a usarlo?

SI.

NO.

10. Si la respuesta anterior fue SI, califique de 1 a 5, donde 5 es el nivel mas alto y tiene mayor importancia, para los siguientes temas. *

	1	2	3	4	5
Estética.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Diseño.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Forma.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ajuste.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pto. de presión.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

¿De la anterior pregunta cuáles de estos temas se deberían mejorar?

Ajuste

27/4/2021

ENCUESTA: Desarrollo de un prototipo para el tratamiento de la escoliosis Idiopática en forma de "s".

11. ¿Qué opina del sistemas de sujeción que cierra el dispositivo, es el indicado para el diseño ?

- Muy adecuado.
- Aceptables.
- Poco adecuado.
- No adecuado.

12. ¿Cree que el concepto de diseño podría ser funcional?

- Es funcional.
- Es Aceptable.
- Es poco funcional.
- No es funcional.

13. ¿Cree usted que se pueda lograr una mejor adherencia al tratamiento?

- SI.
- NO.

14. ¿Este prototipo fue diseñado para corregir una curvatura escoliótica a partir de la vertebra T8, ¿Cree que este diseño lo consiga?

- SI.
- NO.

27/4/2021

ENCUESTA: Desarrollo de un prototipo para el tratamiento de la escoliosis idiopática en forma de "s".

15. En el diseño se incluyeron 2 almohadillas (una para empujar en sentido opuesto la curvatura escoliótica y la otra para empujar hacia adentro la escápula del lado opuesto a la escoliosis) esto para ayudar a desrotar la columna. ¿Cree que esto ayudará?

- SI.
- NO.

16. ¿Considera que las perforaciones (agujeros en forma de hojas) podrían mejorar la ventilación para que el usuario se sienta más fresco mientras la lleve puesto el dispositivo?

- SI.
- NO.

Este formulario se creó en Universidad Antonio Nariño.

Google Formulario

27/4/2021

ENCUESTA: Desarrollo de un prototipo para el tratamiento de la escoliosis idiopática en forma de "s".

ENCUESTA: Desarrollo de un prototipo para el tratamiento de la escoliosis idiopática en forma de "s".

Este es un diseño inspirado en la mariposa, teniendo en cuenta el proceso de metamorfosis (del griego meta-morfé "Más allá de la forma anterior"), los adolescentes que son diagnosticados con Escoliosis Idiopática deberán experimentar un proceso de transformación en donde su cuerpo pasará de tener una posición incorrecta (a causa de la curvatura escoliótica) a revertir esa condición y así puedan mejorar su calidad de vida y su desarrollo psicosocial. Por lo que se ha pensado en diseñar un modelo de corsé que les ayude no solo en su aspecto estético (lo que podría ayudar en su autoimagen) si no también en el aspecto funcional.

Gracias por su opinión es muy importante para nosotros.

Dirección de correo electrónico *

vayed325@gmail.com

Datos:

1. Nombre completo: *

vanessa Jurado Castro

Número de contacto: *

3013472534

27/4/2021

ENCUESTA: Desarrollo de un prototipo para el tratamiento de la escoliosis Idiopática en forma de "s".

2. Título profesional/Egresado de: *

fisioterapeuta/Universidad metropolitana

3. Postgrados/Egresado de: *

MCS neurorehabilitacion/U. Autonoma de Manizales

4. Cargo actual/Lugar de trabajo: *

Docente/Unimetropolitana

A continuación encontrará preguntas sobre el diseño del prototipo.

3. ¿Considera que el diseño es visualmente atractivo? SI No**4. ¿Considera que el sistema pueda ayudar a corregir esta enfermedad?** SI NO

27/4/2021

ENCUESTA: Desarrollo de un prototipo para el tratamiento de la escoliosis Idiopática en forma de "s".

5. Si su respuesta anterior fue si, por favor escriba acá cuál es su opinión?

La escotadura de parte de un lado le quita soporte al tronco pudiendose derivar por ahi inestabilidad de la musculatura contralateral

6. ¿Si el dispositivo pudiera ser distribuido usted, recomendaría su uso?

SI

NO

7. ¿Qué ventajas observa en el diseño frente a lo que existen en la actualidad en cuanto a diseño? mencione 2 *

un diseño atractivo visualmente se ve liviano

8. ¿Qué desventajas observa en el diseño frente a lo que existen en la actualidad en cuanto a diseño? mencione 2 *

una escotadura muy pronunciada que no entiendo su funcion

8. ¿Cree usted que el diseño es apropiado para usuarios de 10 años de edad?

SI

NO

27/4/2021

ENCUESTA: Desarrollo de un prototipo para el tratamiento de la escoliosis Idiopática en forma de "s".

9. ¿Considera usted que el diseño podría motivar a las adolescentes a usarlo?

SI.

NO.

10. Si la respuesta anterior fue SI, califique de 1 a 5, donde 5 es el nivel mas alto y tiene mayor importancia, para los siguientes temas. *

	1	2	3	4	5
Estética.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Diseño.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Forma.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ajuste.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pto. de presión.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

¿De la anterior pregunta cuáles de estos temas se deberían mejorar?

diseño y soporte

27/4/2021

ENCUESTA: Desarrollo de un prototipo para el tratamiento de la escoliosis idiopática en forma de "s".

11. ¿Qué opina del sistemas de sujeción que cierra el dispositivo, es el indicado para el diseño ?

- Muy adecuado.
- Aceptables.
- Poco adecuado.
- No adecuado.

12. ¿Cree que el concepto de diseño podría ser funcional?

- Es funcional.
- Es Aceptable.
- Es poco funcional.
- No es funcional.

13. ¿Cree usted que se pueda lograr una mejor adherencia al tratamiento?

- SI.
- NO.

14. ¿Este prototipo fue diseñado para corregir una curvatura escoliótica a partir de la vertebra T8, ¿Cree que este diseño lo consiga?

- SI.
- NO.

27/4/2021

ENCUESTA: Desarrollo de un prototipo para el tratamiento de la escoliosis idiopática en forma de "s".

15. En el diseño se incluyeron 2 almohadillas (una para empujar en sentido opuesto la curvatura escoliótica y la otra para empujar hacia adentro la escápula del lado opuesto a la escoliosis) esto para ayudar a desrotar la columna. ¿Cree que esto ayudará?

SI.

NO.

16. ¿Considera que las perforaciones (agujeros en forma de hojas) podrían mejorar la ventilación para que el usuario se sienta más fresco mientras la lleve puesto el dispositivo?

SI.

NO.

Este formulario se creó en Universidad Antonio Nariño.

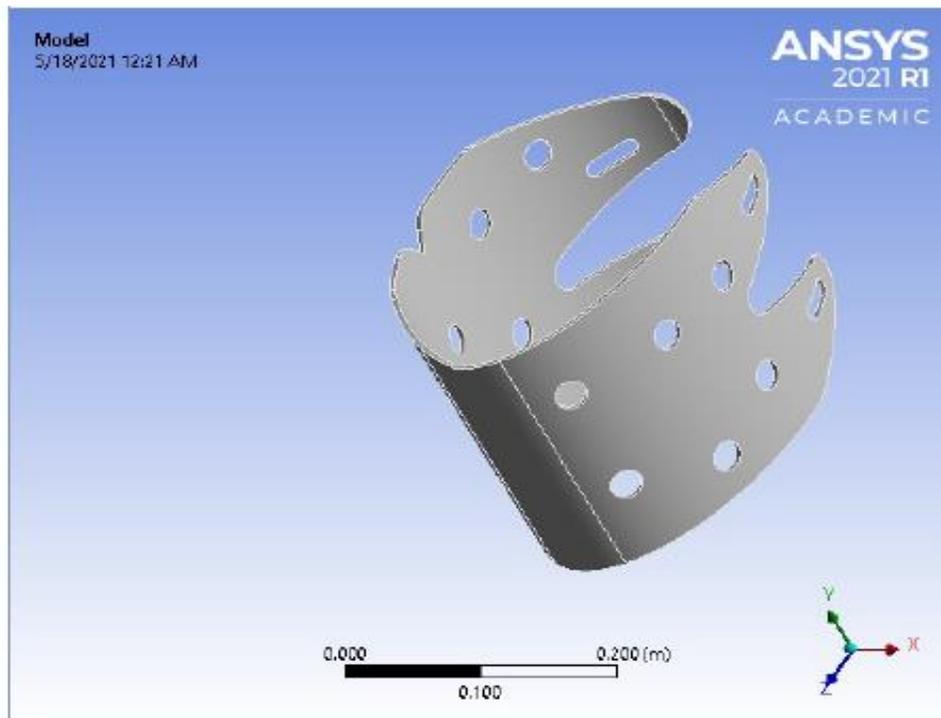
Google Formularios

Informe Ansys



Project

First Saved	Friday, May 14, 2021
Last Saved	Saturday, May 15, 2021
Product Version	17.0 (Release)
Save Project Before Solution	No
Save Project After Solution	No



Contents

- [Units](#)
- [Model \(A4\)](#)
 - [Geometry](#)
 - [Corse para simulacion](#)
 - [Materials](#)
 - [Coordinate Systems](#)
 - [Mesh](#)
 - [Named Selections](#)
 - [Static Structural \(A5\)](#)
 - [Analysis Settings](#)
 - [Loads](#)
 - [Solution \(A8\)](#)
 - [Solution Information](#)
 - [Results](#)
- [Material Data](#)
 - [Polyethylene](#)

Units

TABLE 1

Unit System	Metric (m, kg, N, s, V, A) Degrees rad/s Celsius
Angle	Degrees
Rotational Velocity	rad/s
Temperature	Celsius

Model (A4)

Geometry

TABLE 2
Model (A4) > Geometry

Object Name	Geometry
State	Fully Defined
Definition	
Source	D:\MarBil\Escritorio\Envio\Simulacion Ansys\Simulacion corse_files\dp0\SYSDM\SYS.agdb
Type	DesignModeler
Length Unit	Meters
Element Control	Program Controlled
Display Style	Body Color
Bounding Box	
Length X	0.208 m
Length Y	0.26 m
Length Z	0.35547 m
Properties	
Volume	6.4951e-004 m ³
Mass	0.61704 kg
Scale Factor Value	1.
Statistics	
Bodies	1

Active Bodies	1
Nodes	2676277
Elements	1765844
Mesh Metric	Orthogonal Quality
Min	0.205259344543308
Max	0.995774866596903
Average	0.857424717291142
Standard Deviation	7.90722502010897E-02
Update Options	
Assign Default Material	No
Basic Geometry Options	
Parameters	Independent
Parameter Key	
Attributes	Yes
Attribute Key	
Named Selections	Yes
Named Selection Key	
Material Properties	Yes
Advanced Geometry Options	
Use Associativity	Yes
Coordinate Systems	Yes
Coordinate System Key	
Reader Mode Saves Updated File	No
Use Instances	Yes
Smart CAD Update	Yes
Compare Parts On Update	No
Analysis Type	3-D
Import Facet Quality	Source
Clean Bodies On Import	No
Stitch Surfaces On Import	None
Decompose Disjoint Geometry	Yes
Enclosure and Symmetry Processing	Yes

TABLE 3
Model (A4) > Geometry > Parts

Object Name	Corse para simulacion
State	Meshed
Graphics Properties	
Visible	Yes
Transparency	1
Definition	
Suppressed	No
Stiffness Behavior	Flexible
Coordinate System	Default Coordinate System
Reference Temperature	By Environment
Treatment	None
Material	
Assignment	Polyethylene
Nonlinear Effects	Yes
Thermal Strain Effects	Yes
Bounding Box	
Length X	0.208 m
Length Y	0.28 m
Length Z	0.35547 m

Properties	
Volume	6.4951e-004 m ³
Mass	0.61704 kg
Centroid X	-1.029e-002 m
Centroid Y	1.0183e-002 m
Centroid Z	5.8138e-002 m
Moment of Inertia Ip1	8.7514e-003 kg·m ²
Moment of Inertia Ip2	9.7807e-003 kg·m ²
Moment of Inertia Ip3	6.3593e-003 kg·m ²
Statistics	
Nodes	2876277
Elements	1765844
Mesh Metric	Orthogonal Quality
Min	0.205259344543308
Max	0.995774868596903
Average	0.857424717291142
Standard Deviation	7.90722502010897E-02

TABLE 4
Model (A4) > Materials

Object Name	Materials
State	Fully Defined
Statistics	
Materials	4
Material Assignments	0

Coordinate Systems

TABLE 5
Model (A4) > Coordinate Systems > Coordinate System

Object Name	Global Coordinate System
State	Fully Defined
Definition	
Type	Cartesian
Coordinate System ID	0.
Origin	
Origin X	0. m
Origin Y	0. m
Origin Z	0. m
Directional Vectors	
X Axis Data	[1. 0. 0.]
Y Axis Data	[0. 1. 0.]
Z Axis Data	[0. 0. 1.]

Mesh

TABLE 6
Model (A4) > Mesh

Object Name	Mesh
State	Solved
Display	
Display Style	Use Geometry Setting
Defaults	
Physics Preference	Mechanical
Element Order	Program Controlled
Element Size	2.4277e-002 m

Sizing	
Use Adaptive Sizing	No
Growth Rate	Default (1.85)
Max Size	Default (4.8553e-002 m)
Mesh Defeaturing	Yes
Defeature Size	Default (1.2138e-004 m)
Capture Curvature	Yes
Curvature Min Size	Default (2.4277e-004 m)
Curvature Normal Angle	Default (70.395°)
Capture Proximity	Yes
Proximity Min Size	Default (2.4277e-004 m)
Num Cells Across Gap	Default (3)
Proximity Size Function Sources	Faces and Edges
Bounding Box Diagonal	0.48705 m
Average Surface Area	3.8025e-003 m ²
Minimum Edge Length	4.e-003 m
Quality	
Check Mesh Quality	Yes, Errors
Error Limits	Standard Mechanical
Target Quality	Default (0.050000)
Smoothing	Medium
Mesh Metric	Orthogonal Quality
Min	0.20528
Max	0.99577
Average	0.85742
Standard Deviation	7.9072e-002
Inflation	
Use Automatic Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition
Transition Ratio	0.272
Maximum Layers	5
Growth Rate	1.2
Inflation Algorithm	Pre
View Advanced Options	No
Advanced	
Number of CPUs for Parallel Part Meshing	12
Straight Sided Elements	No
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Triangle Surface Mesher	Program Controlled
Topology Checking	No
Pinch Tolerance	Default (2.1849e-004 m)
Generate Pinch on Refresh	No
Statistics	
Nodes	2676277
Elements	1765844

Named Selections

TABLE 7
Model (A4) > Named Selections > Named Selections

Object Name	Ranurasparaganchos	Zonadepression
State	Fully Defined	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	16 Faces	9 Faces
Definition		

Carta de intención.

Send to Solver	Yes	
Protected	Program Controlled	
Visible	Yes	
Program Controlled Inflation	Exclude	
Statistics		
Type	Imported	
Total Selection	16 Faces	9 Faces
Surface Area	1.724e-003 m ²	0.14601 m ²
Suppressed	0	
Used by Mesh Worksheet	No	

Static Structural (A5)

TABLE 8
Model (A4) > Analysis

Object Name	Static Structural (A5)
State	Solved
Definition	
Physics Type	Structural
Analysis Type	Static Structural
Solver Target	Mechanical APDL
Options	
Environment Temperature	22. °C
Generate Input Only	No

TABLE 9
Model (A4) > Static Structural (A5) > Analysis Settings

Object Name	Analysis Settings
State	Fully Defined
Step Controls	
Number Of Steps	1.
Current Step Number	1.
Step End Time	1. s
Auto Time Stepping	Program Controlled
Solver Controls	
Solver Type	Program Controlled
Weak Springs	Off
Solver Pivot Checking	Program Controlled
Large Deflection	Off
Inertia Relief	Off
Quasi-Static Solution	Off
Rotordynamics Controls	
Coriolis Effect	Off
Restart Controls	
Generate Restart Points	Program Controlled
Retain Files After Full Solve	No
Combine Restart Files	Program Controlled
Nonlinear Controls	
Newton-Raphson Option	Program Controlled
Force Convergence	Program Controlled
Moment Convergence	Program Controlled
Displacement Convergence	Program Controlled
Rotation Convergence	Program Controlled
Line Search	Program Controlled
Stabilization	Off
Advanced	

Project

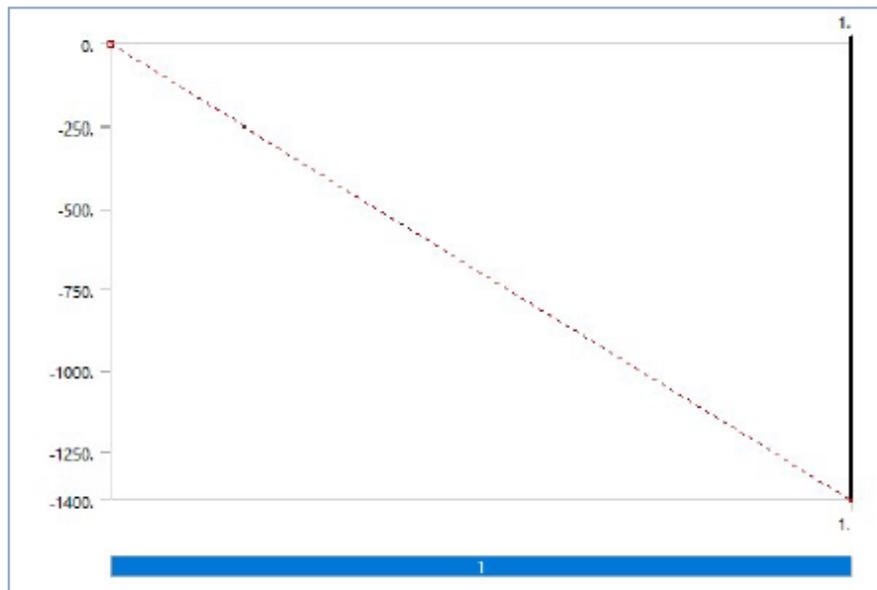
Page / of 11

Inverse Option	No
Contact Split (DMP)	Off
Output Controls	
Stress	Yes
Surface Stress	Yes
Back Stress	Yes
Strain	Yes
Contact Data	Yes
Nonlinear Data	Yes
Nodal Forces	No
Volume and Energy	Yes
Euler Angles	Yes
General Miscellaneous	No
Contact Miscellaneous	No
Store Results At	All Time Points
Result File Compression	Program Controlled
Analysis Data Management	
Solver Files Directory	D:\MarBil\Escritorio\Envio\Simulacion Ansys\Simulacion corse_files\dp0\SYSMECH\
Future Analysis	None
Scratch Solver Files Directory	
Save MAPDL db	No
Contact Summary	Program Controlled
Delete Unneeded Files	Yes
Nonlinear Solution	No
Solver Units	Active System
Solver Unit System	mks

TABLE 10
Model (A4) > Static Structural (A5) > Loads

Object Name	Pressure	Fixed Support
State	Fully Defined	
Scope		
Scoping Method	Named Selection	
Named Selection	Zonadepresion	Ranurasparaganchos
Definition		
Type	Pressure	Fixed Support
Define By	Normal To	
Applied By	Surface Effect	
Loaded Area	Deformed	
Magnitude	-1400. Pa (ramped)	
Suppressed	No	

FIGURE 1
Model (A4) > Static Structural (A5) > Pressure



Solution (A6)

TABLE 11
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution

Object Name	Solution (A6)
State	Solved
Adaptive Mesh Refinement	
Max Refinement Loops	1.
Refinement Depth	2.
Information	
Status	Done
MAPDL Elapsed Time	4 m 51 s
MAPDL Memory Used	9.9658 GB
MAPDL Result File Size	1.3361 GB
Post Processing	
Beam Section Results	No
On Demand Stress/Strain	No

TABLE 12
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Solution Information

Object Name	Solution Information
State	Solved
Solution Information	
Solution Output	Solver Output
Newton-Raphson Residuals	0
Identify Element Violations	0
Update Interval	2.5 s
Display Points	All
FE Connection Visibility	
Activate Visibility	Yes
Display	All FE Connectors
Draw Connections Attached To	All Nodes

Project

Page 9 of 11

Line Color	Connection Type
Visible on Results	No
Line Thickness	Single
Display Type	Lines

TABLE 13
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Results

Object Name	Total Deformation	Directional Deformation
State	Solved	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	All Bodies	
Definition		
Type	Total Deformation	Directional Deformation
By	Time	
Display Time	Last	
Calculate Time History	Yes	
Identifier		
Suppressed	No	
Orientation	Z Axis	
Coordinate System	Global Coordinate System	
Results		
Minimum	0. m	-1.3028e-004 m
Maximum	9.1988e-003 m	2.5847e-003 m
Minimum Occurs On	Corse para simulacion	
Maximum Occurs On	Corse para simulacion	
Information		
Time	1. s	
Load Step	1	
Substep	1	
Iteration Number	1	

FIGURE 2
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Total Deformation

Project

Page 10 of 11

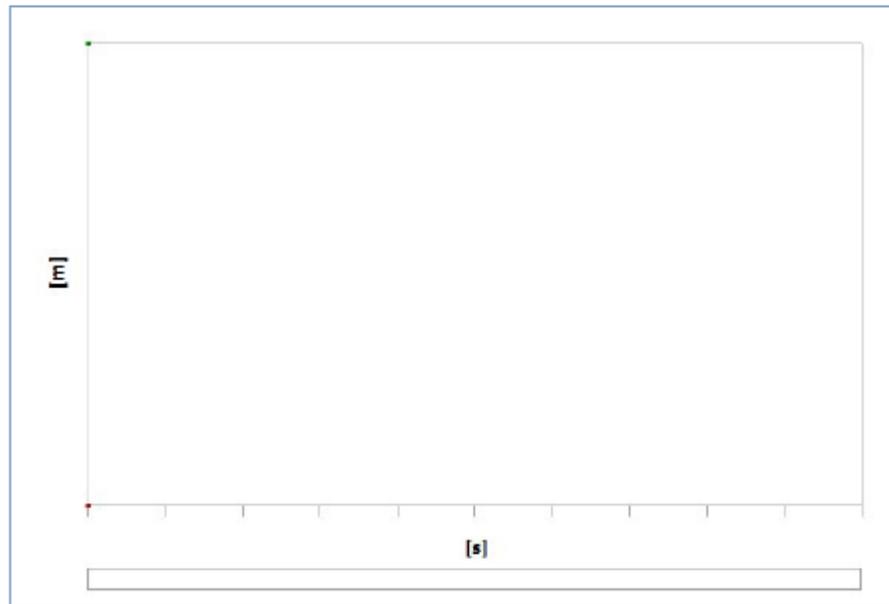


TABLE 14
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Total Deformation

Time [s]	Minimum [m]	Maximum [m]
1.	0.	9.1988e-003

FIGURE 3
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Directional Deformation

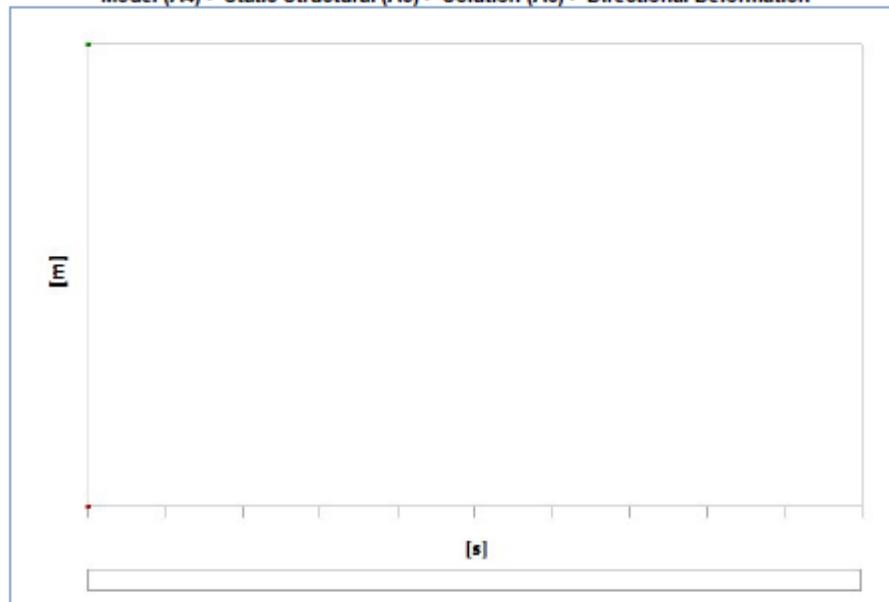


TABLE 15

Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Directional Deformation

Time [s]	Minimum [m]	Maximum [m]
1.	-1.3028e-004	2.5847e-003

Material Data*Polyethylene*

TABLE 16
Polyethylene > Constants

Density	950 kg m ⁻³
Coefficient of Thermal Expansion	2.3e-004 C ⁻¹
Specific Heat	2300 J kg ⁻¹ C ⁻¹
Thermal Conductivity	0.28 W m ⁻¹ C ⁻¹

TABLE 17
Polyethylene > Color

Red	Green	Blue
130	154	176

TABLE 18
Polyethylene > Compressive Ultimate Strength

Compressive Ultimate Strength Pa	0
----------------------------------	---

TABLE 19
Polyethylene > Compressive Yield Strength

Compressive Yield Strength Pa	0
-------------------------------	---

TABLE 20
Polyethylene > Tensile Yield Strength

Tensile Yield Strength Pa	2.5e+007
---------------------------	----------

TABLE 21
Polyethylene > Tensile Ultimate Strength

Tensile Ultimate Strength Pa	3.3e+007
------------------------------	----------

TABLE 22
Polyethylene > Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion

Zero-Thermal-Strain Reference Temperature C	22
---	----

TABLE 23
Polyethylene > Isotropic Elasticity

Young's Modulus Pa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus Pa	Shear Modulus Pa	Temperature C
1.1e+009	0.42	2.2917e+009	3.8732e+008	



ORTHOTECH COLOMBIA

PRODUCTOS ORTOPÉDICOS

NIT: 52.388.455-2

Bogotá D.C., junio 2 de 2021

Señores:
A quien interese
Ciudad

Paciente: Alanis Ramírez Tarazona

Por medio la presente certificamos que se iniciará proceso de ortetización para la valoración y diseño de corsé para corrección de escoliosis, para la paciente junto con el acompañamiento de la estudiante Kathleen Jyseth Bilbao Suárez, estudiante de último semestre de Ingeniería Biomédica y yo James Quique como representante legal, estaré asesorando todo el proceso.

La primera cita de valoración y toma de medidas estará programada para la próxima semana el día 10 de junio del presente año.

Atentamente,

JAMES QUIQUE
TECNICO ORTOPROTESISTA
CEL: 3103384130

